

Entwicklung der Vegetation auf Rückbauflächen nach Bauxitabbau im Zentralamazonasgebiet

(Dissertation)

Vorgelegt von:

Martina Lohmann

Fachbereich Biologie/Chemie

Universität Osnabrück

Oktober 2001

- 1. Gutachter: Prof. em. Dr. H. Lieth, Osnabrück**
- 2. Gutachter: Prof. Dr. K.-G. Bernhardt, Wien**

DANKSAGUNG

Bedanken möchte ich mich in erster Linie bei meinen Kolleginnen und Kollegen am INPA, durch die meine Arbeit überhaupt ermöglicht wurde. Sowohl fachlich, wie auch privat waren sie mir immer eine große Hilfe. Es würde mehr als eine Seite füllen, alle Personen namentlich aufzuführen. Trotzdem erwähnen möchte ich aber Herrn Dr. João Ferraz, der die Anregung gab, dieses Thema zu behandeln.

Der Minengesellschaft MRN sei für die Möglichkeit gedankt, auf ihren Flächen die Untersuchungen durchzuführen und für die technische Unterstützung, die zu jedem Zeitpunkt gewährleistet wurde. Der gesamten Ökologieabteilung dort möchte ich für das gute Arbeitsklima meinen Dank aussprechen. Hier möchte ich Herrn H. O. Knowles erwähnen, der gerade zu Beginn der Untersuchungen mit seiner langjährigen Erfahrung wichtige Ratschläge geben konnte. Aber besondere Anerkennung gebührt „meinem mateiro“ Delmo, der mit seinem unermüdlichen Arbeitseinsatz und durch seine Erfahrungen und Artenkenntnis eine enorme Hilfe bei den Messungen und Aufnahmen im Gelände war.

Für die freundliche Bereitschaft von Herrn Prof. Dr. M. Matthies, die Ausarbeitung meiner Untersuchungsergebnisse mit den technischen Möglichkeiten des Institutes für Umweltsystemforschung durchführen zu können, sowie für das angenehme Arbeitsklima innerhalb der Arbeitsgruppe USF möchte ich mich bedanken.

Aber ohne all diejenigen, die in irgendeiner Form mein Leben mehr als drei Jahre in Brasilien mitbestimmt haben, könnte ich mich bestimmt nicht so gern und mit so viel „saudades“ an die Zeit erinnern. Ihnen gebührt der meiste Verdienst am Gelingen dieser Arbeit. Allen Freunden, Freundinnen, Kollegen, Kolleginnen, meinem Bruder und meiner Mutter, die mich während der Ausarbeitung der Arbeit unterstützt, korrekturgelesen haben, mit mir diskutiert haben oder mir einfach das Leben angenehmer gemacht haben, danke ich herzlich.

Ich freue mich besonders, daß Herr Prof. Dr. K.-G. Bernhardt das Zweitgutachten dieser Arbeit übernimmt.

„Last but not least“ möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. em. Dr. H. Lieth bedanken, daß er mir alle Freiheiten zur Durchführung des Projektes überließ, mir aber mit seinem Rat stets zur Seite stand, wenn es nötig war. Seine Diskussionsanregungen und Denkanstöße kamen immer zur richtigen Zeit. Die Erfahrungen, die ich bei der Zusammenarbeit mit ihm gesammelt habe, konnten mir in vielen Bereichen weiterhelfen.

Das Projekt "Pflanzensukzession auf unterschiedlich rehabilitierten Flächen im Zentralamazonasgebiet", Projektnummer 90.2136.1, von September 1993-1996, sowie die Teilnahme an einigen Tagungen wurde durch das Tropenökologische Begleitprogramm der GTZ finanziert.

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNG	1
INHALTSVERZEICHNIS	2
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	4
VERZEICHNIS DER TABELLEN	6
ZUSAMMENFASSUNG	7
SUMMARY	9
1 EINLEITUNG	11
2 PROBLEMSTELLUNG.....	13
2.1 PFLANZENSUKZESSION.....	13
2.1.1 Primär- und Sekundärsukzession.....	13
2.1.2 Sukzession auf Waldflächen im Amazonasgebiet.....	14
2.2 ABHOLZUNG IN DEN TROPEN.....	14
2.3 UMWANDLUNGSARTEN UND URWALDNUTZUNG IM AMAZONASGEBIET.....	15
2.3.1 Landnutzung.....	15
2.3.2 Industrieller Ressourcenabbau.....	16
2.4 DER LANDSCHAFTSRÜCKBAU.....	17
2.4.1 Definitionen.....	18
2.4.2 Bodenschutz.....	19
2.4.3 Klimaschutz.....	19
2.4.4 Artenvielfalt.....	19
3 REGIONSBESCHREIBUNG	20
3.1 LOKALE GEGEBENHEITEN	20
3.1.1 Geographische Lage.....	20
3.1.2 Geologie.....	21
3.1.3 Boden.....	21
3.1.4 Vegetation	21
3.1.5 Klima	22
4 ZIEL DIESER UNTERSUCHUNG	24
5 DIE MINENGESELLSCHAFT MRN	25
5.1 ALLGEMEINE ANGABEN ZUR MRN.....	25
5.1.1 Die Etappen des Bauxitabbaus.....	25
5.2 FLÄCHENNUTZUNG NACH BAUXITENTNAHME.....	29
5.2.1 Die Etappen der Aufforstung.....	29
5.2.2 Ressourcenmanagement.....	33
6 ARBEITSMETHODEN	34
6.1 AUSWAHL DER UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN.....	34
6.2 ANLEGEN DER DAUERPARZELLEN	34
6.3 UNTERSUCHUNGEN AUF DEN DAUERPARZELLEN.....	36
6.3.1 Bestimmung der Pflanzen auf den Dauerparzellen.....	36
6.3.2 Bestimmung der Höhe.....	37
6.3.3 Bestimmung des Durchmessers	37
6.3.4 Einschätzung des Gesundheitszustands und des Wachstums.....	37
6.3.5 Einteilung in Pflanzentaxa	38
6.3.6 Bodenprobennahme	38

6.4	WACHSTUMSMESSUNG AN GEPFLANZTEN BAUMARTEN AUF JE EINER FLÄCHE MIT UND OHNE OBERBODEN	38
7	ERGEBNISSE	39
7.1	VEGETATIONSZUSAMMENSETZUNG	39
7.2	VEGETATION AUF DEN EINZELNEN UNTERSUCHUNGSPARZELLEN	40
7.2.1	<i>Charakterisierung der Untersuchungsparzellen im Primärwald</i>	40
7.2.2	<i>Die Flächen A1, A18 und A2</i>	40
7.2.3	<i>Die Flächen A7, A17 und A14</i>	47
7.2.4	<i>Die Flächen A13 und A15</i>	52
7.2.5	<i>Bodenbedeckung</i>	54
7.2.6	<i>Bewertung des Gesundheitszustandes und des Wachstums der gepflanzten Bäume</i>	55
7.3	CHARAKTERISIERUNG DES BODENS AUF DEN UNTERSUCHUNGSPARZELLEN	57
7.4	ENTWICKLUNG DER VEGETATION AUF DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN	63
7.4.1	<i>Anzahl der Taxa auf allen Untersuchungsparzellen</i>	63
7.4.2	<i>Basalfläche der Baumarten auf den Untersuchungsparzellen</i>	69
7.4.3	<i>Chronologische Vegetationsentwicklung der Fläche A1</i>	73
7.4.4	<i>Chronologische Vegetationsentwicklung auf der Fläche A18</i>	74
7.4.5	<i>Vergleich einer Fläche mit (A1) und einer Fläche ohne Auftragung (A18) von Oberboden</i>	74
7.5	WACHSTUM AUSGEWÄHLTER GEPFLANZTER BAUMARTEN AUF JE EINER FLÄCHE MIT UND OHNE OBERBODEN	76
7.6	WEITERE BEOBACHTUNGEN AUF DEN FLÄCHEN	79
7.6.1	<i>Einfluß von Gräsern</i>	79
7.6.2	<i>Fauna</i>	79
7.6.3	<i>Phänologie</i>	80
8	DISKUSSION	81
8.1	BESIEDLUNG VON SEKUNDÄRWALDFLÄCHEN	81
8.2	BESCHLEUNIGUNG DER NATÜRLICHEN SUKZESSION	82
8.2.1	<i>Bodenbedeckung</i>	82
8.2.2	<i>Auftragen von Oberboden</i>	82
8.2.3	<i>Bepflanzung mit Primärwaldarten</i>	83
8.2.4	<i>Gesundheitszustand und Wachstum von gepflanzten Bäumen</i>	83
8.3	BODENUNTERSUCHUNGEN	83
8.3.1	<i>pH-Wert und Aluminiumgehalt</i>	84
8.3.2	<i>Phosphorgehalt</i>	84
8.3.3	<i>Kalium-, Calcium-, und Magnesiumgehalt</i>	84
8.3.4	<i>Kohlenstoffgehalt</i>	85
8.3.5	<i>Stickstoffgehalt</i>	85
8.4	ENTWICKLUNG DER VEGETATION	85
8.4.1	<i>Basalfläche</i>	85
8.4.2	<i>Chronologische Entwicklung der Vegetation auf A1 und A18</i>	87
8.4.3	<i>Bedeutung von Anpflanzungen für die Kohlenstofffixierung</i>	87
9	ABSCHLUSSEMPFEHLUNGEN	89
9.1	AUFFORSTUNG VON FLÄCHEN	89
9.2	NÜTZUNG VON REHABILITIERTE FLÄCHEN	90
9.3	BEWERTUNG VON UMGEWANDELTE FLÄCHEN	91
9.4	AUSBLICK	92
10	LITERATUR	93
	GLOSSAR	103
	ANHANG	CIV

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 3.1: Die Untersuchungsflächen	20
Abbildung 3.2: Jährliche Niederschlagssumme gemessen in der Mine Saracá und mittlere Jahrestemperatur von Porto Trombetas der letzten 14 Jahre	23
Abbildung: 3.3 Monatliche Niederschlagssummen gemessen in der Mine Saracá und mittlere Monatstemperaturen von Porto Trombetas im Untersuchungszeitraum 1994 und 1995.....	23
Abbildung 5.1: Abbau von Bauxit und Aufforstung.....	25
Abbildung 5.2: Abgeholzter Primärwald vor der Bauxitentnahme.....	26
Abbildung 5.3: Abtransport von Hartholz.....	26
Abbildung 5.4: Bauxitschicht.....	27
Abbildung 5.5: Bauxitentnahme.....	28
Abbildung 5.6: Die Verladung des Bauxits.....	28
Abbildung 5.7: Auftragen von Oberboden	29
Abbildung 5.8: Unterpflügen von Oberboden	30
Abbildung 5.9: Sammeln von Samen im Primärwald.....	30
Abbildung 5.10: Lagerung von Samen	31
Abbildung 5.11: Keimlinge von seringueira, dem Gummibaum <i>Hevea brasiliensis</i>	31
Abbildung 5.12: Ausgekeimte Pflanzen im Gewächshaus	32
Abbildung 5.13: Auszupflanzende Setzlinge.	32
Abbildung 5.14: Schematische Darstellung der Verwendung der einzelnen Ressourcen	33
Abbildung 6.1: Lage der Untersuchungsflächen auf dem Plateau der Mine Saracá.	36
Abbildung 7.1: Typischer Ausschnitt von dem Primärwald auf dem Plateau	39
Abbildung 7.2: Typischer Ausschnitt aus dem Primärwald mit Größenvergleich	39
Abbildung 7.3: Daueruntersuchungsparzellen a, b und c auf A1.....	41
Abbildung 7.4: Daueruntersuchungsparzellen a, b und c auf A18.....	44
Abbildung 7.5: Daueruntersuchungsparzellen a, b und c auf A2.....	45
Abbildung 7.6: Eine Untersuchungsparzelle auf der Fläche A7.....	48
Abbildung 7.7: Überblick über die Fläche A17 nach 10 und 12 Jahren.....	49
Abbildung 7.8: Mit nur einer Baumart aufgeforstete Fläche (A14).....	51
Abbildung 7.9: Die Daueruntersuchungsparzelle A14PC.....	51
Abbildung 7.10: Fläche A13, eine natürliche Regeneration nach 11 Jahren.	53
Abbildung 7.11: Fläche A15, eine natürliche Regeneration nach 11 Jahren.	53
Abbildung 7.12: Unterwuchs auf A14 und bodenbedeckenden Lianen auf A15.....	55
Abbildung 7.13: pH-Werte des Bodens der Daueruntersuchungsparzellen	59
Abbildung 7.14: Aluminium im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	59
Abbildung 7.15: Phosphor im Boden der Daueruntersuchungsparzellen.....	60
Abbildung 7.16: Kalium im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	60
Abbildung 7.17: Calcium im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	61
Abbildung 7.18: Magnesium im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	61
Abbildung 7.19: Kohlenstoff im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	62
Abbildung 7.20: Stickstoff im Boden der Daueruntersuchungsparzellen	62
Abbildung 7.21: Entwicklung der vier Pflanzengruppen auf A2 und A1.....	65
Abbildung 7.22: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa auf A1 und A2	66
Abbildung 7.23: Entwicklung der vier Pflanzengruppen auf A18.....	67
Abbildung 7.24: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa auf A18.....	67
Abbildung 7.25: Entwicklung der vier Pflanzengruppen auf A7, A17, A15, A13 und A14	68
Abbildung 7.26: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa im Primärwald auf A7, A17, A15, A13 und A14.	68
Abbildung 7.27: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Flächen A7, A13, A14, A15 und A17	71
Abbildung 7.28: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Fläche A2.....	71
Abbildung 7.29: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Fläche A1	72
Abbildung 7.30: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Fläche A18	72
Abbildung 7.31: Die Fläche A1 bei der Bepflanzung	73

Abbildung 7.32: Die Fläche A1 sieben Monate nach der Bepflanzung	73
Abbildung 7.33: Die Fläche A1 zehn Monate nach der Bepflanzung.....	73
Abbildung 7.34: Die Fläche A1 ein Jahr nach der Bepflanzung.....	73
Abbildung 7.35: Fläche A1 zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung.....	74
Abbildung 7.36: Eine Nahaufnahme der Fläche A1 nach zwei Jahren und zwei Monaten.	74
Abbildung 7.37: Fläche A18 sieben Monate nach der Bepflanzung.	74
Abbildung 7.38: Fläche A18 zwei Jahre nach der Bepflanzung.	74
Abbildung 7.39: Fläche A1 ein Jahr nach der Bepflanzung.	75
Abbildung 7.40: Fläche A18 ein Jahr nach der Bepflanzung.	75
Abbildung 7.41: Die Fläche A1 zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung.	76
Abbildung 7.42: Die Fläche A18 zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung	76
Abbildung 7.43: Höhen von neun verschiedenen Baumarten auf den Flächen A1 und A18.....	77
Abbildung 7.44: Basalfläche von neun verschiedenen Baumarten auf den Flächen A1 und A18	78
Abbildung 7.45: Ein Puma (<i>Felis concolor</i>) auf A17, zehn Jahren nach der Aufforstung und von Blattschneiderameisen zerstörtes Flatterband auf der Fläche A17	80
Abbildung 8.1: Rand von A18. Keimlinge im Litter von <i>Cecropia sp.</i>	87
Abbildung 8.2: A1 fünf Monate nach der Bepflanzung. Die gepflanzte <i>Protium heptaphyllum</i> wird von einer schnellwachsenden <i>Cecropia sp.</i> beschattet.....	87

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 3.1: Bodendaten von vier Untersuchungsflächen.....	22
Tabelle 6.1: Untersuchungsflächen in der Mine Saracá in Porto Trombetas.....	35
Tabelle 7.1: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A1.....	41
Tabelle 7.2: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen zwischen 1994 und 96 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A1.....	42
Tabelle 7.3: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A18.....	43
Tabelle 7.4: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen 1994 und 96 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A18.....	44
Tabelle 7.5: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A2.....	45
Tabelle 7.6: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen zwischen 1994 und 96 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A2.....	46
Tabelle 7.7: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A7.....	47
Tabelle 7.8: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A7.....	48
Tabelle 7.9: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A17.....	49
Tabelle 7.10: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A17.....	50
Tabelle 7.11: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A14.....	51
Tabelle 7.12: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A13.....	52
Tabelle 7.13: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A15.....	54
Tabelle 7.14: Bodenbedeckung auf den Untersuchungsparzellen der Flächen A13, A15, A7, A14 und A17 im Jahr 1994 und 95.....	55
Tabelle 7.15: Bewertung des Gesundheitszustandes und des Wachstums der gepflanzten Bäume auf den Untersuchungsparzellen A7, A14, A17 A2 A1 und A18.....	56
Tabelle 7.16: Höhe der gepflanzten Baumarten und die Verteilung der Spontanvegetation auf Dauerparzellen auf A1 und A18 ein Jahr nach der Wiederaufforstung.....	75
Tabelle 7.17: Anzahl der Bodenproben mit Termiten auf den Untersuchungsparzellen von A13, A14, A15 und A17.....	80

ZUSAMMENFASSUNG

Keywords: *Bauxitmine, Tagebau, Amazonasgebiet, Aufforstung von Abraumflächen mit einheimische Baumarten.*

Der nachhaltige Rückbau degradierter Flächen mit Naturwald in den Tropen ist aufgrund der multifaktoriellen ökologischen Zusammenhänge ein komplexes Thema. Die Ursachen der Degradierung in den Tropen sind unterschiedlich und können die vielfältigsten Auswirkungen haben. Unbestritten ist aber die Tatsache, daß sich die Fläche des Primärwaldes immer mehr verringert.

Durch die Gewinnung von Bodenschätzen entstehen extreme Veränderungen, sowohl an der Waldbedeckung als auch an der Bodenstruktur.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde in der Bauxitmine bei Porto Trombetas im brasilianischen Bundesstaat Pará auf rückgebauten Flächen die Entwicklung der Vegetation untersucht. Das Projekt der Minengesellschaft MRN begann 1979. Seit 1981 wird im Anschluß an den Bauxitabbau mit einheimischen Baumarten aufgeforstet. In dem restrukturierten Gebiet wurden für die Untersuchung acht verschiedene Flächen ausgewählt, auf denen zwischen 1993 und 1996 zwischen zwei und sieben Mal im Abstand von zwei bis sechs Monaten das Wachstum sowohl der gepflanzten als auch der Spontanvegetation bestimmt. Die Flächen waren zwischen 0 und 12 Jahre alt. Als Kontrolle diente eine Fläche im angrenzenden Primärwald. Zur Charakterisierung des Bodens wurden auf allen Untersuchungsflächen Bodenmischproben genommen und diese auf pH-Wert und die Elemente P, K, Ca, Mg, Al, N und C analysiert. Die Pflanzen wurden bestimmt und in 1. Primärwaldbaumtaxa, 2. Pionierwaldbaumtaxa, 3. Gräser und krautige Pflanzen und 4. Lianen, Palmen und Epiphyten eingeteilt.

Der positive Einfluß des Auftragens von Oberboden aus dem Primärwald, was von der Minengesellschaft routinemäßig durchgeführt wird, wurde deutlich. Gepflanzte Bäume zeigten in den ersten Jahren über 100 % mehr Höhenwachstum auf Wiederaufforstungsflächen, die vor der Pflanzung mit Oberboden bedeckt wurden im Vergleich zu Flächen ohne Oberboden. Aus dem Samenvorrat im Oberboden entwickelt sich schnell eine Spontanvegetation, die den Boden bedeckt. Dadurch wird der Boden vor Sonneneinstrahlung und Erosion geschützt. Die Bodenfruchtbarkeit wird wieder hergestellt. Nach elf Jahren entsprechen die Werte der Bodenfruchtbarkeit annähernd denen des Primärwaldes.

Ohne Bepflanzung führt das Auftragen von Oberboden aus dem Primärwald zur spontanen Entwicklung eines Sekundärwaldes, der hauptsächlich aus Pionierarten besteht. Nach 10-12 Jahren brechen viele dieser Bäume um. Eine neue Sukzessionsfolge beginnt, wobei sich die Primärwaldbaumarten etablieren können, während ohne Bepflanzung weiterhin Pionierarten aufkommen.

Auf den aufgeforsteten Flächen waren einige Primärwaldbaumarten deutlich in ihrer Entwicklung beschleunigt. Sie hatten schon nach wenigen Jahren Blüten und trugen auch Früchte, was bei den gleichen Arten im Primärwald länger dauert.

An Stellen ohne Oberboden wurde beobachtet, daß dort, wo sich genügend Bestandesabfall gesammelt hatte, auch Pionierbaumarten auskeimten und sich teilweise zu größeren Bäumen weiterentwickelten.

Viele im Primärwald heimische Tierarten wurden während den Untersuchungen auf den jungen Flächen gesehen, was zeigt, daß sie den neuen Lebensraum angenommen haben.

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

Die Pflanzung einheimischer Primärwaldbaumarten läßt in Kombination mit der natürlichen Sukzession einen Sekundärwald entstehen, der in der Artenzusammensetzung dem ursprünglichen Primärwald ähnlicher ist, als ein ausschließlich durch natürliche Sukzession entstandener Sekundärwald. Die untersuchten Aufforstungen zeigen, daß bereits kurz nach den durchgeführten Maßnahmen eine erosionsverhindernde Bodenbedeckung möglich ist und daß durch Rehabilitationsmaßnahmen relativ artenreiche Wälder entstehen können.

Insgesamt, verglichen mit Literaturangaben und persönlichen Beobachtungen ähnlicher Flächen, sind die von der MRN aufgeforsteten Wälder in ihrer Sukzessionsentwicklung beschleunigt im Gegensatz zu degradierten Flächen, die nicht behandelt wurden.

Die vorliegenden Ergebnisse sind dazu geeignet, ein Monitoringprogramm für die Beurteilung von Flächen auszuarbeiten, anhand dessen die gesetzlich vorgeschriebenen Aufforstungen von Firmen, die im Regenwald Bodenschätze ausbeuten, beurteilt werden können. Die Untersuchungsparameter Wachstum von Pionierwaldbaumtaxa und Primärwaldbaumtaxa, sowie deren Anzahl und Gesundheitszustand können für die erste Beurteilung der Entwicklung einer Fläche in Richtung Primärwald zu Rate gezogen werden.

Auch auf Flächen, deren Degradierung einen anderen Ursprung haben, kann diese von der MRN durchgeführte Aufforstungsmaßnahme angewendet werden. Selbst wenn nicht die gleiche Menge an Oberboden vorhanden sein sollte, kann anderes organisches Material aufgetragen werden. Zusätzlich ist es wichtig, daß besonders Pflanzenarten, die früh blühen und fruchten auf eine Fläche eingebracht werden, um so den natürlichen Sukzessionsprozeß möglichst schnell in Gang zu setzen.

Aufgrund des steigenden Nutzungsdrucks auf die Primärwälder sollten bei Aufforstungsmaßnahmen auch andersartig degradierter Flächen zukünftig intensive Forschungen bezüglich land- und forstwirtschaftlicher Nutzung dieser Flächen angestrebt werden.

SUMMARY

Keywords: *Opencast bauxite mining, Amazonia, reforestation of mine spoils with native tree species.*

The sustainable restoration of degraded areas with native forest in the tropics is a complex matter due to the multifaceted ecological context. The reasons of degradation in the tropics are various and can have multiple consequences. Fact is that the area of the primary forest is decreasing more and more.

Open cast mining is considered an extreme interference into nature that entails a heavy degradation of the area concerned.

In Porto Trombetas, Pará, Brazil, the development of the vegetation on an opencast bauxite mine, which has been rehabilitated was studied. The project of the mining company started in 1979. Since 1981 these areas have been mined and reforested with mainly native tree species.

Eight recuperated areas have been selected and between 1993 and 1996 every two to six months the growth of the planted and the spontaneous vegetation has been observed between two and seven times. The areas have been between 0 and 12 years old. An area of the nearby primary forest served as a control.

For soil characterisation soil samples have been taken on all study areas. The pH-value and the elements P, K, Ca, Mg, Al, N and C have been analysed. The plants have been identified and classified into 1. primary forest taxa, 2. pioneer forest taxa, 3. grass and herbs and 4. lianas, palms and epiphytes.

The positive effect of applying topsoil from the primary forest, that is carried out by the mining company, was obvious. In the first years planted trees showed 100% more growth on areas with topsoil compared to areas without topsoil. The topsoil consists of its natural components being organic matter, soil seed bank, and plant reproductive parts so that a spontaneous vegetation developed quickly and covered the ground. This protected the soil against sun and erosion. The fertility of the soil was re-established. After eleven years the values of soil fertility have been more or less comparable to the values of the primary forest.

Without planting the applying of topsoil from the primary forest results in the development of a secondary forest consisting mainly of pioneer species. After 10–12 years most of these trees are falling down. A new sequence of succession starts. On the reforested areas also primary forest species can establish, whereas on not reforested areas pioneer species start up again.

The development of some of the primary forest tree species was accelerated on the reforested areas. After only a few years they already flowered and carried fruits, whereas the same species need more time in the primary forest. On areas without topsoil it was observed that once enough litter was there also pioneer trees can establish and also develop to larger trees.

Many animal species from the primary forest could be seen on the young areas during the observations, which showed that they accepted the new areas.

The following conclusions can be drawn:

The planting of native primary forest tree species combined with the natural succession results in a secondary forest which, concerning species diversity, approximates more to the primary forest than to a secondary forest that developed only by a natural succession.

The observed reforestations showed that already after a short time ground covering avoiding erosion is possible and that due to rehabilitation measures forests with a relatively high species diversity can establish.

Altogether, compared with the literature and with personal observations, areas reforested by the MRN are faster regarding the development of the succession compared to degraded areas which have not been treated.

The presented results are suited for the development of a monitoring program to evaluate reforestations in the tropical rainforest. It is regulated by law that mining companies rehabilitate the exploited area afterwards.

The parameters growth of pioneer and of primary forest tree taxa and their number and state of health can be used for a first evaluation of the development of an area towards a primary forest.

Also on areas where the degradation is caused by other reasons the reforestation measures of the MRN can be utilised. Even if there is not the same amount of topsoil available, other organic material can be applied. Additionally, it is important that species which flower and carry fruits soon are brought in to accelerate the natural succession process.

Because of the pressure on the primary forest by the increasing population, research on degraded areas concerning silvicultural and agricultural utilisation should be intensified on these areas.

1 EINLEITUNG

Abholzung in den Tropen hat in den letzten zwei Jahrzehnten weltweite Aufmerksamkeit erregt und in der Wissenschaft viele Forschungsprojekte nach sich gezogen. Hauptschwerpunkte dieser Studien waren die Gründe der Waldabholzung und -degradierung im Zusammenhang mit den daraus resultierenden Umweltauswirkungen. Darunter sind auch die negativen Einflüsse auf die tropische Biodiversität, regionale ökologische Stabilität, ökonomische Entwicklung und die globale Klimaänderung zu verstehen. Aber trotz einer Vielzahl von Projekten ist der Rehabilitierung von tropischen Waldökosystemen, die extrem degradiert sind, wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Unter diese Flächen fallen zum Beispiel nicht nachhaltige Rinderzucht, Brandrodungen, zerstörerische Holzwirtschaft und Minenaktivität. All diese Aktivitäten gehen in den Tropen meist ohne Waldmanagement vonstatten (WADSWORTH, 1997).

Das Amazonasgebiet ist das größte zusammenhängende Waldgebiet der Erde. Seine natürlichen Grenzen erstrecken sich zwischen den Erhebungen im Norden und im Süden von 3° N bis 15° S (PUTZER, 1984), wo die Zuflüsse des Amazonas entspringen. Die Anden bilden die westliche Grenze, während der atlantische Ozean im Osten liegt. So fließt von insgesamt 7 050 000 km² Land Wasser in den Amazonas. Etwa 5 000 000 km² des Amazonasbeckens sind von tropischem Regenwald bedeckt (SIOLI, 1984). Allein in Brasilien bedecken die tropischen Regenwälder im Einzugsbereich des Amazonas eine Fläche von etwa 2 800 000 km² (LESSA, 1991; GERDTS, 1983)

Anfang der 60er Jahre setzten die Erschließungsmaßnahmen (Straßenbau) ein und wurden ab Anfang der 70er Jahre forciert vorangetrieben. 1966 begann die staatliche Förderung von Großprojekten mittels steuerlicher Anreize, welche sich flächenmäßig in erheblichem Umfang über die Anlage von Rinderweidewirtschafts-Großbetrieben auswirkte (KOHLHEPP, 1987). Nach einigen Jahren ging auf diesen Böden die Fruchtbarkeit rapide zurück, so daß sich die Nutzung als Rinderweide nicht mehr lohnte. Zurück blieben unfruchtbare, degradierte Weidelandschaften.

Aus verschiedenen Erfahrungen weiß man, daß wenn eine Fläche soweit zerstört ist, daß die natürliche Sukzession gebremst ist, es dort trotzdem möglich ist, Wälder anzupflanzen und in diesen Pflanzungen die natürliche Sukzession in Gang zu bringen. Menschliches Eingreifen wird benötigt, wenn Flächendegradierung so immens ist, daß die natürliche Produktivität und Bodenfruchtbarkeit soweit reduziert sind, daß es auf diesen Flächen Pflanzenteilen nicht mehr möglich ist auszutreiben oder Samen nicht mehr auszuweichen. JORDAN et al. (1987), LUGO (1988), BERGER (1990) und BROWN und LUGO (1994) sind sich darin einig, daß diese Flächen intensives Management benötigen, um die Wachstumsbedingungen für einen Wald wiederherzustellen.

LUGO (1995) erwähnt in diesem Zusammenhang, daß es kaum Studien über die Pflanzenentwicklung auf diesen Flächen gibt und die Mechanismen, die die Regeneration beeinflussen noch unbekannt sind (siehe auch HEUVELDOP und NEUMANN, 1983). All den oben genannten Untersuchungen ist gemeinsam, daß die Bodenstruktur erhalten wurde. Bei dem Abbau von Bodenschätzen im Tagebau wird die Struktur insgesamt zerstört und der Boden vollständig umgeschichtet.

Die Amazonasregion besitzt 11 % der Weltvorkommen an Bauxit. Weltweit gesehen liegt Brasilien bezüglich der Produktionsleistung nach Guinea und Australien auf dem dritten Platz (FERNANDES und PORTELA, 1990). Der Abbau von Bauxit, welches zur Aluminiumherstellung benötigt wird, bedeutet einen Eingriff in die Natur, welcher flächenmäßig vergleichsweise klein ist, jedoch eine extreme Degradierung der betroffenen Fläche nach sich zieht. Um auf solchen Flächen wieder eine naturnahe Vegetationsbedeckung zu erlangen, bedarf es besonders in den Tropen einer systematisch geplanten Aufforstung. Unter dem Druck internationaler Ökologiebewegungen, besonders bezüglich des Verlustes der Biodiversität im tropischen Regenwald (MYERS, 1988), wird die Renaturierung mit einheimischen Baumarten angestrebt. In der Trombetasregion, wo fast die Hälfte der brasilianischen Bauxitvorkommen liegen (FERNANDES und PORTELA, 1990), forstet die Minengesellschaft Mineração Rio do Norte (MRN) seit 1981 direkt nach der Bauxitentnahme mit einheimischen Baumarten aus der näheren Umgebung auf (KNOWLES 1982; KNOWLES und PARROTTA 1995; GAUNT und BLISS, 1993).

Nach allgemein existierender Meinung entstehen durch industriellen Bergbau im tropischen Regenwald hohe irreparable Schäden ohne Regenerationsmöglichkeiten für die betroffenen Gebiete (MERTINS, 1992). Verschiedene Bergbaufirmen betreiben eine gesetzlich vorgeschriebene Wiederaufforstungspolitik, bei der BARTH (1991) bei seiner Bewertung allerdings anmerkt, daß in der Mehrzahl Maßnahmen ergriffen werden, die nur auf kurzfristig angelegte Erfolge zielen.

Eine Schlüsselfunktion bei der Entwicklung einer Fläche fällt der Pflanzensukzession zu. Im Gegensatz zu vielen Untersuchungen auf Lichtungen ("gaps") der Primärwälder, wo schon viele der einzelnen Vorgänge beschrieben wurden, sind die einzelnen Entwicklungsschritte in den künstlich angelegten Wäldern nach Bergbau im Amazonasgebiet kaum untersucht.

Die Komplexität, die der Begriff Sukzession beinhaltet, sowie die Größe des Amazonasgebietes und die Anzahl der betroffenen Gebiete ergeben die logische Konsequenz, anhand vorerst eines Beispiels zur Klärung der noch dürftig beantworteten Fragen beizutragen. Mit meßbaren Parametern sollen hierzu folgende Größen auf den aufgeforsteten Flächen der MRN beschrieben werden:

- Entwicklung der Spontanvegetation
- Entwicklung der gepflanzten Baumarten
- Einfluß von Oberboden auf die Entwicklung der Vegetation
- Einfluß der Bepflanzung auf die Entwicklung der Vegetation

Bei der Betrachtung der kontrovers diskutierten Problematik der degradierten Flächen Amazoniens ergeben sich bezüglich der extrem degradierten Standorte folgende Fragen:

- Kann ein extrem degradiertes Standort in naturnahen Wald verwandelt werden?
- Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, um eine Entwicklung (Sukzession in Richtung Primärwald) zu beschleunigen?
- Gibt es Parameter, die sich für eine schnelle und langfristig gültige Bewertung aufgeforsteter Flächen eignen?

2 PROBLEMSTELLUNG

2.1 Pflanzensukzession

Eine nackte Fläche wird normalerweise relativ schnell von einer Reihe von Pflanzenarten besiedelt, welche in mehreren Ansätzen ihre Umwelt verändern. Gewöhnlich ist diese Veränderung eine Verbesserung des Lebensraums, welche es weiteren Arten erlaubt, sich dort zu etablieren. Diese Reihenfolge wird Sukzession genannt. Die Sukzession ist ein dynamischer Prozeß und schließt jegliche gerichtete Veränderung der Vegetation mit ein. So wird ein Standort durch die Vegetation verändert und diese Änderung zieht ihrerseits eine Änderung der Vegetation nach sich, selbst wenn alle übrigen Faktoren gleich bleiben. Diese durch die Organismen bedingten Veränderungen wirken sich auf die Umwelt aus. Die Sukzession wird von den Organismen selbst hervorgerufen. Die Umwelt bestimmt lediglich das Muster und die Geschwindigkeit der Veränderungen. Die Sukzession endet in stabilen Ökosystemen, die durch größtmögliche Biomasse (hohe Informationsverwertung) und einen hohen Anteil an Wechselwirkungen zwischen den Arten auszeichnen. Verschiedene Autoren (TANSLEY, 1920; CLEMENTS, 1916) haben diese Phasen der Sukzession in dem oben genannten Sinne beschrieben.

Allgemein definieren kann man den Begriff der Sukzession somit als eine zeitliche Aufeinanderfolge verschiedener Organismengemeinschaften an der gleichen Stelle. In vielen Fällen ist der Effekt eine Abnahme der Artenanzahl, nachdem ein bestimmter Grad an höchster taxonomischer Diversität passiert wurde (MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG, 1974).

Die Sukzession wird mit zwei Methoden untersucht, zum einen die wiederholte Beobachtung derselben Fläche und zum anderen der Vergleich von mehreren Flächen nebeneinander. Die Untersuchungen derselben Flächen können auf gleichbleibenden Dauerparzellen stattfinden und Luftaufnahmen sowie historische Daten mit einschließen. So wird die Veränderung einer gegenwärtigen Gemeinschaft dargestellt. Wenn man Flächen miteinander vergleicht, ersetzt man die Zeit durch den Raum und nimmt an, daß dieser den Zeitablauf repräsentiert.

2.1.1 Primär- und Sekundärsukzession

BICK (1989) unterscheidet bei der Sukzession zwischen der primären und der sekundären Sukzession. Nach dieser Definition startet eine sekundäre Sukzession mit einem Restartenbestand und zeichnet sich dadurch aus, daß der auf eine Wiederherstellung gerichtete Prozeß sich in einem kurzen Zeitraum abspielt und direkt verfolgt werden kann.

Als primäre Sukzession dagegen wird der Besiedlungsprozeß auf zunächst völlig organismenfreien Flächen bezeichnet.

Von einer Sukzession sollte man aber nur sprechen, wenn der Vorgang unter mehr oder weniger gleichbleibenden Klimafaktoren abläuft.

Eine Fläche, die, nachdem sie vollständig zerstört wurde, bepflanzt wird oder in anderer Form nicht sich selbst überlassen wird, kann demzufolge nicht eindeutig der Primär- oder Sekundärsukzession zugeordnet werden. Dies ist zum Beispiel auf einer Bergbaufolgelandschaft, die wiederaufgeforstet wird, der Fall.

BRADSHAW (1983) vergleicht die Flächenzerstörung durch Minenaktivitäten der natürlichen der Gletscher- oder Vulkanaktivitäten, welche zu neuen Landoberflächen führen und Möglichkeiten zur Entwicklung neuer Ökosysteme

durch die Sukzession haben. Zugleich bemerkt BRADSHAW (1990), daß die Sukzession durch Wiedergewinnungsmaßnahmen (reclamation efforts) erleichtert und auch in eine bestimmte Richtung gelenkt werden kann.

2.1.2 Sukzession auf Waldflächen im Amazonasgebiet

Bis vor einigen Jahren fanden sich nur wenige Wissenschaftler, die sich mit der Untersuchung der Sukzession degraderter Flächen in den Tropen beschäftigten, was mit dem großen Interesse am eigentlichen ursprünglichen "Ur"wald zusammenhängt. Die wenigen dieser Untersuchungen auf im Wald zerstörten Flächen, wurden dort gemacht, wo die Störung schon weit zurückreicht und entweder durch den Menschen oder aber auch auf natürliche Gegebenheiten wie Feuer, Wirbelstürme, Überschwemmungen, etc. zurückzuführen ist (LUGO und BROWN, 1986; BROWN und LUGO, 1990). Selbst dort sind die Mechanismen, die die Regeneration beeinflussen weitestgehend unbekannt (HEUVELDOP und NEUMANN, 1983; LUGO, 1995).

Aber gerade in der letzten Zeit hat sich dieses Thema zu einem wichtigen Bestandteil der Wissenschaft in den Tropen entwickelt, da sich seine Bedeutung nicht mehr nur auf kleine Flächen innerhalb des Primärwaldes ("gaps") erstreckt, sondern vielmehr auf größere Gebiete mit den unterschiedlichsten Sukzessionsformen, die in kurzer Zeit entstanden und noch jung sind. Sehr viel Fläche des Primärwaldes ist in wirtschaftlich genutzte Flächen umgewandelt worden, und so hat sich das ursprüngliche Bild geändert. Wenn diese Flächen nicht mehr genutzt werden, beginnt der Prozeß der Sukzession. Je nach Intensität und Art der Nutzung entwickeln sich die Pflanzen dort unterschiedlich. Oft entstehen Flächen, auf denen nur ein oder zwei Arten dominieren. Um die Zusammensetzung der Pflanzenarten auf diesen Flächen zu beeinflussen, d. h. um zu sehen, inwieweit man diese Flächen um Arten bereichern kann, ist es notwendig, die natürlichen Mechanismen der Sukzession bei den unterschiedlichen Gegebenheiten zu kennen. WAIDE und LUGO (1992) sehen ein großes Feld für Forschungen am Schwellenwert, an dem eine natürliche Regeneration von Wäldern noch funktioniert, sei es eine vom Menschen hervorgerufene oder eine natürliche Degradierung.

In den Tropen sind viele Flächen nach einigen Jahren ungenutzt und an anderer Stelle wird Primärwald aus unterschiedlichen Gründen gerodet, wobei viele Arten verloren gehen. Hieraus ergibt sich die Konsequenz, die sogenannten unproduktiven Flächen wieder in produktive Flächen zu verwandeln.

2.2 Abholzung in den Tropen

Tropische Wälder bedeckten früher 12 % der Landoberfläche. Diese Fläche ist ständig geschrumpft auf etwa 5 % (ENDLICHER, 1990). Der Waldanteil in Brasilien ging nach Erhebungen von SCHULTE-BISPING und BEESE (1997) in den Jahren 1980-1990 um etwa 3,5 Millionen Hektar pro Jahr zurück. Dieser Rückgang verlangsamte sich in den Jahren 1990-1995 auf etwa 2,5 Millionen Hektar, was aber dennoch eine große Fläche bedeutet. Nach jüngeren Untersuchungen im brasilianischen Amazonasgebiet war 1998 eine Fläche von 547 000 km² abgeholzt, mit eingeschlossen "alte Abholzungen" (vor 1970) von etwa 100 000 km² (INPE, 1999). Die brasilianische Amazonasfläche hat in etwa die Größe von Westeuropa und die Fläche, die bisher entwaldet wurde, entspricht ungefähr der Größe Frankreichs (FEARNSIDE, 1999). Nachdem der Waldverlust sich von 1987 bis 1991 verringerte, stieg er mit einem Sprung 1995 wieder an (FEARNSIDE, 1997). Dann

sank er wieder bis 1997 (INPE, 1998) und stieg 1998 wieder an (INPE, 1999, FEARNside, 1999).

2.3 Umwandlungsarten und Urwaldnutzung im Amazonasgebiet

Die Tropenwälder werden schon seit Jahrtausenden in vielfältiger Weise von ihren Bewohnern genutzt. Dabei wurden auch immer schon Nutzpflanzen angepflanzt wie z.B. Paranüsse, Kakao, Bananen etc., sei es als Ergänzung in einem intakten Wald oder auf vorher durch Brandrodung befreiten Flächen (WERNER, 1984; ANDERSON und POSEY, 1987; KERR und CLEMENT, 1980; KERR und POSEY, 1984; POSEY, 1983, 1985; UHL und MURPHY, 1981).

SANFORD et al. (1985) konnten nachweisen, daß der Primärwald im Amazonasbecken schon seit mehreren tausend Jahren von Indianern abgebrannt wurde.

Beispiele zur Nutzung des Tropenwaldes gibt es auch von anderen Kontinenten. Im traditionellen Taungya System in China (MENZIES, 1988) wird zum Beispiel, bevor eine Fläche, weil sie unfruchtbar geworden ist, verlassen wird, eine oder mehrere bevorzugte Baumarten angepflanzt. Meist sind es wertvolle Hölzer, die dann später genutzt werden können.

Der frühe Waldbau und die Sammel- und Extraktionswirtschaft der indigenen Bevölkerung hatte kaum spürbare Auswirkungen auf die Waldflächen des Amazonasbeckens. Die Rodungs- und Flureingriffe resultieren zum Großteil aus Holzwirtschaft, Landwirtschaft, Weidewirtschaft und Landspekulation, Holzkohle- und Eisenindustrie und dem Abbau von Bodenschätzen. ENDLICHER (1990) gibt drei Gründe an, weswegen der Primärwald im Amazonasgebiet durch Rodungsprozesse umgewandelt wird. Zum einen spielt die Agrarwirtschaft hierbei eine Rolle.

Des Weiteren liegen extrem reiche Erzlagerstätten im Regenwald (u.a. Eisenerz, Kupfer, Gold, Bauxit). 20 % der brasilianischen Minerallagerstätten liegen im Regenwald (HOPPE, 1990).

Der dritte Grund ist die wachsende Bevölkerung mit ihrer Eingliederung in den Staatsverband Brasiliens. Bei der letzten Form handelt es sich um eine in vielen Fällen nicht gesteuerte, unkontrollierte Umwandlung.

Die mehrere tausend Jahre alten Maßnahmen der Urwaldnutzung der indigenen Bevölkerung sind auf kleinen Flächen angelegt.

2.3.1 Landnutzung

Aufgrund des stetigen Bevölkerungswachstums und steigendem Nahrungsmittelbedarf, sowie dem Interesse an wachsender Exportwirtschaft für Devisen werden oft groß angelegte landwirtschaftliche Projekte geplant. So wird, obwohl die Bodenfruchtbarkeit in den Tropen schnell abnimmt, die landwirtschaftliche Nutzung für das Amazonasgebiet weiter vorangetrieben (ALVIM, 1990), ohne daß in vielen Fällen von den Planern ausreichende Kenntnis von Flora, Fauna, Böden und Wasserhaushalt vorhanden ist (ALVIM 1972, 1981). Für GOODLAND et al. (1978) sind die Voraussetzung für eine standortgerechte, nachhaltige Landwirtschaft regional entstandene Bewirtschaftungssysteme, welche die jeweiligen Umweltfaktoren widerspiegeln. Nach seiner Meinung sollten nicht einheitliche Modelle auf die höchst diversen und heterogenen Ökosysteme, angewendet werden.

2.3.2 Industrieller Ressourcenabbau

Im Amazonasgebiet wurden nach der weltwirtschaftlichen Rezession nach 1973/74 und der erhöhten Auslandsverschuldung Brasiliens bergbauliche und industrielle Großprojekte in Amazonien vorangetrieben. Öffentliche Investitionen und Steueranreize sowie infrastrukturelle Einrichtungen wurden staatlich gefördert, um private Investitionen anzulocken.

2.3.2.1 Gesetzgebung

Industrielle Bergbaubetriebe sind nach Kapitel 4 der Umweltgesetzgebung Artikel 225 der brasilianischen Verfassung gesetzlich zu Wiederaufforstungsmaßnahmen verpflichtet. Es heißt, daß derjenige, der Bodenschätze fördert, verpflichtet ist, die degradierte Umwelt mit einer von öffentlicher Stelle geforderten technischen Maßnahme nach dem Gesetz wiederherzustellen (DE CARVALHO, 1991)¹. Weitergehend wird vom Dekret 97632 vom 10.04.89 zur Reglementierung des Artikels 2 Absatz VIII des Gesetzes 6938/81 vorgeschrieben: Art. 1: Die Unternehmen, welche den Abbau von Bodenschätzen anstreben, sollten, wenn sie die Studie und den Bericht des Umwelteingriffs machen, dem zuständigen Umweltamt einen Plan zur Wiederherstellung degradiertter Flächen vorlegen. Bei Nichterfüllung kann es zu hohen Geldstrafen kommen bis hin zum Konzessionsentzug für die weitere Förderung von Bodenschätzen. Um die Gutachter zufriedenzustellen, reichen oft aber Monokulturen aus (BARTH, 1991).

2.3.2.2 Tagebau (Surface mining, opencast mining)

Im Tagebau wird die obere Schicht vollständig abgetragen und die dort lagernden Bodenschätze entnommen. Hierbei wird die eigentlich Bodenstruktur vollständig umgeschichtet. Sofern es sich nicht um illegale Minenaktivitäten, wie in vielen Fällen bei der Goldsuche handelt, wird der gesetzlich geforderten Wiederherstellung der Fläche nachgekommen.

2.3.2.2.1 Der Bauxitabbau

Bauxit ist der Rohstoff für die Aluminiumerzeugung, dessen Gehalt an Al_2O_3 (Aluminiumoxid) häufig über 50 % beträgt. Aluminium ist nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element der Erdkruste und an ihrem Aufbau mit ca. 8 % beteiligt. Wegen seiner starken Neigung, mit Nichtmetallen - vor allem Sauerstoff-Verbindungen einzugehen, kommt Aluminium in der Natur nicht in metallischer Form, sondern nur in Verbindungen vor. Der Begriff Bauxit wurde von BERTHIER (1821) für Sedimente eingeführt, die reich an Aluminium sind und zuerst in der Nachbarschaft von Les Baux (Südfrankreich) beschrieben wurden. LIEBRICH (1892) war der erste, der den Begriff auch auf die Produkte ausgewaschenen Laterits ausdehnte, die reich an Gibbsite sind (auf Basalt auf dem Vogelsberg, Deutschland). Seit dieser Zeit wird der Begriff Bauxit für alle verwitternden Produkte, die reich an Aluminium aber mit einem niedrigeren Gehalt an Alkali, alkalischen Erden und Silizium benutzt. Für die Bildung von Bauxit müssen bestimmte physikalische und chemische Voraussetzungen gegeben sein. Die klimatischen Verhältnisse, die Vegetationsbedeckung und der pH-Wert haben einen direkten Einfluß auf die Verwitterungsprozesse und die Bildung des Bauxits

¹Verfassung der föderativen brasilianischen Republik, D.O.U., vom 05. Oktober 1988: Titel VIII Kapitel VI Artikel Paragraph 2: "Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei."

(BUTTY und CHAPALLAZ, 1984). VALETON (1986a,b) faßte vier Vorbedingungen für die Bildung von Bauxiten zusammen:

1. Muttergesteine mit mehr als 15 % Al_2O_3 . Dies sind sehr viele magmatische, metamorphe und sedimentäre Gesteine.
2. Warm-humides Klima mit extrem hohen Niederschlägen, gekoppelt mit intensiver Vegetation.
3. Landoberflächen, die ausgedehnte Peneplains (Verebnungsflächen) bilden oder als hügelige Rumpfflächen entwickelt sind.
4. Intensität der Drainage und Lage des Grundwasserspiegels entweder in den Verwitterungsprofilen mit zeitweilig stagnierenden und reduzierenden Bedingungen oder weit unter den Profilen liegend, mit mehr oder weniger kontinuierlich besserer Drainage und Sauerstoffversorgung.

Die Vorkommen des überwiegend im Tagebau gewonnenen Bauxits sind zu etwa 90 % auf die Länder des Tropengürtels konzentriert.

2.3.2.3 Bauxitvorkommen und Verarbeitung in Brasilien

In Brasilien wurde Bauxit schon zu Beginn der siebziger Jahre in geringem Umfang für die Versorgung der eigenen Aluminiumindustrie gefördert. Zwischen 1979 und 1989 hat sich die Bauxitproduktion Brasiliens fast verfünffacht und stieg zwischen 1989 und 1991 weiter von 7,8 Millionen Tonnen auf 10,3 Millionen Tonnen. Diese Steigerung basiert auf der Erschließung der Bauxitvorkommen am Rio Trombetas. Hier werden 70 Prozent des brasilianischen Bauxits gefördert. Die Lagerstätten sind die fünfgrößten bereits erschlossenen Bauxitreserven der Welt (BARDOSSY und BOURKE, 1993). Die für die deutsche Primäraluminiumproduktion notwendigen Rohstoffe (aluminiumhaltige Erze, Bauxit) stammten 1995 zu 0,2 % aus Brasilien. Dies waren 37 000 t. Im Vergleich zu 1990 ist der Import aus Brasilien um 92,2 % zurückgegangen (DEUTSCHER BUNDESTAG, 1997).

Die Bauxitvorkommen am Rio Trombetas wurden 1967 entdeckt. Parallel zu den ersten Schritten zur systematischen infrastrukturellen Erschließung des Amazonasraumes, begannen 1974 die Arbeiten zur Erschließung der Mine.

1979 wurde die Bauxitförderung am Rio Trombetas aufgenommen.

1989 wurden 6 104 374 t Bauxit gefördert, welches einen Gehalt von 49,39 % Aluminium hat. Nach heutigen Berechnungen reichen die Vorkommen in dieser Region bis zum Jahre 2090 (MRN, ohne Jahresangabe). 1994 produzierte Brasilien 8,7 Mio. t/a Bauxit. Bis zum Jahr 2000 könnte sich diese Menge auf 12 Mio. t/a erhöhen. Die Mineração Rio do Norte wird ihre Kapazitäten um über 1000 t/a ausweiten. Die Companhia Brasileira do Alumínio (CBA) strebte an, ihren Ausstoß von 220 000 t/a Aluminium auf 360 000 t/a bis Ende 2000 zu erhöhen (DNPM/DEM, 1996).

2.4 Der Landschaftsrückbau

Die Kontrolle der weitergehenden Zerstörung von Primärwald steht in engem Zusammenhang mit der nachhaltigen Landnutzung bereits degradiertter Flächen im Amazonasgebiet. Die Degradierung genutzter Flächen vergrößert den Bedarf von Ersatzflächen, die durch Rodung von Primärwald gewonnen werden.

Außerdem bewirkt eine großflächige Primärwaldzerstörung eine Verminderung der Jahresniederschläge und Erhöhung der Jahrestemperatur (SALATI und NOBRE, 1992). Nach Klimamodellen könnte es hierdurch zu Savannenbildung kommen. Durch die Bildung von Sekundärwald könnten Teile der Klimafunktion des Primärwaldes übernommen werden. Da die degradierten Flächen keine

Wirtschaftsgrundlage für die lokale Bevölkerung bieten, leidet die Infrastruktur und getätigte Investitionen gehen verloren.

Die biologische Vielfalt von Primärwäldern verschwindet. Es ist noch weitgehend ungeklärt, inwieweit rehabilitierte Flächen Teilfunktionen bei der Erhaltung der Biodiversität übernehmen können.

Die Wiederherstellung der biologischen Produktivität ist ohne menschliche Eingriffe kaum möglich. Einer stetigen Zunahme der degradierten Flächen stehen unzureichende Erfahrungen und Technologien für die Rehabilitation gegenüber. Deshalb besteht eines der Hauptziele für die Praxis des Landschaftsrückbaus darin, Methoden zu entwickeln, die eine nachhaltige Rekultivierung bzw. Renaturierung auch großflächig garantieren. Die Nutzung von ehemals degradierten und wieder rehabilitierten Flächen kann den Druck auf die Primärwälder vermindern (siehe auch LOHMANN, 1998).

2.4.1 Definitionen

Bei der Thematik des Rückbaus degradierter Flächen tauchen immer wieder Begriffe auf, die in der Literatur leicht unterschiedlich genutzt werden oder sich auch überschneiden. JORDAN (1992) gibt mit seinen Erklärungen eine gute Definition von diesen Begriffen und findet auch genaue Abgrenzungen voneinander:

Restaurierung (restoration): etwas zu restaurieren bedeutet, es in einen früheren Zustand zurückzubringen. Ökologische Restaurierung bedeutet dann, dieses für ein ökologisches System zu tun, sei es ein Ökosystem, eine ökologische Gemeinschaft, eine Landschaft oder jegliche Kombination dieser Systeme.

In der Praxis bedeutet dies, daß die Fläche vollständig in den früheren Zustand gebracht wird und die Prozesse der umgebenden ökologischen Zone, in welcher die Störung liegt, widerspiegeln.

Rehabilitation (rehabilitation): etwas zu rehabilitieren bezieht sich darauf, ein System wieder arbeiten zu lassen unter der Berücksichtigung, daß die Systeme natürlich funktionieren. Normalerweise geschieht das dadurch, daß einzelne Attribute restauriert werden.

Wiedergewinnung (reclamation): wiederzugewinnen bedeutet, einen degradierten Standort nützlicher, attraktiver oder in irgendeinem Sinne erwünschter zu machen. Wiedergewinnung bedeutet nicht immer, einen Standort in einen natürlichen Zustand zurückzuführen und ist oft die Errichtung einer wünschenswerten Nutzung. Dies kann zum Beispiel ein Golfplatz oder ein Parkplatz in einer Sand- oder Kiesgrube sein. Logischerweise zieht diese Behandlung eine ökologische Richtungsgebung bestimmter Prozesse, wie hydrologische, nach sich. Verglichen mit der Restaurierung ist die Intensität der Eingriffe bei der Wiedergewinnung bedeutend geringer. Außerdem wird sie auch angewendet, um Gebiete für die Landwirtschaft nutzbar zu machen, wo sie unter natürlichen Gegebenheiten nicht nutzbar sind. Hierbei wird das natürliche Landschaftsbild logischerweise zerstört.

Wiedererlangung (recovery): dieser Ausdruck bezieht sich auf die natürliche oder eigene Möglichkeit, die Vegetationsbedeckung wiederzuerlangen. Manchmal haben sich die Konditionen soweit verbessert, daß menschlicher Einfluß keine effektiven Verbesserungen mehr hervorrufen wird. Von einigen wird Wiedererlangung fälschlicherweise als natürliche Wiedergewinnung bezeichnet. Im Gegensatz zur Wiedererlangung beinhalten Restaurierung, Rehabilitation und Wiedergewinnung aber in irgendeiner Form menschlichen Einfluß.

2.4.2 Bodenschutz

Agrarökologisch und auch bei dem Rückbau von zerstörten Flächen problematisch sind die in der Amazonasregion immer wieder auftretenden Starkregen, bei denen sogar 100 mm Niederschlag an einem Tag überschritten werden können (WEISCHET, 1980; eigene Beobachtung). Diese Starkregen sind entscheidend an der Bodenzerstörung, dem Nährstoffaustrag und der Saatvernichtung in jungen Rodungsgebieten und wiederaufgeforsteten Gebieten, die eine geringe Bodenbedeckung besitzen, beteiligt. Trotz der enormen Größe der Amazonasregion war es zu Beginn der staatlichen Förderung für die vernünftige Nutzung des Amazonasregenwaldes ("Land ohne Menschen für Menschen ohne Land") 1979 der brasilianischen Regierung bewußt, daß es trotz wirtschaftlicher Nutzungsinteressen notwendig ist, von diesem Ökosystem Flächen unter Schutz zu stellen (DE GUSMÃO CÂMARA, 1983). So wurde ein Gesetz erlassen, das verlangt, von jedem land- oder viehwirtschaftlichen Projekt 50 % der Fläche dauerhaft unter Schutz zu stellen.

2.4.3 Klimaschutz

Durch die Abholzung tropischer Wälder kommen Kohlendioxid, Methan und andere Gase, die für den globalen Treibhauseffekt verantwortlich sind, in die Atmosphäre (z. B. HOUGHTON et al., 1996). Die Verbrennung der Wälder und anderer Vegetation in den Tropen ist ein Zeichen zunehmender Veränderungen der Landnutzung und hat immer deutlicher sichtbare Auswirkungen auf die Umwelt. Die Emissionen der Verbrennung tropischer Vegetation enthalten neben erheblichen Mengen an Kohlendioxid (CO₂) Stickoxide (NO_x), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und andere Kohlenwasserstoffe und große Mengen an Aerosolen. Smog ähnliche Bedingungen mit Ozonkonzentrationen, die mit den Bedingungen der hochindustriellen Länder vergleichbar sind, werden über den abgelegenen Regionen der Tropen vorgefunden. Diese Störungen der tropischen Atmosphäre haben derartige Ausmaße angenommen, daß sie auch vom Satelliten aus erfaßt werden können. Neben den gravierenden regionalen und überregionalen Umweltschäden, insbesondere der Störung des Wasserkreislaufes, führt die großflächige Waldverbrennung zu einer Beschleunigung des Treibhaus-Effektes und berührt damit auch die Regionen außerhalb der Tropen (GOLDAMMER, 1990). Holzplantagen können wie der Primärwald große Mengen an Kohlenstoff speichern. Sie können ähnlich wie natürliche Wälder das Klima und die Wasserverhältnisse des Bodens verbessern, sofern diese forst- und landwirtschaftlichen Systeme sorgfältig geplant und bearbeitet werden (SAYER und WHITMORE, 1991). Auch BREUER (1981) ist der Meinung, daß durch entsprechende forstpolitische Maßnahmen wie zum Beispiel Wiederaufforstungsprogramme und Verringerung der Entwaldung in den Tropen den Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre verlangsamt werden kann.

2.4.4 Artenvielfalt

Obwohl das Interesse die Biodiversität zu beeinflussen an staatlichen Institutionen und Landmanagementeinrichtungen gestiegen ist, sind hierzu bisher keine ausgereiften Strategien entwickelt worden (ROBERTS und GILLIAM, 1995). SOLBRIG (1991) kommt zu dem Schluß, daß jegliche Theorien zur Biodiversität fehlen. Jegliches Waldmanagement sollte auf dem Verständnis der natürlichen Eigenschaften der Diversität und der ökologischen Prozesse, die diese beeinflussen, basieren (ROBERTS und GILLIAM, 1995).

3 REGIONSBESCHREIBUNG

3.1 Lokale Gegebenheiten

3.1.1 Geographische Lage

Die Untersuchungsstandorte sind die Aufforstungen der Mine Saracá, die auf einem Plateau etwa 30 km nordöstlich der Stadt Porto Trombetas liegen. Aus Abbildung 3.1 wird deutlich, daß sich das Gebiet inmitten des tropischen Regenwaldes befindet.

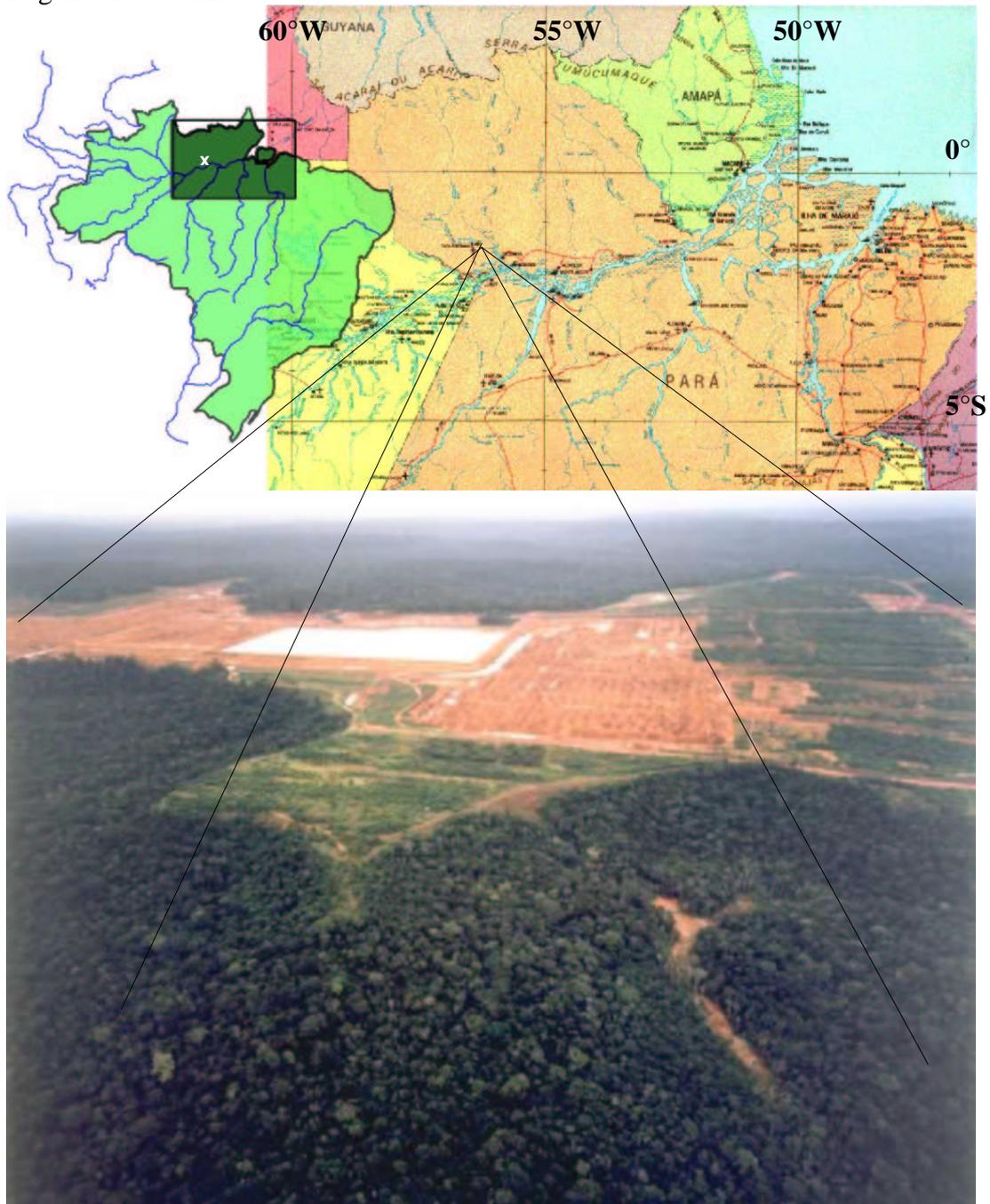


Abbildung 3.1: Die Untersuchungsflächen befinden sich in den Aufforstungen der Mine Saracá auf einem Plateau nahe der Stadt Porto Trombetas in der Amazonasregion.

Porto Trombetas befindet sich etwa 65 km nordwestlich von Oriximiná zwischen den Flüssen Trombetas und Nhamundá. Die Stadt liegt an den geographischen Koordinaten 1°45' S und 56°40' W, rechtsseitig des Rio Trombetas, der in den Amazonas fließt, im nordwestlichen Teil des brasilianischen Bundesstaates Pará im Amazonasgebiet. Etwa 1300 km flußabwärts mündet der Amazonas in den Atlantik.

Die Mine wird von einem Nationalwald (Floresta Nacional) umgeben. Dies ist eine staatlich festgelegte Fläche mit wirtschaftlicher, technischer oder sozialer Zielsetzung. Die Flächen müssen noch nicht bewaldet sein, sondern es reicht, wenn sie nur dafür bestimmt sind (INSTITUT FÜR BRASILIENKUNDE, 1995).

3.1.2 Geologie

Bauxitlagerstätten entstehen aus der Verwitterung oder Bodenbildung mit Anreicherung von Aluminium auf Ferralsolen (Oxisolen) der Tropen und Subtropen. Ferralsole entwickeln sich als typische Waldböden der feuchten Tropen aus den verschiedenen Silikatgesteinen. Hohe Temperaturen und starke Durchfeuchtung haben in langen Perioden ungestörter Entwicklung die Silikate intensiv verwittern, Alkali- und Erdalkalitionen sowie Kieselsäure auswaschen lassen, während Fe und Al als Oxide zurückblieben. Dieses Lateritgestein, in Porto Trombetas Bauxit, findet sich auf 80-100 m hohen Erhebungen, Plateaus, in 3-11 m unter der Oberfläche (SUGDEN, 1984; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1984; KOTSCHOUBEY und TRUCKENBRODT, 1981, 1984; TRUCKENBRODT und KOTSCHOUBEY, 1981; VALETON, 1972, 1967). Sie sind ca. 10 000 Jahre alt.

3.1.3 Boden

Der Boden ist gelber Latosol, sauer und nährstoffarm, gebildet aus den lehmhaltigen Sedimenten der Barreiras-Formation (TRUCKENBRODT et al. 1991). Er ist unter dem Namen "Belterra Lehm" bekannt (SUGDEN, 1984). Nach der FAO-UNESCO Klassifikation (1971) werden diese Böden als xanthic ferralsols bezeichnet.

Der A-Horizont ist im Vergleich zum B-Horizont geringmächtig (VIANA, 1976). Nach dem Abbau von Bauxit sind die physikalischen und chemischen Bodendaten sehr variabel, je nach Alter und durchgeführten Maßnahmen auf der wiederaufgeforsteten Fläche. Tabelle 3.1 gibt einen groben Überblick dieser Unterschiede der untersuchten Flächen.

3.1.4 Vegetation

Die Vegetation im Untersuchungsgebiet ist ein immerfeuchter tropischer Regenwald, bei dem QUEIROZ et al. (1994) eine homogene floristische Zusammensetzung mit einer hohen Artenzahl zweier Gattungen der Familie Lecythidaceae vorfanden. Weiterhin stellten sie fest, daß nur vereinzelt Bäume mit einem Durchmesser in Brusthöhe von mehr als 45 cm anzutreffen sind und im Unterwuchs neben anderen Palmenarten *Oenocarpus bacabae* vorherrscht. HIGUCHI et al. (1982) charakterisieren das Waldgebiet in der Rio Trombetas Region als ein, den anderen Wäldern der "terra firme" ähnliches Gebiet bezüglich Artenzahl, Basalfläche und Stammvolumen der Gehölze. Eine Waldinventur von REVILLA und SILVA (1982) ergab, daß die Familien mit der höchsten Artenzahl Sapotaceae, Olacaceae, Lecythidaceae, Caesalpinaceae, Moraceae, Chrysobalanaceae, Mimosaceae, Apocynaceae, Annonaceae, Euphorbiaceae und Fabaceae sind. Lianen kommen vereinzelt vor.

Tabelle 3.1: Bodendaten von vier Untersuchungsflächen (A1: Übliche Aufforstung, A18: Aufforstung ohne Oberboden aus dem Primärwald, A17: Übliche Aufforstung, A15: Natürliche Regeneration nach Auftragen von Oberboden), dem Primärwald und dem Oberboden, wie er auf die Flächen aufgetragen wird. Die Proben wurden als Mischproben der gesamten Flächen Anfang 1995 in 0-5 cm Tiefe genommen.

	A19 Primär- wald	Ober- boden	A1 1 Jahr Oberboden	A18 1 Jahr kein Oberboden	A17 11 Jahre alte Aufforstung	A15 11 Jahre keine Aufforstung
pH(H ₂ O)	3,8	4,1	4,3	4,9	4,9	5,0
P[ppm]	2,00	2,00	2,75	1,00	3,00	2,25
K[ppm]	54,00	28,00	33,83	2,00	44,67	31,50
Ca[me%]	0,57	0,34	0,76	0,33	2,89	1,93
C%	3,43	3,55	2,74	0,81	3,32	3,20
N%	0,30	0,34	0,19	0,01	0,31	0,29
Al[me%]	3,00	3,30	1,64	0,20	1,07	1,07
Mg[me%]	0,23	0,14	0,29	0,08	0,72	0,49

3.1.5 Klima

Die von der Minengesellschaft in Porto Trombetas von 1982-1995 gemessenen mittleren jährlichen Temperaturen schwankten zwischen 23,8 °C und 32,0 °C, wobei dies ein Mittel von 28,7 °C für die 14 Jahre bedeutet. Der Niederschlag lag im gleichen Zeitraum zwischen 1439,6 und 3002,4 mm jährlich, woraus sich eine mittlere jährliche Niederschlagssumme von 2090,1 mm ergibt. Aus Abbildung 3.2 können die jährlichen Schwankungen von Temperatur und Niederschlag entnommen werden.

Das Gebiet zeichnet sich durch zwei deutlich zu unterscheidende Jahreszeiten aus. In der Regenzeit von November/Dezember bis Mai/Juni fällt der größte Teil der Niederschläge und in der Zeit von Juli bis Oktober liegt die monatliche Niederschlagssumme deutlich unter 100 mm. In den Jahren 1994 und 1995 schwankten die mittleren monatlichen Temperaturen zwischen 25 °C im Januar 1995 und 35 °C im August 1994 bei einer mittleren Durchschnittstemperatur dieser zwei Jahre von 29,3 °C.

Im gleichen Zeitraum schwankte der monatliche Niederschlag zwischen 8,4 mm im August 1995 und 523 mm im März 1994. Aus Abbildung 3.3 kann man die Klimadaten von 1994 und 1995 entnehmen.

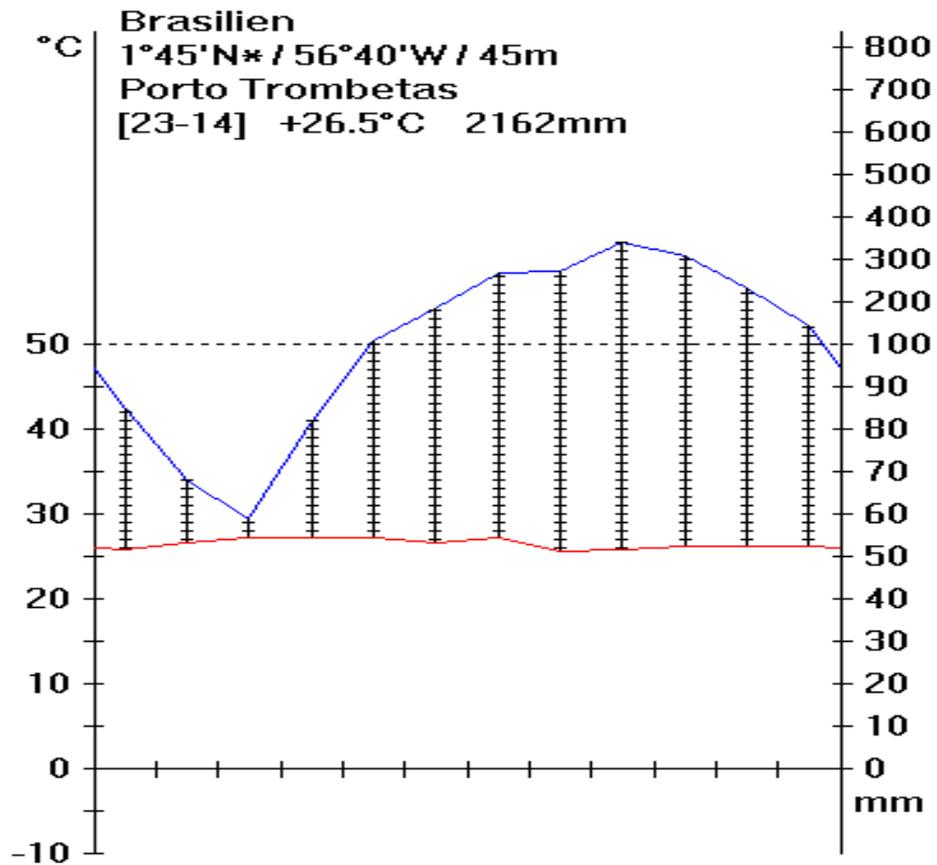


Abbildung 3.2 Jährliche Niederschlagssumme gemessen in der Mine Saracá und mittlere Jahrestemperatur von Porto Trombetas der letzten 14 Jahre (Temperatur der letzten 23 Jahre). Die Daten wurden von der Minengesellschaft MRN zur Verfügung gestellt. Klimadiagramm nach LIETH et al. (1999).

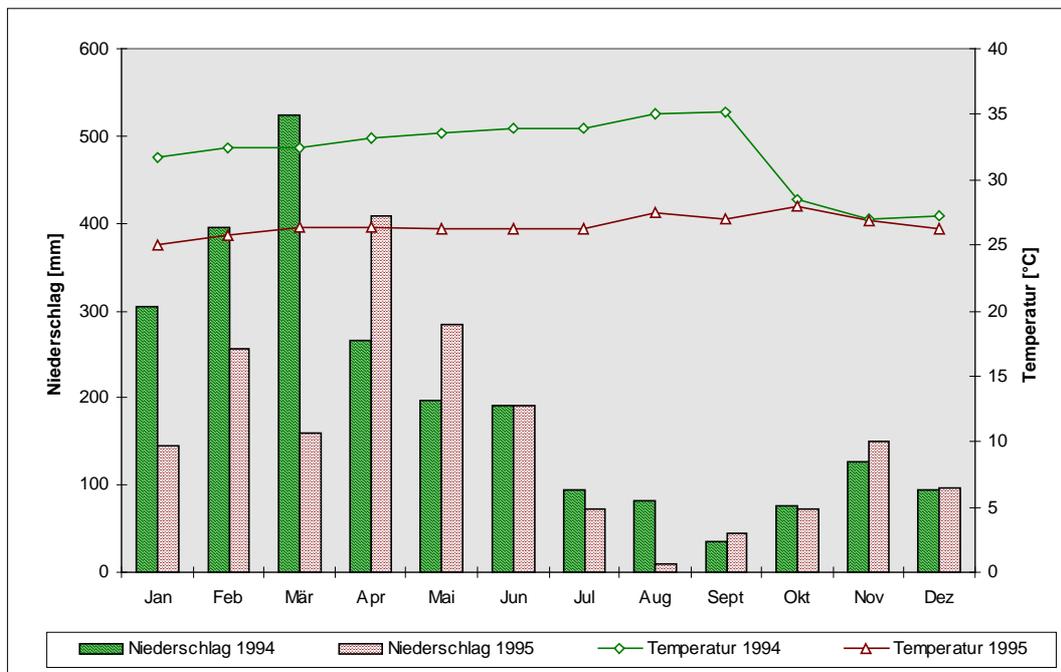


Abbildung 3.3 Monatliche Niederschlagssummen gemessen in der Mine Saracá und mittlere Monatstemperaturen von Porto Trombetas im Untersuchungszeitraum 1994 und 1995. Die Daten wurden von der Minengesellschaft MRN zur Verfügung gestellt.

4 ZIEL DIESER UNTERSUCHUNG

Wie in der Einleitung beschrieben, sind auf Flächen, die eine vollständige Veränderung erfahren haben, kaum Untersuchungen zur Entwicklung der Pflanzen gemacht worden. Für diese Arbeit mußten die genauen Arbeitsschritte beim Bauxitabbau und dem anschließenden Rückbau durch die Minengesellschaft dokumentiert werden, um in der Lage zu sein, geeignete Flächen für die zweijährige Untersuchung auszuwählen und deren Entwicklungsprozesse zu verstehen. Durch die Beschreibung der einzelnen Etappen des Abbaus wird die immense Degradierung deutlich. Die Bearbeitung der Fläche nach der Bauxitentnahme spielt für die neue Flächenbildung und weitere Entwicklung der Pflanzen eine wichtige Rolle. Eine schematische Darstellung der einzelnen Schritte erleichtert das Verständnis für die Entwicklungsprozesse auf den neuen Flächen (Abbildung 5.14).

Die Methoden des Rückbaus wurden seit 1984 vergleichbar gehandhabt. So konnten für die Beschreibung auch Flächen, die zu früherer Zeit aufgeforstet wurden, mit in die Untersuchung einbezogen werden. Nach der Auswahl mußten die Flächen rein deskriptiv dokumentiert werden, um im Anschluß genauer untersucht zu werden.

Für die Beschreibung der Flächen mußten geeignete Parameter ausgewählt werden. Es sollte herausgefunden werden, inwieweit diese sich für aufgeforstete Flächen als Bewertungskriterien eignen. Bei der Pflanzensukzession sind besonders das Höhen- und Dickenwachstum und die Anzahl und Diversität der Arten von Bedeutung. Weiterhin sollte herausgefunden werden, ob sich weitere Parameter zur Beschreibung einer Fläche eignen. Viele der jungen Bäume können nicht bis zur Art bestimmt werden. Für den Vergleich der Flächen untereinander ist die Einteilung in Taxa ausreichend.

Um Übertragungsmöglichkeiten der Pflanzenentwicklung auf andere degradierte Flächen zu haben, sollten auch Flächen untersucht werden, bei denen der Rückbau anders vonstatten ging. Hierbei sollte sich aber jeweils nur ein Merkmal ändern. Für Sukzessionsuntersuchungen eignet sich als ein Untersuchungskriterium das Alter, sofern die restlichen Behandlungsmethoden der Flächen nicht zu unterschiedlich sind.

Da überall auf den Flächen der Mine Oberboden aufgetragen wurde, dieser aber auf normal degradierten Flächen nicht so leicht verfügbar ist und selbst bei Verfügbarkeit hohe Kosten entstehen, ist von Interesse, wie sich das Wachstum auf Böden ohne Oberboden von denen mit Oberboden unterscheidet. Der Vergleich von älteren Flächen mit nur natürlicher Sukzession und gleich alten bepflanzten Flächen gibt Anhaltspunkte zu den Sukzessionsstadien.

Da die Flächen im Vergleich zum Primärwald sehr jung sind, können Daten des Primärwaldes nur als grobe Anhaltspunkte benutzt werden.

5 DIE MINENGESELLSCHAFT MRN

5.1 Allgemeine Angaben zur MRN

Die Minengesellschaft MRN fördert Bauxit im Tagebau und forstet im Anschluß die Flächen auf. Dabei wird streifenförmig vorgegangen, wie auf der Abbildung 5.1 deutlich wird. Im Besitz der MRN sind 146 000 ha, wovon nur 30 000 ha wirtschaftlich (Bauxit) interessant sind. Im Mittel befinden sich 47 257,38 t/ha Bauxit auf der Fläche. Beim anschließenden Verarbeitungsprozeß fallen etwa 25-28 % an Rückständen an.



Abbildung 5.1: Bei dem Abbau von Bauxit und der anschließenden Aufforstung wird streifenförmig vorgegangen. Zuerst werden die Bäume aus dem Primärwald umgebrochen und die Biomasse von der Oberfläche entfernt. Der Oberboden mit seinem organischen Material, Samen und auskeimungsfähigen Pflanzenteilen wird abgetragen und auf die aufzuforstenden Flächen aufgebracht. Rechts auf dem Photo ist der Primärwald zu sehen, davor die umgebrochenen Bäume und die schon von der Biomasse befreiten Flächen. Vor der Entnahmestelle des Bauxits und den davor aufgeschütteten Lehmbergen, die im Anschluß an die Entnahme in die Gruben zurückgefüllt werden, sind links auf dem Photo die schon aufgeforsteten Flächen an ihrer Vegetationsdecke deutlich zu erkennen. Photo: MRN

5.1.1 Die Etappen des Bauxitabbaus

Von der Förderung des Bauxits bis zur Verschiffung sind mehrere Produktionsschritte notwendig. Zuerst wird der Primärwald gerodet. Dabei werden die Bäume mit Hilfe von speziellen Traktoren umgebrochen. Jährlich handelt es sich dabei um eine Fläche von durchschnittlich 110,92 ha (im Mittel von 1979-1993). Die Rodungen wurden 1979 begonnen. Bis Dezember 1993 waren in der Mine auf dem Plateau 1645,93 ha abgeholzt.

Auf Abbildung 5.2 ist ein Teil der Bäume direkt nach dem Umbruch zu sehen.

Die dortige Biomasse wird mit Bulldozern entfernt. Die Stämme, die kommerziell genutzt werden können, werden entnommen (Abbildung 5.3), während das restliche Material zerkleinert und teilweise mit dem Oberboden auf die aufzuforstenden Flächen aufgebracht wird. Der Rest wird vergraben.



Abbildung 5.2: Abgeholzter Primärwald vor der Bauxitentnahme. Jedes Jahr werden etwa 140 ha Primärwald umgebrochen, bevor die Fläche weiter zur Bauxitentnahme bearbeitet wird. Im Hintergrund ist der Primärwald zu sehen.



Abbildung 5.3: Nachdem die Bäume umgebrochen sind, wird das wertvolle Hartholz ausgesondert und der Rest der Biomasse zerkleinert und abtransportiert. Teilweise wird das weniger mächtige Material mit auf die aufzuforstenden Flächen gebracht, der andere Teil aber tief vergraben.

Das Bauxit lagert unter einer bis zu 11 m dicken Schicht von gelbem Lehm (Abbildung 5.4) und einer bis zu dreieinhalb Metern dicken Schicht mit geringem

Bauxitanteil. Die Schichtdicke beträgt bis zu 6 m. Von Spezialbaggern werden die oberen Bodenschichten abgetragen. Danach wird die Bauxitschicht lockergesprengt.

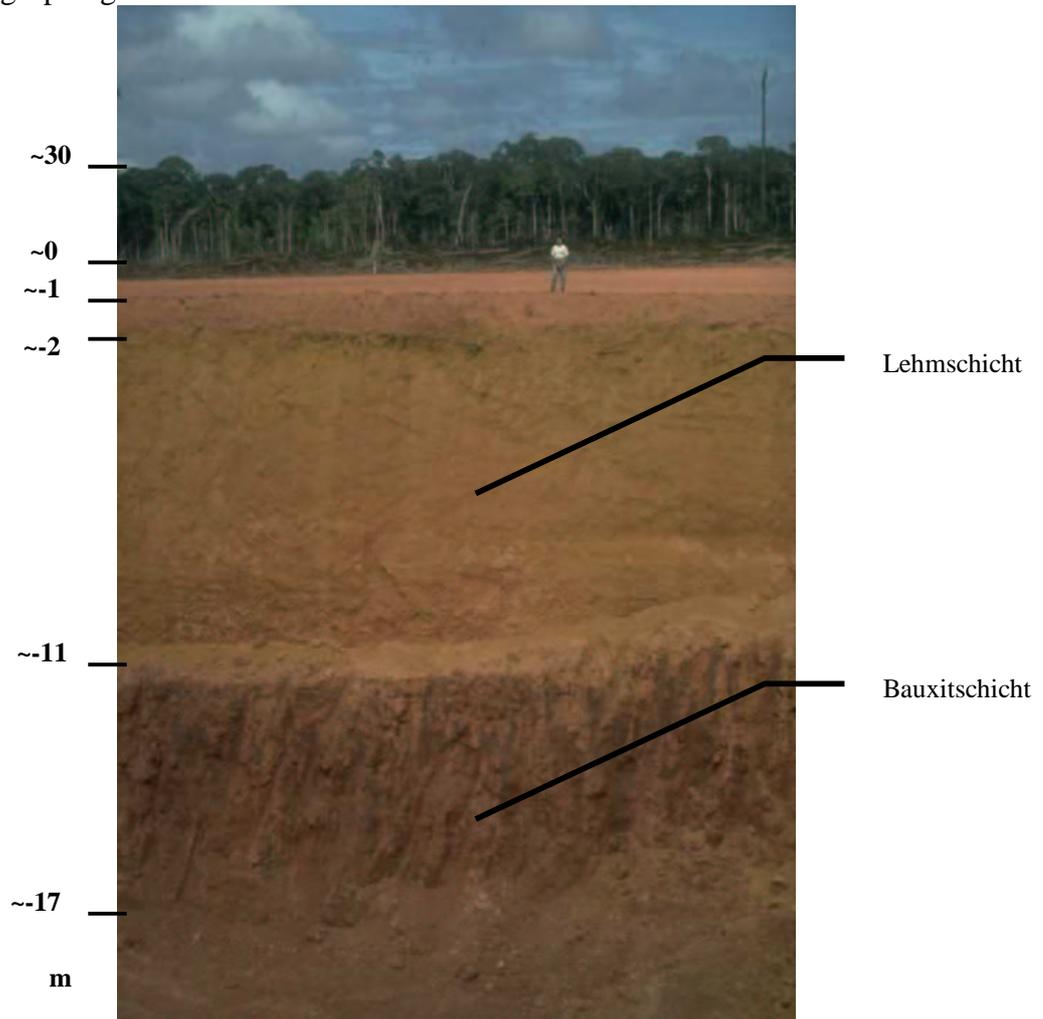


Abbildung 5.4: Das Bauxit liegt unter einer bis zu 11 m dicken Schicht von gelbem Latosol. Die Schichtdicke von 3-6 m ist im Amazonasgebiet im weltweiten Vergleich besonders mächtig.

Im Anschluß daran wird das Bauxit mit schweren Maschinen entnommen (Abbildung 5.5) und auf LKWs verladen, die es zu Förderbändern bringen. Über verschiedene Zerkleinerungsanlagen gelangt es schließlich zur Bauxitwäsche. Bei der Wäsche verliert das Rohbauxit ca. 30 % seiner Masse. Über Pumpstationen wird der anfallende rote Schlamm in Auffangbecken gepumpt. Das Waschen des Bauxits und das Auffangen erfolgt seit 1989 im Abbaugbiet. Das gewaschene Bauxit gelangt über eine ca. 28 km lange Eisenbahnlinie nach Porto Trombetas. Der größte Teil des Bauxits wird hauptsächlich in auf Ölbasis funktionierenden Trocknungsanlagen getrocknet. Brasilien konnte in den 90er Jahren seine Position als fünftgrößter Produzent und viertwichtigster Exporteur von Primäraluminium weiter ausbauen. Aus vier bis fünf Tonnen Bauxit können etwa zwei Tonnen Aluminiumoxid (auch Tonerde oder Aluminat genannt) und daraus wiederum etwa eine Tonne Aluminium gewonnen werden.



Abbildung 5.5: Mit schweren Maschinen wird das Bauxit entnommen und auf LKWs verladen, die es zu Förderbändern bringen.

Über die Hafenanlage von Porto Trombetas erfolgt schließlich die Verladung des Bauxits in Schiffe (Abbildung 5.6).



Abbildung 5.6: Die Verladung des Bauxits erfolgt zur Verschiffung in Aluminiumfabriken in der Hafenanlage von Porto Trombetas.

Bis zu eineinhalb Tagen dauert es, je nach Ladevolumen der Schiffe, ehe das Bauxit zur Weiterverarbeitung die Fahrt über den Rio Trombetas und den Amazonas in Richtung Atlantik antritt. Die derzeitige Jahreskapazität der Minengesellschaft beträgt rund 8 Millionen Tonnen Bauxit. Auf dieser Basis reichen die Vorkommen auf dem Plateau noch bis zum Jahr 2090. Zu den am nächsten gelegenen Zielen eines solchen Transportes zählt die 1400 km Luftlinie

entfernte Verhüttungsanlage des Aluma-Konsortiums bei São Luis im Bundesstaat Maranhão. Das Bauxit wird in die ganze Welt exportiert.

5.2 Flächennutzung nach Bauxitentnahme

Nachdem die Förderung des Bauxits an den jeweiligen Flächen abgeschlossen ist, strebt die Minengesellschaft MRN an, dort einen möglichst naturnahen Zustand wieder herzustellen.

5.2.1 Die Etappen der Aufforstung

Bis Dezember 1993 waren 610,22 ha von der Minengesellschaft wieder aufgeforstet.

Nach der Bauxitentnahme werden die Flächen wieder aufgefüllt und begradigt. Im Anschluß daran wird Oberboden in einer Schicht von 20-40 cm von den abgeholzten Flächen möglichst direkt ohne Zwischenlagerung aufgebracht (Abbildung 5.7). In dem Oberboden befinden sich neben Samen und auskeimungsfähigen Pflanzenteilen noch viel organisches Material wie Wurzelreste, Äste und Baumstämme.



Abbildung 5.7: Nachdem die Grube mit dem gelben Latosol wieder gefüllt und begradigt wurde, wird der Oberboden mit Lastwagen von der vorher schon von Biomasse befreiten Fläche geholt und in Haufen auf die aufzuforstende Fläche geschüttet und mit einem Raupenbagger verteilt. Die Schicht ist dann etwa 20-40 cm dick. In diesem Oberboden befinden sich noch viele Samen aus dem Primärwald und etliche noch keimungsfähige Pflanzenteile.

Zur Auflockerung des stark kompaktierten Bodens und zur Verhinderung von Erosionen durch die starken Regenfälle wird im Abstand von einem Meter etwa 90 cm tief gepflügt (Abbildung 5.8).



Abbildung 5.8: Bevor gepflanzt wird, wird der Oberboden in Abständen von einem Meter etwa 90 cm tief untergepflügt. Dies vermindert die Erosion durch die starken Regenfälle und erhöht die Wasserhaltekapazität.

Samen werden hauptsächlich im Primärwald gesammelt (Abbildung 5.9) und aus ihren Früchten befreit.



Abbildung 5.9: Die meisten Samen werden im Primärwald gesammelt. Über die Jahre sind die Mutterpflanzen bekannt und über das Blühen und Fruchten gibt es einen in Porto Trombetas erstellten Phänologiekalender von den meisten dort zur Aufforstung benutzten Baumarten.

Sie werden kurz gelagert (Abbildung 5.10) und wenn es notwendig ist, wird ihre Samenruhe chemisch oder mechanisch gebrochen.



Abbildung 5.10: Die Samen werden im Gewächshaus aus den Früchten entfernt, teilweise muß die Dormanz gebrochen werden, bevor sie dann in Vermikulit ausgesät werden. Auf dem Photo ist eine Auswahl kleinerer Samen zu sehen, bei denen die Lagerung ohne Probleme ist.

Im Jahr 1995 wurden für die Aufforstungen der Mine insgesamt 178 921 Setzlinge von 85 verschiedenen Baumarten angezogen. Zusätzlich wurden auch Setzlinge aus dem Primärwald gesammelt (Abbildung 5.11) (interner Bericht der Abteilung Ökologie der MRN).



Abbildung 5.11: Auf diesem Photo sind Keimlinge von seringueira, dem Gummibaum *Hevea brasiliensis*, einer Euphorbiaceae zu sehen. Einige Setzlinge werden direkt aus dem Primärwald entnommen und dann ins Gewächshaus gebracht, bis sie die zum Auspflanzen richtigen Größe erreicht haben. Durch die Entnahme von Keimlingen erübrigt sich der Schritt des Auskeimens.

Im Gewächshaus (Abbildung 5.12) werden sie in Pflanzsäckchen herangezogen, bis sie eine Größe von etwa 50-100 cm erreicht haben.



Abbildung 5.12: Im Gewächshaus werden die ausgekeimten Pflanzen in Pflanzsäckchen gepflanzt und dort gehalten, bis sie in der Regenzeit ausgepflanzt werden.

Dann werden die angezogenen Setzlinge in der Regenzeit mit einer Vorratsdüngung von NPK ausgepflanzt (Abbildung 5.13) Durchschnittlich werden pro Hektar 2 500 Setzlinge gepflanzt.



Abbildung 5.13: Auszupflanzende Setzlinge. Jedes Jahr werden etwa achtzig unterschiedliche Baumarten ausgepflanzt. In der Mehrzahl handelt es sich um heimische Bäume. Insgesamt sind schon über 150 verschiedene Baumarten in den 15 Jahren angepflanzt worden. Exotische Arten werden heutzutage nur noch als Schattenspender vereinzelt zwischen die einheimischen Baumarten gemischt.

5.2.2 Ressourcenmanagement

Zusammengefaßt gibt die Abbildung 5.14 das Management der Minengesellschaft mit ihren Ressourcen schematisch wieder. Das Bauxit wird gefördert und genutzt, wohingegen die Ressource Primärwald durch das Vergraben von größeren Mengen Biomasse durch den geringen Anteil von nutzbaren Hölzern nur minimal genutzt wird. Der Lehm Boden wird vollständig umgeschichtet und die ursprünglichen Bodenstrukturen zerstört. Die Oberbodenschicht ist nur gering mächtig, hier ist eine klare Trennung von der darunterliegenden Lehmschicht nicht möglich. Somit findet bei dem Oberboden und der Lehmschicht eine Umschichtung statt, sie bleiben aber der Fläche erhalten. Die Bauxitschicht und der Primärwald werden dagegen ganz entnommen. Beim Bauxit gibt es keine und beim Primärwald zum größten Teil keine Rückführung auf die Fläche. Die Stämme, die vergraben werden, liegen im Anschluß an das Verfüllen in der ehemaligen Bauxitschichttiefe; bedeutend tiefer als die Durchwurzelungstiefe und sind somit kein Nährstoffpool für die Fläche. Die Überlegungen, diese Biomasse auf die Flächen zu bringen wurden zerschlagen, da die Arbeit des Tiefpflügens durch die harten Holzstämme bei den ersten Versuchen behindert wurde. Das Verbrennen der Biomasse ist innerhalb des gesamten Plateaus gesetzlich verboten. Nach Auskunft der Minengesellschaft erwies sich das Vergraben als kostengünstigste Variante.

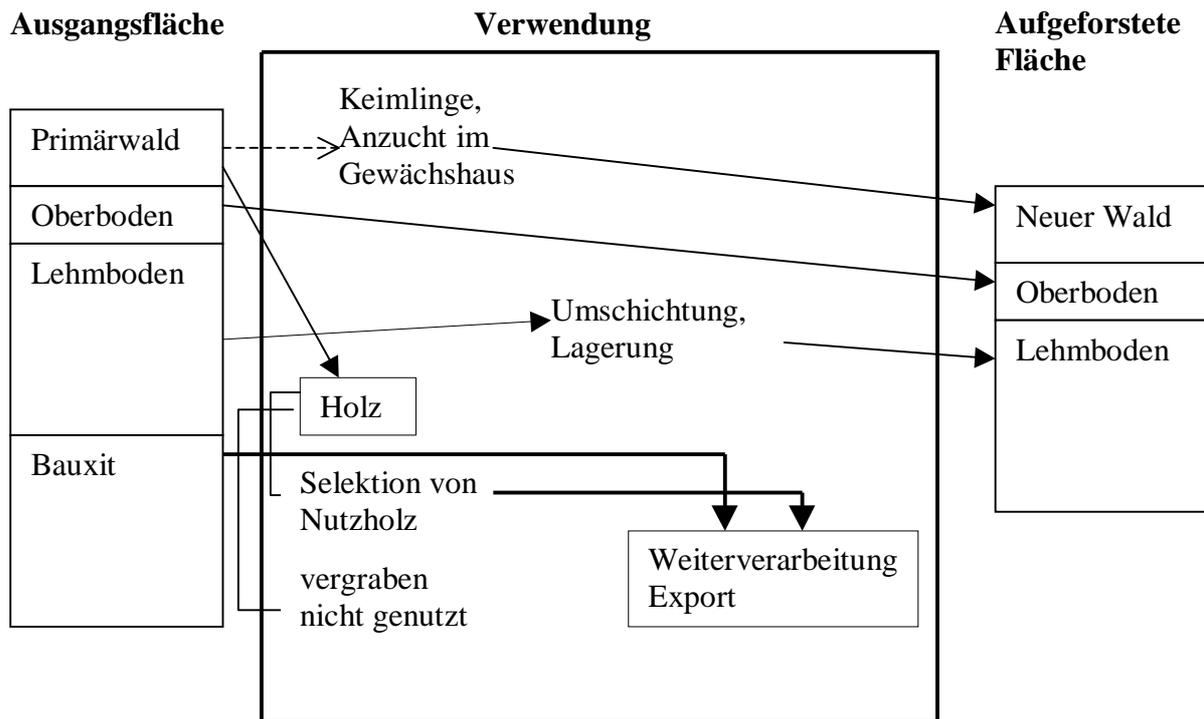


Abbildung 5.14: Schematische Darstellung der Verwendung der einzelnen Ressourcen, die bei den Etappen des Bauxitabbaus anfallen.

6 ARBEITSMETHODEN

6.1 Auswahl der Untersuchungsflächen

Für die Untersuchung der Spontanvegetation als auch der gepflanzten Baumarten wurden kreisförmige Parzellen mit einem Durchmesser von 8 m angelegt. Dies entspricht einer Fläche von 50,24 m² pro einzelner Untersuchungsparzelle. Auf jeder Untersuchungsfläche wurden jeweils drei Parzellen zufällig ausgewählt. Sukzessionsstudien werden entweder auf derselben Fläche zu verschiedenen Zeitpunkten oder auf Flächen unterschiedlichen Alters gemacht. Die erste Methode ist die genauere. Dabei werden häufig Dauerparzellen angelegt, die über mehrere Vegetationsperioden hinaus begleitet werden (CAIN und OLIVEIRA CASTRO 1959). Um einen guten Überblick über die Entwicklung der Pflanzen nach den Wiederaufforstungsmaßnahmen zu erhalten, wurden Aufforstungen verschiedenen Alters, die nach derselben Methode angelegt wurden, untersucht. Parallel dazu wurden aber auch vier Flächen gleichen Alters ausgewählt, von denen drei unterschiedlich behandelt wurden, sowie noch zwei, bei denen eine wie üblich mit, die andere aber ohne Aufbringen von Oberboden bepflanzt wurde. Auf diesen beiden letztgenannten Flächen begann die Untersuchung direkt nach ihrer Bepflanzung im Frühjahr 1994.

6.2 Anlegen der Dauerparzellen

Auf allen Untersuchungsflächen wurden Dauerparzellen angelegt, so daß die Entwicklung der Pflanzen auf derselben Fläche im Zeitrahmen der Untersuchung bestimmt werden konnte. Bei den älteren Flächen wurde eine Wiederholung der Untersuchung durchgeführt. Da sich gerade zu Beginn der Flächenbesiedlung durch die Pflanzen viele Änderungen innerhalb kurzer Zeit in der Zusammensetzung und Entwicklung der Vegetation ergeben, wurden die Aufnahmen auf den jüngeren Flächen im Abstand von zwei bis sechs Monaten wiederholt. Auf den folgenden Flächen wurden jeweils drei Dauerparzellen angelegt:

A1: Fläche, auf die 1993 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die 1994 mit hauptsächlich einheimischen Baumarten bepflanzt wurde.

A18: Fläche, auf die kein Oberboden aufgetragen wurde und die 1994 mit einer Mischung von hauptsächlich einheimischen Baumarten bepflanzt wurde.

A2: Fläche, auf der 1992 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die 1993 mit hauptsächlich einheimischen Baumarten bepflanzt wurde.

A7: Fläche, auf die 1985 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die 1986 mit hauptsächlich einheimischen Baumarten bepflanzt wurde.

A17: Fläche, auf die 1983 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die 1984 mit hauptsächlich einheimischen Baumarten bepflanzt wurde.

A14: Fläche, auf der 1983 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die 1984 mit tachi-dos-campos (*Sclerolobium paniculatum*), einer Caesalpiniaceae, bepflanzt wurde.

A13: Fläche, auf der 1983 aus dem Primärwald aufgetragen wurde und die nicht bepflanzt wurde (natürliche Regeneration).

A15: Fläche, auf die 1983 Oberboden aus dem Primärwald aufgetragen wurde, die aber nicht bepflanzt wurde (natürliche Regeneration).

A19: Primärwald (gilt als Kontrollfläche; hier wurde nur eine grobe Aufnahme durchgeführt). Die drei angelegten Parzellen können nicht als Dauerparzellen gelten, da sie sich auf der Fläche der zukünftigen Bauxitentnahme befinden.

In Tabelle 6.1 sind alle untersuchten Flächen zusammenhängend dargestellt.

Tabelle 6.1: Untersuchungsflächen in der Mine Saracá in Porto Trombetas.

Fläche	Jahr der Verfüllung	Oberboden	im Jahr Bepflanzung mit	Flächen- größe	Anzahl der Meßtermine
A1	1993	Ja	1994 Mischung	> 1 ha	7
A18	1993	Nein	1994 Mischung	> 1 ha	6
A2	1992	Ja	1993 Mischung (30% exotisch)	> 1 ha	5
A7	1985	Ja	1986 Mischung	> 1 ha	2
A17	1983	Ja	1984 Mischung	> 1 ha	2
A14	1983	Ja	1984 eine Art	0.25 ha	2
A13	1983	Ja	Keine	0.25 ha	2
A15	1983	Ja	Keine	> 1 ha	2
A19	Primärwald				1

Aus Abbildung 6.1 kann man die Lokalisation dieser Flächen auf dem Plateau entnehmen. Der Bauxitabbau erstreckt sich streifenförmig von Ost nach West und das gesamte um etwa 100 m erhobene Plateau fällt seitlich steil ab und ist von Primärwald umgeben.

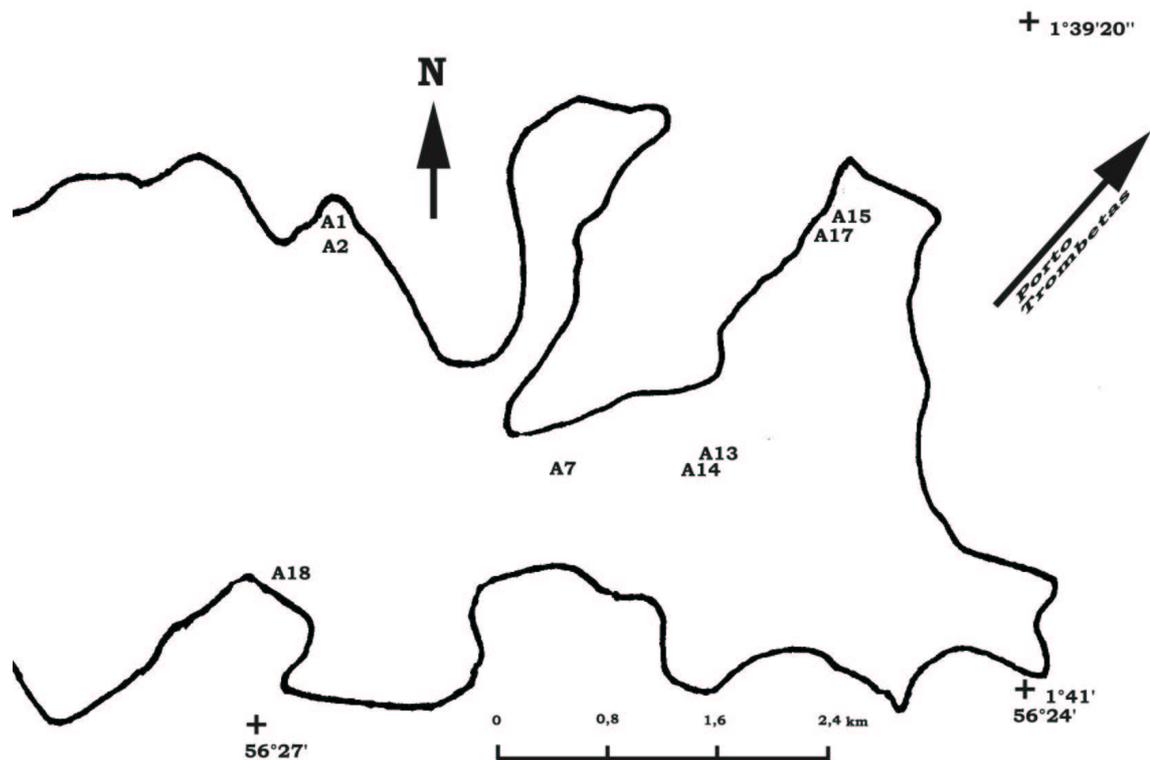


Abbildung 6.1: Lage der Untersuchungsflächen auf dem Plateau der Mine Saracá. Es ist von Primärwald umgeben. In westliche Richtung wird Bauxit abgebaut und dahinter befinden sich die Untersuchungsparzellen im Primärwald.

6.3 Untersuchungen auf den Dauerparzellen

Auf den jeweils drei abgesteckten Dauerparzellen jeder der oben genannten Flächen wurden Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Höhe und der Durchmesser in Brusthöhe (Dbh) und direkt über dem Boden, bzw. über dem Ansatz der Wurzeln (basal) von den gepflanzten Bäumen, sowie der Spontanvegetation wurden bestimmt. Außerdem wurden der Gesundheitszustand sowie das Wachstum der gepflanzten Bäume eingeschätzt. Die Bodenbedeckung durch Litter und/oder Vegetation wurde bei jeder Aufnahme geschätzt. Bodenproben wurden als Mischproben entnommen und im Labor analysiert.

6.3.1 Bestimmung der Pflanzen auf den Dauerparzellen

Die Dauerparzellen wurden in Quadranten von 12,5 m² eingeteilt, um das Wiederauffinden der entsprechenden Pflanzen zu vereinfachen. Alle Pflanzen wurden mit Hilfe eines erfahrenen Mateiros mit Lokalnamen notiert und schon Familien zugeordnet. Ein Mateiro ist jemand, der die Pflanzen mit den Lokalnamen benennen kann und somit unentbehrlich für die Bestimmung von tropischem Pflanzenmaterial ist (siehe auch CAIN und OLIVEIRA CASTRO 1959)².

²“The usual procedure for work in tropical rain forests (except for specialists with long experience) consists of three steps:

1. A mateiro is used in the woods for identification and provision of common names.
2. Common names are checked against such published lists as may exist that give their scientific equivalents.
3. Collected material, in critical cases, is checked in the herbarium and in the literature. As a matter of fact, all work going on in the Amazon, for example, finds the use of mateiros indispensable. A skillful mateiro will be consistent in his identification and frank in failing to name

Sofern die Pflanze nicht eingeordnet werden konnte, wurde sie so ausführlich wie möglich beschrieben und vorerst mit einer Nummer versehen. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um junge und sehr kleine Pflanzen, die bei späteren Messungen meist schon Familien zugeordnet werden konnten. Wenn Pflanzen mit Blüten und/oder Früchten auf den Flächen anzutreffen waren, wurde dieses Material gesammelt und zur genaueren Bestimmung herbarisiert. Von den Pflanzen wurde ein dünner Ast mit Blättern und die Blüte und/oder Frucht in Zeitungspapier gepreßt und im Gelände in einem Trockenofen mit Glühbirnen und später im INPA im Trockenschrank bei 65 °C vollständig getrocknet. Das gesammelte und getrocknete Pflanzenmaterial wurde im Herbar des INPA anhand des Vergleichs mit dem dort vorhandenen Material bestimmt. Viele Pflanzen waren aber noch nicht in fruchtbarem Alter, so daß eine genaue Bestimmung nur bis zur Gattung oder zur Familie möglich war.

6.3.2 Bestimmung der Höhe

Die Höhe aller Pflanzen über 1 cm wurde mit Hilfe eines Zollstocks bis 400 cm und eines Glasfaserstabs bis 1400 cm bestimmt. Dazu wurde vom Boden bis zum letzten oberen Blattansatz in der Krone gemessen. Die Höhe über 1400 cm wurde geschätzt.

6.3.3 Bestimmung des Durchmessers

Der Durchmesser wurde sowohl basal als auch in Brusthöhe (130 cm) bestimmt. Für einen Durchmesser bis zu 10 cm wurde eine Schiebeleiste benutzt, für die Ermittlung des Durchmessers über 10 cm ein Maßband. Aufgenommen wurden alle gepflanzten Bäume und alle Pflanzen der natürlichen Regeneration mit einem Durchmesser von mindestens einem Zentimeter.

6.3.4 Einschätzung des Gesundheitszustands und des Wachstums

Der Gesundheitszustand der gepflanzten Bäume wurde anhand folgender Einteilung eingeschätzt:

- 1:** sehr schlecht, Baum fast tot
- 2:** schlecht, Baum ohne oder mit sehr wenigen Blättern oder Blätter extrem verformt oder/und gelbe Farbe, extremer Befall von Insekten und/oder Pilzen, keine jungen Blätter oder Knospen
- 3:** normal, einige Blätter verformt oder gelb, junge Blätter oder Knospen, Pflanze bei Blattwechsel
- 4:** gut, Blätter grün, kaum Befall von Insekten oder Pilzen, junge Blätter oder Knospen
- 5:** sehr gut, junge Blätter oder Knospen

Anmerkung: Sofern sich die Pflanze im Blattwechselstadium befand und aus diesem Grunde keine Blätter vorhanden waren, wurde in diesem Fall der Gesundheitszustand mit **3** bewertet.

unknown and doubtful species. A different mateiro in the same region may use some different common names, and in a different region the same common name may refer to a wholly different species”.

Für die Einschätzung des Wachstums der entsprechenden Baumart wurde das Wachstum unter "normalen" Bedingungen zugrunde gelegt und folgendermaßen eingeteilt:

- 1: sehr schlecht, Pflanze sehr klein, kein Wachstum oder Verminderung
- 2: schlecht, Pflanze klein und/oder Verformung im Stamm, kaum Wachstum
- 3: normal, Zunahme an Dicke und/oder Höhe
- 4: gut, gutes Wachstum, schnelle Zunahme an Dicke und/oder Höhe
- 5: sehr gut, sehr gutes Wachstum, sehr schnelle Zunahme an Dicke und/oder Höhe

6.3.5 Einteilung in Pflanzentaxa

Einige Pflanzen konnten nicht bis zur Art bestimmt werden. Sie wurden bis zur Gattung oder auch nur bis zur Familie bestimmt. Mithilfe eines erfahrenen Mateiros (s.o.) konnten sie aber zugeordnet werden. Alle erhobenen Pflanzen wurden in vier Gruppen eingeteilt:

1. Primärwaldbaumtaxa
2. Pionierbaum- /buschtaxa und exotische Baumarten
3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten
4. Lianen, Palmen, Epiphyten und krautige Pflanzen, die im Primärwald vorkommen.

6.3.6 Bodenprobennahme

Zur Charakterisierung des Standorts wurden auf allen Dauerparzellen Bodenproben in der Tiefe 0-5 cm und 5-10 cm entnommen. Die für jede einzelne Parzelle gebildeten Mischproben wurden auf pH, P, K, Ca, Mg, Al, N, C analysiert (ANDERSON und INGRAM 1989, EMBRAPA 1979).

6.4 Wachstumsmessung an gepflanzten Baumarten auf je einer Fläche mit und ohne Oberboden

Auf der Fläche **A1** und **A18** wurden die Baumarten inga-de-macaco (*Inga tarapotensis*), fava tamboril (*Enterolobium maximum*), jutaí (*Hymenaea courbaril*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), fava bengué (*Parkia oppositifolia*), jacaranda-do-pará (*Dalbergia spruceana*), cumarú (*Dipteryx odorata*), tachi-damata (*Tachigalia paniculata*) und lanterneira (*Lophanthera sp.*) ausgewählt und je an 20 Individuen pro Fläche die Höhe und der Durchmesser ermittelt. Diese Bestimmungen wurden zwei Mal wiederholt und statistisch (STATIST, 2001) ausgewertet.

7 ERGEBNISSE

7.1 Vegetationszusammensetzung

Um beurteilen zu können, ob die aufgeforsteten Flächen eine positive Entwicklung zeigen, muß man die natürliche Vegetationszusammensetzung in der Region grob charakterisieren. Im Rahmen dieser Arbeit konnte das aus zeitlichen Gründen nur ansatzweise geschehen.

So wurden auch im Primärwald drei Parzellen mit jeweils 50 m² Fläche angelegt und die darauf vorkommenden Pflanzenarten charakterisiert und sofern es im zeitlichen Rahmen möglich war, bestimmt. Bei vielen Arten im Unterwuchs handelt es sich um juvenile Pflanzen. Die ausgewachsenen Bäume wurden mit ihrem Lokalnamen aufgenommen. Die genaue Bestimmung konnte nur bei vorhandenen Blüten und/oder Früchten erfolgen.

Die Auswertung vorhandener Inventurlisten der Baumarten der Region half, eine deutlichere Charakterisierung der Region zu bekommen.

Einen typischen Ausschnitt aus dem auf dem Plateau stehenden Primärwald zeigt die Abbildung 7.1. Man kann deutlich erkennen, daß im Unterwuchs Palmen vorkommen.

Aus der Abbildung 7.2 wird deutlich, daß der Boden vollständig mit Litter bedeckt ist. Auch hier ist wieder die hohe Zahl an Palmen zu erkennen.



Abbildung 7.1 (links): Typischer Ausschnitt von dem Primärwald auf dem Plateau in der Rio Trombetas Region. Sehr viele Palmen stehen im Unterwuchs. Abbildung 7.2 (rechts): Ausschnitt aus dem Primärwald auf dem Plateau Saracá in der Bauxitmine in der Trombetasregion. Der Boden ist vollständig mit Litter bedeckt. Große Bäume (siehe Größenvergleich) werden hier vereinzelt vorgefunden. Die hohe Anzahl von Palmen im Unterwuchs ist deutlich zu sehen.

Vereinzelt stehen auch dickere Bäume, die unter Umständen auch den restlichen Bestand überragen ("emergent trees"). Die Beschaffung von Material, das zur

Bestimmung geeignet ist, gestaltet sich als schwierig. Auch konnten die epiphytischen Pflanzenarten bei der groben Charakterisierung nicht berücksichtigt werden.

Bei einer Arteninventur (FCAP, 1991) auf insgesamt 1800 ha des Saracá-Taquera Nationalwaldes, in dem sich die Bauxitmine befindet, wurden folgende Familien am häufigsten vorgefunden: Leguminosen (Mimosaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae) (56 spp.), Lauraceen (14 spp.), Sapotaceen (13 spp.), Annonaceen (11 spp.), Moraceen (10 spp.), Chrysobalanaceen (9 spp.), Lecythidaceen (9 spp.) und Burseraceen (7 spp.).

7.2 Vegetation auf den einzelnen Untersuchungsparzellen

Auf den untersuchten bepflanzten Flächen wurden hauptsächlich heimische, im Gewächshaus gezogene Baumarten angepflanzt. Die Flächen mit den Untersuchungsparzellen sind im Kapitel Arbeitsmethoden zusammenhängend dargestellt. Die Spontanvegetation wurde, soweit es möglich war, auf allen Daueruntersuchungsparzellen bestimmt. Die auf den einzelnen Parzellen gepflanzten Baumarten wurden bis auf wenige Ausnahmen bis zur Art bestimmt. Im Folgenden aufgeführt sind die Pflanzenarten, die während des gesamten Untersuchungszeitraumes jeweils an den Meßterminen vorgefunden wurden.

7.2.1 Charakterisierung der Untersuchungsparzellen im Primärwald

Die im Primärwald abgesteckten Untersuchungsflächen sind keine Dauerparzellen. Hier wurden eine reine Charakterisierung und grobe Höhenbestimmung der Pflanzenarten vorgenommen. Auf den drei abgesteckten Parzellen wurden in der Höhe 0-30 cm 48 Individuen vorgefunden, bei 31-100 cm 116, bei 101-300 cm 41, bei 301-500 cm 33, in der Höhe von 501-1000 cm acht, bei 1001-1500 cm drei, bei 1501-2000 cm sechs, von 2001-2500 cm kamen noch zwei Individuen vor, bei 2501-3000 cm auch zwei Bäume, und ein Baum war höher als 3000 cm. Von diesen Pflanzen waren in der Höhe bis 500 cm insgesamt 26 Palmen aus fünf Gattungen (*Euterpe*, *Oenocarpus*, *Bactris*, *Astrocaryum*, *Desmoncus*) vertreten.

Die Parzellen der Fläche A19 dürfen nicht als Dauerparzellen angesehen werden, da dort in nächster Zeit der Bauxitabbau stattfinden wird. Diese drei Flächen dienen als Vergleichsflächen.

7.2.2 Die Flächen A1, A18 und A2

Die Flächen A1 und A18 wurden 1994 bepflanzte, die Fläche A2 1993. Aus Tabelle 7.1 können die gepflanzten Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen entnommen werden. Wie man der Tabelle entnehmen kann sind schon während des Untersuchungszeitraumes von zwei Jahren auf jeder der Parzellen von den zwischen 10 und 13 gepflanzten Bäumen einige gestorben. Auf Abbildung 7.3 sind die drei Daueruntersuchungsparzellen drei Monate nach ihrer Bepflanzung zu sehen. Tabelle 7.2 gibt die Spontanvegetation wieder, die sich innerhalb des Zeitraums von insgesamt zwei Jahren auf den einzelnen Parzellen entwickelt hat. Es ist deutlich zu erkennen, daß sich neben den Pionierbaumarten auch verschiedene Baumarten des Primärwaldes wiederfinden. Viele verschiedene Lianen befinden sich auf den Parzellen.

Die gepflanzten Baumarten der Fläche A18 sind in Tabelle 7.3 wiedergegeben. Von den jeweils zwölf gepflanzten Bäumen jeder Parzelle leben im Gegensatz zu Fläche A1 noch alle.

Tabelle 7.1: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A1. +: gestorben.

	a	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	2	caju-açú	<i>Anacardium giganteum</i>	Anacardiaceae
	3	breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae
	4	macacaúba	<i>Platymiscium duckei</i>	Fabaceae
	5	envira preta	<i>Guatteria poeppigiana</i>	Annonaceae
	6	quinarana	<i>Geissospermum sericeum</i>	Apocynaceae
	7	caju-açú	<i>Anacardium giganteum</i>	Anacardiaceae
	8	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	9	jutaí folha grande	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	10	lanterneira	<i>Lophanthera sp.</i>	Malpighiaceae
	1	cuiarana	<i>Buchenavia sp.</i>	Combretaceae
	2	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	3	sorva grande	<i>Couma utilis</i>	Apocynaceae
	4	ingá-de-macaco	<i>Inga tarapotensis</i>	Mimosaceae
	5	fava bengué	<i>Parkia oppositifolia</i>	Mimosaceae
	6	angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae
	7	quinarana	<i>Geissospermum sericeum</i>	Apocynaceae
	1	jambo branco	<i>Eugenia jambos</i>	Myrtaceae
	2	angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae
	3	itaúba preta	<i>Mezilaurus itauba</i>	Lauraceae
	4	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	5	tachi-da-mata	<i>Tachigalia paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	6	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	7	quinarana	<i>Geissospermum sericeum</i>	Apocynaceae
	8	breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae
	9	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	10	tachi-da-mata	<i>Tachigalia paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	11	caju-acú	<i>Anacardium giganteum</i>	Anacardiaceae

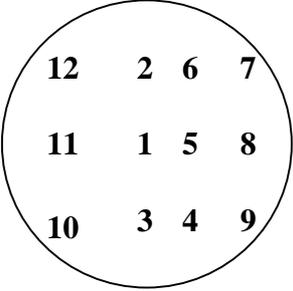
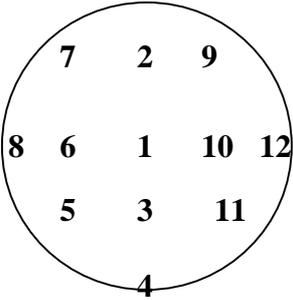
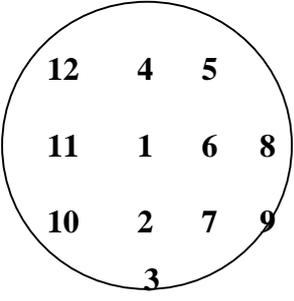


Abbildung 7.3: Daueruntersuchungsparzellen a, b und c (von links nach rechts) auf A1 im Mai 1994, drei Monate nach ihrer Bepflanzung.

Tabelle 7.2: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen zwischen 1994 und 96 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A1. Es sind alle Pflanzentaxa aufgeführt, die an den jeweiligen Meßterminen vorgefunden worden. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>cf. Guatteria poeppigiana</i>	Annonaceae	1	<i>Cissampelos sp.</i>	Menispermaceae	4
<i>Guatteria spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Acacia mangium</i>	Mimosaceae	2
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae	1
<i>Xylopia spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Mimosa spruceana</i>	Mimosaceae	4
<i>cf. Odontadenia</i>	Apocynaceae	4	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	1
<i>Mandavila sp.</i>	Apocynaceae	4		Mimosaceae	4
	Apocynaceae	1	<i>cf. Helicostylis podogyne</i>	Moraceae	1
	Apocynaceae	4	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	4
<i>Didimopanax longipetiolatum</i>	Araliaceae	1	<i>Helicostylis cf. podogyne</i>	Moraceae	1
	Arecaceae	4		Moraceae	4
	Asclepidaceae	4		Moraceae	4
<i>Eupatorium maximiliani</i>	Asteraceae	3	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae	1
<i>Mikania sp.</i>	Asteraceae	4	<i>Passiflora cf. coccinea</i>	Passifloraceae	4
<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	1	<i>Passiflora cf. vespertilio</i>	Passifloraceae	4
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	1	<i>Passiflora spp.</i>	Passifloraceae	4
<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	1	<i>Passiflora vespertilio</i>	Passifloraceae	4
	Bignoniaceae	4		Passifloraceae	4
<i>Trattinickia burserifolia</i>	Burseraceae	1	<i>Andropogon cf. bicornis</i>	Poaceae	3
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	2	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Paspalum spp.</i>	Poaceae	3
<i>cf. Pourouma</i>	Cecropiaceae	2		Poaceae	3
<i>Coussapoa sp.</i>	Cecropiaceae	1	<i>Borreria cf. latifolia</i>	Rubiaceae	3
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	2	<i>Borreria verticillata</i>	Rubiaceae	3
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Iseria sp.</i>	Rubiaceae	2
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Palicourea grandiflora</i>	Rubiaceae	2
<i>Vismia spp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Ligodium vinustum</i>	Schizaeaceae	4
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3	<i>Solanum caarvurana</i>	Solanaceae	2
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4	<i>Solanum rugosum</i>	Solanaceae	2
<i>Croton cf. palanostigma</i>	Euphorbiaceae	2		Solanaceae	3
<i>Croton lanjowensis</i>	Euphorbiaceae	1	<i>cf. Cissus</i>	Vitaceae	4
<i>Dalechampia sp.</i>	Euphorbiaceae	4		cf. Annonaceae	1
<i>Phyllanthus niruri</i>	Euphorbiaceae	3		cf. Annonaceae	4
<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	2		cf. Asclepidaceae	4
<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1		cf. Icacinaceae	4
<i>Heliconia cf. acuminata</i>	Heliconiaceae	4		cf. Moraceae	4
<i>Heliconia sp.</i>	Heliconiaceae	4		n.i.	1
<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae	1		n.i.	1
<i>Sacoglottis matogrossensis</i>	Humiriaceae	1		n.i.	1
<i>Sacoglottis sp.</i>	Humiriaceae	1		n.i.	1
<i>Byrsonima cf. spicata</i>	Malpighiaceae	2		n.i.	2
<i>Byrsonima spp.</i>	Malpighiaceae	1		n.i.	3
<i>Byrsonima stipulaceae</i>	Malpighiaceae	1		n.i.	3
<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	2		n.i.	3
<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2		n.i.	3
<i>Miconia cf. serialis</i>	Melastomataceae	2		n.i.	4
<i>Miconia spp.</i>	Melastomataceae	2		n.i.	4

Tabelle 7.3: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A18.

	a	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	2	inga-de-macaco	<i>Inga tarapotensis</i>	Mimosaceae
	3	lanterneira	<i>Lophantera sp.</i>	Malpighiaceae
	4	fava tamboril	<i>Enterolobium maximum</i>	Mimosaceae
	5	paliteiro	<i>Clitoria racemosa</i>	Fabaceae
	6	fava bengué	<i>Parkia oppositifolia</i>	Mimosaceae
	7	lanterneira	<i>Lophantera sp.</i>	Malpighiaceae
	8	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	9	tachi-da-mata	<i>Tachigalia paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	10	louro abacate	<i>Ocotea myriantha</i>	Lauraceae
	11	taperebá	<i>Spondias lutea</i>	Anacardiaceae
	12	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	1	fava bengué	<i>Parkia oppositifolia</i>	Mimosaceae
	2	leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosaceae
	3	lanterneira	<i>Lophantera sp.</i>	Malpighiaceae
	4	mulateiro	<i>Peltogyne paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	5	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	6	ucuúba vermelho	<i>Virola surinamensis</i>	Myristicaceae
	7	mulateiro	<i>Peltogyne paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	8	fava tamboril	<i>Enterolobium maximum</i>	Mimosaceae
	9	mulateiro	<i>Peltogyne paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	10	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae
	11	itaúba preta	<i>Mezilaurus itauba</i>	Lauraceae
	12	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	1	carolina	<i>Adenantha pavonina</i>	Mimosaceae
	2	fava bengué	<i>Parkia oppositifolia</i>	Mimosaceae
	3	barbatimam	<i>Stryphnodendron barbatiman</i>	Mimosaceae
	4	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	5	morototó	<i>Dadymopanax morototoni</i>	Araliaceae
	6	cumarú grande	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	7	inga-de-macaco	<i>Inga tarapotensis</i>	Mimosaceae
	8	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae
	9	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	10	tachi-da-mata	<i>Tachigalia paniculata</i>	Caesalpiniaceae
	11	jacaranda-do-pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae
	12	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae

Aus Tabelle 7.4 können die sich innerhalb von zwei Jahren an den einzelnen Meßterminen vorgefundenen, spontan entwickelten Pflanzenarten entnommen werden. Bei diesen Pflanzen handelt es sich nur um Gräser und krautige Pflanzenarten. In der Abbildung 7.4 sind die einzelnen Untersuchungsparzellen dargestellt. Hier kann man schon erkennen, daß sich weder nach sieben Monaten (a, c), noch nach einem Jahr andere größere Pflanzen als die gepflanzten Bäume etabliert haben.

Tabelle 7.4: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen 1994 und 96 auf den Untersuchungsparzellen der Fläche A18. Es sind alle Pflanzentaxa aufgeführt, die an den jeweiligen Meßterminen vorgefunden worden. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae	3	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Cyperus fimbristylis annua</i>	Cyperaceae	3	<i>Paspalum spp.</i>	Poaceae	3
<i>Diclidium lenticulare</i>	Cyperaceae	3		Poaceae	3
<i>Chamaesyce hirta</i>	Euphorbiaceae	3	<i>Piriqueta sp.</i>	Turneraceae	3
<i>Panicum caenosum</i>	Poaceae	3			



Abbildung 7.4: Daueruntersuchungsparzellen a, b und c (von links nach rechts) im September 1994 (a,c) und Februar 1995 (b) auf A18. Hier wurde ohne Auftragen von Oberboden Anfang 1994 aufgeförsctet.

Die Fläche A2 ist 1993 bepflanzt worden und liegt neben der Fläche A1. Hier wurden bei der Bepflanzung neben einheimischen Baumarten auch etwa zu 30 % mit für die Region exotischen Baumarten aufgeförsctet. Wie aus der Tabelle 7.5 zu entnehmen ist, stehen jeweils zwischen 11 und 17 der gepflanzten Bäume auf den einzelnen Parzellen. Auf Parzelle b und c ist von den gepflanzten Bäumen jeweils ein Individuum abgestorben. Abbildung 7.5 zeigt die drei Untersuchungsparzellen ein Jahr nach ihrer Bepflanzung. Man kann erkennen, daß der Boden durch die größeren Bäume beschattet wird und sich auch an einigen Stellen Litter angesammelt hat. Neben den gepflanzten Bäumen findet sich dort auch bodenbedeckende Spontanvegetation (siehe auch Tabelle 7.6).



Abbildung 7.5: Daueruntersuchungspartellen a, b und c (von links nach rechts) im September 1994 auf A2. Hier wurde 1993 aufgeforstet. Neben den hauptsächlich einheimischen Baumarten wurden hier etwa 30 % exotische Baumarten für die Bepflanzung genommen.

Tabelle 7.5: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungspartellen a, b und c der Fläche A2

	a	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	morototó	<i>Didymopanax morototoni</i>	Araliaceae
	2	angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae
	3	condeza	<i>Annona glabra</i>	Annonaceae
	4	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	5	angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae
	6	breu sucuruba	<i>Trattinickia burserifolia</i>	Burseraceae
	7	macacaúba	<i>Platymiscium duckei</i>	Fabaceae
	8	azeitona	<i>Eugenia cuminii</i>	Myrtaceae
	9	sucupira escamosa	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	10	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	11	morototó	<i>Didymopanax morototoni</i>	Araliaceae
	12	carapanaúba	<i>Aspidosperma oblongum</i>	Apocynaceae
	13	lanterneira	<i>Lophanthera sp.</i>	Malpighiaceae
	14	jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae
	15	gombeira branca	<i>Swartzia flaemingii</i>	Caesalpiniaceae
	16	breu branco	<i>Protium opacum</i>	Burseraceae
	1	cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae
	2	araracanga	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Apocynaceae
	3	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	4	sorva grande	<i>Couma utilis</i>	Apocynaceae
	5	mututí	<i>Pterocarpus amazonicus</i>	Fabaceae
	6	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	7	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	8	gombeira branca	<i>Swartzia flaemingii</i>	Caesalpiniaceae
	9	sucupira escamosa	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	10	jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae
	11	sucupira escamosa	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	12	lanterneira	<i>Lophanthera sp.</i>	Malpighiaceae
	13	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	14	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	15	macacaúba	<i>Platymiscium duckei</i>	Fabaceae
	16	matapasto	<i>Senna reticulata</i>	Caesalpiniaceae
	17	sorva grande	<i>Couma utilis</i>	Apocynaceae

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 7.5

	c	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	sorva grande	<i>Couma utilis</i>	Apocynaceae
	2	macacaúba	<i>Platymiscium duckei</i>	Fabaceae
	3	breu branco	<i>Protium opacum</i>	Burseraceae
	4	fava mucuna	<i>Stryphnodendron sp.</i>	Mimosaceae
	5	gombeira branca	<i>Swartzia flaemingii</i>	Caesalpiniaceae
	6	sorva grande	<i>Couma utilis</i>	Apocynaceae
	7	sucupira escamosa	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	8	matapasto	<i>Senna reticulata</i>	Caesalpiniaceae
	9	carapanaúba	<i>Aspidosperma oblongum</i>	Apocynaceae
	10	fava camuzé	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	Mimosaceae
	11	angelim pedra	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae

Tabelle 7.6: Spontane Pflanzenarten an allen Meßterminen zwischen 1994 und 96 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A2. Es sind alle Pflanzentaxa aufgeführt, die an den jeweiligen Meßterminen vorgefunden worden. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae	3	<i>Miconia spp.</i>	Melastomataceae	2
<i>Protium insigne</i>	Burseraceae	1	<i>Tibouchina sp.</i>	Melastomataceae	3
<i>Cassia cf. reticulata</i>	Caesalpiniaceae	4		Melastomataceae	2
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	2	<i>Acacia mangium</i>	Mimosaceae	2
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Mimosa spruceana</i>	Mimosaceae	4
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	2	<i>Stryphnodendron barbatiman</i>	Mimosaceae	1
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2		Mimosaceae	4
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Piper spp.</i>	Piperaceae	3
<i>Vismia spp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Andropogon cf. bicornis</i>	Poaceae	3
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Axonopus cf. complanatus</i>	Poaceae	3
<i>Cyperus diffusus</i>	Cyperaceae	3	<i>Homolepis sp.</i>	Poaceae	3
<i>Cyperus fimbristylis annua</i>	Cyperaceae	3	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Diclidium lenticulare</i>	Cyperaceae	3	<i>Paspalum spp.</i>	Poaceae	3
	Cyperaceae	3		Poaceae	3
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4	<i>Borreria cf. latifolia</i>	Rubiaceae	3
<i>Croton chamaedrifolius</i>	Euphorbiaceae	3	<i>Borreria verticillata</i>	Rubiaceae	3
<i>Maprounea sp.</i>	Euphorbiaceae	2	<i>Ligodium vinustum</i>	Schizaeaceae	4
<i>Phyllanthus niruri</i>	Euphorbiaceae	3	<i>Solanum rugosum</i>	Solanaceae	2
	Euphorbiaceae	3	<i>Trema micrantha</i>	Ulmaceae	2
<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	2		cf. Boraginaceae	4
<i>Machaerium sp.</i>	Fabaceae	4		cf. Caesalpiniaceae	2
<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1		cf. Mimosaceae	1
<i>Heliconia cf. acuminata</i>	Heliconiaceae	4		cf. Moraceae	4
<i>Heliconia sp.</i>	Heliconiaceae	4		cf. Myrtaceae	1
<i>Duckesia sp.</i>	Humiriaceae	1		n.i.	3
<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae	1		n.i.	3
<i>Sacoglottis guianensis</i>	Humiriaceae	1		n.i.	4
<i>Sacoglottis sp.</i>	Humiriaceae	1		n.i.	4
<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2			

7.2.3 Die Flächen A7, A17 und A14

Die Fläche A7 wurde 1986 aufgeforstet. Von den gepflanzten Bäumen (siehe Tabelle 7.7) stehen zwischen jeweils 9 und 12 Individuen auf den einzelnen Parzellen. Auf jeder Parzelle sind aber auch von den gepflanzten Bäumen einige abgestorben. In der Spontanvegetation (siehe Tabelle 7.8) finden sich viele verschiedene Primärwaldbaumarten. In Abbildung 7.6 kann man auch gut erkennen, daß hier der Boden fast vollständig mit Litter bedeckt ist.

Tabelle 7.7: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A7. +: gestorben.

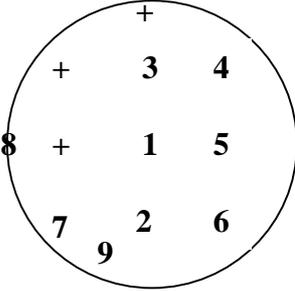
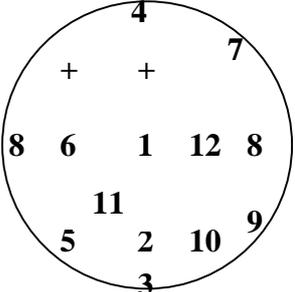
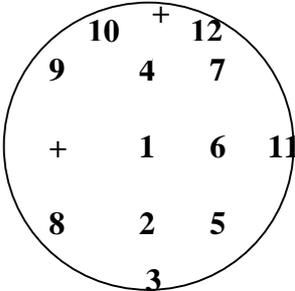
	a	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	inga vermelho	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae
	2	sucupira amarela	<i>Bowdichia nitida</i>	Fabaceae
	3	sucupira escamosa	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	4	tachi-dos-campos	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Caesalpinaceae
	5	sucupira amarela	<i>Bowdichia nitida</i>	Fabaceae
	6	inga vermelho	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae
	7	laranjeira	<i>Citrus sinenensis</i>	Rutaceae
	8	parica angico	<i>Parkia velutina</i>	Mimosaceae
	9	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	1	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	2	pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
	3	azeitona	<i>Eugenia cumini</i>	Myrtaceae
	4	tachi-dos-campos	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Caesalpiniaceae
	5	laranjeira	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
	6	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	7	azeitona	<i>Eugenia cumini</i>	Myrtaceae
	8	sucupira amarela	<i>Bowdichia nitida</i>	Fabaceae
	9	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	10	jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae
	11	parica angico	<i>Parkia velutina</i>	Mimosaceae
	12	parica angico	<i>Parkia velutina</i>	Mimosaceae
	1	sucupira amarela	<i>Bowdichia nitida</i>	Fabaceae
	2	ingá xixica	<i>Inga alba</i>	Mimosaceae
	3	angelim-da-mata	<i>Hymenolobium excelsum</i>	Fabaceae
	4	muúba	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae
	5	sucupira preta	<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae
	6	tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
	7	sorva grande	<i>Couma macrocarpa</i>	Apocynaceae
	8	pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
	9	sucupira amarela	<i>Bowdichia nitida</i>	Fabaceae
	10	paliteiro	<i>Clitoria racemosa</i>	Fabaceae

Tabelle 7.8: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A7. Es sind alle Pflanzentaxa aufgeführt, die an den jeweiligen Meßterminen vorgefunden worden. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Astronium lecointei</i>	Anacardiaceae	1	<i>Aniba sp.</i>	Lauraceae	1
<i>Guatteria spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Byrsonima sp.</i>	Malpighiaceae	1
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	2
<i>Xylopia spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Aspidospermum sp.</i>	Apocynaceae	1	<i>Tibouchina sp.</i>	Melastomataceae	3
<i>Mikania sp.</i>	Asteraceae	4	<i>Siparuna amazonica</i>	Monimiaceae	2
<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	1	<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1
<i>Protium spp.</i>	Burseraceae	1	<i>Passiflora sp.</i>	Passifloraceae	4
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora vespertilio</i>	Passifloraceae	4
<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae	4	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Paspalum spp.</i>	Poaceae	3
	Convulvaceae	4	<i>Palicourea grandiflora</i>	Rubiaceae	2
<i>Cyperus fimbristylis annua</i>	Cyperaceae	3	<i>Pouteria sp.</i>	Sapotaceae	1
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3	<i>Solanum caarvurana</i>	Solanaceae	2
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4	<i>Apeiba echinata</i>	Tiliaceae	1
<i>Davilla latifolia</i>	Dilleniaceae	4	<i>Luehea sp.</i>	Tiliaceae	1
<i>Croton lanjowensis</i>	Euphorbiaceae	1		cf. Anacardiaceae	1
<i>Dalechampia sp.</i>	Euphorbiaceae	4		cf. Lauraceae	1
<i>Clitoria racemosa</i>	Fabaceae	2		cf. Moraceae	4
<i>Machaerium sp.</i>	Fabaceae	4		n.i.	4
<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1		n.i.	4
	Icacinaceae	4			



Abbildung 7.6: Eine Untersuchungspartelle auf der Fläche A7 (Pb) 9 Jahre nach der Wiederaufforstung mit hauptsächlich einheimischen Baumarten (hier: tatapiririca, *Tapira guianensis*, eine Anacardiaceae). Es haben sich auch Baumarten aus der Spontanvegetation etabliert und im Unterwuchs keimen unterschiedliche Pflanzenarten aus. Der Boden ist fast vollständig von Laub bedeckt.

Die Fläche A17 wurde 1984 aufgeforstet. Es sind einige der gepflanzten Bäume gestorben (siehe Tabelle 7.9). Aus Abbildung 7.7 und Tabelle 7.10 geht hervor, daß sich hier dennoch viele spontane Baumarten entwickeln und etablieren konnten.

Tabelle 7.9: Gepflanzte Baumarten und ihre Anordnung auf den Daueruntersuchungsparzellen a, b und c der Fläche A17. +: gestorben.

	a	Lokalname	Wissenschaftlicher Name	Familie
	1	pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
	2	pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
	3	mari-mari-pequeno	<i>Cassia leiandra</i>	Caesalpiaceae
	4	pau jacaré	<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae
	5	pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
	1	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae
	2	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae
	3	seringa itaúba	<i>Hevea sp.</i>	Euphorbiaceae
	4	mari-mari-pequeno	<i>Cassia leiandra</i>	Caesalpiaceae
	5	breu sucuruba	<i>Trattinickia burserifolia</i>	Burseraceae
	6	parica grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae
	7	castanha-do-pará	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae
	8	mari-mari-pequeno	<i>Cassia leiandra</i>	Caesalpiaceae
	9	acapú	<i>Campsiandra comosa</i>	Fabaceae
	10	acapú	<i>Campsiandra comosa</i>	Fabaceae
	1	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	2	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
	3	mari-mari-pequeno	<i>Cassia leiandra</i>	Caesalpiaceae
	4	sacacá	<i>Croton sp.</i>	Euphorbiaceae
	5	cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae



Abbildung 7.7: (links): Überblick über die Fläche A17 nach 10 Jahren. Im Unterwuchs sind Palmen erkennbar. Durch die schnell gewachsenen *Cecropia spp.* (z.B. eine etwa 20 m hohe vorne links) fällt kaum Licht auf den Boden. Es sind Primärwaldbaumarten in unterschiedlichen Höhen im Unterwuchs zu finden. Rechts: Daueruntersuchungsparzelle c auf der Fläche A17 nach 12 Jahren. Ganz in der Nähe sind kürzlich zwei extrem hochgewachsene *Cecropia* umgebrochen, wodurch nun viel Licht auf den Boden gelangt. Es haben sich viele Bäume der Spontanvegetation etabliert.

Tabelle 7.10: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A17. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	2	<i>Byrsonima cf. spicata</i>	Malpighiaceae	2
<i>Guatteria spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Byrsonima spp.</i>	Malpighiaceae	2
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Byrsonima stipulaceae</i>	Malpighiaceae	1
<i>Xylopia spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Euterpe oleracea</i>	Arecaceae	4	<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae	3
<i>Oenocarpus bacaba</i>	Arecaceae	4	<i>Miconia cf. myriantha</i>	Melastomataceae	2
<i>Aristolochia sp.</i>	Aristolochiaceae	4	<i>Miconia cf. serialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Mikania psilostachya</i>	Asteraceae	4	<i>Miconia spp.</i>	Melastomataceae	2
<i>Arrabidaea trailii</i>	Bignoniaceae	4		Melastomataceae	2
<i>Cassia cf. reticulata</i>	Caesalpiniaceae	4	<i>Cissampelos sp.</i>	Menispermaceae	4
<i>Cassia multijuga</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>Inga alba</i>	Mimosaceae	1
<i>Cassia spp.</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae	1
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	1
<i>Sclerolobium paraense</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>Eugenia spp.</i>	Myrtaceae	1
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora spp.</i>	Passifloraceae	4
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora vespertilio</i>	Passifloraceae	4
<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Piper sp.</i>	Piperaceae	4
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Piper spp.</i>	Piperaceae	4
<i>Vismia duckei</i>	Clusiaceae	2		Piperaceae	3
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2		Piperaceae	4
<i>Vismia spp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3		Poaceae	3
	Cyperaceae	3	<i>Amaioua sp.</i>	Rubiaceae	1
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4	<i>Isertia hipoleuca</i>	Rubiaceae	2
<i>Doliocarpus sp.</i>	Dilleniaceae	4	<i>Palicourea cf. comitis</i>	Rubiaceae	2
<i>Diospirus sp.</i>	Ebenaceae	1	<i>Palicourea grandiflora</i>	Rubiaceae	2
<i>Croton cajussara</i>	Euphorbiaceae	2	<i>Solanum caarvurana</i>	Solanaceae	2
<i>Croton cf. palanostigma</i>	Euphorbiaceae	2	<i>Solanum rugosum</i>	Solanaceae	2
<i>Croton lanjowensis</i>	Euphorbiaceae	1	<i>Trema micrantha</i>	Ulmaceae	2
<i>Phyllanthus niruri</i>	Euphorbiaceae	3		cf. Lauraceae	1
<i>Bowdichia sp.</i>	Fabaceae	1		cf. Rubiaceae	1
<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1		cf. Rubiaceae	3
<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae	1		n.i.	1
	Icacinaceae	4		n.i.	3
<i>Nectandra sp.</i>	Lauraceae	1		n.i.	3
<i>Ocotea myriantha</i>	Lauraceae	1		n.i.	3

Die Fläche A14 wurde einheitlich als Monokultur mit *tachi-dos-campus* (*Sclerolobium paniculatum*) bepflanzt. In den einzelnen Parzellen befinden sich jeweils 9 oder 10 gepflanzte Bäume, von denen jeweils drei abgestorben sind, aber noch stehen. Es sind kaum annähernd hohe andere Baumarten zu finden, wodurch selbst nach 10 Jahren deutlich zu erkennen ist, daß auf dieser Fläche angepflanzt wurde (Abbildung 7.8). Einige der großen gepflanzten Bäume sterben ab, so daß viel Licht durchkommt. Dies führt dazu, daß sich an diesen Stellen ein starker Unterwuchs bildet (Abbildung 7.9). Die Spontanvegetation, die während der zwei Jahre bei den Meßterminen vorgefunden wurde, ist in Tabelle 7.11 aufgeführt.

Tabelle 7.11: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A14. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	2	<i>Doliocarpus</i> sp.	Dilleniaceae	4
<i>Guatteria</i> spp.	Annonaceae	1	<i>Croton lanjowensis</i>	Euphorbiaceae	1
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Dalechampia</i> sp.	Euphorbiaceae	4
<i>Xylopia</i> spp.	Annonaceae	1	<i>Maprounea</i> sp.	Euphorbiaceae	2
<i>Mandavila</i> sp.	Apocynaceae	4	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae	1
<i>Mandavila</i> sp.	Apocynaceae	4	<i>Machaerium</i> sp.	Fabaceae	4
	Apocynaceae	4	<i>Poecilanthe effusa</i>	Fabaceae	1
	Araceae	4	<i>Heliconia</i> cf. <i>acuminata</i>	Heliconiaceae	4
<i>Phytelephas macrocarpa</i>	Arecaceae	4	<i>Heliconia</i> sp.	Heliconiaceae	4
	Arecaceae	4	<i>Sacoglottis</i> sp.	Humiriaceae	1
<i>Mikania</i> spp.	Asteraceae	4		Icacinaceae	4
<i>Arrabidaea</i> sp.	Bignoniaceae	4	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	1	<i>Miconia</i> spp.	Melastomataceae	2
<i>Leucocalantha</i> sp.	Bignoniaceae	4	<i>Cedrelinga</i> cf. <i>catenaeformis</i>	Mimosaceae	1
<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	1	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae	1
<i>Protium</i> spp.	Burseraceae	1	<i>Parkia</i> cf. <i>multijuga</i>	Mimosaceae	1
<i>Trattinickia burserifolia</i>	Burseraceae	1	<i>Stryphnodendron barbatiman</i>	Mimosaceae	1
	Caesalpiniaceae	1	<i>Helicostylis</i> cf. <i>podogyne</i>	Moraceae	1
<i>Cecropia</i> spp.	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora</i> cf. <i>vespertilio</i>	Passifloraceae	4
<i>Pourouma</i> sp.	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora</i> spp.	Passifloraceae	4
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	2	<i>Piper bartlingianum</i>	Piperaceae	4
<i>Couepia</i> sp.	Chrysobalanaceae	2	<i>Piper</i> spp.	Piperaceae	4
<i>Hirtella physophora</i>	Chrysobalanaceae	2	<i>Olyra latifolia</i>	Poaceae	3
<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae	4	<i>Panicum</i> cf. <i>boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2		Poaceae	3
<i>Vismia duckei</i>	Clusiaceae	2	<i>Borreria verticillata</i>	Rubiaceae	3
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Palicourea</i> cf. <i>comitis</i>	Rubiaceae	2
<i>Vismia</i> spp.	Clusiaceae	2	<i>Pouteria</i> sp.	Sapotaceae	1
<i>Gurania</i> sp.	Cucurbitaceae	4	<i>Ligodium vinustum</i>	Schizaeaceae	4
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3	<i>Smilax pseudosyphilitica</i>	Smilacaceae	4
<i>Dichapetalum rugosum</i>	Dichapetalaceae	4	<i>Solanum caarvurana</i>	Solanaceae	2
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4		cf. Rubiaceae	3
<i>Davilla latifolia</i>	Dilleniaceae	4			



Abbildung 7.8 (links): Mit nur einer Baumart aufgeforstete Fläche (A14). Selbst 10 Jahre nach der Bepflanzung mit *tachi-dos-campos*, *Sclerolobium paniculatum*, einer Caesalpiniaceae kann man noch deutlich die Pflanzreihen erkennen. Abbildung 7.9 (rechts): Die Daueruntersuchungspartelle A14PC. Es ist viel Unterwuchs zu finden. Die gepflanzten Bäume sterben nach und nach ab und lassen mehr Licht nach unten durch.

7.2.4 Die Flächen A13 und A15

Die Parzellen der Fläche A13 sind nicht bepflanzt worden. Sie liegen neben der Fläche A14. Die bei den zwei Meßterminen vorgefundenen Pflanzenarten, sind in Tabelle 7.12 aufgeführt. Einen Überblick über die Fläche A13 gibt die Abbildung 7.10. Auch bei den Parzellen der Fläche A15 handelt es sich um eine natürliche Regeneration. Diese beiden Flächen sind bis zum Auftragen des Oberbodens ebenso wie die aufgeforsteten Flächen behandelt worden. Die natürliche Regeneration erfolgt zunächst durch Pionierpflanzen, hauptsächlich *Cecropia spp.* und *Vismia spp.* Die *Cecropia*-Arten sterben nach 10 bis 12 Jahren ab (Abbildung 7.11). Auf den dadurch entstehenden freien Flächen siedeln sich hauptsächlich wieder Pionierpflanzen an. Im Unterwuchs wachsen sehr viele krautige Pflanzen und Lianen. Die an beiden Meßterminen auf den Untersuchungspartellen der Fläche A15 stehenden Pflanzenarten können der Tabelle 7.13 entnommen werden.

Tabelle 7.12: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A13. Es sind alle Pflanzentaxa aufgeführt, die an den jeweiligen Meßterminen vorgefunden worden. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	2	<i>Maprounea sp.</i>	Euphorbiaceae	2
<i>Guatteria spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Albizia sp.</i>	Fabaceae	2
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Dalbergia sp.</i>	Fabaceae	1
<i>Xylopia spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Machaerium sp.</i>	Fabaceae	4
<i>Aspidosperma oblongum</i>	Apocynaceae	1	<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1
<i>cf. Aspidosperma</i>	Apocynaceae	4	<i>Heliconia cf. acuminata</i>	Heliconiaceae	4
	Apocynaceae	4		Icacinaceae	4
<i>Phytelephas macrocarpa</i>	Arecaceae	4	<i>Byrsonima cf. spicata</i>	Malpighiaceae	2
	Asclepidaceae	4	<i>Byrsonima spp.</i>	Malpighiaceae	2
<i>Mikania sp.</i>	Asteraceae	4	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Arrabidaea sp.</i>	Bignoniaceae	4	<i>Miconia cf. serialis</i>	Melastomataceae	2
	Bignoniaceae	4	<i>Miconia spp.</i>	Melastomataceae	2
<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	1	<i>Guarea sp.</i>	Meliaceae	1
<i>Dimorphandra</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>Cissampelos sp.</i>	Menispermaceae	4
<i>macrostachya</i>			<i>Stryphnodendron</i>	Mimosaceae	1
<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae	1	<i>barbatiman</i>		
	Caesalpiniaceae	4	<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Passiflora spp.</i>	Passifloraceae	4
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	2	<i>Piper bartlingianum</i>	Piperaceae	4
<i>Couepia sp.</i>	Chrysobalanaceae	2	<i>Piper spp.</i>	Piperaceae	4
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Olyra latifolia</i>	Poaceae	3
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Vismia spp.</i>	Clusiaceae	2		Poaceae	3
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3	<i>Duroia sp.</i>	Rubiaceae	1
<i>Dichapetalum rugosum</i>	Dichapetalaceae	4	<i>Palicourea cf. comitis</i>	Rubiaceae	2
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4	<i>Ligodium vinustum</i>	Schizaeaceae	4
<i>Dolioscarpus sp.</i>	Dilleniaceae	4	<i>Solanum caarvurana</i>	Solanaceae	2
<i>Diospirus sp.</i>	Ebenaceae	1	<i>Solanum rugosum</i>	Solanaceae	2
<i>Croton cajussara</i>	Euphorbiaceae	1		Solanaceae	2
<i>Croton cf. palanostigma</i>	Euphorbiaceae	2	<i>Apeiba echinata</i>	Tiliaceae	1
<i>Croton lanjowensis</i>	Euphorbiaceae	1		n.i.	1



Abbildung 7.10: Fläche A13, eine natürliche Regeneration nach 11 Jahren. Auf diese Fläche wurde Ende 1983 Oberboden aufgetragen, sie wurde aber nicht bepflanzt. Es haben sich viele Pionierarten angesiedelt. Die *Cecropia*-Arten sterben nach etwa 10 bis 12 Jahren ab.



Abbildung 7.11 (links) Fläche A15, eine natürliche Regeneration nach 11 Jahren. Es sind sehr viele *Vismia spp.*- und *Cecropia spp.*-Individuen auf dieser Fläche zu sehen, die aber jetzt nach und nach absterben. Rechts: Es haben sich sehr viele Pionierarten angesiedelt, hauptsächlich *Cecropia spp.* und *Vismia spp.* Auf dem Photo ist eine vom Wind umgebrochene envira branca, *Xylopia sp.*, eine Annonaceae zu sehen.

Tabelle 7.13: Spontane Pflanzenarten an den Meßterminen 1994 und 95 auf den Untersuchungspartellen der Fläche A15. Sofern nur die Familien angegeben sind, kommen mehrere Gattungen/Arten vor. n.i.: nicht identifiziert. 1. Spalte: Gattung/Art, 2. Spalte: Familie, 3. Spalte: Zuordnung zu Taxa: 1. Primärwaldbaumarten, 2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten, 3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten, 4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald.

<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	2	<i>Ocotea myrianthe</i>	Lauraceae	1
<i>Guatteria spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Byrsonima cf. spicata</i>	Malpighiaceae	2
<i>Rollinea exsucca</i>	Annonaceae	1	<i>Bellucia imperialis</i>	Melastomataceae	2
<i>Xylopia spp.</i>	Annonaceae	1	<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae	2
<i>Mandavila sp.</i>	Apocynaceae	4	<i>Acacia mangium</i>	Mimosaceae	2
<i>Didimopanax longipetiolatum</i>	Araliaceae	1	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae	1
<i>Oenocarpus bacaba</i>	Arecaceae	4	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae	1
	Asclepidaceae	4	<i>Stryphnodendron barbatiman</i>	Mimosaceae	1
<i>Mikania sp.</i>	Asteraceae	4	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae	1
<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	1	<i>Passiflora cf. vespertilio</i>	Passifloraceae	4
<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	1	<i>Passiflora spp.</i>	Passifloraceae	4
<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	1	<i>Piper bartlingianum</i>	Piperaceae	4
<i>Protium spp.</i>	Burseraceae	1	<i>Piper spp.</i>	Piperaceae	4
<i>Trattinickia burserifolia</i>	Burseraceae	1	<i>Panicum cf. boliviense</i>	Poaceae	3
<i>Cassia spp.</i>	Caesalpiniaceae	2		Poaceae	3
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Caesalpiniaceae	1		Poaceae	3
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	2	<i>Borreria verticillata</i>	Rubiaceae	3
<i>Cecropia spp.</i>	Cecropiaceae	2	<i>Palicourea grandiflora</i>	Rubiaceae	2
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	2		Sapindaceae	4
<i>Clusia sp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Pouteria sp.</i>	Sapotaceae	1
<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2	<i>Smilax sp.</i>	Smilacaceae	4
<i>Vismia duckei</i>	Clusiaceae	2		Solanaceae	2
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	2		Solanaceae	3
<i>Vismia spp.</i>	Clusiaceae	2	<i>Aegiphila intermedia</i>	Verbenaceae	2
<i>Gurania sp.</i>	Cucurbitaceae	4	<i>cf. Cissus</i>	Vitaceae	4
<i>Scleria pratensis</i>	Cyperaceae	3		cf. Burseraceae	4
<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	4		cf. Piperaceae	3
<i>Davilla latifolia</i>	Dilleniaceae	4		cf. Piperaceae	3
<i>Doliocarpus sp.</i>	Dilleniaceae	4		cf. Rubiaceae	3
<i>Diospirus sp.</i>	Ebenaceae	1		cf. Smilacaceae	4
<i>Croton cf. palanostigma</i>	Euphorbiaceae	2		n.i.	3
<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	1		n.i.	3
<i>Lindackeria paludosa</i>	Flacourtiaceae	1		n.i.	3
<i>Duckesia verrucosa</i>	Humiriaceae	1		n.i.	4
<i>Sacoglottis sp.</i>	Humiriaceae	1			

7.2.5 Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung war auf den Flächen unterschiedlich. Es wurde eingeteilt in Höhenklassen bis 1 m, 1-3 m, höher als 3 m und die Bodenbedeckung durch Litter. Die Werte wurden während der Meßtermine auf den jeweils drei Untersuchungspartellen geschätzt und gemittelt. Die Werte der älteren Flächen können der Tabelle 7.14 entnommen werden. Der Boden ist auf diesen Flächen ganz deutlich mit Litter bedeckt. Teilweise findet man mehrere Schichten, bei denen auch eine Zersetzung stattfindet. Die Bedeckung durch die obere Baumschicht (> 3 m) liegt bei allen Untersuchungspartellen der älteren Flächen über 50 %. Auffällig ist die Bedeckung der Schicht bis 1 m auf der Fläche A14, die im Vergleich mit den anderen Flächen mit 35 % bzw. 65-70 % hoch ist. Auf der Fläche A14 ist die Anzahl der Taxa Gräser und Kräuter hoch. Dort wachsen hauptsächlich *Olyra latifolia*, die bis etwa 3 m hoch werden (Abbildung 7.12,

links) und sehr dicht stehen. Auf den Flächen A13 und A15 kriechen stellenweise Lianen über den Boden (Abbildung 7.12, rechts).



Abbildung 7.12: links: Parzelle auf A14 mit dicht stehendem Unterwuchs, hauptsächlich *Olyra latifolia*. Rechts: Bodenbedeckende Lianen, hauptsächlich *Mikania sp.* auf der Fläche A15.

Die Untersuchungspartellen auf den jüngeren Flächen (A1, A2 und A18) zeigen eine bedeutend geringere Bedeckung des Bodens. Auf den Flächen mit Oberboden findet sich noch teilweise unzersetztes organisches Material (Baumstümpfe, kleine Stämme, dicke Äste), die aus dem aufgetragenen Oberboden stammen. Auf den Daueruntersuchungspartellen der Fläche A18 ist kaum Litter zu finden (siehe auch Abbildung 7.42). Die Bedeckung des Bodens durch Pflanzen findet hier nur durch die gepflanzten Bäume, die im Abstand von 2x2 m stehen, statt. Die Flächen A1 und A2 haben nach jeweils einem Jahr eine Bodenbedeckung mit Litter von 20-30 % und die gepflanzten Bäume sowie die Spontanvegetation bedecken den Boden bis zu 50 %.

Tabelle 7.14: Bodenbedeckung auf den Untersuchungspartellen der Flächen A13, A15, A7, A14 und A17 im Jahr 1994 und 95.

Fläche	A13/94	A13/95	A15/94	A15/95		
Litter	55%	70%	85-90%	85%		
< 1 m	15-20%	10%	5-10%	5%		
1-3 m	10%	5-10%	5-10%	5-10%		
> 3 m	65%	50-55%	65%	65-70%		
Fläche	A7/94	A7/95	A14/94	A14/95	A17/94	A17/95
Litter	90-95%	90-95%	60-65%	70%	50%	70%
< 1 m	5%	5%	65-70%	35%	5%	5-10%
1-3 m	5%	5-10%	5-10%	10%	10%	10%
> 3 m	70%	65-70%	55-60%	60-65%	65-70%	60-65%

7.2.6 Bewertung des Gesundheitszustandes und des Wachstums der gepflanzten Bäume

Auf den Untersuchungspartellen wurden der Gesundheitszustand und das Wachstum der gepflanzten Baumarten auf jeweils einer Skala von 1 (schlecht) bis 5 (sehr gut) bewertet (Kriterien siehe Arbeitsmethoden). Die Ergebnisse von den jeweiligen Meßterminen sind in Tabelle 7.15 dargestellt.

Der Gesundheitszustand der gepflanzten Bäume auf den Untersuchungspartellen der Fläche A7 hat sich innerhalb eines Jahres etwas verschlechtert. Nach neun Jahren hat keiner der gepflanzten Bäume auf den Untersuchungspartellen einen guten oder sehr guten Gesundheitszustand. Daher erklärt sich auch, daß das Wachstum nach neun Jahren nicht mehr so gut ist wie ein Jahr zuvor.

Auf der Fläche A14 kann man von einem auf das andere Jahr erkennen, daß sich der Gesundheitszustand verschlechtert. Auch sind drei gepflanzte Bäume innerhalb eines Jahres abgestorben.

Auf den Untersuchungspartellen der Fläche A17 haben die meisten der gepflanzten Bäume nach elf Jahren einen befriedigenden Gesundheitszustand. Das Wachstum konnte dort nach zehn Jahren noch besser bewertet werden als nach elf Jahren.

Das Wachstum auf den Untersuchungspartellen der Fläche A2 ist bei allen Meßterminen immer bei mehr als der Hälfte der gepflanzten Bäume gut oder sehr gut. Der Gesundheitszustand bewegt sich auch bei mehr als der Hälfte der Bäume zwischen sehr gut und befriedigend. An vier Terminen hatten jeweils nur zwischen sechs und acht Bäumen einen schlechten oder sehr schlechten Gesundheitszustand. Nur nach 28 Monaten war der Gesundheitszustand bei elf Bäumen schlecht. Sieben Monate später gab es aber nur noch jeweils drei Bäume mit schlechtem bzw. sehr schlechtem Gesundheitszustand.

Bei den gepflanzten Bäumen auf den Untersuchungspartellen der Fläche A18 ist der Gesundheitszustand bei den meisten Bäumen zwischen sehr gut und befriedigend. Das Wachstum liegt hier aber eher im Bereich von sehr schlecht bis befriedigend.

Auf den Untersuchungspartellen der Fläche A1 ist sowohl der Gesundheitszustand als auch das Wachstum der gepflanzten Bäume in der Mehrzahl im Bereich zwischen sehr gut und befriedigend.

Tabelle 7.15: Bewertung des Gesundheitszustandes (G) und des Wachstums (W) auf den Untersuchungspartellen A7, A14, A17 A2 A1 und A18 auf einer Skala von 1 (schlecht) bis 5 (sehr gut). J: Jahre; M: Monate. Die Zahlen in den Spalten geben die Anzahl der gepflanzten Bäume mit diesem Wert wieder.

G	1	2	3	4	5	W	1	2	3	4	5
A7 8J	0	7	21	2	1		1	8	7	6	7
A7 9J	4	11	18	0	0		5	8	9	5	5
A14 10J	2	2	5	10	0		0	0	2	5	12
A14 11J	2	8	6	0	0		0	0	3	4	9
A17 10J	0	6	4	7	2		1	1	9	7	1
A17 11J	1	2	12	2	1		0	7	5	3	3
A2 16M	2	6	12	16	8		5	3	4	6	26
A2 19M	3	5	15	13	8		5	7	7	9	16
A2 24M	3	4	17	14	5		6	6	7	12	12
A2 28M	0	11	18	9	5		2	2	6	6	27
A2 35M	3	3	11	20	5		8	0	9	6	19
A1 3M	0	4	14	6	4		0	7	6	8	6
A1 7M	0	6	10	6	6		2	5	5	6	9
A1 9M	0	2	11	12	3		2	2	5	6	9
A1 12M	0	2	10	14	2		0	5	8	9	6
A1 14M	0	4	16	8	0		1	5	5	9	8
A1 20M	1	5	4	5	13		1	5	4	5	13
A1 24M	0	0	13	11	3		0	5	3	12	7
A18 7M	5	8	12	10	1		7	8	12	8	1
A18 9M	0	8	10	13	4		7	7	17	2	2
A18 12M	0	9	18	8	0		3	10	18	4	0
A18 14M	1	7	19	8	0		5	11	16	3	0
A18 20M	5	7	15	6	1		7	11	10	4	2
A18 24M	0	7	8	16	3		0	16	15	2	1

7.3 Charakterisierung des Bodens auf den Untersuchungspartellen

Der Boden wurde auf allen Daueruntersuchungspartellen untersucht. Es wurden Mischproben von den jeweils drei Partellen gebildet. In Abbildung 7.13-Abbildung 7.20 sind die Ergebnisse für den pH-Wert (Wasser), Phosphor, [ppm] Kalium [ppm], Calcium [me%], Kohlenstoff [%], Stickstoff [%], Aluminium [me%] und Magnesium [me%] in den Tiefen 0-5 cm und 5-10 cm nebeneinander dargestellt.

Der pH-Wert ist im Primärwald (A19) sowohl in der Tiefe von 0-5 cm mit 3,63 als auch in 5-10 cm Tiefe mit 3,73 am niedrigsten und auf der Fläche nach 12 Jahren Bepflanzung (A17) am höchsten mit fast 5 (4,97) in der oberen Bodenschicht und 4,83 in 5-10 cm Tiefe. Außer bei der zwei Jahre alten Fläche ohne Oberboden sind die pH-Werte in der tieferen Bodenschicht auf allen Flächen niedriger oder höchstens bis 0,1 höher als in der oberen. Bei A18 beträgt dieser Unterschied fast 0,4: 4,07 in der oberen und 4,43 in der Schicht von 5-10 cm Tiefe.

Beim Aluminiumgehalt verhält es sich bis auf die Fläche ohne Oberboden umgekehrt proportional zum pH-Wert. Hier hat der Boden der Daueruntersuchungspartellen im Primärwald den höchsten Aluminiumgehalt von 3,55 me% in der Tiefe 0-5 cm und 2,77 me% in der Tiefe 5-10 cm. Nach der Fläche ohne Oberboden mit 0,27 me% in 0-5 cm Tiefe und 0,10 me% in 5-10 cm Tiefe hat die Fläche nach 12 Jahren Bepflanzung (A17) mit 0,77 me% in 0-5 cm Tiefe und 1,00 me% in der tieferen Bodenschicht den zweitniedrigsten Wert.

Die Werte der Flächen A1 und A13 liegen im mittleren Bereich sowohl für den pH-Wert wie auch Aluminiumgehalt. Mit 4,33 ist der pH-Wert auf der zwei Jahre alten Fläche in der Tiefe 0-5 cm um 0,07 niedriger als auf der 12 Jahre alten Fläche ohne Bepflanzung (A13). Der Aluminiumgehalt beträgt auch in dieser Tiefe auf der zwei Jahre alten Fläche mit 1,77 me% 0,06 me% weniger als auf A13. In der Tiefe 5-10 cm verhält es sich aber hier wieder umgekehrt proportional. Auf der Fläche A13 ist der pH-Wert mit 4,33 um 0,1 höher als auf A1. Bei den Aluminiumwerten sieht es dann anders aus. Hier beträgt der Wert auf den Daueruntersuchungspartellen auf A1 2,03 me% und ist somit um 0,23 höher als auf der Fläche A13.

Der Phosphorgehalt beträgt in der Tiefe von 0-5 cm im Primärwald 2,33 ppm. Diesen Wert erreichen auch die zehn Jahre alte Fläche A7, die kleinere zwölf Jahre alte Fläche ohne Bepflanzung A13 und die zwölf Jahre alte Fläche A17. Bei der Fläche, die mit nur einer Baumart bepflanzt wurde, A14 und die zwölf Jahre alte Fläche ohne Bepflanzung A15 beträgt der Phosphorgehalt mit jeweils 2,67 ppm sogar etwas mehr. In der Bodentiefe von 5-10 cm ist der Phosphorgehalt mit 2,33 ppm im Primärwald und auf A15 am höchsten. Bei A14, A13 und A7 beträgt er hier 2,00 ppm und auf A17 1,67 ppm. Bei der Fläche ohne Oberboden, A18, konnte in beiden Tiefen kein Phosphor nachgewiesen werden. In beiden Tiefen hat die drei Jahre alte Fläche A2 einen Phosphorgehalt von 1,00 und die zwei Jahre alte Fläche A1 einen Gehalt an Phosphor von 1,33 ppm.

In der Tiefe von 0-5 cm hat der Primärwald einen Kaliumgehalt von 60 ppm und 36,67 ppm in der Tiefe von 5-10 cm. Hier konnte mit 68,67 ppm in 0-5 cm und 42,00 ppm in 5-10 cm bei Fläche A17 sowie 70,67 ppm in 0-5 cm und 45,33 ppm in 5-10 cm Tiefe bei A13 ein höherer Wert als im Primärwald nachgewiesen werden. Die zweijährige Fläche mit Bepflanzung hat in 0-5cm Tiefe mit 24,67

ppm schon 4,67 ppm mehr Kaliumgehalt als die drei Jahre alte Fläche A2. In der Tiefe von 5-10 cm beträgt dieser Unterschied sogar noch mehr: 19,33 ppm bei A2 und 28,67 ppm bei A1. Kalium kann auf der Fläche ohne Oberboden nicht nachgewiesen werden.

Der Calciumgehalt in den Bodenproben der Daueruntersuchungsparzellen ist im Primärwald mit 0,23 me% in 0-5 cm Tiefe und 0,12 me% in 5-10 cm niedrig. Im Vergleich zu allen untersuchten Flächen ist der Calciumwert nur auf den Parzellen der Fläche ohne Oberboden mit jeweils 0,08 me% in den beiden Tiefen niedriger. Mit 3,26 me% in 0-5 cm und 1,51 me% in 5-10 cm Tiefe liegt der Wert auf der Fläche A17 am höchsten. Auch auf der Fläche A15 beträgt der Wert noch 2,67 me% in der oberen Tiefe und 0,78 me% in der Tiefe von 5-10 cm. Der Wert von A1 liegt in beiden Tiefen höher als bei A14, der mit nur einer Art bepflanzten Fläche. Zu den Werten von Fläche A13 bestehen in beiden Tiefen auch nur geringe Unterschiede.

Der Magnesiumgehalt ist auf der Fläche A18 mit jeweils 0,03 me% in beiden Tiefen am geringsten und auch hier auf der 12 Jahre alten Fläche, A17, in 0-5 cm Tiefe mit 0,92 me% und in 5-10 cm mit 0,52 me% am höchsten. Im Primärwald befindet sich mit 0,27 me% in 0-5 und 0,15 me% in 5-10 cm Tiefe mehr Mg im Boden als bei A18, A2 und A14. Ansonsten lagen die Werte aller anderen Flächen darüber.

Der Kohlenstoffgehalt ist im Primärwald in beiden untersuchten Tiefen mit 5,0 % in 0-5 cm und 3,16 % in 5-10 cm am höchsten und im Boden der Fläche A18 mit 0,17 % in 0-5 cm und 0,19 % in 5-10 cm am niedrigsten. A15 hat in der Tiefe 0-5 cm 0,04 % mehr Kohlenstoff als A17 mit 3,85 %. Im Gegensatz dazu hat der Boden der Fläche A17 in der Tiefe 5-10 cm mit 2,91 % einen um 0,39 % höheren Wert als A15. Die Fläche A1 erreicht mit 3,09 % in der Tiefe 5-10 cm fast die Werte vom Primärwald.

Beim Stickstoffgehalt verhält es sich ähnlich wie beim Kohlenstoff. Auch hier hat der Primärwald im Boden mit 0,37 % in der Tiefe 0-5 cm und 0,29 % in der Tiefe 5-10 cm den höchsten Gehalt und A18, ohne Oberboden, mit jeweils 0,02 % den niedrigsten Stickstoffgehalt in beiden untersuchten Bodentiefen.

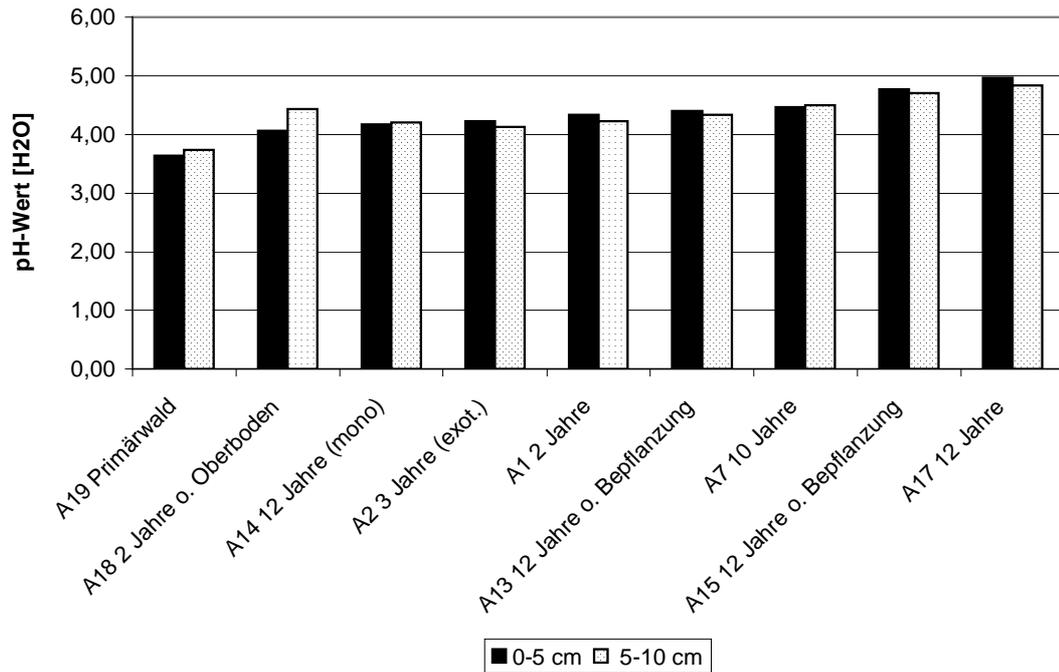


Abbildung 7.13: pH-Werte des Bodens von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

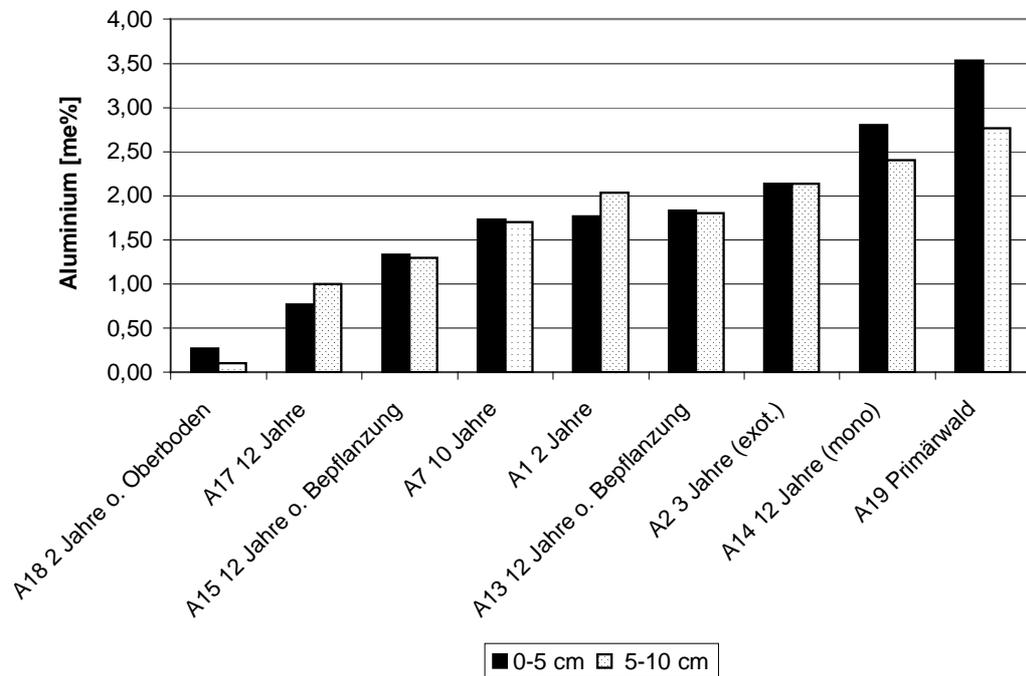


Abbildung 7.14: Aluminium im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

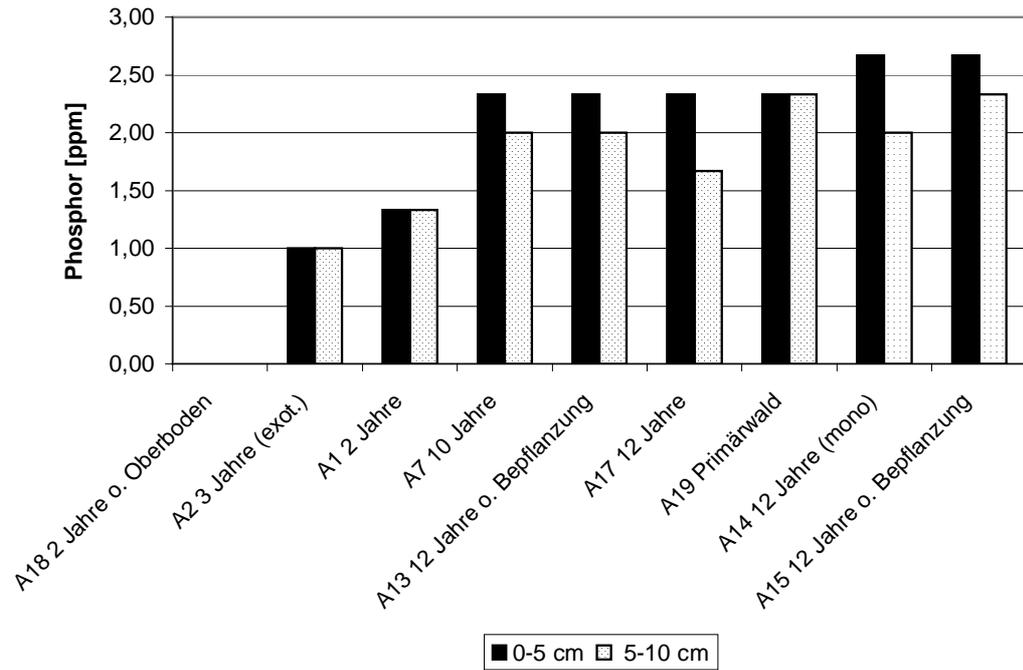


Abbildung 7.15: Phosphor im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

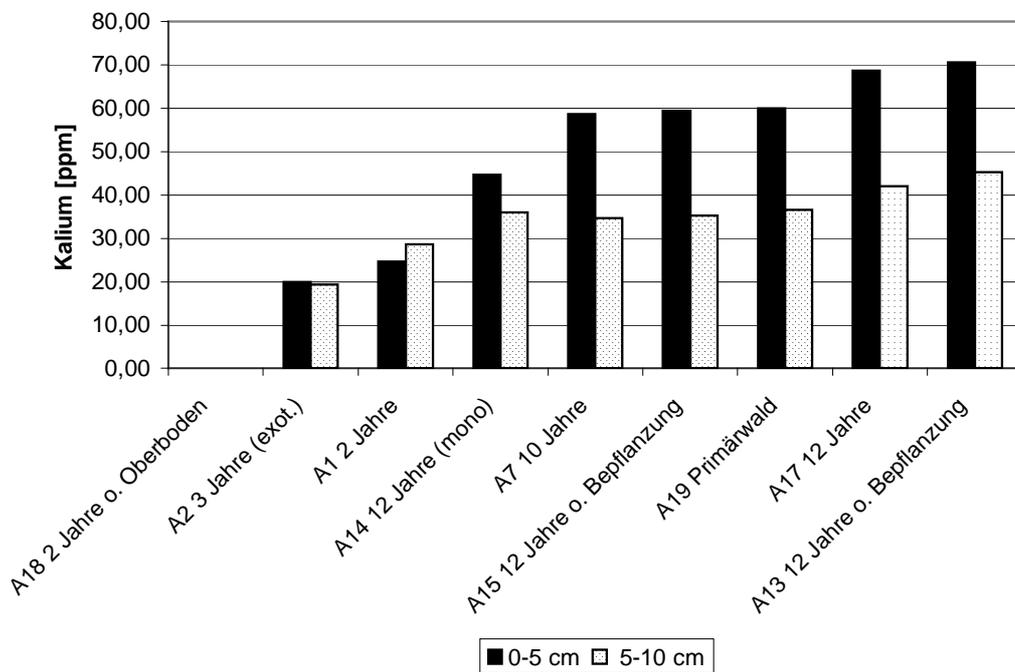


Abbildung 7.16: Kalium im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

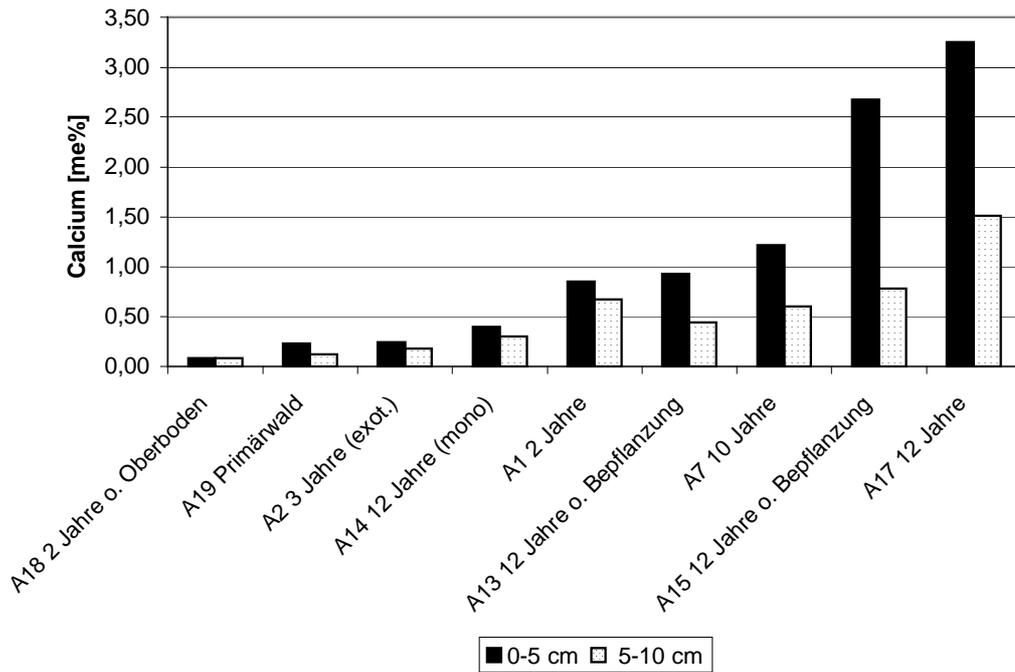


Abbildung 7.17: Calcium im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

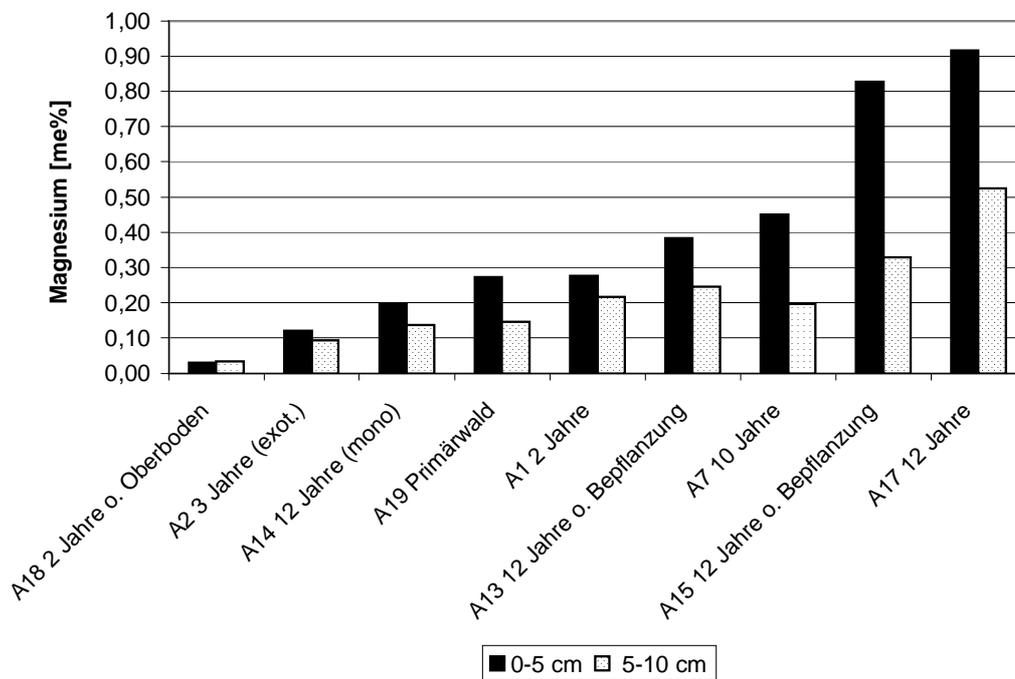


Abbildung 7.18: Magnesium im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

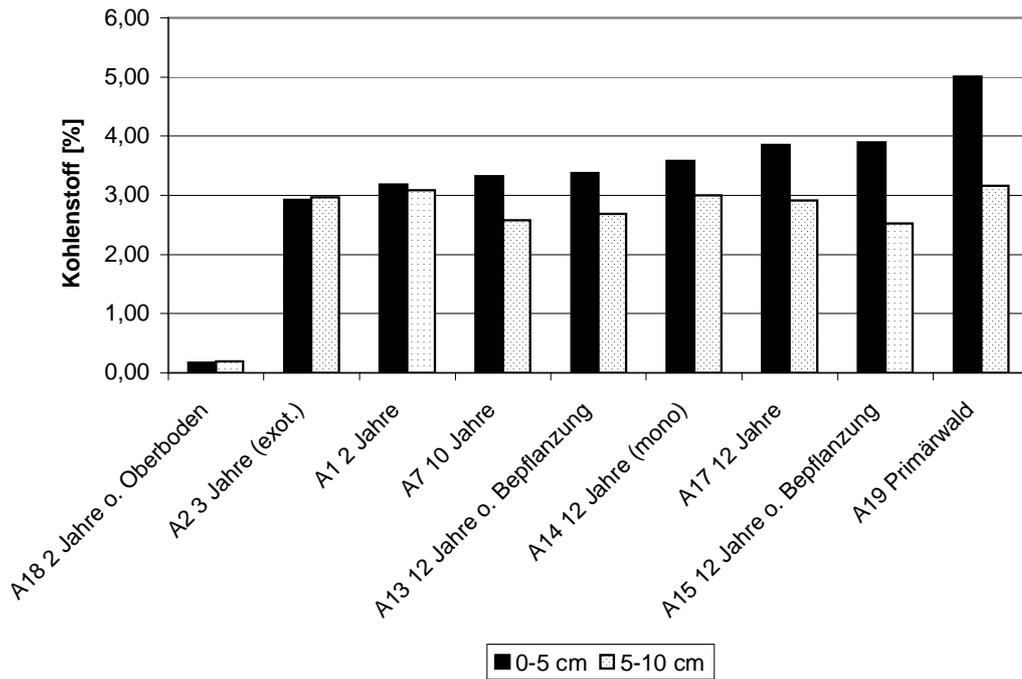


Abbildung 7.19: Kohlenstoff im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

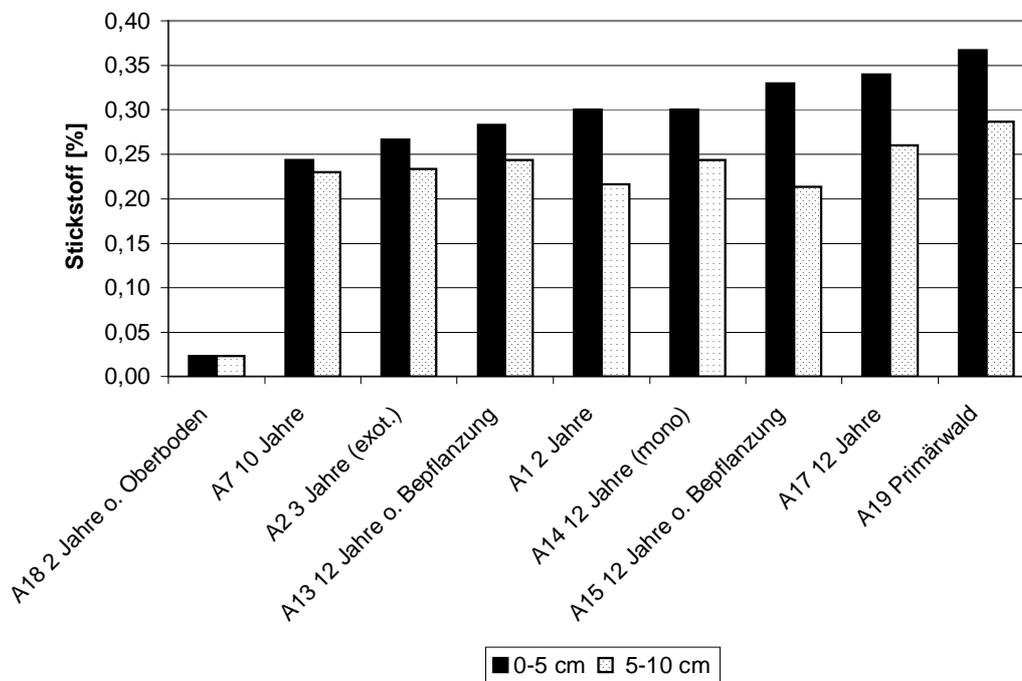


Abbildung 7.20: Stickstoff im Boden von Mischproben jeweils aller Daueruntersuchungsparzellen in je 0-5 und 5-10 cm Tiefe Ende Februar 96.

7.4 Entwicklung der Vegetation auf den Untersuchungsflächen

7.4.1 Anzahl der Taxa auf allen Untersuchungsparzellen

Wegen des geringen Alters der Bäume auf den Untersuchungsparzellen und des Fehlens von fertilem Material war es teilweise nur möglich, die Pflanzen bis zur Gattung oder zur Familie zu bestimmen. Dennoch konnten aber mehrere Arten einer Gattung oder auch mehrere Gattungen einer Familie unterschieden werden. Mithilfe eines Mateiros (s.o.) wurden sie in folgende Taxa eingeteilt:

1. Primärwaldbaumarten
2. Pionierarten, Büsche und exotische Baumarten
3. Gräser und einjährige krautige Pflanzenarten
4. Lianen, Epiphyten, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald

Abbildung 7.21 gibt die Anzahl der Taxa auf der Fläche A1 und der Fläche A2 zu dem Zeitpunkt nach ihrer Bepflanzung wieder. Zwei Jahre nach der Bepflanzung konnten auf der Fläche A1 insgesamt 69 verschiedene Taxa festgestellt werden, wovon 31 zu den Primärwaldbaumarten, 20 zu den Pionierarten, 4 zu den Gräsern und krautigen Pflanzen und 14 zu den Lianen, Palmen, Epiphyten zu rechnen sind. Auf der Fläche A2, die ein Jahr früher bepflanzt wurde, entwickelten sich weniger unterschiedliche Taxa. Diese Fläche wurde im Gegensatz zu der Fläche A1 mit etwa 30 % für die Region exotischer Pflanzenarten bepflanzt (z.B. *Acacia spp.*, *Lophantera sp.*, *Leucaena leucocephala*)

Bei den Primärwaldbaumtaxa wurde unterschieden in gepflanzte und sich spontan entwickelnde Arten (siehe Abbildung 7.22).

Auf der bepflanzten Fläche mit Oberboden (A1) gab es nach drei Monaten eine Gesamtzahl von 28 unterschiedlicher Taxa von Primärwaldbäumen. Einige der gepflanzten Taxa entwickelten sich auch spontan, so daß insgesamt 16 gepflanzt und 15 spontan waren. Nach zwei Jahren hatten sich auf den drei Untersuchungsparzellen 31 Primärwaldbaumtaxa etabliert. Von den 16 gepflanzten Primärwaldbaumtaxa wuchsen noch alle, und 15 Taxa entstammen der Spontanvegetation.

Auf der Fläche A2 konnten auf den Untersuchungsflächen nach 16 Monaten 24 Primärwaldbaumtaxa festgestellt werden. Nach zwei Jahren waren es 23 und nach 35 Monaten 27 Primärwaldbaumtaxa. Während auf der Fläche A1 die spontane Primärwaldbaumtaxa die Anzahl der gepflanzten nach sieben Monaten übertrifft und ansonsten fast erreicht, finden sich auf der Fläche A2 bedeutend weniger der sich spontan entwickelnden Primärwaldbaumtaxa.

Nach 35 Monaten hatten sich 9 Arten spontan entwickelt, bei den anderen Terminen wurde gerade mal mit je 5 oder 6 Arten von Primärwaldbaumtaxa in der Spontanvegetation etwa ein Viertel der gepflanzten erreicht.

Betrachtet man Abbildung 7.23 sieht man bei der Entwicklung der Pflanzentaxa auf der Fläche A18, daß die Anzahl der Primärwaldbaumtaxa konstant bei 16 bleibt. Nach 20 Monaten ist eine Pionierbaumart (gepflanzt) abgestorben und nach zwei Jahren eine hinzugekommen. Bei den Gräsern und krautigen Pflanzentaxa sind nach 24 Monaten 5 verschiedene Taxa, die sich spontan auf den Untersuchungsparzellen angesiedelt haben zu finden. An keinem der Meßtermine konnten Lianen, Epiphyten oder Palmen auf den Untersuchungsparzellen entdeckt werden.

In Abbildung 7.24 ist zu erkennen, daß die Anzahl der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa der gesamten Primärwaldbaumtaxa entspricht. Es ist keiner

der gepflanzten Bäumen abgestorben, aber es hat sich auch kein Primärwaldbaum spontan innerhalb der zwei Jahre auf den Untersuchungspartellen entwickelt.

In Abbildung 7.26 sind die älteren Flächen dargestellt, auf denen jeweils im Abstand von einem Jahr Messungen auf den Untersuchungspartellen durchgeführt wurden. Zum Vergleich fand auch auf Partellen im Primärwald eine Einteilung der Pflanzen in Taxa statt. Die Anzahl der Primärwaldbaumtaxa liegt hier mit 52 mehr als doppelt so hoch wie auf A17, wo sich nach elf Jahren 24 Primärwaldbaumtaxa auf den Untersuchungspartellen fanden. Auf den nicht bepflanzten Flächen A13 und A15 und der nur mit einer Art bepflanzten Fläche wurden nach 10 bzw. 11 Jahren weniger Primärwaldbaumtaxa gefunden als auf allen bepflanzten. Die wenigsten (4) Pionierbaumtaxa fanden sich im Primärwald. Betrachtet man die Taxa der Gräser und krautigen Pflanzen, ist auf den Untersuchungspartellen im Primärwald eine Art zu finden. Auf allen anderen der älteren Untersuchungspartellen wurden jeweils zwischen 3 und 6 Taxa gefunden. Bei der Taxaeinteilung der Lianen, Palmen und Epiphyten sind in einsehbarer Höhe auf den Partellen des Primärwaldes insgesamt 20 Taxa gefunden worden. Diese Zahl wurde auf der Fläche A14 nach 10 Jahren um 6 mit 26 Taxa überschritten. Nach 11 Jahren wurden nur 20 Taxa gefunden. Die nicht bepflanzten Flächen A13 und A15 erreichen nach 10 Jahren 14 bzw. 11 und nach elf Jahren 15 bzw. 12 Taxa. A7 hat nach 8 Jahren 8 und nach 9 Jahren 7 Taxa von Lianen, Palmen und Epiphyten. Auf den Untersuchungspartellen der Fläche A17 finden sich sowohl nach 10 als auch nach 11 Jahren jeweils elf Taxa aus dieser Gruppe.

In Abbildung 7.26 ist zu sehen, daß bei allen Flächen die Anzahl der spontanen Primärwaldbaumtaxa die der gepflanzten übersteigt. Bei den jüngeren Flächen A1 und A2 ist es nach einem, zwei und fast drei Jahren umgekehrt (Abbildung 7.22). Die Taxaanzahl ergibt gesamt aber selbst bei der 8 Jahre alten bepflanzten Fläche A7 eine höhere Anzahl Taxa als auf den 11 Jahre alten nicht bepflanzten Flächen A13 und A15.

In den Grafiken im Anhang ist die prozentuale Verteilung der Taxa zu den einzelnen Meßterminen auf den jeweiligen Untersuchungsflächen dargestellt.

Daneben wurden die Pflanzentaxa in die Höhenklassen 0-30 cm, 30-100 cm, 100-500 cm, 500-1000 cm, 1000-1500 cm, 1500-2000 cm, 2000-2500 cm und >2500 cm eingeteilt. Die Ergebnisse dieser Einteilung auf den einzelnen Untersuchungsflächen und die jeweilige Anzahl der Taxa auf den Untersuchungspartellen können auch dem Anhang entnommen werden

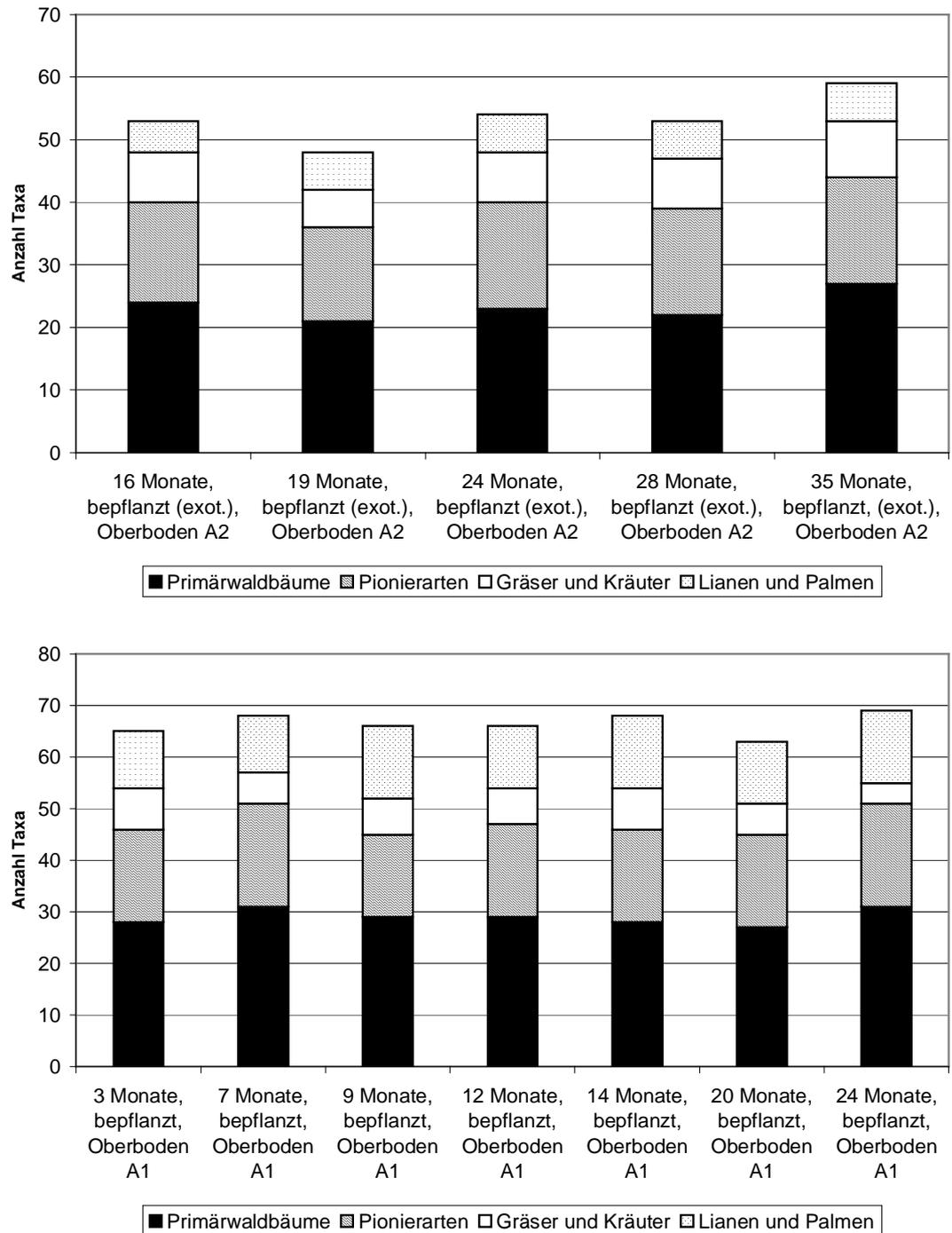


Abbildung 7.21: Entwicklung der vier Pflanzengruppen 1. Primärwaldbaumtaxa, 2. Pionierwaldbaum-/buschtaxa und exotische Baumarten, 3. Gräser und krautige Pflanzenarten und 4. Lianen, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald auf einer Fläche, die 1993 mit etwa 30 % für die Region exotischer Baumarten bepflanzt worden ist (oben) und einer Fläche, die 1994 normal bepflanzt worden ist (unten). Die Einteilung auf der x-Achse gibt die Zeit nach der Bepflanzung an.

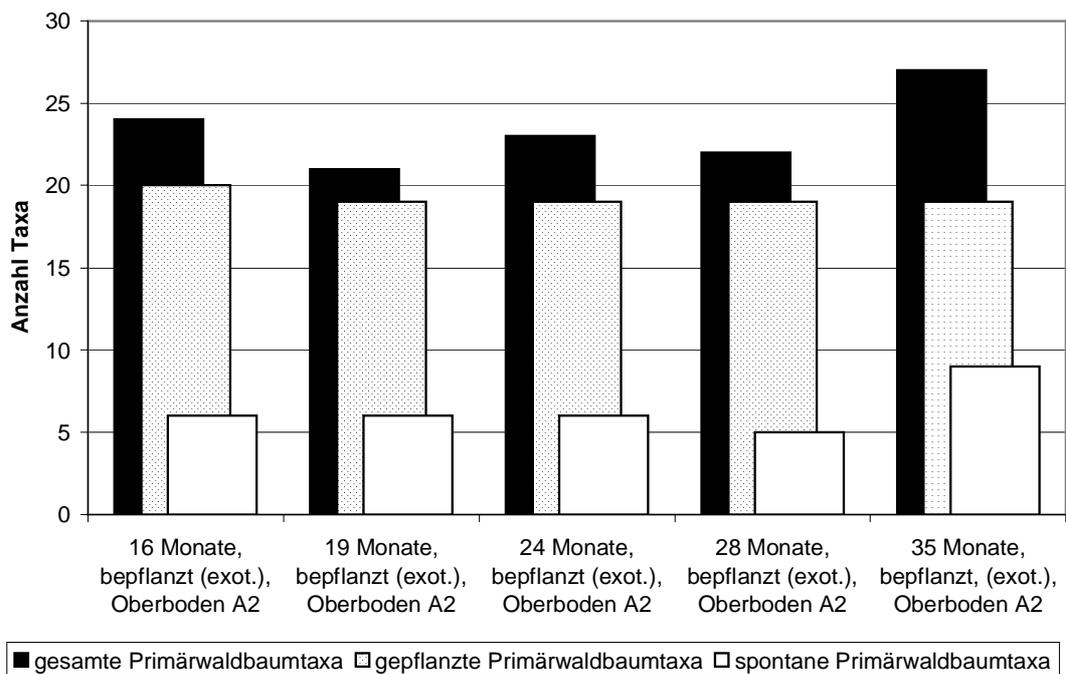
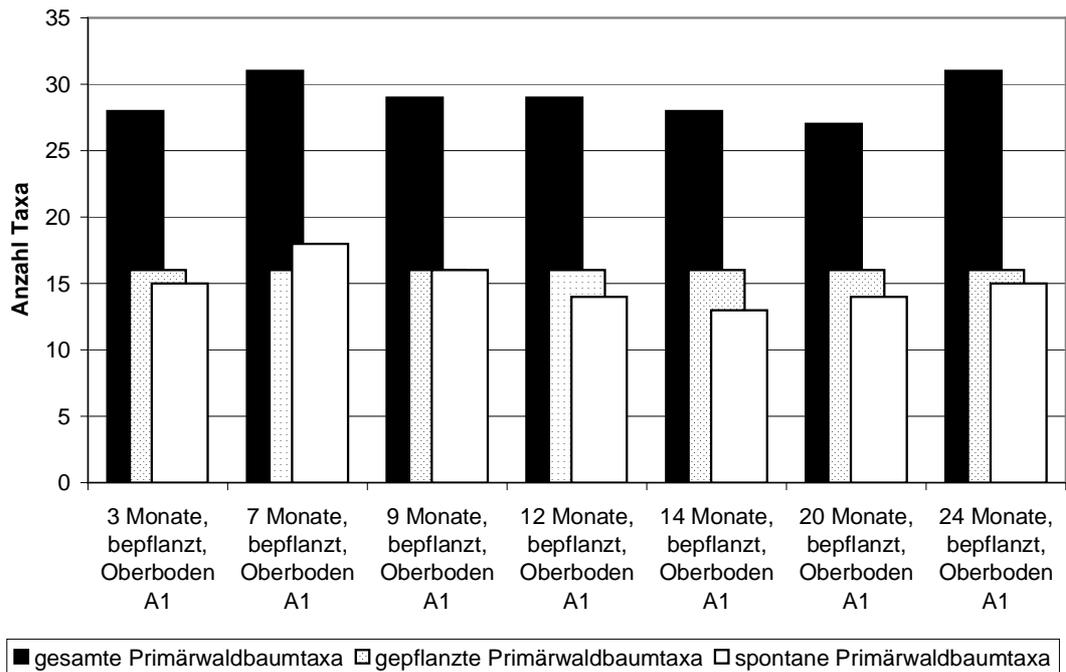


Abbildung 7.22: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa auf einer Fläche, die 1994 normal bepflanzt worden ist (oben) und einer Fläche, die 1993 mit etwa 30 % für die Region exotischer Baumarten bepflanzt worden ist (unten). Die Einteilung auf der x-Achse gibt die Zeit nach der Bepflanzung an.

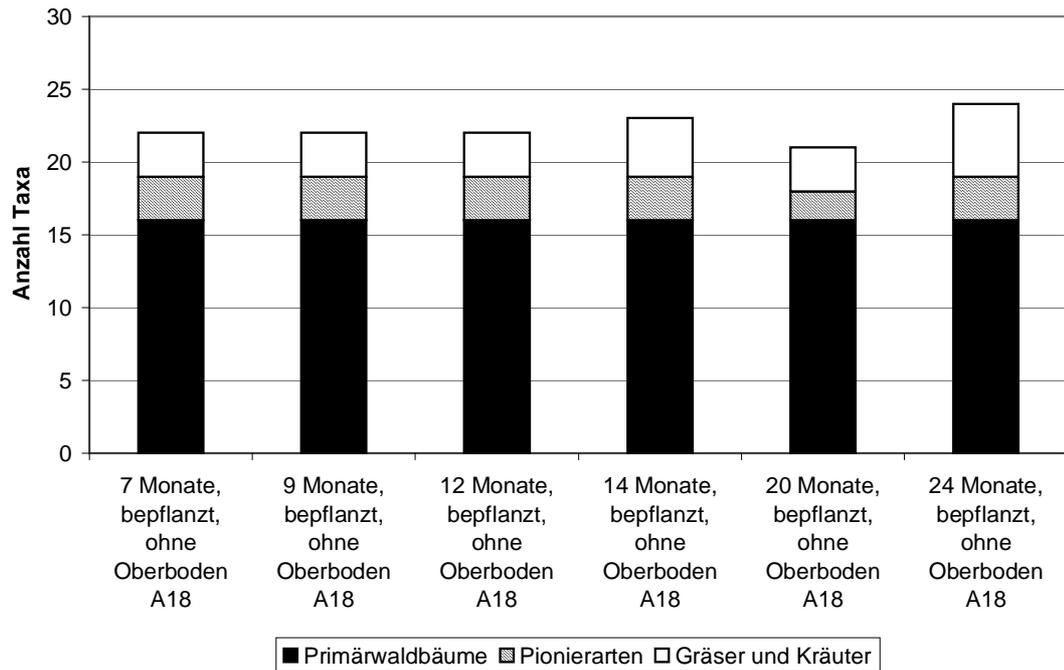


Abbildung 7.23: Entwicklung der vier Pflanzengruppen 1. Primärwaldbaumtaxa, 2. Pionierwaldbaum-/buschtaxa und exotische Baumarten, 3. Gräser und krautige Pflanzenarten und 4. Lianen, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald auf einer Fläche, die 1994 ohne Auftragen von Oberboden aus dem Primärwald bepflanzt worden ist. (A18)

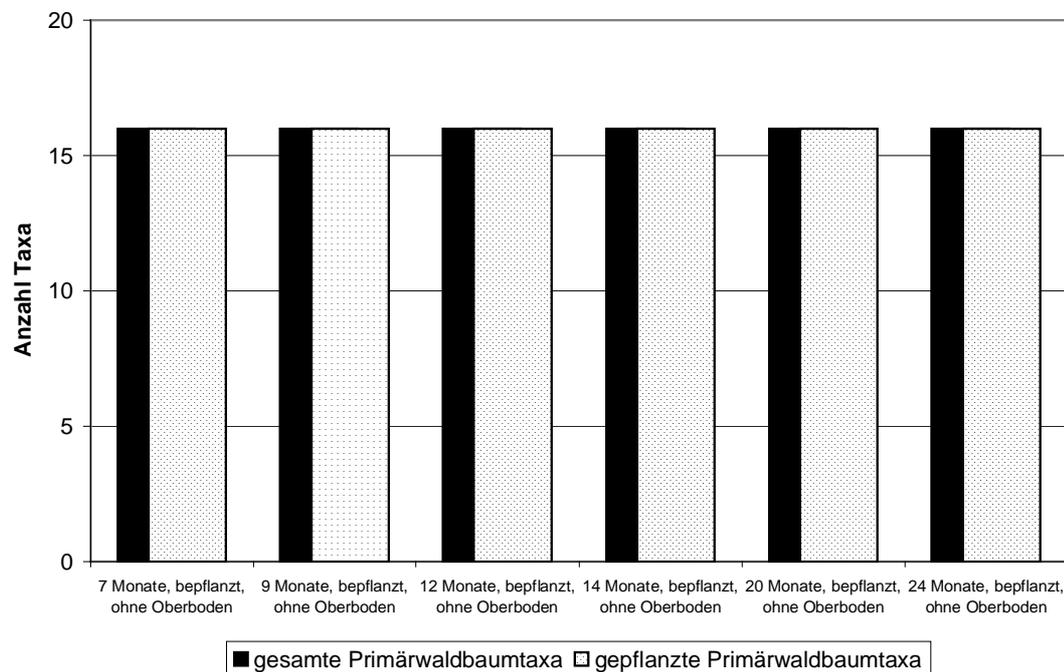


Abbildung 7.24: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa auf einer Fläche, die 1994 ohne Auftragen von Oberboden aus dem Primärwald bepflanzt worden ist (A18).

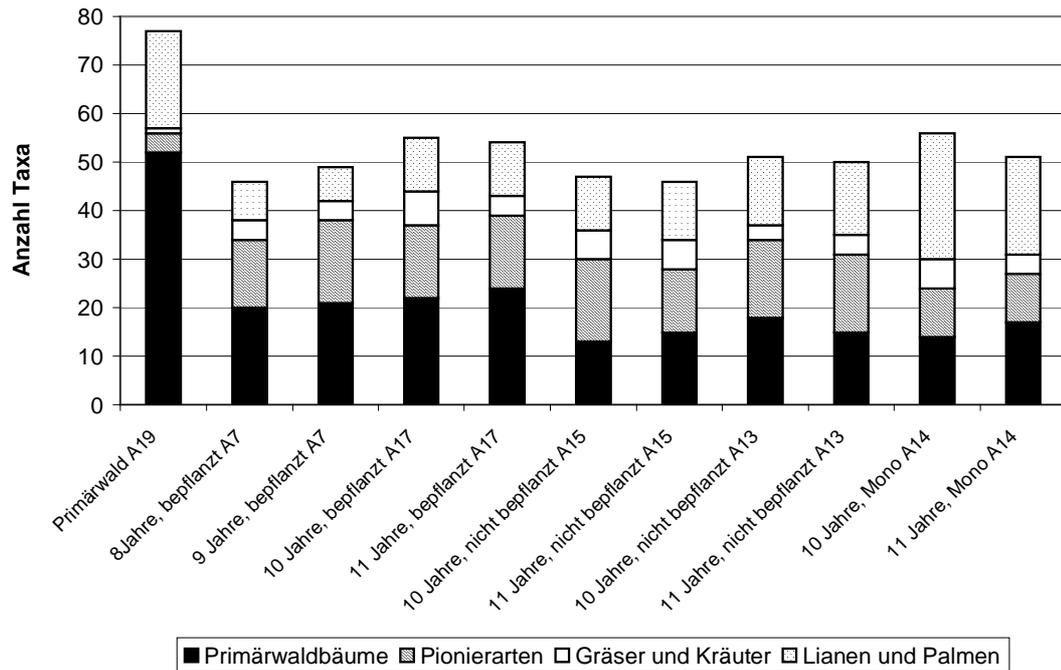


Abbildung 7.25: Entwicklung der vier Pflanzengruppen 1. Primärwaldbaumtaxa, 2. Pionierwaldbaum-/buschtaxa und exotische Baumarten, 3. Gräser und krautige Pflanzenarten und 4. Lianen, Palmen und krautige Pflanzenarten aus dem Primärwald im Primärwald, auf einer Fläche, die 1996 bepflanzt worden ist (A7), einer Fläche, die 1984 bepflanzt worden ist (A17), zwei Flächen, die 1984 nicht bepflanzt worden sind (A15, A13) und einer Fläche, die 1984 mit nur einer Baumart bepflanzt worden ist. Die Einteilung auf der x-Achse gibt noch die Zeit nach der Bepflanzung an.

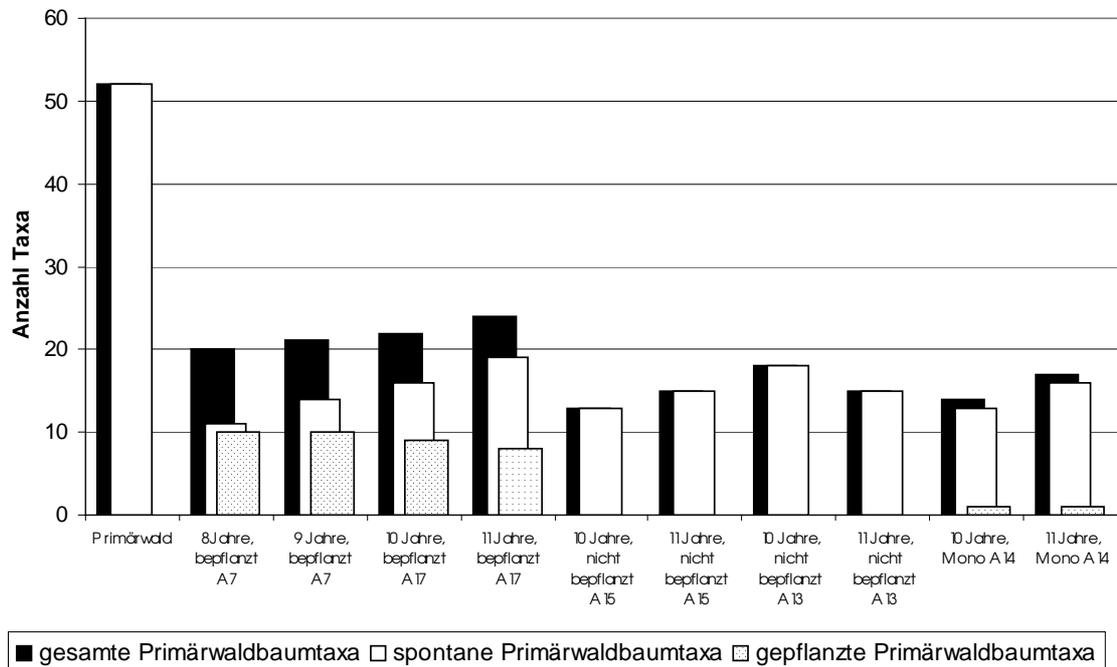


Abbildung 7.26: Entwicklung der gesamten, der sich spontan entwickelnden und der gepflanzten Primärwaldbaumtaxa im Primärwald, auf einer Fläche, die 1986 bepflanzt worden ist (A7), auf einer Fläche, die 1984 bepflanzt worden ist (A17), zwei Flächen, die 1984 nicht bepflanzt worden sind (A15, A13) und einer Fläche, die 1984 mit nur einer Baumart bepflanzt worden ist (A14). Die Einteilung auf der x-Achse gibt die Zeit nach der Bepflanzung an.

7.4.2 Basalfläche der Baumarten auf den Untersuchungspartellen

Abbildung 7.27 gibt die Basalfläche der Primärwaldbäume und der Pionierwaldbäume auf den Daueruntersuchungspartellen von fünf der älteren Flächen wieder.

Deutlich erkennen läßt sich die hohe Basalfläche der Primärwaldbäume auf der Fläche A14. Hier wurde nur *Sclerolobium paniculatum* angepflanzt. Die Bäume zeigen insgesamt ein gutes Wachstum. Nach zehn Jahren haben sie auf den Daueruntersuchungsflächen eine Basalfläche von durchschnittlich $59,41 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, wohingegen die der Pionierwaldbäume nur $2,09 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ beträgt. Ein Jahr später hat sich auf den Untersuchungspartellen von A14 die Basalfläche geringfügig um $0,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ verringert und die der Pionierwaldbäume sogar um $1,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Auf der Fläche A7 haben die Primärwaldbäume auf den Untersuchungspartellen nach neun Jahren eine Basalfläche von $34,63 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ und die Pionierwaldbäume eine Basalfläche von $8,64 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Nach acht Jahren waren diese Werte geringer: $32,27 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ die Primärwaldbäume auf den Untersuchungspartellen und $7,16 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ bei den Pionierwaldbäumen. Es fällt auf, daß die Bäume der Fläche A17 bei der Basalfläche auf den Untersuchungspartellen einen geringeren Wert aufweisen, obwohl sie älter sind. Die Primärwaldbäume haben nach 11 Jahren eine Basalfläche von $28,68 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, was eine Erhöhung von $1,42 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ innerhalb eines Jahres auf den drei Untersuchungspartellen bedeutet. Bei den Pionierbäumen verhält es sich auf A17 umgekehrt. Hier haben die Bäume eine Basalfläche von $4,06 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ nach 10 Jahren, nach 11 Jahren auf den selben Partellen aber nur noch $0,99 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Bei den Flächen, auf denen nicht bepflanzt wurde, fällt auf, daß dort nach zehn Jahren die Basalfläche der Pionierwaldbäume größer ist, als bei den Primärwaldbäumen. Verglichen mit A17 betragen die Werte der Primärwaldbäume in etwa nur die Hälfte. Der Wert der Basalfläche der Pionierwaldbäume ist höher als auf allen anderen Flächen und beträgt nach elf Jahren mehr als die Hälfte des Wertes der Basalfläche der Primärwaldbäume auf dieser Fläche.

In Abbildung 7.28 ist die chronologische Erhöhung der Basalfläche der Primärwald- und Pionierwaldbäume dargestellt. Der Basalflächenwert der Pionierwaldbäume ist nach 16 Monaten mit $2,64 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ um $0,45 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ höher als der Wert der Primärwaldbäume. 35 Monate nach der Bepflanzung haben die Pionierwaldbäume mit $8,42 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ eine Basalfläche, die mit $3,3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ höher ist, als die der Primärwaldbäume. Dieser Wert bewegt sich in der Größenordnung der Basalflächenwerte der Pionierwaldbäume auf den Flächen A7 nach 9 Jahren oder auch der nicht bepflanzten Fläche A15 nach 11 Jahren (siehe Abbildung 7.27). Dort sieht man aber, daß im Gegensatz zur Fläche A2 die Werte der Primärwaldbäume in beiden Fällen höher sind.

Abbildung 7.29 und Abbildung 7.30 geben die Entwicklung der Basalfläche auf den Untersuchungspartellen der Flächen A1 und A18 wieder. Auf beiden Flächen läßt sich in den zwei Untersuchungs Jahren eine kontinuierliche Zunahme der Basalfläche der Primärwaldbaumtaxa erkennen. Zu Beginn, nach sieben Monaten, haben die Bäume auf der Fläche A18 mit $0,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ nur etwa ein Drittel der Dicke der Primärwaldbaumtaxa auf A1 erreicht ($0,4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$). Nach zwei Jahren kommen die Primärwaldbäume auf der Fläche A1 auf eine Basalfläche von $1,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, $0,42 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ mehr als auf der Fläche A18 nach der gleichen Zeit.

Vergleicht man diese Werte allerdings mit den Werten der Fläche A2 (Abbildung 7.28), fällt auf, daß hier mit $3,07 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ die Basalfläche der Primärwaldbäume nach zwei Jahren um $1,22 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ höher ist. Allerdings ist hier der Wert der Pionierwaldbaumarten etwas höher. Die Werte der Pionierwaldbäume haben auf allen drei Flächen eine kontinuierlichen Zunahme. Nach sieben Monaten hatte der Wert der Basalfläche auf A1 allerdings mit $2,24 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ schon den Wert der Basalfläche nach einem Jahr erreicht, wurde aber nach 9 Monaten um $0,62 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ niedriger. Nach 24 Monaten haben die Pionierwaldbaumarten einen Basalflächenwert von $4,31 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ erreicht. Im Gegensatz dazu haben die Pionierwaldbaumarten auf der Fläche A18 mit $0,24 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ nach zwei Jahren einen sehr geringen Basalflächenwert aufzuweisen.

Nimmt man jeweils alle Bäume auf den Untersuchungsflächen A1, A18 und A2, ergibt sich dann bei der Basalfläche von Fläche A2 nach 24 Monaten ein Wert von $9,93 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ und bei A1 von $6,16 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Selbst mit den Werten der Primärwaldbaumarten zusammengenommen liegt dieser Wert im Vergleich mit der Fläche A1 nach 24 Monaten um $4,40 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ und verglichen mit A2 um $5,27 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ niedriger. Ganz deutlich fällt der niedrige Wert von $1,66 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ auf der Fläche A18 auf.

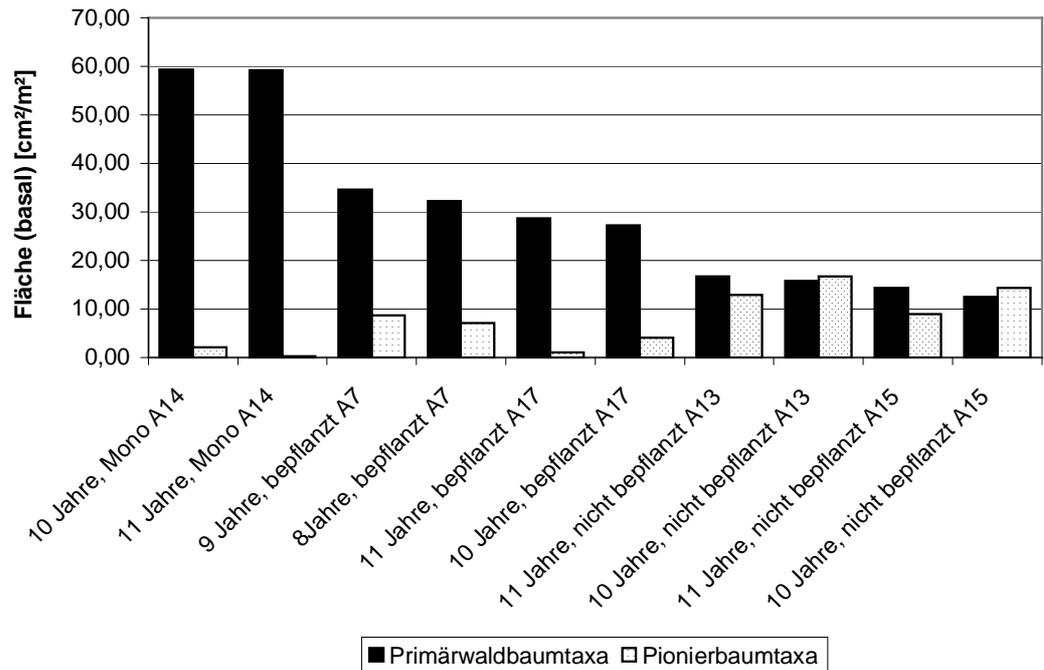


Abbildung 7.27: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Flächen A7, A13, A14, A15 und A17 (jeweils 150 m²). Die Zeit auf der x-Achse gibt das Alter der Flächen an.

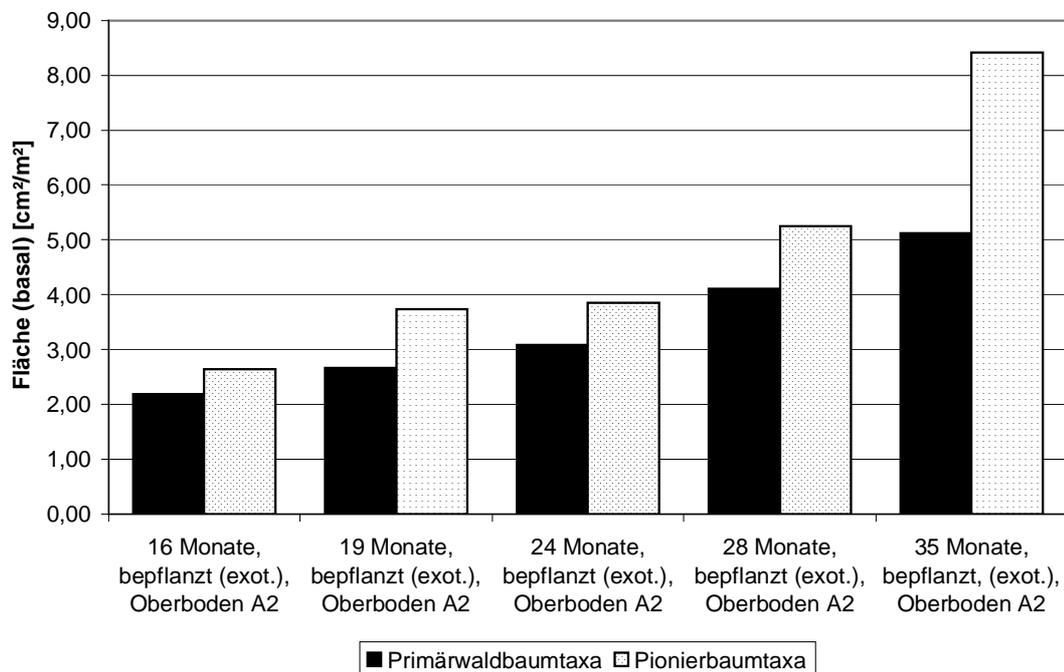


Abbildung 7.28: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungsparzellen der Fläche A2 (150 m²). Die Zeit auf der x-Achse gibt das Alter der Fläche an.

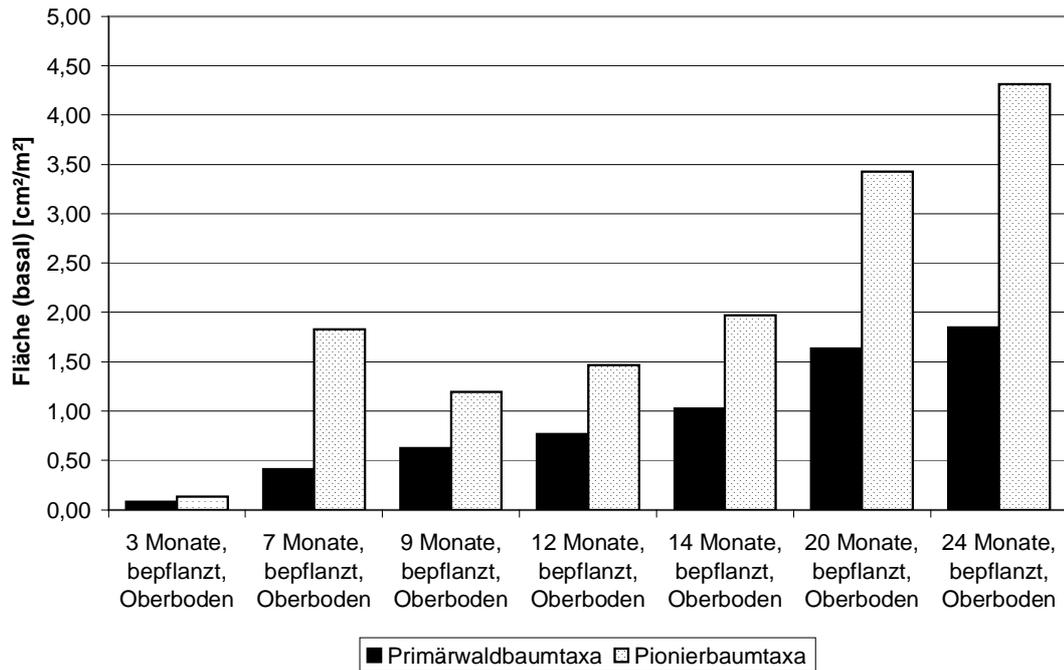


Abbildung 7.29: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungspartellen der Fläche A1 (150 m²). Die Zeit auf der x-Achse gibt das Alter der Fläche an.

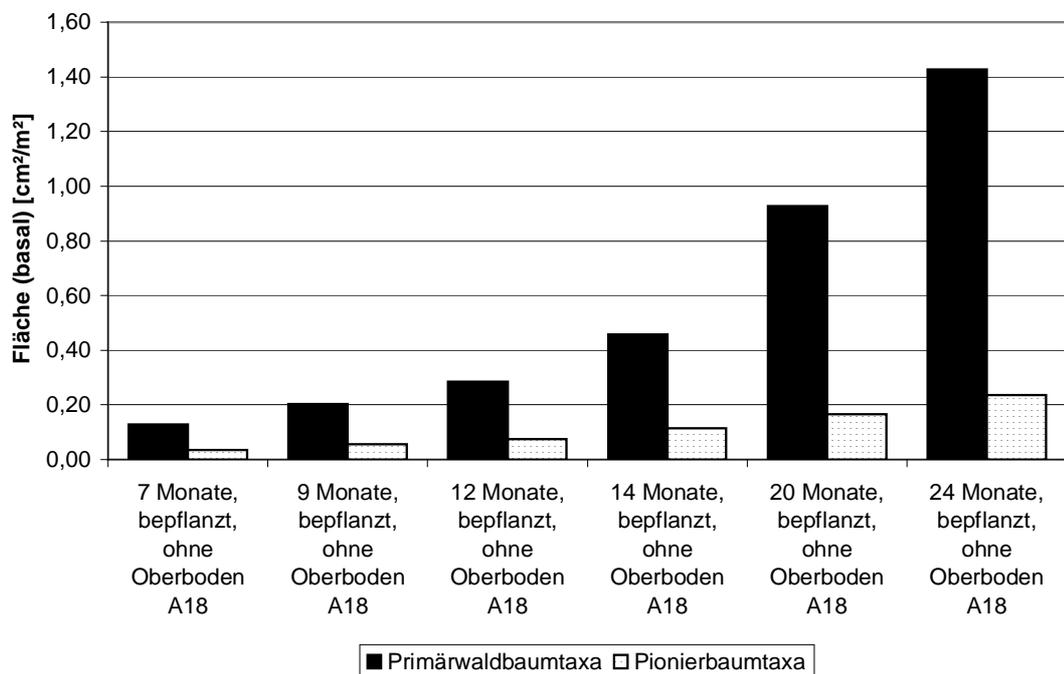


Abbildung 7.30: Basalfläche der Primärwaldbaumarten und der Pionierwaldbaumarten auf den Daueruntersuchungspartellen der Fläche A18 (150 m²). Die Zeit auf der x-Achse gibt das Alter der Fläche an.

7.4.3 Chronologische Vegetationsentwicklung der Fläche A1

Am Beispiel der Fläche A1 wird die Pflanzensukzession, wie sie sich nach den oben genannten Aufforstungsmethoden in den ersten zwei Jahren entwickelt, deutlich. Abbildung 7.31 zeigt die Fläche A1 bei der Aufforstung im Februar 1994. Aus dem Oberboden sind schon vereinzelt Pflanzen ausgekeimt, die aber kaum den Boden bedecken und selten höher als 2 cm sind. 7 Monate nach der Bepflanzung ist der Boden von einer hohen Anzahl recht kleiner Pflanzen bedeckt (Abbildung 7.32) und einige Pflanzen der Spontanvegetation haben die Höhe der gepflanzten Bäume erreicht oder sogar überschritten. Es handelt sich hierbei vor allem um *Cecropia*-Arten (*Cecropia spp.*) und zwei *Solanum*-Arten (*Solanum caarvurana* und *Solanum rugosum*). Nach weiteren drei Monaten, insgesamt 10 Monate nach der Bepflanzung (Abbildung 7.33) hat sich die Gesamtzahl der Pflanzen auf dieser Fläche verringert. Die Pionierpflanzen weisen ein gutes Wachstum auf und tragen neben einigen Lianenarten zur Bodenbedeckung bei. Weitere Pflanzenarten sind nun auch schon höher gewachsen als die gepflanzten Baumarten.



Abbildung 7.31 (links): Die Fläche A1 bei der Bepflanzung mit hauptsächlich einheimischen Baumarten. Abbildung 7.32 (rechts): Die Fläche A1 sieben Monate nach der Bepflanzung.

Zehn Monate nach der Bepflanzung (Abbildung 7.33) ist der Boden der Fläche schon zum größten Teil bedeckt. Die ersten Pionierarten blühen und einige tragen auch schon Früchte. Hierdurch werden Tierarten auf die Fläche gelockt, die ihrerseits andere Samen, sowohl von den angrenzenden Aufforstungen als auch vom Primärwald eintragen. Die gepflanzten Bäume wachsen gut im Schatten der Pionierwaldbäume. Nach einem Jahr (Abbildung 7.34) ist die Vegetation insgesamt höher gewachsen. Über dem Boden sind Lianen zu sehen, die auch an den Bäumen hinaufklettern.



Abbildung 7.33 (links): Die Fläche A1 zehn Monate nach der Bepflanzung. Abbildung 7.34 (rechts): Die Fläche A1 ein Jahr nach der Bepflanzung.

Nach zwei Jahren und zwei Monaten hat sich die Vegetation soweit entwickelt, daß ein schwer durchdringlicher Wald entstanden ist. In den Abbildung 7.35 und Abbildung 7.36 ist deutlich zu erkennen, daß die Fläche vollständig bedeckt ist. Es

haben sich die Pionierbaumarten, hauptsächlich *Cecropia spp.* und *Vismia spp.*, gut entwickelt. Sträucher wie *Trema micrantha*, *Cassia spp.*, *Bellucia imperialis*, *Solanum spp.*, *Piper sp.* und weitere werden jetzt von diesen aber auch von den gepflanzten Bäumen überragt. In Abbildung 7.36 kann man auch sehr schön zu sehen, daß bei einer Nichtbehandlung einer Fläche auf dem Lehm Boden, der stark kompaktiert ist, sich keinerlei Vegetation entwickelt.



Abbildung 7.35 (links): Fläche A1 zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung. Im Vordergrund ist stark kompaktierter Lehm Boden zu sehen. Diese Fläche grenzt an einen Zufahrtsweg. Abbildung 7.36 (rechts): Eine Nahaufnahme der Fläche A1 nach zwei Jahren und zwei Monaten. Es ist deutlich die dichtgewachsene Vegetation zu erkennen.

7.4.4 Chronologische Vegetationsentwicklung auf der Fläche A18

Auf der Fläche A18, auf der kein Oberboden aufgetragen wurde, hatte sich nach sieben Monaten kaum Spontanvegetation auf der Fläche entwickelt (Abbildung 7.37). Nach zwei Jahren waren die gepflanzten Bäume gewachsen und beschatteten teilweise den Boden. Aber wie deutlich in Abbildung 7.38 zu erkennen ist, konnte sich selbst nach zwei Jahren keine Spontanvegetation etablieren.



Abbildung 7.37 (links): Fläche A18 sieben Monate nach der Bepflanzung. Abbildung 7.38 (rechts): Fläche A18 zwei Jahre nach der Bepflanzung. Außer den gepflanzten Bäumen hat sich kaum Vegetation auf dieser Fläche entwickelt.

7.4.5 Vergleich einer Fläche mit (A1) und einer Fläche ohne Auftragung (A18) von Oberboden

Vergleicht man die Flächen A1 (mit Oberboden) und A18 (ohne Oberboden) in den Abbildung 7.39 und Abbildung 7.40 sowie der Tabelle 7.16 so kann man den Einfluß des Oberbodens auf die Sukzession und auf das Wachstum der gepflanzten Baumarten erkennen. Auf der Fläche ohne Oberboden sind die gepflanzten Bäume kleiner gewachsen und die Spontanvegetation setzt sich aus wenigen Pflanzenfamilien zusammen.



Abbildung 7.39 (links): Die Fläche A1 ein Jahr nach der Bepflanzung. Auf diese Fläche wurde, wie es bei der Aufforstungsmethode der Minengesellschaft üblich ist, Oberboden aufgebracht, aus dem schon etliche Spontanpflanzen hervorgegangen sind. Diese Spontanpflanzen blühen und fruchten sehr schnell und locken somit Tierarten auf die Fläche, die durch Einbringen von weiteren Samen zu einer Erhöhung der Artenzahl auf der Fläche beitragen. Abbildung 7.40 (rechts): Fläche A18 ein Jahr nach der Bepflanzung. Die gepflanzten Bäume sind klein gewachsen, und es hat sich fast gar keine Spontanvegetation entwickelt. Der Boden ist kaum von Litter bedeckt.

Aus Tabelle 7.16 ergibt sich nach einem Jahr schon ein deutlicher Unterschied zwischen der Höhe der gepflanzten Bäume auf der Fläche mit und ohne Oberboden. Sie sind durchschnittlich mehr als doppelt so hoch. Bei der Spontanvegetation wird der Unterschied zwischen A1 und A18 noch deutlicher. Während sich auf der Fläche ohne Oberboden kaum Pflanzen angesiedelt haben, sind auf der Fläche mit Oberboden schon viele Pflanzen aus der natürlichen Sukzession zu finden.

Tabelle 7.16: Höhe der gepflanzten Baumarten und die Verteilung der Spontanvegetation auf zufällig angelegten Dauerparzellen von jeweils insgesamt 150 m² mit und ohne Oberboden ein Jahr nach der Wiederaufforstung mit hauptsächlich einheimischen Baumarten.

	Höhe der gepflanzten Bäume [cm]	Anzahl der Pflanzenfamilien der natürlichen Sukzession	Anzahl der Pflanzen der natürlichen Sukzession 0-30 cm	Anzahl der Pflanzen der natürlichen Sukzession 30-100 cm	Anzahl der Pflanzen der natürlichen Sukzession 100-300 cm
A1 mit Oberboden	114±56	22	561	105	60
A18 ohne Oberboden	52±24	3	1	2	0

Abbildung 7.41 gibt einen Ausschnitt der Fläche A1 zwei Jahre und zwei Monate nach der Wiederaufforstung wieder. Die gepflanzten Bäume haben eine Höhe von 234,24 cm und eine Basalfläche von 1,81 cm²/m². Sehr viele Pionierarten, krautige Pflanzen sowie Baumarten aus dem Primärwald spielen eine große Rolle bei der Bodenbedeckung. Sie haben mit 5,01 cm²/m² mehr als zweieinhalb mal soviel Basalfläche wie die gepflanzten Bäume. Es findet sich eine Litterschicht von 150 g/m² (SALAZAR, 1996) nach einem Jahr in der Regenzeit.

Auf Abbildung 7.42 ist im Gegensatz dazu die Fläche A18 zwei Jahre und zwei Monate nach der Wiederaufforstung zu sehen. Die gepflanzten Bäume haben eine Höhe von durchschnittlich 96,3 cm und eine Basalfläche von 1,43 cm²/m². Als Spontanvegetation sind ausschließlich krautige Pflanzen zu finden, die bei der Bodenbedeckung keine Rolle spielen. Wie auch aus dieser Abbildung zu entnehmen ist, befindet sich bisher kaum Litter auf dem Boden. Aus den Litteruntersuchungen von SALAZAR (1996) ergibt sich ein Wert von 3,59 g/m² in der Regenzeit nach einem Jahr der Wiederaufforstung auf dieser Fläche.



Abbildung 7.41 (links): Die Fläche A1 zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung. Das Photo zeigt die Dauerparzelle A1PA, wo in der Mitte cumarú (*Dipteryx odorata*), eine Fabaceae steht. Abbildung 7.42 (rechts): Diese Fläche wurde 1994 mit einheimischen Baumarten ohne Oberboden aufgeforstet. Auf dem Photo ist die Dauerparzelle A18PB mit fava benguê, *Parkia oppositifolia*, einer Mimosaceae, zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung zu sehen.

7.5 Wachstum ausgewählter gepflanzter Baumarten auf je einer Fläche mit und ohne Oberboden

Abbildung 7.43 zeigt die Ergebnisse der Höhenmessungen an neun verschiedenen Baumarten jutaí (*Hymenaea courbaril*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), jacaranda-dopará (*Dalbergia spruceana*), tachi-da-mata (*Tachigalia paniculata*), inga-de-macaco (*Inga tarapotensis*), cumarú (*Dipteryx odorata*), lanterneira (*Lophanthera sp.*), fava benguê (*Parkia oppositifolia*) und fava tamboril (*Enterolobium maximum*) auf den Flächen A1 (mit Oberboden) und A18 (ohne Oberboden). Es ist offensichtlich, daß 8 Monate nach der Pflanzung die Bäume auf der Fläche A1 höher gewachsen sind als auf A18. Nach 26 Monaten wird dieser Unterschied noch deutlicher. Außer bei jutaí (*Hymenaea courbaril*) ist dieses Ergebnis mit einem Signifikanzniveau von 0,01 statistisch gesichert.

Es fällt auf, daß *M. itauba*, *D. spruceana* und *T. paniculata* auf der Fläche ohne Oberboden im Verhältnis zu den anderen dort gemessenen Pflanzen sowohl nach acht Monaten als auch nach zwei Jahren in ihrem Wachstum stark zurückbleiben. *E. maximum* wächst auf dieser Fläche im Vergleich mit den anderen gut und hat nach zwei Jahren eine Höhe von 2,50 m.

Diese Art wächst auf der Fläche mit Oberboden im Vergleich mit den anderen gemessenen auch am besten. Sie erreicht acht Monate nach der Bepflanzung schon mehr als 1,50 m und nach zwei Jahren mehr als das doppelte. *D. odorata* und *P. oppositifolia* haben nach zwei Jahren dort schon über drei Meter erreicht, wohingegen *H. courbaril* noch nicht einmal halb so groß ist.

Beim Dickenwachstum sind ähnliche Ergebnisse zu erkennen (Abbildung 7.44). Auch hier sind die Bäume auf der Fläche mit Oberboden nach 8 Monaten sowie 26 Monate nach ihrer Pflanzung dicker als auf der Fläche ohne Oberboden. Diese Unterschiede wurden auf einem Signifikanzniveau von 0,01 statistisch gesichert.

Das Dickenwachstum ist bei der Lauracee *M. itauba* auf beiden Flächen zu beiden Zeitpunkten am geringsten. Auf der Fläche mit Oberboden hat *P. oppositifolia* nach knapp über zwei Jahren im Durchschnitt die größte Basalfläche mit fast 30 cm² erreicht. Bei der Fläche ohne Oberboden entwickelt sich *I. tarapotensis* mit fast 2 cm² bei der ersten Messung und mit über 15 cm² bei der zweiten Messung am besten.

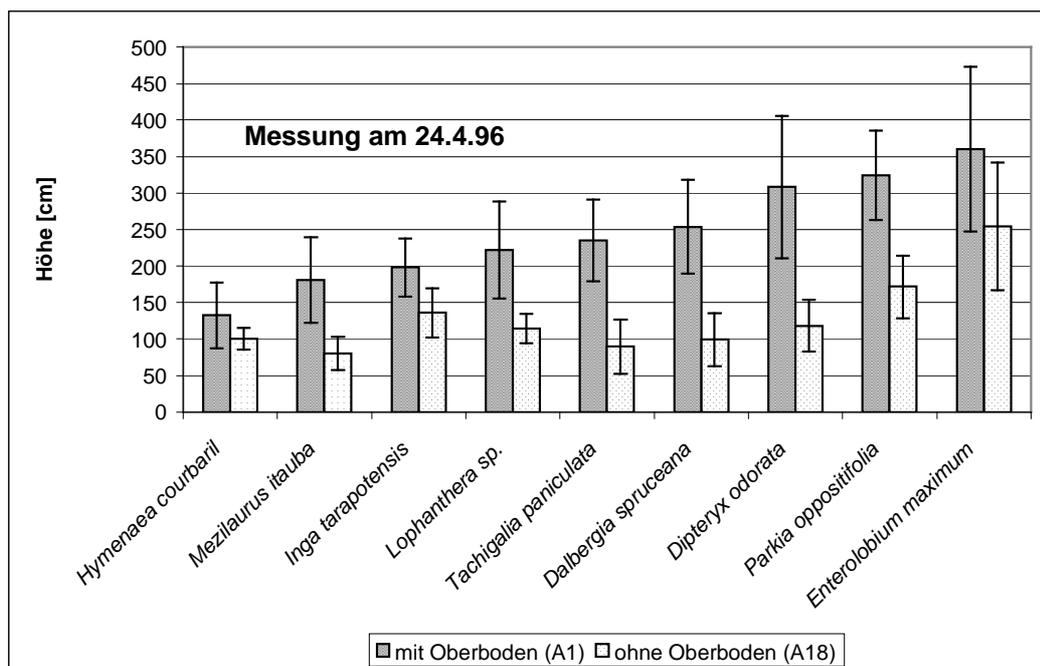
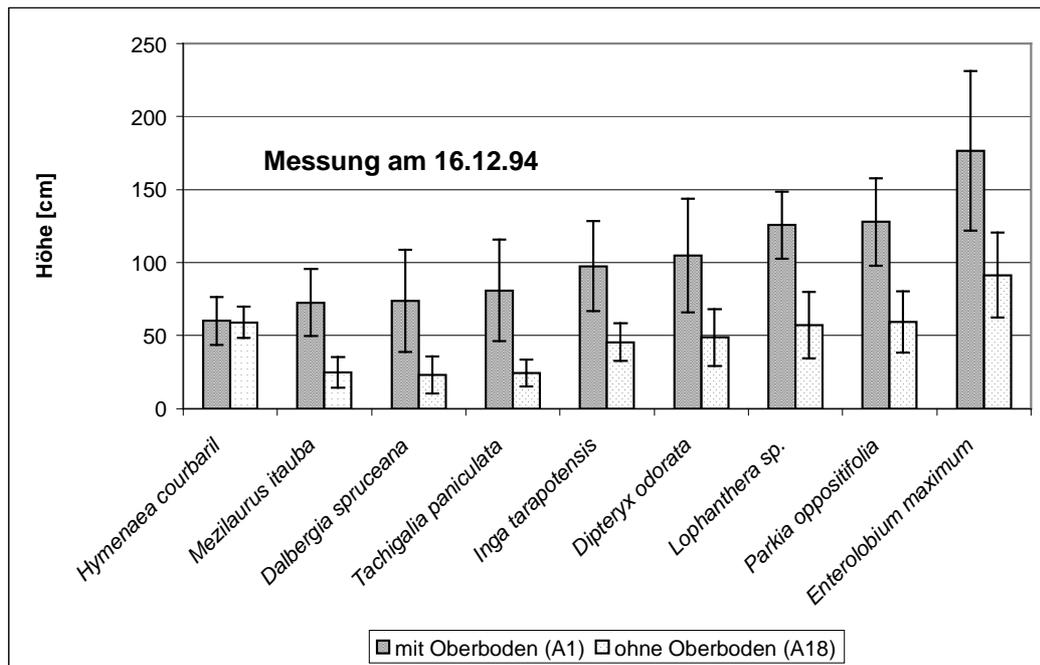


Abbildung 7.43: Höhen von neun verschiedenen Baumarten: jutaí (*Hymenaea courbaril*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), jacaranda-do-pará (*Dalbergia spruceana*), tachi-da-mata (*Tachigalia paniculata*), inga-de-macaco (*Inga tarapotensis*), cumarú (*Dipteryx odorata*), lanterneira (*Lophanthera sp.*), fava benguê (*Parkia oppositifolia*) und fava tamboril (*Enterolobium maximum*) auf den Flächen A1 (mit Oberboden) und A18 (ohne Oberboden). Ausgenommen jutaí (*Hymenaea courbaril*) sind die Bäume der jeweiligen Art auf der Fläche mit Oberboden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,01 größer als die entsprechenden auf der Fläche ohne Oberboden. Die Messungen wurden am 16.12.94 (oben), und zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung am 24.4.96 (unten) an jeweils 20 Bäumen durchgeführt.

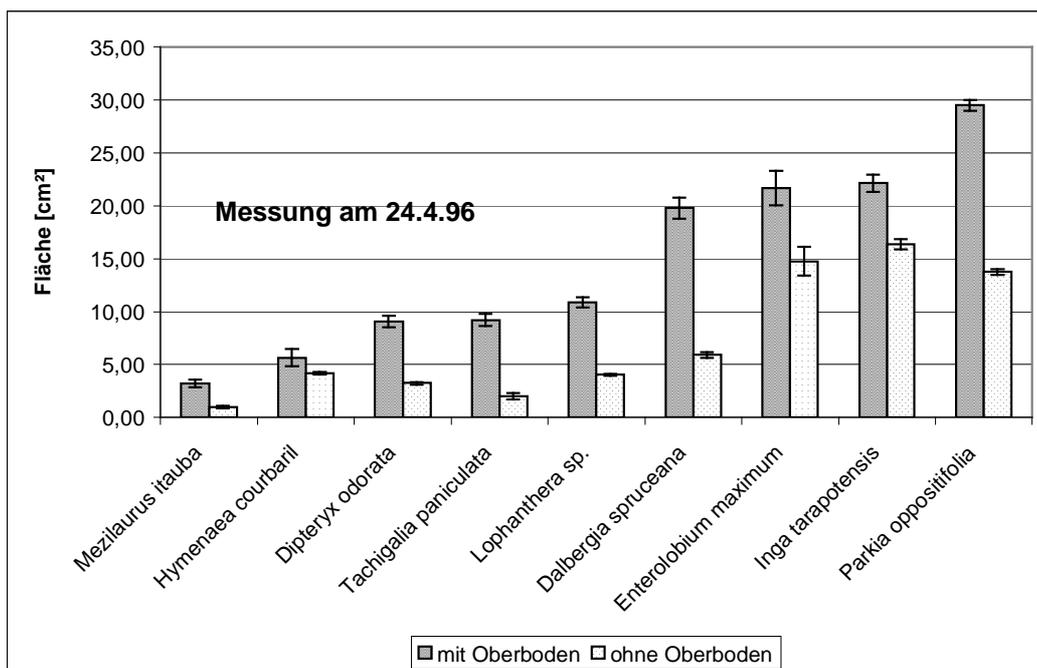
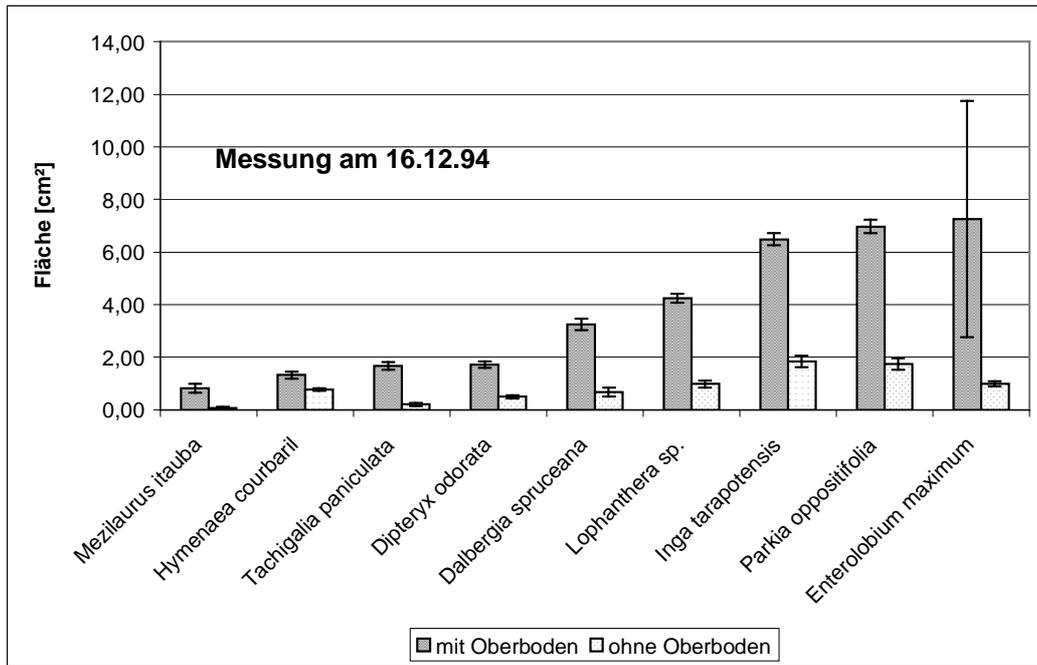


Abbildung 7.44: Die Basalfläche von neun verschiedenen Baumarten: itaúba (*Mezilaurus itauba*), jutai (*Hymenaea courbaril*), tachi-da-mata (*Tachigalia paniculata*), cumarú (*Dipteryx odorata*), jacaranda-dopará (*Dalbergia spruceana*), lanterneira (*Lophanthera sp.*), inga-de-macaco (*Inga tarapotensis*), fava bengüê (*Parkia oppositifolia*) und fava tamboril (*Enterolobium maximum*) auf den Flächen A1 (mit Oberboden) und A18 (ohne Oberboden). Die Bäume der jeweiligen Art auf der Fläche mit Oberboden sind bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,01 dicker als die entsprechenden auf der Fläche ohne Oberboden. Die Messungen wurden am 16.12.94 (oben), und zwei Jahre und zwei Monate nach der Bepflanzung am 24.4.96 (unten) an jeweils 20 Bäumen durchgeführt.

7.6 Weitere Beobachtungen auf den Flächen

7.6.1 Einfluß von Gräsern

An einigen Stellen auf den aufgeforsteten Flächen, wo gepflanzte Bäume absterben oder niedrig wuchsen und aus dem aufgetragenen Oberboden keine holzigen Pflanzen hochwuchsen, konnte beobachtet werden, daß sich Gräser ausbreiten und sogar kleinere Bäume bedecken. Hier kommt es dann teilweise zum Absterben weiterer noch lebender Bäume, sofern diese von den Gräsern überwuchert werden. Wenn allerdings Bäume den Boden beschatteten, konnte sich dort kein Gras etablieren.

Auf einer der ersten aufgeforsteten Flächen wurde kein Oberboden aufgetragen, aber nach einigen Jahren Grassamen aufgebracht. Hier hat das Gras bis auf wenige Ausnahmen die gesamte Fläche eingenommen und die kleinwüchsigen Bäume überwuchert. Wenn Samen eingetragen werden, gibt es für diese keine Chance auszuweichen, da es während der Regenzeit sehr schnell zu Pilzbefall kommt und sie mit dem Gras verrotten. Sie haben keinen direkten Kontakt zur Bodenschicht, da sie auf der Grasnarbe liegen. So kommt es während der trockenen Monate auch zum Verlust ihrer Keimungsfähigkeit durch mangelnde Feuchtigkeit.

7.6.2 Fauna

Auf den wieder aufgeforsteten Flächen wurden verschiedene Vogelarten, beobachtet, die zur Futtersuche auch schon auf ganz jungen Flächen (jünger als ein Jahr) zu sehen waren. Unter anderen wurden einige Tukanarten (*Ramphastos spp.*) auf den älteren Flächen wiederholt gesehen. Auch wurden immer wieder Reptilien dort angetroffen. Bei den älteren aufgeforsteten Flächen kamen auch schnell Säugetiere hinzu. Während des gesamten Untersuchungszeitraums konnten etwa zehn unterschiedliche Affenarten, u.a. mehrmals Brüllaffen (*Alouatta belzebul*) beobachtet werden. Folgende weitere größere Säugetierarten wurden auf den Untersuchungsflächen gesehen: Tapir (*Tapirus terrestris*), Capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), Agouti (*Dasyprocta sp.*), Paca (*Agouti paca*), Reh (*Mazama americana*), Puma (*Felis concolor*) (Abbildung 7.45, links), Ameisenbär (*Cyclopes didactylus*), Tamandua (*Myrmecophaga tridactyla*), Gürteltier (*Dasyurus sp.*).

Die Flächen wurden von den Tieren gut angenommen, da sie dort genügend Futter vorfanden. Für das Rehwild gab es immer frische Triebe von Bäumen oder Keimlinge zu fressen. An einigen Stellen wuchs hohes Gras, so daß auch ein Versteck vorhanden war.

Direkt am Boden und auch in den Pflanzen wurden verschiedene Insekten und Spinnentiere gesehen. Sofern auf den jüngeren Flächen so viele Blattschneiderameisen (*Atta spp.*) auftraten und die gepflanzten Bäume schädigten, wurde in Einzelfällen mit Gift dagegen angegangen (mündl. Mitteilung, MRN). Interessant war, daß die Blattschneiderameisen eine Vorliebe für gelbes Flatterband hatten (Abbildung 7.45, rechts), welches zu Beginn der Untersuchungen zur Markierung der Parzellen diente.

Bei den Bodenprobenahmen wurden auf den älteren Untersuchungsflächen Termiten gefunden (siehe Tabelle 7.17). Auf den Flächen A17, A14, A13, A15 wurden insgesamt mindestens 11 verschiedene Arten gefunden. Die Arbeiter können ohne dazugehörige Soldaten nicht bestimmt werden; es handelt sich aber um diverse Arten.

A17: *Synthermes cf spinosus*, *Cornitermes pugnax*.

A14: *Cornicapritermes* sp (div. spp.), *Syntermes aculeosus*, *Syntermes* cf. *spinosus*, *Syntermes molestus*

A13: *Syntermes* cf. *spinosus*, *Armitermes* sp., *Procornitermes* sp., Termitidae (4 spp.).

A15: *Armitermes* sp. (diverse spp.), *Cornicapritermes* sp., Rhinotermitidae (3 spp.)

Auf A18 wurde im Holz einer *Parkia* sp. *Heterotermes* sp. gefunden.

Syntermes sind bodenbewohnende Laubfresser; *Armitermes* fressen allgemein organisches Material; *Procornitermes* sind Bodennest bewohnende Holz- oder Humusfresser und manchmal Kulturschädlinge (Mais, Reis). Die gefundene *Cornicapritermes*-Art unterscheidet sich etwas von der einzigen beschriebenen Art (*C. mucronatus*, Emerson 1950), könnte also eine neue Art sein.

Rhinotermitidae sind meist Feuchtholzbewohner oder Termiten, die das Innere hohler Stämme besiedeln. Die Gattung *Heterotermes* wurde als Schädling an lebenden Pflanzen von *Parkia* sp. gefunden. Da der Fundort eine Wiederaufforstung ohne Totholz war, muß es sich um eine bodenlebende Art handeln. (Informationen zu den Termiten und ihre Identifikation von Christopher Martius, CPEN, INPA, 1996)

Tabelle 7.17: Anzahl der Bodenproben auf den Untersuchungsparzellen von A13, A14, A15 und A17 in %, bei deren Entnahme in 0-5 cm Tiefe Termiten angetroffen wurden.

Fläche	A13	A14	A15	A17
Vorkommen von Termiten	10%	40%	30%	25%



Abbildung 7.45: links: Ein Puma (*Felis concolor*) auf A17 zehn Jahren nach der Aufforstung. Rechts: Flutterband auf der Fläche A17. Die Blattschneiderameisen sind sehr aktiv.

7.6.3 Phänologie

Die Entwicklung von einigen Baumarten geht auf den aufgeforsteten Flächen in manchen Fällen schneller vonstatten als im Primärwald. So konnten zwei Individuen von *Tachigalia paniculata* auf einer Fläche, die acht Jahre zuvor aufgeforstet wurde, schon mit Früchten beobachtet werden. Im Primärwald hat diese Art ihren Generationswechsel mit 40-50 Jahren und stirbt dann ab.

Der Paranußbaum (*Bertholletia excelsia*) trägt unter natürlichen Bedingungen meist erst mit etwa 20 Jahren Früchte. Auf einer zehn Jahre alten Fläche wurden mehrere blühende und fruchtende Individuen gesichtet.

Auf einer Randfläche von den ersten Aufforstungen (etwa 12 Jahre alt) war auffällig, daß dort, wo kein Oberboden aufgetragen wurde, die Bäume zwar ein starkes Dickenwachstum, jedoch kein Höhenwachstum aufwiesen. Diese Baumarten trugen schon nach bedeutend weniger Jahren des Wachstums Blüten und Früchte als unter natürlichen Bedingungen.

8 DISKUSSION

In den Tropen findet die natürliche Regeneration von unterschiedlich degradierten Flächen durch eine klimatisch begünstigte Situation sehr leicht statt. Die Besiedlung einer Fläche mit Vegetation wird sehr schnell durch die Pionierpflanzen vorangetrieben. Anders verhält es sich aber bei extrem zerstörten Landstrichen. Hier besteht sogar oft die Gefahr einer Verschlechterung der gesamten Situation durch Beeinflussung von noch intakten Gebieten.

Bei einer Untersuchung auf verschiedenen Flächen von stillgelegten, klein angelegten Goldminen in Surinam fanden PETERSON und HEEMSKERK (2001) heraus, daß große Teile des Bodens der ehemaligen Minenflächen noch mehrere Jahre großflächig kahl blieben oder höchstens mit Wasser oder Gräsern und in einigen Fällen mit Lianen bedeckt waren. Es wurden kaum Baumkeimlinge angetroffen und verglichen mit der natürlichen Regeneration nach anderen Landnutzungsarten verläuft sie extrem langsam. Sie nehmen an, daß es Jahrzehnte dauern wird, bevor sich auf diesen Flächen ein Sekundärwald entwickeln kann.

Im Gegensatz zu der oben genannten Form des unkontrollierten Tagebaus enthält der Prozeß von Bauxitabbau, Behandlung der Flächen und anschließende Wiederaufforstung durch die MRN in der Mine Saracá wesentliche Elemente eines schonenden Umgangs mit Ressourcen aufgrund des hohen Grades ihrer Wiederverwendung, sowie ihrer optimalen Ausnutzung.

8.1 Besiedlung von Sekundärwaldflächen

Normalerweise etablieren sich Primärwaldbäume auf Sekundärwaldflächen sehr langsam. Nach etwa 50-100 Jahren gleichen zwar Sekundärwälder schon wieder einem Primärwald, wobei die Höhe der Bäume aber in jedem Fall niedriger liegt (RICHARDS, 1996). Dennoch tauchen nach 70 Jahren auch auf den "gaps" in den Primärwäldern noch nicht alle Arten wieder auf (MAJER, 1989).

Die höchsten Mortalitätsraten bei den Primärwaldbäumen treten in der Samen- und Setzlingsphase auf (HARPER und WHITE, 1974, COOK, 1979).

RICHARDS (1996) führt das Fehlen von Primärwaldbaumkeimlingen auf Sekundärwaldflächen in großem Maße auf die auf diese Samen spezialisierten Tierarten zurück. Da auf den wieder aufgefüllten Flächen der Mine Setzlinge gepflanzt werden, kann bei diesen Bäumen der Faktor Samenraub als eine Gefährdung zur Entwicklung zu ausgewachsenen Bäumen ausgeschlossen werden. Sowohl bei den Samen als auch bei den Setzlingen findet zusätzlich eine Gefährdung durch Pilzbefall statt (AUGSPURGER 1984). Wie die Samen werden auch einige Setzlinge durch Fraß soweit zerstört, daß sie absterben (eigene Beobachtung).

UHL (1982) untersuchte die Sterberate von Keimlingen in einem venezolanischen Regenwald und fand heraus, daß 38 % auf das Umbrechen von älteren Bäumen und den Litterfall zurückzuführen sind. SCARIOT (2000) fand in Wäldern in der Nähe von Manaus eine hohe Gefährdung der jungen Bäume durch Litterfall. Sie ist in den tropischen Wäldern höher als in den gemäßigten Breiten. Bei den meisten gepflanzten Bäumen auf den in dieser Arbeit untersuchten Flächen spielte die Zerstörung durch Litterfall eine geringe Rolle, da sie sich aufgrund des hohen Lichteinfalls durch das Fehlen höherer Bäume zu Beginn selbst schnell entwickelten. Einzelne Keimlinge aus der Spontanvegetation wurden später durch große Blätter (vornehmlich *Cecropia spp.*) oder auch absterbende Bäume geschädigt. Durch diese großen Blätter wurden Keimlinge auch in ihrem

Wachstum indirekt beeinträchtigt, wenn sie von Litter längere Zeit überlagert wurden und sich damit die Wachstumsbedingungen für Pflanzenschädlinge und Pilze verbesserten.

Bei Untersuchungen auf "gaps" vertreten SCHNITZER et al. (2000) die Ansicht, daß viele Lianen zu Beginn der Besiedlung einer Fläche die Sukzession behindern. Sie fanden heraus, daß, wenn Lianen und Palmen vorherrschen, über viele Jahre der Wald niedrig bleibt und die Baumdichte sowie die Diversität verringert wird. Ein vermindertes Pflanzenwachstum durch den Einfluß von Lianen kann in dieser Untersuchung angenommen werden. Auf der Fläche A7 wurden weniger Lianen gefunden als auf A17. Obwohl A7 jünger ist, war die Basalfläche der Bäume hier größer als auf A17.

HOLL et al. (2000) untersuchten die Rehabilitationsmöglichkeiten von tropischen Regenwäldern in Costa Rica und stellten fest, daß die größten Hindernisse bei der Regeneration zum einen die fehlende Verbreitung von Primärwaldbaumsamen ist. Zum anderen stehen die Baumkeimlinge dort in großer Konkurrenz zu den Weidegräsern. Sie empfahlen das Pflanzen von einheimischen Baumarten. Durch die Beschattung des Bodens durch die Bäume und Sträucher kann sich das Gras nicht weiterentwickeln. Dies konnte auch bei dieser Untersuchung beobachtet werden.

8.2 Beschleunigung der natürlichen Sukzession

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die von der MRN durchgeführte Rehabilitationsstrategie relativ schnell zu Flächen führt, die mit Primärwaldarten bewachsen sind. Im Vergleich zur natürlichen Sukzession kann man sogar von einer beschleunigten Sukzession sprechen. Wo auch immer ein "natürlicher" Wald das langfristige Ziel ist, sollten die kurzfristigen Ziele so zu erreichen sein, daß die natürliche Sukzession erweitert und beschleunigt wird (BARTH, 1987).

8.2.1 Bodenbedeckung

Der Vergleich von gepflanzten und spontan gekeimten Bäumen auf den Untersuchungsflächen im Laufe der Sukzession zeigt, daß sich zunächst die Spontanvegetation schneller entwickelt, sie aber nach einigen Jahren von den gepflanzten Bäumen unterdrückt wird, die ein besseres Wachstum zeigen. Aus den Ergebnissen der Basalfläche von gepflanzten und spontan gekeimten Pflanzen läßt sich die Bedeutung der Spontanvegetation als Bodenbedeckung während der ersten Jahre nach der Pflanzung erkennen. Es handelt sich größtenteils um Pionierarten, deren Bestand nach einigen Jahren zurückgeht.

8.2.2 Auftragen von Oberboden

Wie schon oben erwähnt, setzt die natürliche Sukzession selbst in den feuchten Tropen auf nackten Flächen sehr langsam ein. DIAS et al. (1994) erwähnen die Bedeutung des Oberbodens als eine Quelle für organisches Material. Durch das Auftragen von Oberboden aus dem Primärwald gelangen neben dem organischen Material auch auskeimungsfähige Pflanzenteile und Samen von Primärwaldbäumen auf die Flächen. So wird durch das Auftragen von Oberboden, wie es die MRN handhabt, dazu beigetragen, die Pflanzendiversität zu erhöhen.

Die Bodendeckung durch die Vegetation hat auf die Entwicklung ähnlich positive Auswirkungen wie die Litterschicht (SALAZAR, 1996). Sie beschattet den Boden, schützt ihn vor Erosion und hält die Temperatur optimal. Außerdem entsteht Litter aus der vorhandenen Vegetation. Ohne Oberboden dauert die Bodenbedeckung durch Spontanvegetation bzw. Litter wesentlich länger. In den ersten Jahren ist

deshalb der Boden allen Witterungseinflüssen ausgesetzt, so daß der Bodenaufbau verlangsamt bzw. durch Erosion verhindert wird.

Das Auftragen von Oberboden ist allerdings mit hohem finanziellen Aufwand (Transportkosten, Arbeitszeiten, evtl. Lagerung) verbunden.

8.2.3 Bepflanzung mit Primärwaldarten

Eine schnelle Rehabilitationsstrategie für Flächen mit Primärwaldarten ist die Bepflanzung mit in Gewächshäusern angezogenen Setzlingen. Durch die Bepflanzung der Flächen mit jungen Primärwaldarten, besteht für diese Bäume die Möglichkeit, sich nach dem Absterben der ersten Pioniervegetation, die durch das Auftragen des Oberbodens dorthin gelangt, dort zu etablieren. Auch gibt es Primärwaldbaumarten, die wegen des hohen Lichteinfalls auf den aufgeforsteten Flächen sofort die Möglichkeit nutzen können, schnell zu wachsen. So waren auf Flächen, die vor zwölf Jahren bepflanzt wurden, schon Paranußbäume (*Bertholletia excelsa*) mit Früchten zu sehen (eigene Beobachtung).

Augenfällig war auch das gute Wachstum der gepflanzten *Parkia* spp. auf den Untersuchungspartellen von A1, A18, A7 und A17. Auf den Untersuchungspartellen von A1 und A14 konnten sie auch in der Spontanvegetation gefunden werden. Auch in Südostasien ist die Gattung *Parkia* mit weit mehr als 10 Arten als ein Primärwaldbaum bekannt, der schnell Lichtungen besiedelt, gut wächst und somit den Boden für weitere aufkommende Vegetation schnell beschattet (BAWA et al., 1989). Auch HOLL et al. (2000) empfehlen zum Bodenschutz auf Aufforstungsflächen in Costa Rica das Anpflanzen von einheimischen Baumarten. Neben der Samenbehandlung werden von der MRN teilweise direkt Setzlinge aus dem angrenzenden Primärwald geholt und nach kurzer Behandlung im Gewächshaus wie die anderen aus Samen herangezogenen Setzlinge ausgepflanzt. So werden einige Arbeitsschritte eingespart. Wo keine Pflanzung erfolgt, sind allerdings der Arbeitsaufwand und die finanziellen Aufwendungen für die Rehabilitation einer Fläche bedeutend geringer.

8.2.4 Gesundheitszustand und Wachstum von gepflanzten Bäumen

Das Wachstum der gepflanzten Bäume und ihr Gesundheitszustand kann als positiv bewertet werden. Die Bäume auf den jüngeren Flächen A1, A18 und A2 entwickeln sich gerade zu Beginn recht gut, da sie kaum um Licht konkurrieren müssen. Bei den älteren Flächen ist zu erwarten, daß einige Bäume klein bleiben und erst nach dem Absterben anderer ein schnelleres Wachstum beginnen. Auf der Fläche A14 konkurrieren gleich große Individuen einer Art (*Sclerolobium paniculatum*) um die verfügbaren Ressourcen. *S. paniculatum* ist eine lichtliebende Baumart (CARPANEZZI et al., 1983). Wie auch aus den Ergebnissen zu sehen ist, entwickeln sich die gepflanzten Bäume auf A14 sehr gut und beschatten sich dann gegenseitig, was unweigerlich zu einem Absterben einiger Bäume führen muß. Für ein optimales Wachstum aller Bäume ist der Pflanzabstand von 2x2 m zu gering.

8.3 Bodenuntersuchungen

Neuere Befunde zeigen, daß sich in vielen Regenwaldökosystemen große Anteile der mineralischen Nährstoffe im Boden befinden. Nach SCHULTZ (2000) können Stickstoff und Phosphor zu über 80 % in der toten organischen Bodensubstanz vorkommen. Andere bodenkundliche Untersuchungen haben inzwischen bestätigt, daß es unzulässig ist, die feucht-tropischen Böden generell als unfruchtbar

hinzustellen. Aber die Pflanzendecke hat am Mineralstoffeintrag in den Boden neben der Auswaschung aus der Auflage in den Boden eine große Bedeutung. Es ist grundsätzlich schwierig den Mineralstoffeintrag von Waldmischbeständen zu messen. Verschiedene Pflanzenarten besitzen qualitativ und quantitativ sehr unterschiedliche Mineralstoffgehalte. Deren Verteilung in den einzelnen Pflanzenteilen außerdem unterschiedlich konzentriert.

Die Mineralstoffaufnahme erfolgt unter wesentlicher Mithilfe von Mykorrhiza.

Auf den untersuchten Flächen mußte der Boden durch die vollständige Umschichtung bei den Abbauarbeiten neu gebildet werden. Trotz der jeweils nur 50 m² der drei Daueruntersuchungsparzellen, auf denen die Proben einer Fläche genommen wurden, wurden Unterschiede in den Tiefen 0-5 und 5-10 cm deutlich, die auf das Alter und ihre Art der Behandlung zurückzuführen sind.

8.3.1 pH-Wert und Aluminiumgehalt

Der pH-Wert hat auf die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften der Böden und das Pflanzenwachstum einen starken Einfluß. In stark sauren Böden kann das Pflanzenwachstum durch Al-Ionen in der Bodenlösung beeinflußt werden, da diese in höherer Konzentration toxisch auf die Pflanzen wirken. Viele tropische Böden haben aufgrund ihres niedrigen pH-Wertes einen hohen Gehalt an austauschbarem Al. Die auf den Flächen erhobenen Werte lassen diese Aussage auch deutlich erkennen. Die Untersuchungen auf den Parzellen im Primärwald ergaben den niedrigsten pH- und gleichzeitig den höchsten Aluminium-Wert. Im Gegensatz zu typischen in den Tropen angebauten Nutzpflanzen sind viele dort heimische Bäume tolerant gegen einen hohen Aluminiumgehalt im Boden (JORDAN, 1989). Der genaue Mechanismus, mit dem die heimischen Pflanzen im Gegensatz zu den angebauten Nutzpflanzen mit dem erhöhten Gehalt an Aluminium zurechtkommen ist noch nicht geklärt und bedarf weiterer Forschung in diesem Bereich. Trotz des vergleichsweise niedrigen pH-Wertes ist der Aluminiumgehalt auf der Fläche ohne Oberboden auch im Vergleich zu allen anderen Flächen sehr niedrig. Die Bodenuntersuchungen 1995 zeigten, daß gerade der Oberboden, der auf die Flächen aufgetragen wird, die höchsten Aluminium-Werte hatte.

8.3.2 Phosphorgehalt

Phosphor reichert sich organisch eingebunden relativ zu den anderen Elementen gesehen zunächst im Boden an (SCHULTZ, 2000). Bei einem niedrigen pH-Wert kommt es zusätzlich noch zu einer vermehrten Phosphatfixierung, was eine noch geringere Menge verfügbaren Phosphors für die Pflanze bedeutet. Wie aus den Ergebnissen der Fläche ohne Oberboden, wo kein Phosphor nachgewiesen werden konnte, zu ersehen ist, spielt der Oberboden für dieses Element eine entscheidende Rolle. Nach zehn Jahren waren die Werte der anderen Flächen mit Oberboden schon dem des Primärwaldes sehr ähnlich.

8.3.3 Kalium-, Calcium-, und Magnesiumgehalt

Die Mineralstoffe Kalium, Calcium und Magnesium sind für das Pflanzenwachstum unabdingbar. Bei der Mineralstoffrückführung in den Boden spielt der Niederschlag und der Streufall eine große Rolle. Bei dem Streufall ist die Laubstreu von besonderer Bedeutung. Sie umfaßt zwar nur höchstens die Hälfte der gesamten Streuanlieferung, doch der Gehalt an Nährstoffen ist trotz der Auswaschungsverluste weit höher als in den Ästen und Stämmen, die zu Boden stürzen. Für Kalium hat die Kronenauswaschung eine hohe Bedeutung. Dieses

Element wird etwa in doppelter Menge ausgewaschen als über Streuabbau dem Boden zugeführt, was in größerem Maße (zu etwa 2/3) bei Calcium und Magnesium der Fall ist (SCHULTZ, 2000).

8.3.4 Kohlenstoffgehalt

Der Kohlenstoff befindet sich hauptsächlich in der organischen Bodensubstanz (Humus). Aufgrund der hohen Zersetzungsrates in den Tropen befindet sich im Mineralboden weniger als in den temperaten Wäldern. In den Oberböden der tropischen Wälder liegen die Kohlenstoffwerte bei 1-3 % (SCHULTZ 2000). Wie zu erwarten ist der Kohlenstoffgehalt im Boden im Primärwald am höchsten und auf der Fläche ohne Oberboden am niedrigsten. Hier findet durch die fehlende Vegetationsbedeckung und das geringe Wachstum kaum ein Umsatz statt. Die relativ hohen Werte auf der zweijährigen Fläche lassen sich damit erklären, daß gerade hier eine sehr starke Pflanzenentwicklung stattfindet. Neben den gut wachsenden langlebigen Bäumen sind viele dieser Pflanzen Gräser oder krautige Pflanzen und kurzlebig; somit führen sie dem Boden schnell wieder durch den raschen Umsatz Kohlenstoff zu. RICHTER et al. (1999) zeigen, daß durch Aufforstungen sowohl in der Biomasse Kohlenstoff eingelagert wird, aber auch hierdurch im Boden Kohlenstoff angesammelt wird.

8.3.5 Stickstoffgehalt

Stickstoff reichert sich zunächst organisch eingebunden im Boden an. Außerdem spielt die N₂-Fixierung eine wesentliche Rolle. Durch den hohen Umsatz im Primärwald sind dort auch die höchsten Werte zu erwarten. Ohne den Oberboden und die geringe Vegetationsbedeckung erklären sich so auf der Fläche A18 die niedrigsten Werte.

8.4 Entwicklung der Vegetation

8.4.1 Basalfläche

Die Fläche A14 hat zwar die höchste Basalfläche bei den Primärwaldbäumen nach zehn und elf Jahren, sie ist aber nur mit einer Baumart (*Sclerolobium paniculatum*) aufgeforstet worden. Diese Baumart entwickelt sich gut, ist aber auch die einzige Baumart, die zu den hohen Basalflächen beiträgt, da die spontanen Baumarten noch recht dünn sind. *S. paniculatum* ist eine lichtliebende Baumart (CARPANEZZI et al., 1983) und hat eine begrenzte Lebensdauer, was bedeutet, daß die Bäume nach etwa 40-50 Jahren gleichzeitig absterben. Unter dem Blätterdach haben sich nur wenige andere Baumarten vergleichbar mit gleich alten Flächen entwickelt. Es handelt sich hauptsächlich um krautige Vegetation im Unterwuchs. Einige der gepflanzten Bäume sterben bereits früher ab (eigene Beobachtungen). Dies würde dann zu einer extremen Verringerung der Basalfläche auf den Untersuchungsparzellen führen.

Bisher konnten in Amazonien keine homogene Monokulturen langfristig erhalten werden. Das bekannteste Projekt, die Jarí-Plantagen scheiterte schnell an ökologischen Bedingungen. So wurde z. B. *Eukalyptus* von Pilzen befallen. Der Grund für die Krankheitsanfälligkeit von Monokulturen in Amazonien wird in der hohen Zersetzungsrates aufgrund der prekären Nährstoffsituation gesehen. Wärme und Feuchtigkeit fördern die Zersetzung und die Existenz zahlreicher Pilze, die sich in Monokulturen exponentiell vermehren können (FEARNSIDE, 1987). Kleinere Versuchsplantagen mit *S. paniculatum* in Belterra (Pará) zeigten Überlebensraten von 50-100% nach 3-8,5 Jahren (CARPANEZZI et al., 1983).

Die Fläche A7 hat, obwohl sie jünger ist, eine höhere Basalfläche der Primärwaldbäume als auch der Pionierwaldbaumarten auf den Untersuchungsflächen als die Fläche A17. Wie aber bei allen 1984 bepflanzten Flächen zu erkennen ist, geht die Basalfläche dort nach einem Zeitraum von zehn und elf Jahren nach der Bepflanzung innerhalb eines Jahres zurück. Dies kann daran liegen, daß die Lebensdauer von *Vismia* und *Cecropia* nach etwa zehn Jahren erreicht ist und gerade die ältesten und somit meist größten Individuen, absterben.

Die hohen Werte der Basalfläche der Pionierwaldbaumarten können unter anderem daran liegen, daß von diesen Arten vier Taxa auf den Untersuchungspartellen gepflanzt wurden. Diese entwickeln sich natürlich zu Beginn sehr schnell. Aber hier gilt das gleiche, was bei den älteren Flächen deutlich wurde, nämlich, daß die schnellwachsenden Baumarten eine kurze Lebensdauer haben und aus diesem Grund nach etwa zehn bis 15 Jahren absterben. Zusätzlich werden die lichtliebenden Pionierarten nach einigen Jahren von anderen Baumarten überragt und stellen ihr Wachstum ein.

Ein weiterer Grund für den hohen Wert bei den Pionierwaldbaumtaxa liegt mit Sicherheit auch an dem Einfluß der für diese Region exotischen Baumarten. Sie wurden auf der Fläche A2 mit zu etwa 30 % gepflanzt. Bei der Einteilung fallen sie aber in die Gruppe der Pionierwaldbaumtaxa, da sie auch nach wenigen Jahren der natürlichen Vegetation weichen. Dies liegt mit darin begründet, daß die einheimischen Arten nach wenigen Jahren höher werden, als die lichtliebenden exotischen Baumarten und diese überschatten.

Auf der Fläche A1 ist nach sieben Monaten zu erkennen, daß die Basalfläche der Pionierbaumtaxa bedeutend höher ist, als nach neun Monaten. Der Rückgang kann daran liegen, daß durch das starke Wachstum einiger Arten andere durch Beschattung absterben. Weiterhin wurde dort auch gesehen, daß Rehe auf den jungen Flächen die kleinen Pflanzen (u. a. *Cecropia spp.*, eigene Beobachtung) als Futter nutzten. Auf der Fläche A1 kommen zu Beginn mehr Palmen, Lianen und Epiphyten vor als auf A2 und A18. Es konnte auf A1 auch beobachtet werden, daß gerade zu Beginn die Liane *Davilla kunthii* sehr hoch wird und sich an den anderen Pflanzen emporrankt, womit sie diese beschattet. Nach SCHNITZER et al. (2000) behindern viele Lianen und Palmen zu Beginn auf einer Fläche eine rasche Entwicklung eines artenreichen Waldes. Allerdings werden durch die Früchte von *D. kunthii* Vögel angelockt (eigene Beobachtungen), die ihrerseits zu einem Eintrag von Samen weiterer Baumarten beitragen, so daß es später zu einer größeren Pflanzendiversität auf diesen Flächen kommt. Im Gegensatz zur spontanen Sukzession gibt es auf den aufgeforsteten Flächen gepflanzte Baumarten, sowie schnell wachsende Pionierarten aus der natürlichen Sukzession, die ihrerseits diese Lianen überschatten können und somit deren weiteres Wachstum behindern oder wenigstens durch eine schnelle Bodenbedeckung das Auskeimen weiterer Lianen verringern.

Auf der Fläche A2 kommen bedeutend weniger Lianen vor. Es kann sein, daß diese sich zu Beginn durch den schnellen Wuchs der für die Gegend exotischen Baumarten nicht so schnell entwickelten. Hier sind die Basalflächen nach zwei Jahren etwas höher als auf den Flächen A1 und A18. Auf A18 ist kaum Spontanvegetation vorhanden. Da kein Oberboden aufgetragen wurde, sind auch kaum, wie auf den anderen Flächen Samen und andere regenerative Pflanzenteile von anderen Pflanzenarten auf die Fläche getragen worden. Selbst, wenn durch Tiere eingetragene Samen auf den Boden kommen, keimen diese kaum aus, da die

nötigen Voraussetzungen hierfür fehlen. Die gepflanzten Bäume entwickelten sich wider Erwarten auch ohne Oberboden gut.

8.4.2 Chronologische Entwicklung der Vegetation auf A1 und A18

Der Boden der Fläche A1 ist innerhalb von weniger als einem Jahr mit Spontanvegetation bedeckt, wohingegen auf der Fläche A18 sich selbst nach zwei Jahren keine bodenbedeckenden Pflanzen etabliert haben. Es konnte allerdings beobachtet werden, daß sich in Litteransammlungen, meist am Rand der Fläche, Keimlinge von *Cecropia sp.* entwickelten (Abbildung 8.1). Die gepflanzten Bäume waren auf A1 größer als auf A18. Die positive Entwicklung der gepflanzten Bäume auf A1 hängt mit dem Oberboden zusammen. Neben dem Nährstoffpool lagern in ihm noch keimungsfähige Samen und Pflanzenteile. Viele der gepflanzten Bäume sind Primärwaldpflanzen, die sich an ihrem natürlichen Standort im Schatten der großen Bäume entwickeln. Auf A18 bekommen sie keinen Schutz vor der Sonneneinstrahlung. Auf A1 dagegen werden die gepflanzten Bäume schnell von der Spontanvegetation überragt und können sich so in deren Schutz weiterentwickeln. Auf A1 waren schon nach fünf Monaten ähnliche Bilder wie auf Abbildung 8.2 zu sehen. Diese Litteransammlungen und die auskeimenden Samen stammen aus dem angrenzenden Primärwald. MAURY-LECHON (1991) fand bei einer Untersuchung in Französisch-Guyana heraus, daß Holz- und Pflanzenreste, Samen und die Lage nahe am Primärwald die natürliche Regeneration beschleunigen. Die ausgekeimten *Cecropia sp.* dienten schnell als Schattenspendler. Auch aus dem Oberboden spontan auskeimende Primärwaldbäume können sich so gut geschützt entwickeln.



Abbildung 8.1 (links): Rand von A18. Im Litter von *Cecropia sp.*, sind auch Keimlinge von *Cecropia sp.* zu finden. Abbildung 8.2 (rechts): A1 fünf Monate nach der Bepflanzung. Die gepflanzte *Protium heptaphyllum* wird von einer schnellwachsenden *Cecropia sp.* beschattet.

8.4.3 Bedeutung von Anpflanzungen für die Kohlenstofffixierung

LUGO (1992) fand heraus, daß Baumarten, die für Plantagen genutzt werden normalerweise schneller an Biomasse zulegen als Bäume, die auf nicht bepflanzten Sekundärwaldflächen wachsen. Natürliche Sekundärwälder benötigen länger, um sich erfolgreich zu etablieren, besonders wenn Samen oder andere verbreitungsfähige Pflanzenteile fehlen.

Eine Möglichkeit, den Anstieg des Kohlenstoffgehaltes der Atmosphäre zu verlangsamen ist es, tropische Wälder auf verlassenen und degradierten land- und viehwirtschaftlichen Flächen anzupflanzen (HOUGHTON et al., 1993). Dies gilt natürlich auch für Rückbauflächen, die wie bei dieser Untersuchung aufgeforstet

werden. FEARNSIDE (1999) geht sogar soweit, als daß er Anpflanzungen indirekt für die Verminderung von CO₂ in der Atmosphäre sieht, da diese Biomasse ein alternativer Energiepool zu Kohle, Erdöl und Erdgas ist. Auf den Aufforstungsflächen der MRN ist das zwar nicht der Fall, für andere ähnliche Flächen, z. B. in Carajas, wo Eisenerz gefördert und verhüttet wird, werden Plantagen für die Energiegewinnung errichtet (FAO, 1985).

MONTAGNINI und PORRAS (1998) zeigen auf, daß Wälder, deren Bäume schnelle Wachstumsraten haben, wie viele tropische Plantagen und natürliche Sukzessionen, eine hervorragende Option sind, den CO₂-Gehalt der Atmosphäre zu verringern. Bei Untersuchungen auf sekundären Waldflächen wurde festgestellt, daß signifikant hohe Mengen an C über relativ kurze Zeiträume (ca. 20 Jahre) in Pflanzen und Boden angesammelt werden (BROWN und LUGO, 1992).

BROWN (1998) schlägt vor, für zukünftiges Waldmanagement bezüglich der Kohlenstofffixierung langfristig drei Maßnahmen zu verfolgen: Unterschutzstellung von Wäldern, C-Pools im Boden und Pflanzen durch Aufforstung zu erhöhen und fossile Energieträger durch Biomasse zu ersetzen.

9 ABSCHLUSSEMPFEHLUNGEN

9.1 Aufforstung von Flächen

Sofern Boden vorhanden ist, wie z. B. bei Weideland muß nicht unbedingt bepflanzt werden, wenn sich angrenzend Primärwald befindet. Allerdings geht die Sukzession in den ersten zehn Jahren ziemlich langsam vonstatten (AIDE et al., 1995). ZIMMERMANN et al. (2000) empfahlen hier das Pflanzen von Bäumen, um die Sukzession zu beschleunigen.

Exotische Baumarten eignen sich in bedingtem Maße zur Bepflanzung von wieder aufzuforstenden Flächen. Sofern sie auf einer Fläche einen zu hohen Anteil einnehmen, verhindern sie die Ansiedlung von Spontanvegetation (eigene Beobachtung). Bei einer guten Mischung von natürlicher und exotischer Vegetation kommt es zu Beginn zu einem guten Wachstum der exotischen Baumarten, die somit als Schattenspender der heimischen Vegetation dienen. Auch die exotischen Baumarten (besonders *Leucaena leucocephala*, auch *Acacia sp.* und *Eukalyptus sp.*) haben einen schnellen Generationswechsel und locken schon im ersten Jahr mit Blüten und Früchten auch Tierarten auf die Fläche, die wiederum Samen von anderen Arten eintragen. Zu empfehlen ist allerdings, daß wenn genügend schnellwachsende, früh blühende einheimische Baumarten zur Verfügung stehen, auf exotische Baumarten verzichtet werden sollte. Sobald diese Bäume zu dicht stehen fallen die Vorteile durch den Sameneintrag der Tierarten weg, da keine Keimung im Litter stattfindet. Eigene Beobachtungen konnten zeigen, daß sich sowohl unter *Eukalyptus sp.* als auch unter *Acacia sp.* kaum Spontanvegetation etablieren konnte. Auch fiel auf, daß gerade bei diesen zwei Arten der Litter im Vergleich zum Bestandesabfall der anderen Baumarten noch sehr lange Zeit nicht zersetzt wurde. Untersuchungen einer FAO-Studie (FAO, 1985) ergaben ähnliche Ergebnisse.

Nicht immer steht auf aufzuforstenden Flächen Oberboden zur Verfügung. Wenn aber anderes organisches Material, welches die Wachstumsbedingungen verbessern kann, vorhanden ist, sollte man es nutzen und auf die aufzuforstenden Flächen auftragen. Ideal sind Baumreste. PETERSON und HAINES (2000) stellten fest, daß auf verrottenden Stämmen signifikant mehr Pflanzen von Pionierarten auftauchen, als auf Stellen mit weniger verrottender Biomasse.

Mist, Holzreste, kompostierter Abfall, Gras- und Baumschnittreste, andere Gartenabfälle, Klärschlamm, Sägespäne, Sägemehl oder anderer Zellstoff (z. B. Abfall von der Papierherstellung) können sich zum Beispiel hierzu eignen. In Griechenland konnten BROFAS et al. (2000) zum Beispiel eine höhere Wasserhaltekapazität und höhere Nährelementkonzentrationen im Boden und höhere Biomasse, Pflanzendichte und Bedeckungsgrad in der Vegetation auf einer Bauxitmine, auf der Klärschlamm aufgebracht wurde, feststellen.

Der größte Teil der umgebrochenen Bäume wird von der Minengesellschaft aus Kostengründen in die zu verfüllenden Gruben eingebracht (Abbildung 5.14). Dieses organische Material wird so tief vergraben, daß es für Wurzeln nicht mehr erreichbar ist. Aus verschiedenen Gründen wurde das Auftragen von diesen Pflanzenteilen auf die aufzuforstenden Flächen verworfen. Die kleinen Zufahrtsstraßen zu den Flächen werden etwa ein Jahr nach den Aufforstungen umgepflügt und bepflanzt. Auf diesen Flächen könnte ein Teil der normalerweise vergrabenen Biomasse aufgebracht werden und somit als Nährstoffpool für die angrenzenden Flächen, sowie Unterschlupf für Tiere dienen.

9.2 Nutzung von rehabilitierten Flächen

Betrachtet man nun die Möglichkeit, die degradierten Flächen wieder in ein funktionierendes Ökosystem umzuwandeln, lassen sich auch Möglichkeiten einer wirtschaftlichen Nutzung in die Rehabilitation miteinplanen. Diese Überlegungen werden aufgrund des Bevölkerungswachstums und dem damit verbundenen steigenden Nahrungsmittelbedarf seit einigen Jahren vermehrt in die Diskussion miteingebracht (WOLFF, 1995). SCHRECKENBERG et al. (1990) erachten es als wichtig, daß die Menschen lernen, mit zerstörten Ökosystemen sinnvoll umzugehen und sogar die extrem degradierten Flächen in produktive nutzbare umwandeln. Denn nur so ist es langfristig möglich den Menschenzstrom und unkontrollierte Ansiedlung auf unberührte Flächen mit hohem ökologischen Wert zu vermeiden.

Dabei kommen verstärkt folgende Nutzungsmöglichkeiten in Betracht:

Forstwirtschaft, Nichtholzprodukte und deren Nutzung und Verarbeitung, Landwirtschaft, Jagd, Tourismus/Freizeit, CO₂-Fixierung und Forschung.

Größere Monokulturplantagen, wie z. B. in Jarí endeten in Amazonien bisher mit hohen ökonomischen Einbußen (FEARNSIDE und RANKIN, 1982, 1984; FEARNSIDE, 1987). Jedoch gibt es positive Ergebnisse von klein angelegten Plantagen mit im Amazonasgebiet heimischen Baumarten von *Sclerolobium paniculatum* und *Didimopanax morototoni* (CARPANEZZI et al., 1983). TOMASELLI et al. (1983) stellten fest, daß sich das Holz von *S. paniculatum*, ähnlich wie bisher von verschiedenen *Eukalyptus*-Arten genutztes Holz, hervorragend für die Energiegewinnung eignet. Daß diese Baumart in den ersten zehn Jahren im Vergleich zu anderen heimischen Baumarten ein gutes Wachstum hat, konnte bei den Untersuchungen auf der Fläche A14 festgestellt werden.

Im gesamten Gebiet Südamerikas haben Indianer während der letzten 10 000 Jahre Pflanzen mit guten Ernährungseigenschaften domestiziert. Diese Kulturpflanzen unterscheiden sich stark von den Wildformen, die heute noch im Wald gefunden werden können (KERR und CLEMENT, 1988). Auch aufzuforstende Flächen könnten im Amazonasgebiet für Pflanzenanbau genutzt werden. In Europa wird nach Tagebau häufig Landwirtschaft betrieben. In den tropischen Gebieten sind aber noch intensive Studien für eine standortgerechte Landwirtschaft notwendig.

Auch die Nichtnutzung oder Unterschutzstellung kleinerer Gebiete kann infrage kommen, wenn seltene oder vom Aussterben bedrohte Pflanzen- oder Tierarten hier angesiedelt werden können. Da die gesetzlichen Regelungen in Porto Trombetas eine weitere Nutzung verbieten, könnten vermehrt seltene Baumarten mit in den Pflanzplan einbezogen werden.

Durch die gute Infrastruktur, die in Porto Trombetas vorhanden ist könnte hier auch ein Tourismusprojekt entwickelt werden. Die Nachfrage nach Angeboten im Bereich des Ökotourismus in Amazonien ist vorhanden. Auch für wissenschaftliche Exkursionen eignet sich die Region, da aufgrund der einzelnen sich jährlich wiederholenden Etappen der Zugang zum Primärwald ohne großen Aufwand möglich ist.

Beim Tagebau werden immer große Flächen Primärwald vernichtet. Wenn in diesem Bereich die Zusammenarbeit von den Minengesellschaften mit Holz- und Transportfirmen gut aufeinander abgestimmt würde, könnten die wertvollen Hölzer, ähnlich wie in Porto Trombetas das Bauxit, vermarktet werden. Es wäre aber auch denkbar, das Rohmaterial weiterzuverarbeiten und die fertigen Produkte auf den Markt zu bringen. Obwohl nach dem Umbrechen des Primärwaldes in der

Mine Saracá schon wertvolle Hölzer entnommen werden, könnte hier die Holznutzung weiter optimiert werden.

Durch die aktuellen Diskussionen bezüglich des CO₂-Ausstoß- und Fixierungsbudgets der Länder bekommen aufgeforstete Flächen zusätzlich eine wichtige ökonomische Rechtfertigung (SILVER et al., 2000).

Es ist klar, daß auf aufgeforsteten Flächen weitere Forschung dringend notwendig ist. Zum einen sind zwar viele der natürlichen Vorgänge nicht eindeutig geklärt, zum anderen bieten sich diese Flächen auch zu einem großangelegten Freilandversuch an. Es laufen in Porto Trombetas mehrere kleinere Forschungsprojekte. Es wäre optimal, Projekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Pflanzenzüchtungen, etc.) voranzutreiben, bei denen die unterschiedlichen Forschungsinstitute sowohl mit der Minengesellschaft als auch untereinander kooperieren. Für die biologische Grundlagenforschung und auch für Taxonomen sind sehr gute Voraussetzungen gegeben. Zum Beispiel ist der Primärwald durch 2 km lange Schneisen einfach zugänglich. Wenn die Primärwaldbäume umgebrochen werden, könnten sie leicht von der Wurzel bis zur Krone untersucht werden. Ein paar von laufenden Forschungsaktivitäten an lebenden Primärwaldbäumen könnten so ungefährlicher und kostengünstiger gestaltet werden.

9.3 Bewertung von umgewandelten Flächen

Wie aus den Ergebnissen schon ersichtlich ist (z.B. Fläche A14), kann die Bewertung von umgewandelten Flächen nicht nach einer einmaligen Untersuchung erfolgen. Es ist wichtig, langfristige Kriterien zu ermitteln, die es ermöglichen, den Zustand einer Fläche zu charakterisieren und eine weitere Entwicklung einzuschätzen. Hierzu sind gerade im Bereich der wieder aufgeforsteten Flächen noch viele Erfahrungen notwendig. Problematisch ist auch der direkte Vergleich mit dem Primärwald, da Waldstücke aufgrund ihrer Artenzusammensetzung als Primärwald eingestuft werden, obwohl archäologische Beweise für eine frühere Besiedlung vorliegen. CARNEIRO (1986) erwähnt als Beispiel hierfür Rodungen großer Waldflächen am oberen Lauf des Xingú-Flusses. Die Wälder dort befinden sich seit 200-300 Jahren in einem Regenerationsprozeß nach Bewirtschaftung durch frühere Indianergruppen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen müssen aber folgende Parameter für die Bewertung einer Fläche aufgenommen werden:

- Anzahl von unterschiedlichen Baumarten (gepflanzt und Spontanvegetation)
- Wachstum von gepflanzten Baumarten
- Entwicklung (Wachstum) der Spontanvegetation
- Entwicklung der Primärwaldarten
- Bodenfruchtbarkeit
- Entwicklung der Fauna

HOBBS und HARRIS (2001) diskutieren die Möglichkeit, den Erfolg von Restaurierungsmaßnahmen zu messen und schlagen vor, bei der Bewertung des Erfolges deutliche Definitionen der Ziele zugrunde zu legen. Sie beziehen sich in ihren Erörterungen auf die gemäßigten Zonen. Wenn es z. B. das Ziel sei, eine Waldstruktur mit 20 Bäumen pro ha einheimischer Baumarten zu erhalten, welche um mindestens 2 m in fünf Jahren wachsen und sich zusätzlich ein Unterwuchs von heimischen Bäumen, Sträuchern und Kräutern mit etwa 25±6 Arten, bilden soll, ist dieses meßbar.

Für tropische Waldgebiete sind die Gegebenheiten komplexer. Dennoch ist auch hier ein ähnliches Vorgehen möglich. Um hier aber quantitativ bewerten zu können, sind weitere Studien auf ähnlichen und anders aufgeforsteten Flächen notwendig.

9.4 Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde deutlich, daß es möglich ist, in den feuchten Tropen eine vollständig degradierte Fläche so aufzuforsten, daß sie sich nach wenigen Jahren zu einem Wald mit gesunden, gut wachsenden Primärwaldbaumarten entwickelt. Um vertiefende Informationen über langfristige Zusammenhänge in der Sukzession auf aufgeforsteten Flächen zu erhalten, könnten auf einigen der angelegten Daueruntersuchungsparzellen im Abstand von mehreren Jahren Wiederholungen der Messungen stattfinden.

Die Möglichkeit, diese Aufforstungen für den Artenschutz zu gewinnen, bietet sich durch die unmittelbare Nähe des Primärwaldes an. Bisher wurden die Aufforstungen angelegt und dann sich selbst überlassen. Da es durch das Umbrechen der großen Primärwaldbäume mit einfachen Mitteln möglich ist, an Lianen und Epiphyten zu gelangen, könnten durch ein gezieltes Ansiedeln in die schon älteren Aufforstungen ein Beitrag zum Artenschutz und -erhaltung geleistet werden.

Auch wäre es interessant auf diesen Flächen weitere Untersuchungen mit Fokus auf nutzbare Arten durchzuführen. Aufgrund des weltweiten Interesses, den Nutzungsdruck von den Primärwäldern zu nehmen und sie zu erhalten, sollte hier besonders die nationale und internationale Forschungsförderung ausgeweitet werden.

10 LITERATUR

- AIDE, T. M.; ZIMMERMANN, J.K.; HERREIRA, L.; ROSARIO, M.; SERRANO, M.. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 77, 77-86.
- ALVIM, P. D. T. 1972. Potencial agrícola da Amazônia. *Ciência e cultura* 24(6), 437-443, São Paulo.
- ALVIM, P. D. T. 1981. A perspective appraisal of perennial crops in the Amazon Basin. *Interciencia* 6(3), 139-145, Caracas.
- ALVIM, P. D. T. 1990. Agricultura apropriada para uso contínuo dos solos na Região Amazônica. *Espaço, Ambiente e Planejamento*, 2(11), 71 S.
- ANDERSON, A.; POSEY, D. 1987. Reflorestamento indígena. *Ciência Hoje* 6(31), 44-50.
- ANDERSON, J. M. ;INGRAM, J. S. I. 1989. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. CAB International, Oxon, UK, 171 S.
- AUGSPURGER, C. K. 1984. Seedling survival of Neotropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology* 65, 1705-1712.
- BÁRDOSY, G.; BOURKE, G. 1993. An assessment of world bauxite deposits as sources for greenfield alumina plants developments. *Aluminium*, 10, 888-894.
- BARTH, R. C., 1991. Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. Viçosa - Minas Gerais, 41 S.
- BAWA, K. S.; ASHTON, P. S.; PRIMACK; R. B.; TERBORGH, J.; NOR, S. M.; NG, F. S. P.; HADLEY, M. 1989. Reproductive ecology of tropical forest plants. Research insights and management implications. Special Issue 21, *Biology International*, IUBS, UNESCO, Paris, 56 S.
- BERGER, J. J. (Hrsg.) 1990. Environmental restoration: science and strategies for restoring the Earth. Island Press, Washington, D. C., USA.
- BERTHIER, P. 1821. Analyse de l'aluminehydratée de Baux. *Ann. Mines*, 6, 531-534.
- BICK, H., 1989. Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- BRADSHAW, A. D. 1983. The reconstruction of ecosystems: Presidential address to the British Ecology Society, December 1982. *J. Appl. Ecol.* 20, 1-17.
- BRADSHAW, A. D. 1990. Restoration: an acid test for ecology. In: Jordan, W. R.; Gilpin, M. E.; Aber, J. D. (Hrsg.): *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*. Cambridge University Press, Cambridge, 23-29.

- BREUER, G. 1981. Landvegetation, Quelle oder Senke für CO₂? Naturwissenschaftliche Rundschau, 34(1), 32-33.
- BROFAS, G.; MICHPOULOS, P.; ALIFRAGIS, D. 2000. Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. J. Environ. Qual. 29, 811-816.
- BROWN, S. 1998. Present and future role of forests in global climate change. In: Gopal, P. S.; Pathak, P. S.; Saxena, K. G. (Hrsg.): Ecology today. International Scientific Publication, New Delhi, 59-74.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. 1990. Tropical secondary forests. Journal of Tropical Ecology 6, 1-32.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management 54, 239-255.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. Journal of Restoration Ecology 2, 97-111.
- BUTTY, D. L.; CHAPALLAZ, C. A. 1984. Bauxite genesis. In L. J. Jacob (Hrsg.), Bauxite, Proceedings of the 1984 Bauxite Symposium, Los Angeles, California., Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. Michigan, 111-123.
- CAIN, A. S.; DE OLIVEIRA CASTRO, G. M. 1959. Manual of vegetation analysis. Harper & Brothers, Publishers, New York, 325 S.
- CARNEIRO, R. 1986. Uso do solo e classificação da floresta (Kuikúro). In: Ribeiro, D. (Hrsg.): Suma etnológica Brasileira 1 - Etnobiologia Petrópolis: Editora Vozes, 47-56.
- CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. T.; KANASHIRO, M. 1983. Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* VOGEL). EMBRAPA Unidade regional de pesquisa florestal centro-sul, ISSN 0101-1847 (Report) Circular Técnica 8, 1-10.
- CLEMENTS, F. E. 1916. Plant succession. An analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst., Washington, 512 S.
- COOK, R. E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. In: Solbrig, O. T.; Johnson, G. B.; Raven, H. (Hrsg.) Topics in plant population biology, Columbia University Press, New York, 207-231.
- DE CARVALHO, C. G. 1991. Introdução ao Direito Ambiental. Editora Letras e Letras, São Paulo.
- DE GUSMÃO CÂMARA, I. 1983. Tropical moist forest conservation in Brazil. In: Sutton, S. L.; Whitmore, T. C.; Chadwick, A. C.: Tropical Rain Forest: Ecology and Management. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- DEUTSCHER BUNDESTAG. 1997. Antwort der Bundesregierung: Aluminium - ökonomische, ökologische und soziale Folgen. 13. Wahlperiode, Drucksache 13/6833, 16 S.
- DNPM/DEM, 1996. Wirtschaft/Bergbau. Institut für Brasilienkunde (Hrsg.), Brasilien-Werkbuch, Dez. 96, S. 1-6. Brasilienkunde-Verlag, Mettingen.
- EMBRAPA, 1979. Métodos de análise de solos, planta e calcário. Methodenscript für die Laboranalysen, EMBRAPA, Manaus, 25 S.
- ENDLICHER, W. 1990. Geoökologische Rahmenbedingungen der amazonischen Regenwälder. In: Endlicher, W. (Hrsg.): Amazonien. Mensch-Natur-Entwicklung, CEILA-Marburg Bd. 3, 2-14. Arbeitskreis für Iberisch-Lateinamerikanische Studien.
- FAO-UNESCO. 1971. Soil map of the world - South America, FAO, Rome, Italy.
- FAO. 1985. U.N. Food and Agricultural Organisation: Simple technologies for charcoal making, FAO Forestry papers 41, Rom.
- FCAP, 1991. Inventário Florestal de 1800.2 ha da Floresta Nacional de Saracá-Taquera - Município de Oriximiná - Pará. Mineração Rio do Norte S/A, 78 S. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Departamento de Ciências Florestais, Belém, Pará.
- FEARNSIDE, P. M.; TARDIN, A. T.; MEIRA FILHO, L. G. 1990. Deforestation Rate in Brazilian Amazonia. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos, SP, Brasilien, 8 S.
- FEARNSIDE, P. 1987. Jarí aos dezoito anos: Lições para os planos silviculturais em Carajás. In: Kohlhepp, G.; Schrader, A. (Hrsg.) Homem e natureza na Amazônia. Tübingen. Tübinger Geografische Studien 95, 291-311.
- FEARNSIDE, P. 1997. Monitoring needs to transform Amazonian forest maintenance into a global warming mitigation option. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 2(2-3), 285-302.
- FEARNSIDE, P. 1999. Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks, value and conservation. Environmental Conservation 26(4), 305-321.
- FEARNSIDE, P. M.; RANKIN, J. M. 1982. Jarí and Carajás: The uncertain future of large silvicultural plantations in the Amazon. Interciencia 7(6), 326.
- FEARNSIDE, P. M.; RANKIN, J. M. 1984. O novo Jarí: riscos e perspectivas de um desenvolvimento maciço amazônico. Ciência e Cultura 36(7), 1140-1156.
- FERNANDES, F. R. C.; PORTELA, I. C. M. 1990. Recursos minerais da Amazônia (alguns dados sobre situação e perspectivas). Projeto Especial-DTA (Desenvolvimento da Tecnologia Ambiental) CNPq-CETEM 23 S.

- FERRAZ, J. 1991. Diagnóstico do Comportamento do Reflorestamento Realizado na Mina Saracá, Porto Trombetas (PA) entre 1981 e 1987. INPA-Mineração Rio do Norte. Relatório. 5 Vols. Porto Trombetas (PA).
- FERRAZ, J. 1993. Soil Site Factors Influencing the Reafforestation of Mining Sites in Amazonia. In: Lieth, H. and Lohmann, M. (eds.): Restoration of Tropical Forest Ecosystems. Proceedings of the Symposium held on October 7-10, 1991 in Bonn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- GAUNT, R. J.; BLISS, N. W. 1993. Bauxite mining rehabilitation at Trombetas in the Amazon Basin. Minerals Industry International, IMM Bull. 1011, 21-26.
- GERDTS, J. 1983. Indianer Brasiliens - Opfer des Fortschritts. Pogrom 96(14), 10.
- GOLDAMMER, J. G. 1990. Waldumwandlung und Waldverbrennung in den Tiefland-Regenwäldern des Amazonasbeckens: Ursachen und ökologische Implikationen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 80, 119-142.
- GOODLAND, R.; IRWIN, H.; TILLMAN, G. 1978. Ecological development for Amazonia. Ciência e cultura 30(3), 275-298, São Paulo.
- GREHS, S. A. 1979. Geologia ambiental na mineração. Acta Geológica Leopoldinensia, S. Leopoldo 3, 3-40.
- HARPER, J. L.; WHITE, J. 1974. The demography of plants. Annual Review of Ecological Systems 5, 419-463.
- HEUVELDOP, J; NEUMANN, M.. 1983. Structure and functions of a rainforest in the international Amazon ecosystem project: Preliminary data on growth rates and natural regeneration from a pilot study. Turrialba 33(1), 25-38.
- HIGUCHI, N.; JARDIM, F. C. S.; BARBOSA, A. P. 1982. Inventário Florestal no Rio Trombetas (INPA/SHELL-ALCOA). Alcoa Mineração S. A. INPA, Manaus, 49 S.
- HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. 2001. Restoration ecology: Repairing the earth's ecosystems in the New Millenium. Restoration Ecology 9 (2), 239-246.
- HOLL, K. D.; LOIK, M. E.; LIN, E. H. V.; SAMUELS, I. A.. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to dispersal and establishment. Restoration Ecology Vol. 8(4), 339-349.
- HOPPE, A. 1990. Ist das El Dorado gefunden? Geologie und Bodenschätze Amazoniens. In: Hopp, A. (Hrsg.): Amazonien: Versuch einer interdisziplinären Annäherung. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., Bd. 80, 19-58.
- HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; CALLANDER, B. A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Hrsg.) 1996. Climate Change 1995: The science of climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- HOUGHTON, R. A.; UNRUH, J. D.; LEFEBRE, P. A. 1993. Current land cover in the tropics and its potential for sequestering carbon. *Global Biogeochemical Cycles* 7, 305-320.
- INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS) 1998. Amazonia: deforestation 1995-1997 (www-Dokument), URL: <http://www.inpe.br>. São José dos Campos, SP, Brazil: INPE.
- INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS) 1999. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1997-1998 (www-Dokument), URL: <http://www.inpe.br>. São José dos Campos, SP, Brazil: INPE.
- INSTITUT FÜR BRASILIENKUNDE (Hrsg.), 1995. Brasilien Werkbuch. Institut für Brasilienkunde, Mettingen, Brasilienkunde-Verlag.
- JORDAN, C. F. (Hrsg.) 1989. An Amazonian Rain Forest. The structure and function of a nutrient stressed ecosystem and the impact of slash-and-burn agriculture. *Man and biosphere series Vol. 2*, UNESCO, Paris, 176 S.
- JORDAN, W. R. 1992. Those Re-Words: a glossary and a few comments. *Land and Water. The Magazine of Natural Resource Management and Restoration* 6 Nov./Dec., Fort Dodge, Iowa, 13-15.
- JORDAN, W.R.; GILPIN, M. E.; ABER, J. D. 1987. Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- KERR, W.; CLEMENT, C. 1980. Práticas agrícolas de consequências genéticas que possibilitaram aos índios da Amazônia uma melhor adaptação às condições ecológicas da região. *Acta Amazônica* 10(2), Manaus, 251-261.
- KERR, W.; CLEMENT, C. 1988. Methoden der Pflanzenzüchtung bei den Indianern Amazoniens. In: Projektgruppe Ökologie und Entwicklung (Hrsg.): Brose, M. Müller-Plantenberg, C.; Pabst, E.; Seul, H.: Amazonien - eine indianische Kulturlandschaft: Traditionen naturverbundenen Lebens und Wirtschaftens im tropischen Regenwald. Begleitband zur gleichnamigen Ausstellung. Ladok, Gesamthochschule Kassel, 47-70.
- KERR, W.; POSEY, D. 1980. Informações adicionais sobre a agricultura dos Kayapó. *Interciencia* 9(6), 392-400.
- KNOWLES, O. H. 1982. Plan for the recuperation of areas degraded by bauxite mining at Trombetas, Pará, Brazil. *Interner Bericht, Mineração Rio do Norte, Porto Trombetas*, 7 S.
- KNOWLES, O. H. 1988. Informações básicas para o sucesso na reposição florestal em áreas degradadas. *Simpósio Internacional: Alternativas para o Desenvolvimento, Belem- PA, 29.01.1988*.
- KNOWLES, O. H. 1989. Plano de recuperação da mina de bauxita da Mineração Rio do Norte S.A. *Porto Trombetas, Pará. Interner Bericht, Porto Trombetas*, 10 S.

- KNOWLES, O. H. 1995. Reforestation of Bauxite Mines: Mineração Rio do Norte S.A., Porto Trombetas, Pará - Brazil. In: Parrotta, J. A.; Kanashiro, M.: Management and Rehabilitation of Degraded Lands and Secondary Forests in Amazonia. Proceedings of an International Symposium/Workshop Santarém, Pará, Brazil 18-22 April 1993, 217-218.
- KNOWLES, O. H.; PARROTTA, J. J. 1995. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and performance indices. *Commonwealth Forestry Review* 74, 230-243.
- KOHLHEPP, G. 1987. Wirtschafts- und Sozialräumliche Auswirkungen der Weltmarktintegration Ost-Amazoniens. Zur Bewertung der regionalen Entwicklungsplanung im Grande-Carajas-Programm in Pará und Maranhão. In: Kohlhepp, G.: Brasilien, Beiträge zur regionalen Struktur- und Entwicklungsforschung. Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung, Heft 1, Tübingen.
- KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W. 1981. Evolução poligenética das bauxitas do distrito de Paragominas-Acailandia, Estados do Pará e Maranhão. *Revista Brasileira de Geociências* 11, 193-202
- KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W. 1984. Genèse des Bauxites Latéritiques du district de Nhamunda-Trombetas Région de la basse Amazone, Brésil. 109e Congrès national des Sociétés savantes, Dijon, sciences, fasc.I, 347-357.
- LESSA, R. 1991. Amazônia: as raízes da destruição. *Historia viva*, São Paulo, 83 S.
- LOHMANN, M. 1995. Sucessão vegetal nos reflorestamentos após mineração: Relatório parcial. Bericht. INPA-CPST, Manaus und MRN, Porto Trombetas, 22 S.
- LIEBRICH, A. 1892. Beitrag zur Kenntnis der Bauxitez vom Vogelsberg. *Ber. Oberhess. Ges. Natur. Heilk., Giessen, Naturw. Abt.*, 28, 57-98.
- LIETH, H.; BERLEKAMP, J., FUEST, S. (eds.) 1999. CD 1 Climate Diagram World Atlas, Backhuis Publishers, Leiden, the Netherlands.
- LOHMANN, M. 1998. Pflanzensukzession auf unterschiedlich rehabilitierten Flächen im Zentralamazonasgebiet, Brasilien. *Tropenökologisches Begleitprogramm, GTZ. TÖB F-1/3*, Eschborn, 35 S.
- LUGO, A. E. 1988. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. *Environment* 30(7), 16-20, 41-45.
- LUGO, A. E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62, 3-9.
- LUGO, A. E. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications* 5(4), 956-961.

- LUGO, A. E.; BROWN, S. 1986. Steady state ecosystems and the global carbon cycle. *Vegetatio* 68, 83-90.
- MAURY-LECHON, G. 1991. Comparative dynamics of tropical rainforest regeneration in French Guyana. In: Gomez-Pompa, A; Whitmore, T. C.; Hadley, M. (Hrsg.): *Rainforest regeneration and management*. Park Ridge, NJ, USA: Parthenon Publishing, 295-302.
- MENZIES N. 1988. Three hundred years of taungya; a sustainable system of forestry in south China. *Human Ecology* 16, 361-376.
- MERTINS G. 1992. Ausmass und Verursacher der Regenwaldrodung in Amazonien - Ein vorläufiges Fazit. In: Endlicher, W. (Hrsg.) *Amazonien. Mensch - Natur - Entwicklung. Beiträge des 2. Marburger Lateinamerika-Forums*. CEILA-Marburg Bd. 3, 15-26.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York. 547 S.
- MYERS, N. 1988. Tropical forests and their species: Going, going ...? In: Wilson, E. O. (Hrsg.), *Biodiversity*, S. 28-35. National Academy Press, Washington.
- MYERS, N. 1989. *Deforestation rates in tropical Forests and their climatic implications*. London: Friends of the Earth.
- NEPSTAD, D.; PEREIRA, C. 1992. Conceitualização: Extensão e contextualização de áreas alteradas/degradadas da região amazônica. Seminário GTZ/SUDAM Recuperação de áreas degradadas, SUDAM Belém (PA), 10.-14.08.1992
- PETERSON, C. J.; HAINES, B. L. 2000. Early successional patterns and potential facilitation of woody plant colonization by rotting logs in premontane Costa Rican pastures. *Restoration Ecology* 8(4), 361-369.
- PETERSON, G. D.; HEEMSKERK, M. 2001. Deforestation and forest regeneration following small-scale gold mining in the Amazon: the case of Suriname. *Environmental Conservation* 28(2), 117-126.
- POSEY, D. 1983. Indigenous knowledge and development: an ideological bridge to the future. *Ciência e Cultura* 35(7), 877-894.
- POSEY, D. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapó indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3, 139-158.
- PRANCE, G. T. 1992. The dilemma of the Amazon Rainforests: Biological Reserve or Exploitable Resource? In: Cartledge, B. (ed.): *Monitoring the Environment*. Oxford University Press, 157-192.
- PROJETO RADAMBRASIL 1976. Sheet SA. 21 Santarém; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais), 522 S.

- PUTZER, H. 1984. The geological evolution of the Amazon basin and its mineral resources. In: Sioli, H. The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht, The Netherlands, 15-46.
- QUEIROZ, W. T. DE; BARROS, A. V. DE; DOS SANTOS, R. A.; VASCONCELOS ALBERIO, V. E. DE; GAMA, J. R. V. 1994. Inventário Florestal de 3097 ha da Floresta Nacional de Saracá-Tacuera-Município de Oriximiná-Pará. Mineração Rio do Norte S/A; Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. Abschlußbericht.
- REVILLA, J.; SILVA, J. 1982. Inventário. Convênio ALCOA-CNPq-INPA. ALCOA Mineração S.A. INPA, Manaus, 3Bd. Bericht.
- RICHARDS, P. W. 1996. The Tropical Rain Forest: An Ecological Study. Cambridge University Press. Cambridge.
- RICHTER, D. D.; MARKEWITZ, D.; TRUMBORE, S. E.; WELLS, C. G. 1999. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a reestablishing forest. *Nature* 400, 56-58.
- ROBERTS, M. R.; GILLIAM, F. S. 1995. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: Implications for forest management. *Ecological Applications* 5(4), 969-977.
- SALATI, E.; NOBRE, C. A. 1992. Possible Climatic Impacts of Tropical Deforestation. In: Myers, N. (ed.): Tropical Forests and Climate. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- SALAZAR, E. 1996. Camada de liteira e Biomassa microbiana do solo em reflorestamentos de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA. INPA, UFAM. Masterarbeit, INPA, Manaus.
- SANFORD, R. L.; SILDARRIAGA, J. JR.; CLARK, K. E.; UHL, C.; HERRERA, R. 1985. Amazon rainforest fires. *Science* 227, 53-55.
- SAYER, J. A.; WHITMORE, T. C. 1991. Tropical moist forests: Destruction and species extinction. *Biological Conservation* 55, 199-213.
- SCARIOT, A. 2000. Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 32 (4a), 662-669.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. 1984. Lehrbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart, 442 S.
- SCHNITZER, S. A.; DALLING, J. W.; CARSON, W. P. 2000. The impact of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps: evidence for an alternative pathway of gap-phase regeneration. *Journal of Ecology* 88, 655-666.
- SCHRECKENBERG, K.; HADLEY, M.; DYER, M. (Hrsg.) 1990. Management and restoration of human-impacted resources: approaches to ecosystem rehabilitation. MAB Digest 5, UNESCO, Paris.

- SCHULTE-BISPING, B.; BEESE, F. 1997. Verteilung der Waldflächen und Holzverfügbarkeit auf globaler Ebene AFZ/Der Wald, 1260-1264.
- SCHULTZ, J. 2000. Handbuch der Ökozonen. Ulmer, Stuttgart, 577 S.
- SILVER, W. L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A. E. 2000. The Potential for Carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. *Restoration Ecology* 8 (4), 394-407.
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: Sioli, H. The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht, The Netherlands, 127-165.
- SOLBRIG, O. T. 1991. The origin and function of biodiversity. *Environment* 33(5), 16-20, 34-38.
- STATIST 2001. Statistikprogramm, Version 1.0.0. (www-Dokument) <http://www.usf.uni-osnabrueck.de/~breiter/tools/statist/>. Universität Osnabrück.
- SUGDEN, D. 1984. The laterite - Bauxite deposits of the Trombetas and Paragominas regions of the Amazon basin. In L. J. Jacob (Hrsg.), Bauxite, Proceedings of the 1984 Bauxite Symposium, Los Angeles, California., Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. Michigan, 370-386.
- TANSLEY, A. G.. 1920. The classification of vegetation and the concepts of development. *J. Ecol.* 8, 118-149.
- TOMASELLI, I.; MARQUES, L. C. T.; CARPANEZZI, A. A.; PEREIRA, J. C. D. 1983. Taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* VOGEL) para energia. *Bol. Pesq. Flor.*, Curitiba 6(7), 33-44.
- TRUCKENBRODT, W.; KOTSCHOUBEY, B. 1981. Argila de Belterra: cobertura terciária das bauxitas amazônicas. *Revista Brasileira de Geociências* 11, 203-208.
- TRUCKENBRODT, W.; KOTSCHOUBEY, B.; SCHELLMANN, W. 1991. Composition and origin of the clay cover on North Brazilian laterites. *Geologische Rundschau* 80(3), Stuttgart, 591-610.
- UHL, C. 1982. Tree dynamics in a species-rich terra firme forest in Amazonia, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 33, 72-77.
- UHL, C.; MURPHY, P. 1981. A comparison of productivities and energy values between slash and burn agriculture and secondary succession in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. *Agro-Ecosystems* 7, 63-83.
- UHL, C.; NEPSTAD, D.; BUSCHBACHER, R.; CLARK, K.; KAUFMANN, B. SUBLER, S. 1990. Studies of ecosystem response to natural and anthropogenic disturbances provide guidelines for designing sustainable land-use systems in Amazonia. In: Anderson (ed.): Alternatives to deforestation: Steps toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press, New York, 25-41.

- UHL, C.; NEPSTAD, D.; DA SILVA, J. M. C.; VIEIRA, I. 1991. Restauração da floresta em pastagens degradadas. *Ciencia Hoje*, setembro 1991, 13, 76, 22-31.
- VALETON, I. 1967. Laterite und ihre Lagerstätten. *Fortschr. Miner.* 44, 67-130.
- VALETON, I. 1972. *Bauxites*. Elsevier, Amsterdam. 217 S.
- VALETON, I. 1986a. Verwitterung und Verwitterungslagerstätten. In: Fürchtbauer (Hrsg.): *Sedimente und Sedimentgesteine*. Gebr. Bornträger, Stuttgart.
- VALETON, I. 1986b. Lagerstätten des Aluminiums. *PdN-Ch.3/35*, 2-11.
- VIANA, C. D. B. 1976. Folha SA.21 - Santarém III. *Pedologia*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.21 - Santarém, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Produção Mineral, 10, 201-303.
- WADSWORTH, F. H. 1997. *Forest production for tropical America*. Agriculture Handbook 710. USDA Forest Service, Washington DC, 563 S.
- WEISCHET, W. 1980. *Die ökologische Benachteiligung der Tropen*. Stuttgart, zweite Aufl. 127 S.
- WERNER, D. 1984. Terra de índio. *Ciência Hoje* 3(14), 26-32.
- WOLFF, P. 1995. Die Zukunft wird nicht wie die Vergangenheit sein: Fragen zur künftigen Entwicklung der ländlichen Räume in den Tropen? *Technical Reports in Rural Engineering and Resource Management* 37, 16 S. Universität Gesamthochschule Kassel.
- ZIMMERMANN, J. K.; PASCARELLA, J. AIDE, T. M. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8, 350-360.

GLOSSAR

Abraumfläche: Fläche, die nach dem Abbau von Bodenschätzen zurückbleibt.

Bauxit: Rohstoff für die Herstellung von Aluminium

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, brasilianische Gesellschaft für land- und viehwirtschaftliche Forschungen.

INPA: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Nationales Institut für die Forschungen im Amazonasgebiet.

gaps: Lichtungen innerhalb des Primärwaldes.

Litter: Laub und abgestorbene Pflanzenteile auf der Bodenoberfläche.

mateiro: jemand mit genauer Kenntnis der einheimischen Pflanzenarten.

MRN: Mineração Rio do Norte, Minengesellschaft, die in Porto Trombetas, im brasilianischen Bundesstaat Pará Bauxit abbaut.

Rückbau: Wiederherstellung eines erwünschten Zustands nach einem zerstörerischen Eingriff auf einer Fläche.

Taxa: Klassifikation von Pflanzen in Kategorien.

terra firme: nicht überflutete nährstoffarme Gebiete Amazoniens.

USF: Institut für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück.

ANHANG

- Grafiken mit den prozentualen Verteilungen der Taxa, der Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich und der Anzahl unterschiedlicher Taxa innerhalb der Taxaeinteilung auf den jeweiligen Untersuchungspartellen aller untersuchten Flächen an jeweils allen Meßterminen.

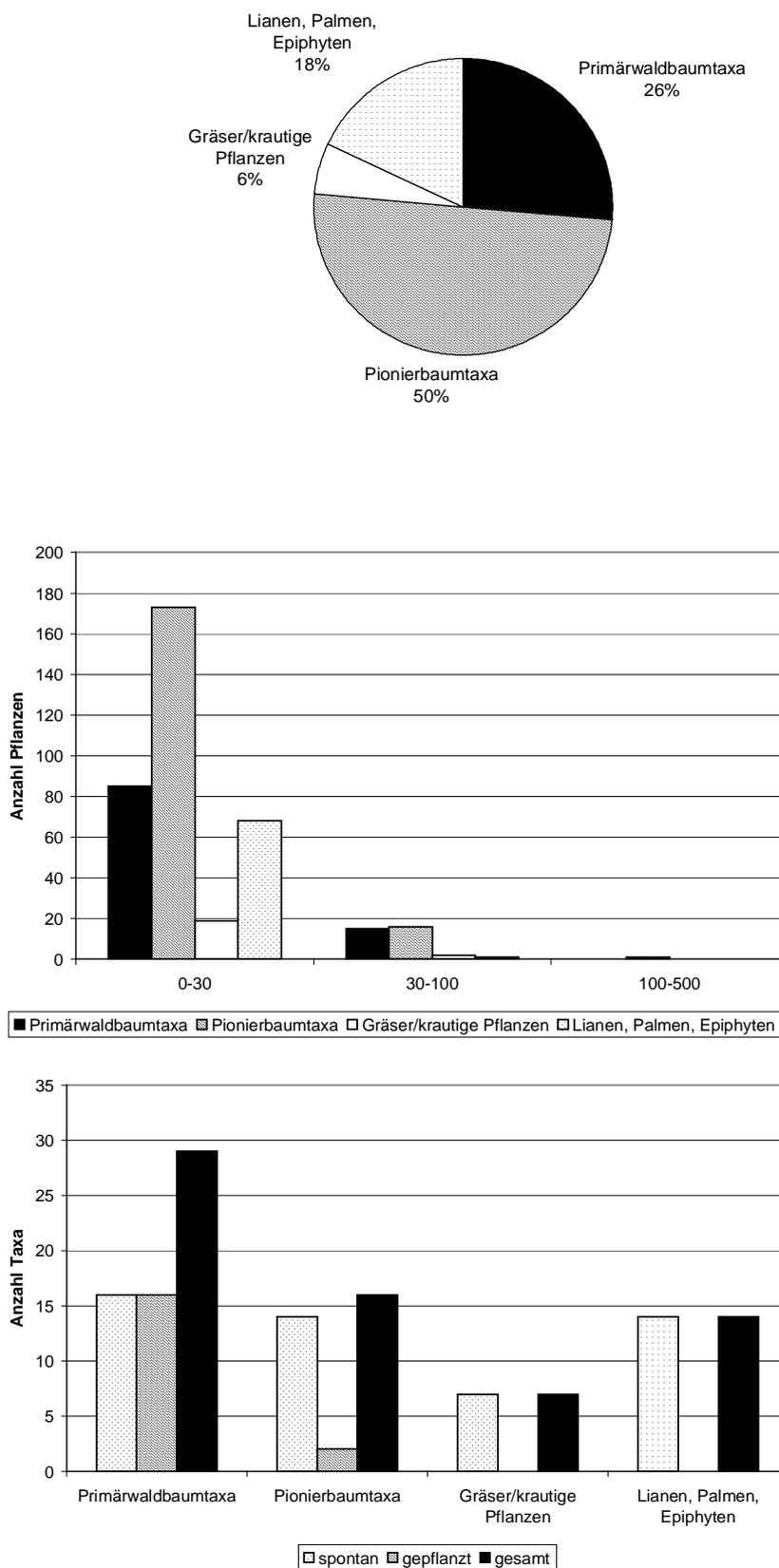


Abbildung 1: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 drei Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

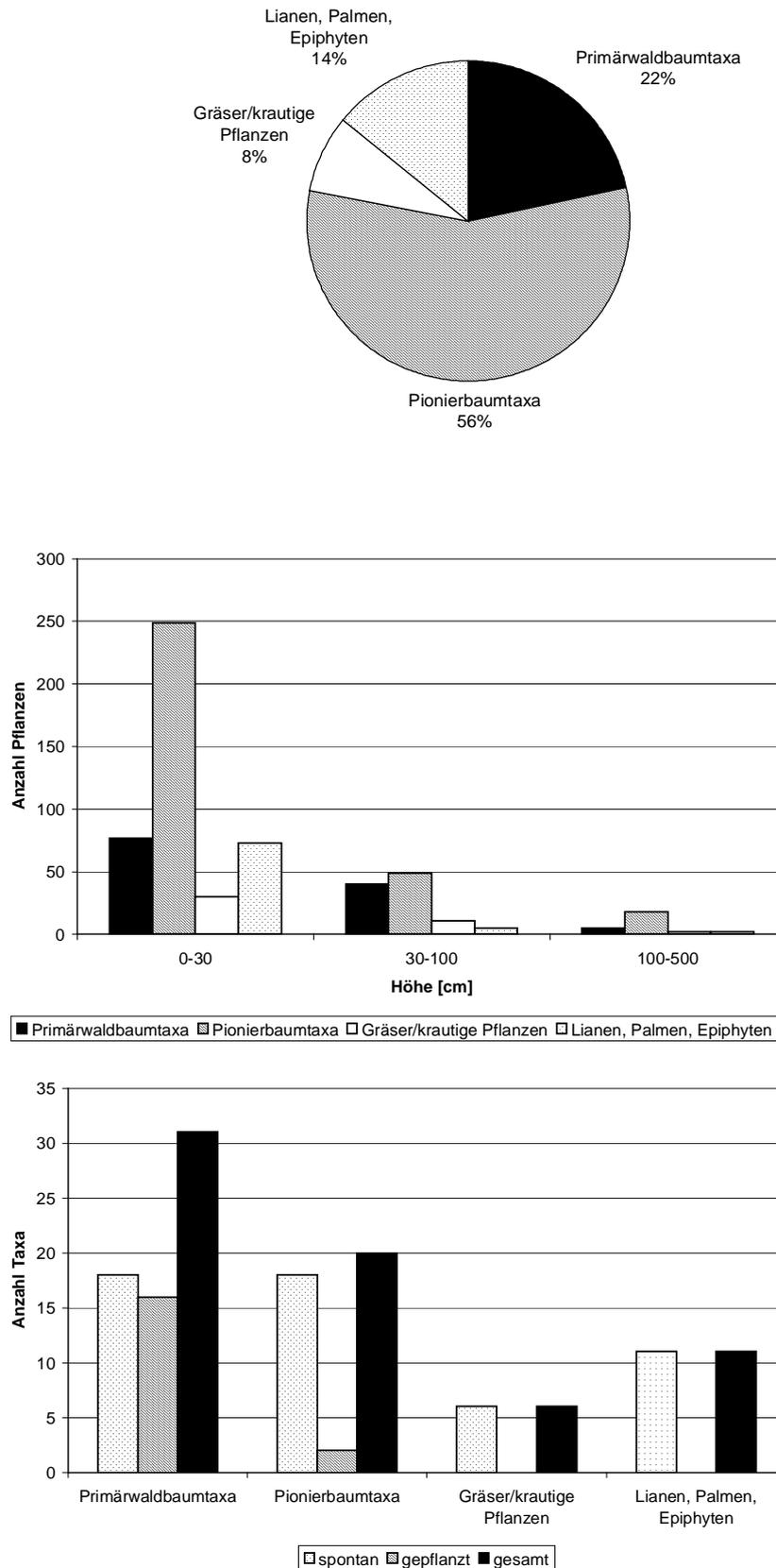


Abbildung 2: Untersuchungspartellen der Fläche A1 sieben Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

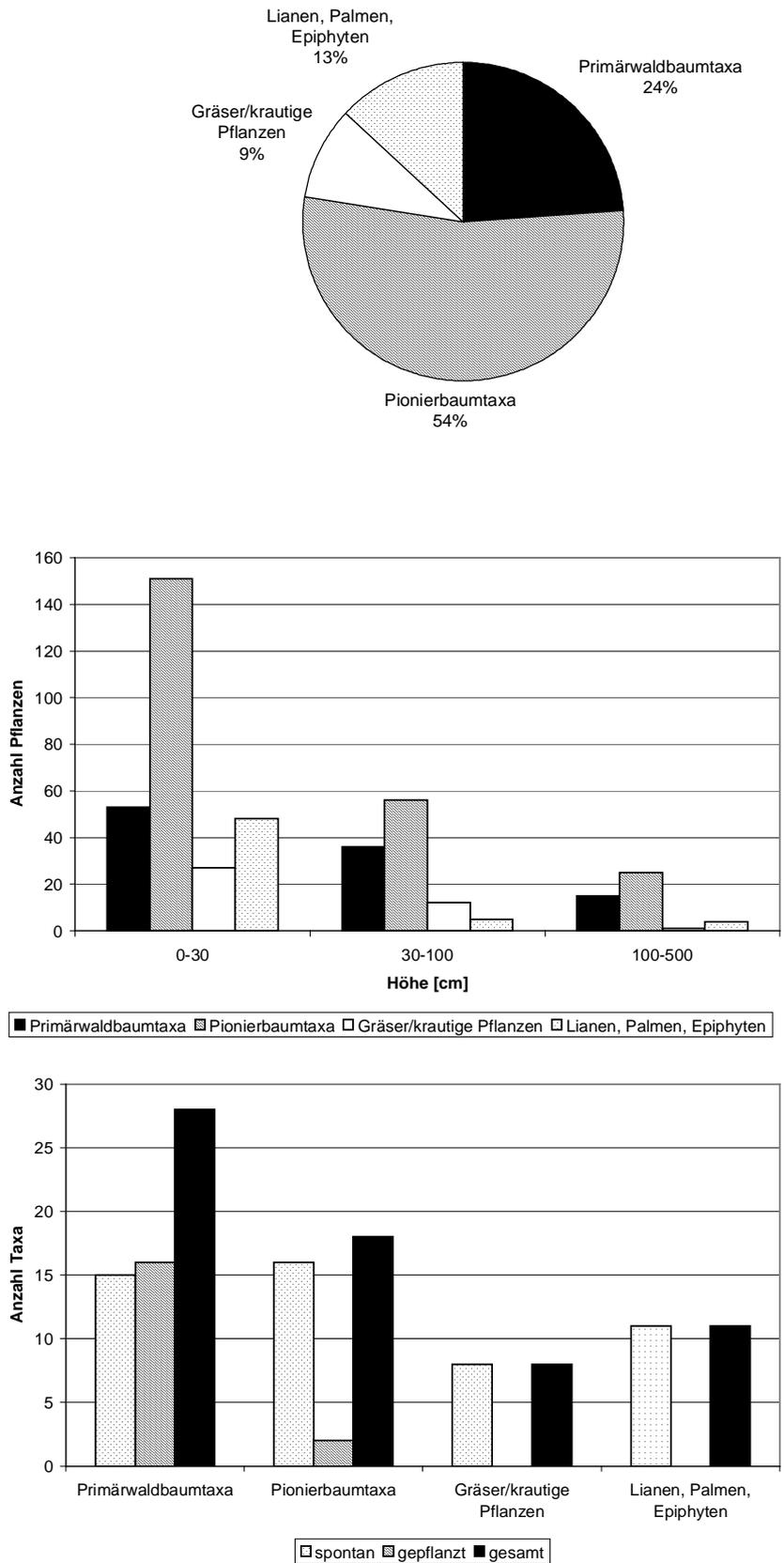


Abbildung 3: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 neun Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

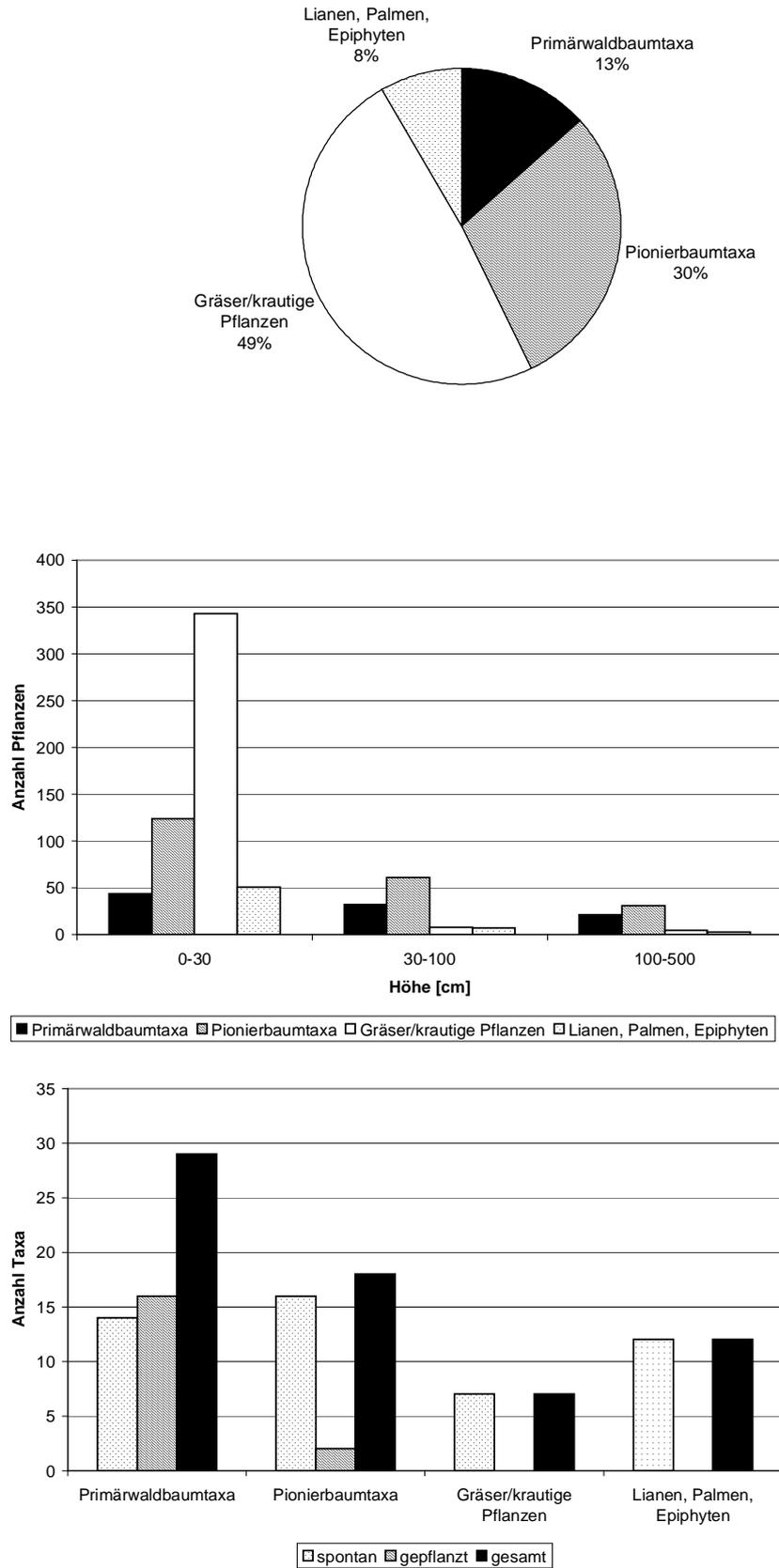


Abbildung 4: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 ein Jahr nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

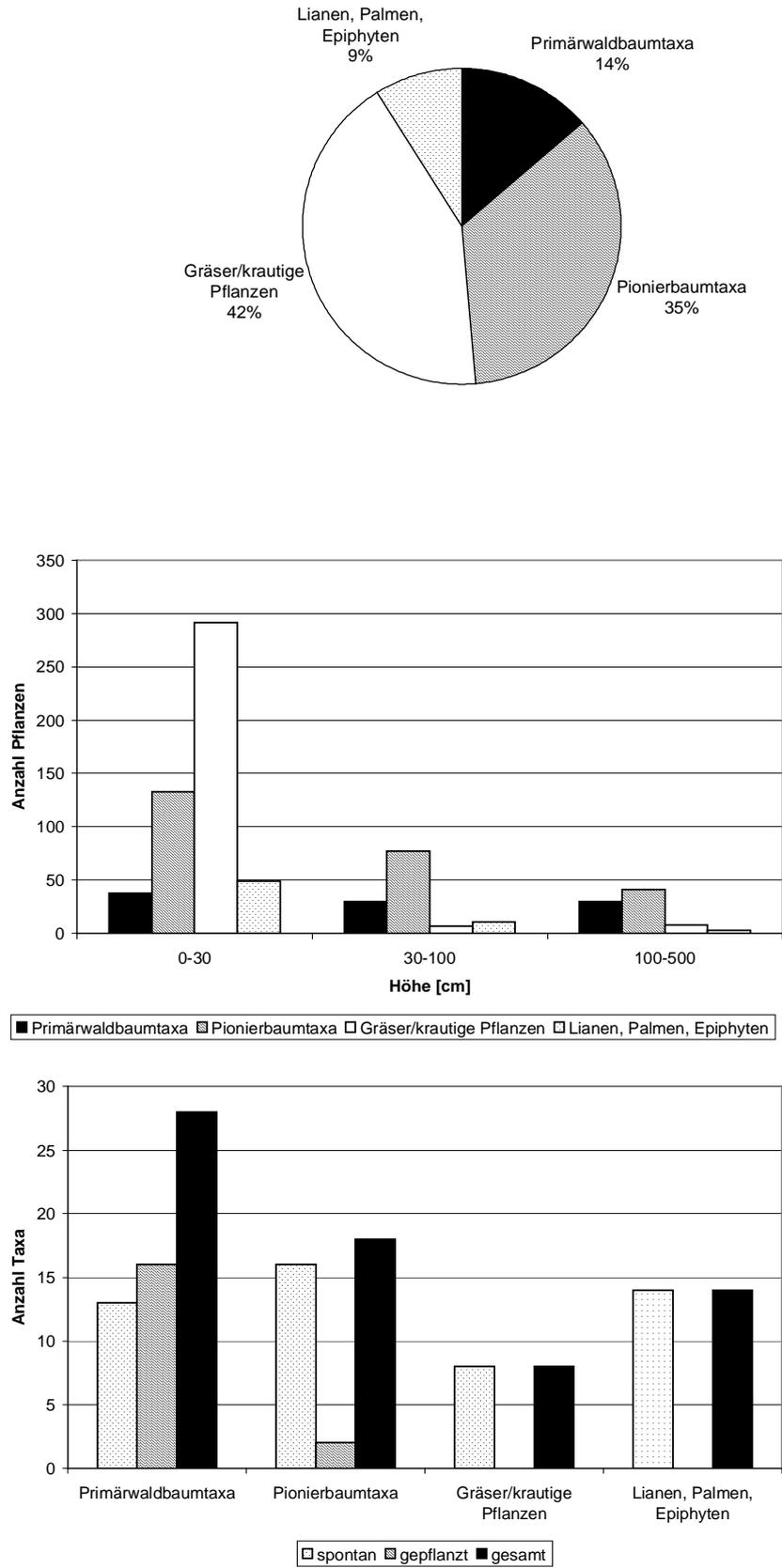


Abbildung 5: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 14 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

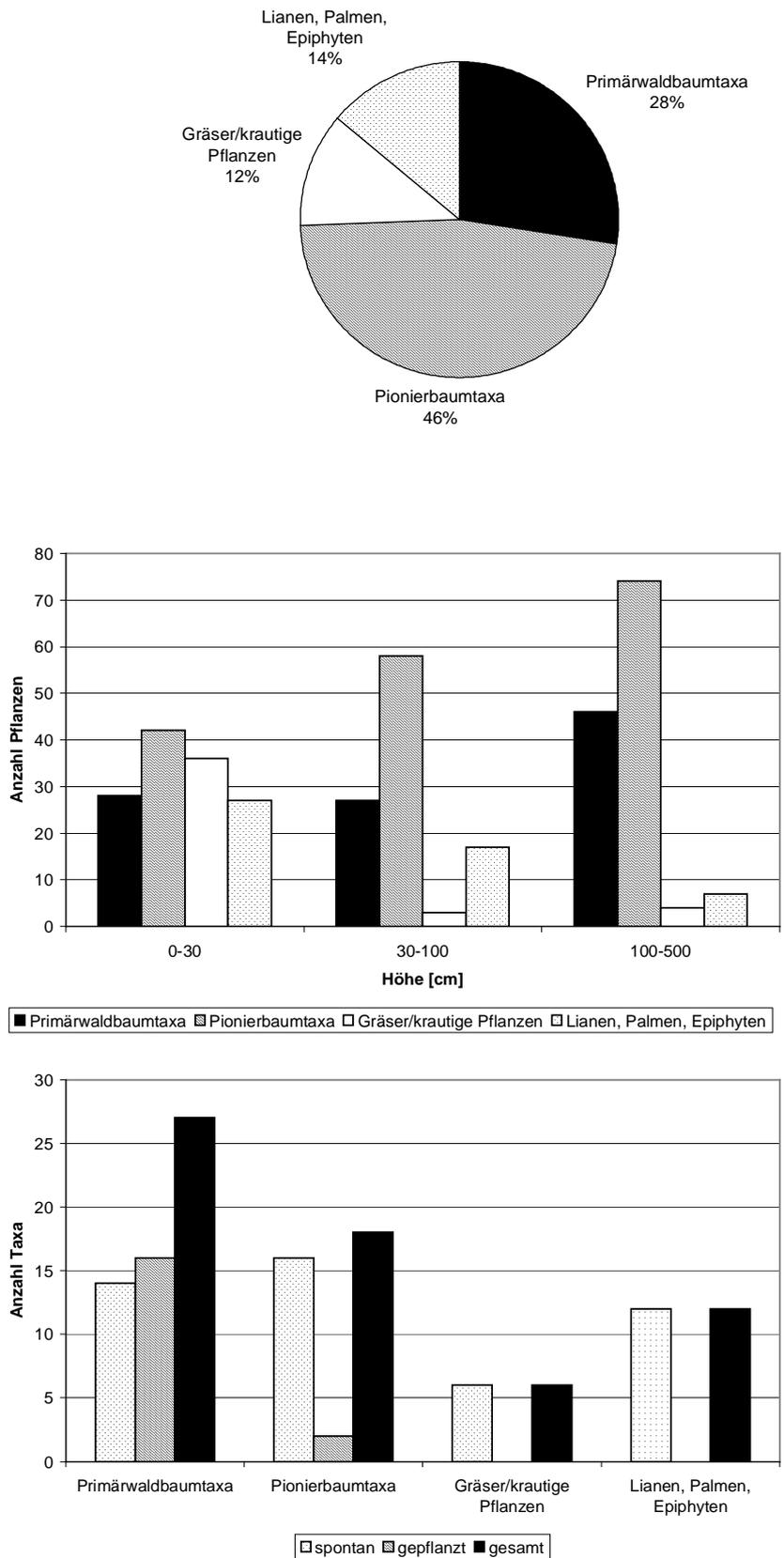


Abbildung 6: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 20 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

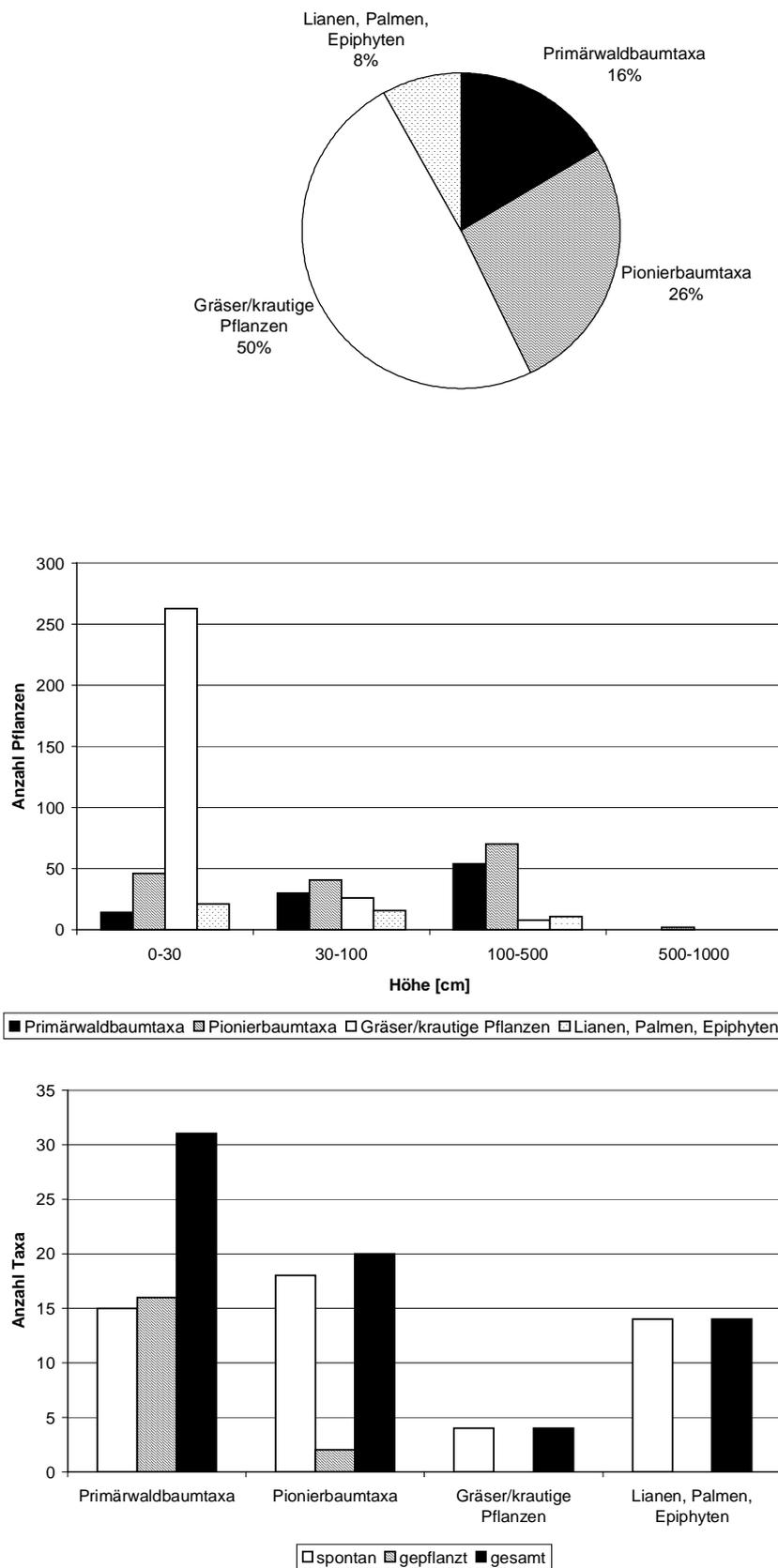


Abbildung 7: Untersuchungsparzellen der Fläche A1 zwei Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

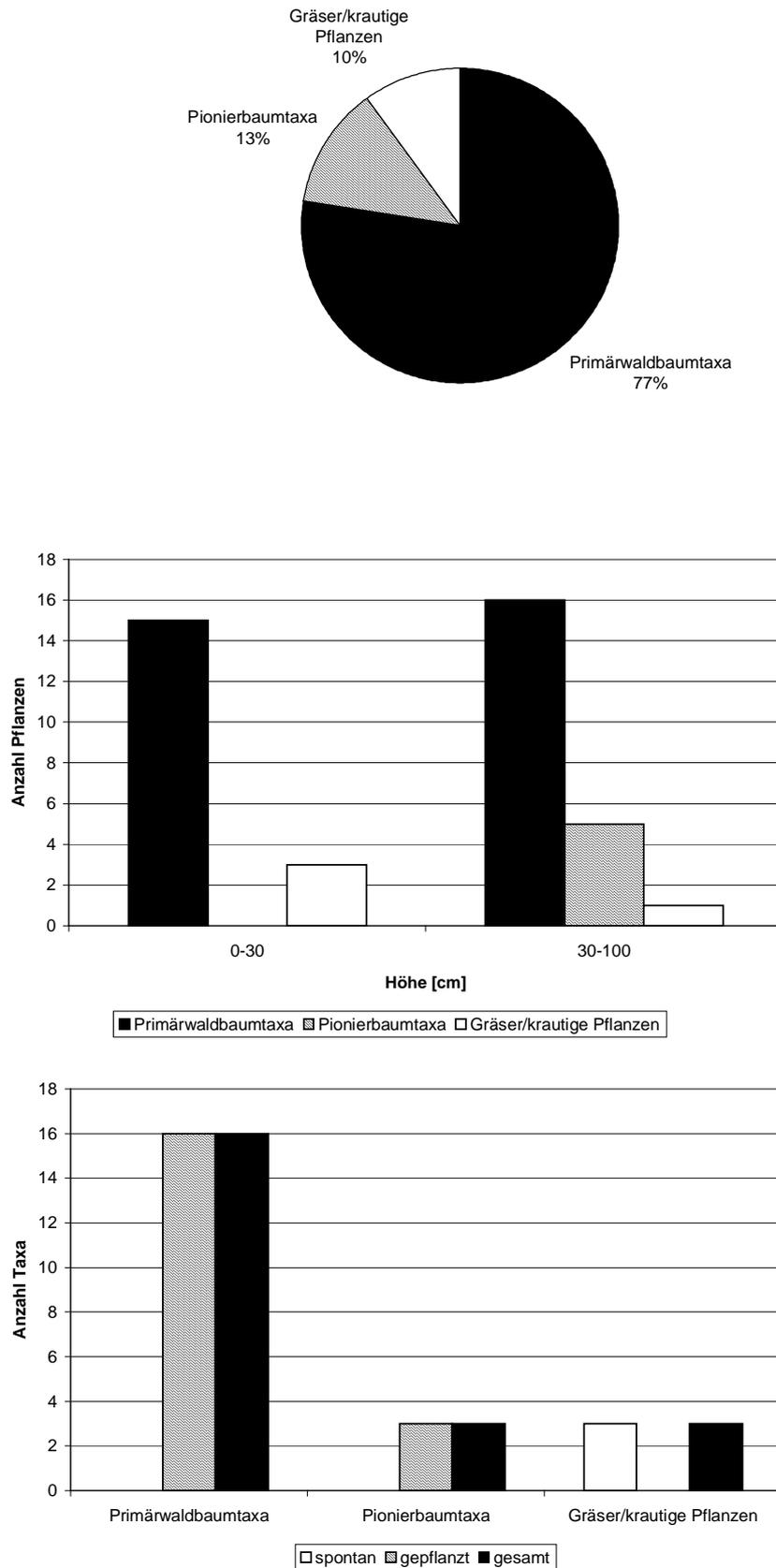


Abbildung 8: Untersuchungsparzellen der Fläche A18 sieben Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

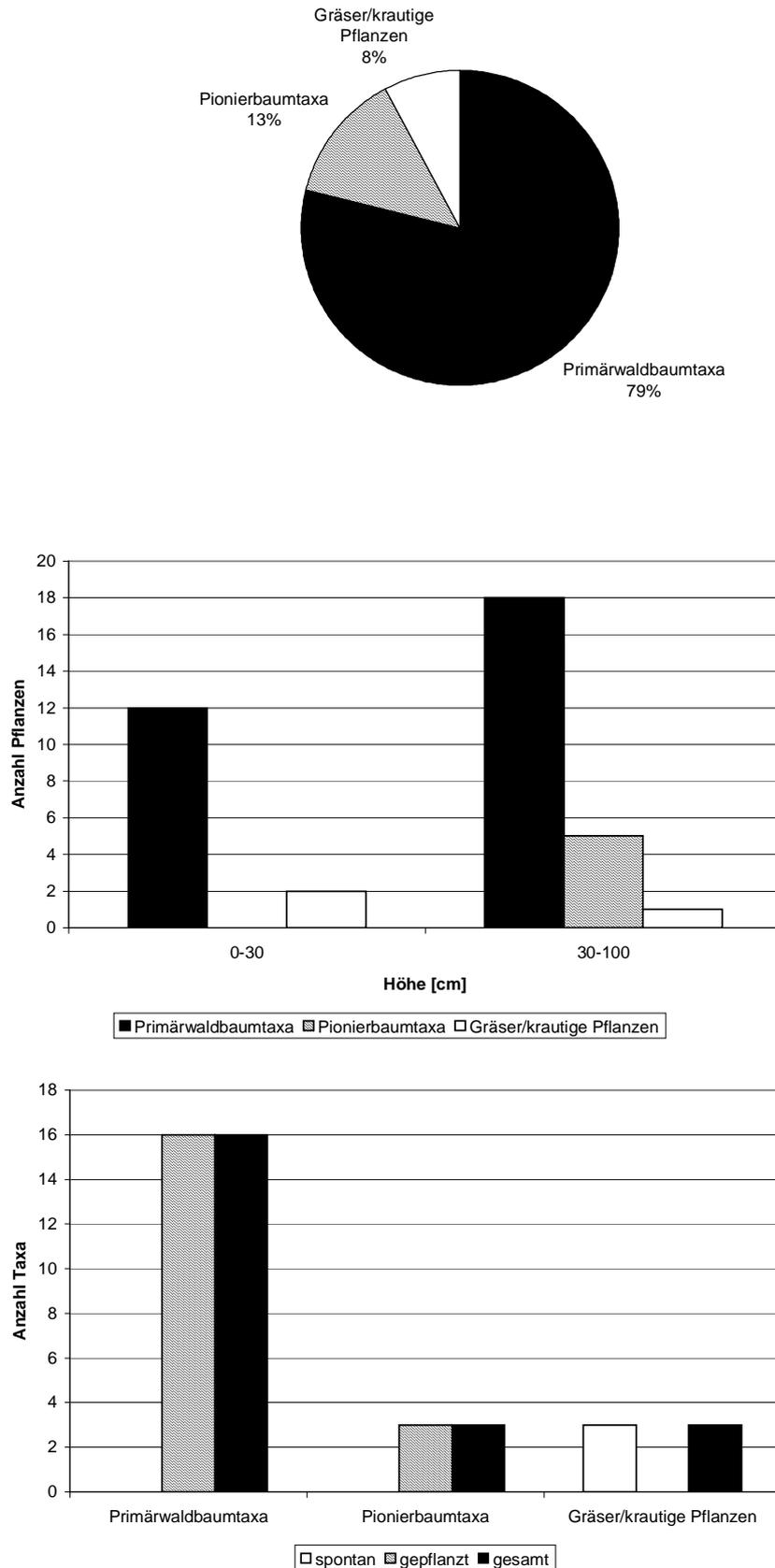


Abbildung 9: Untersuchungspartellen der Fläche A18 neun Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

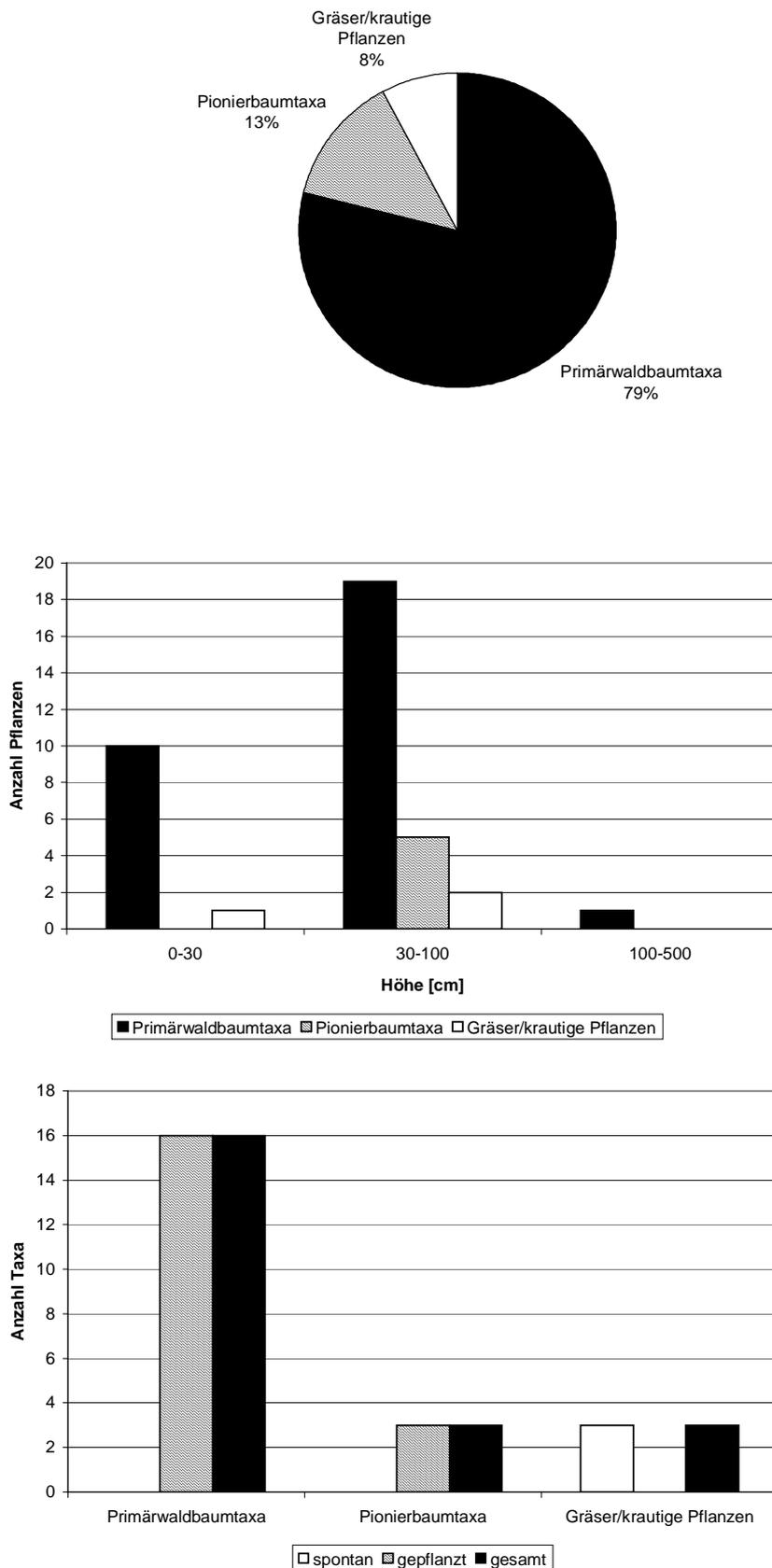


Abbildung 10: Untersuchungspartellen der Fläche A18 ein Jahr nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

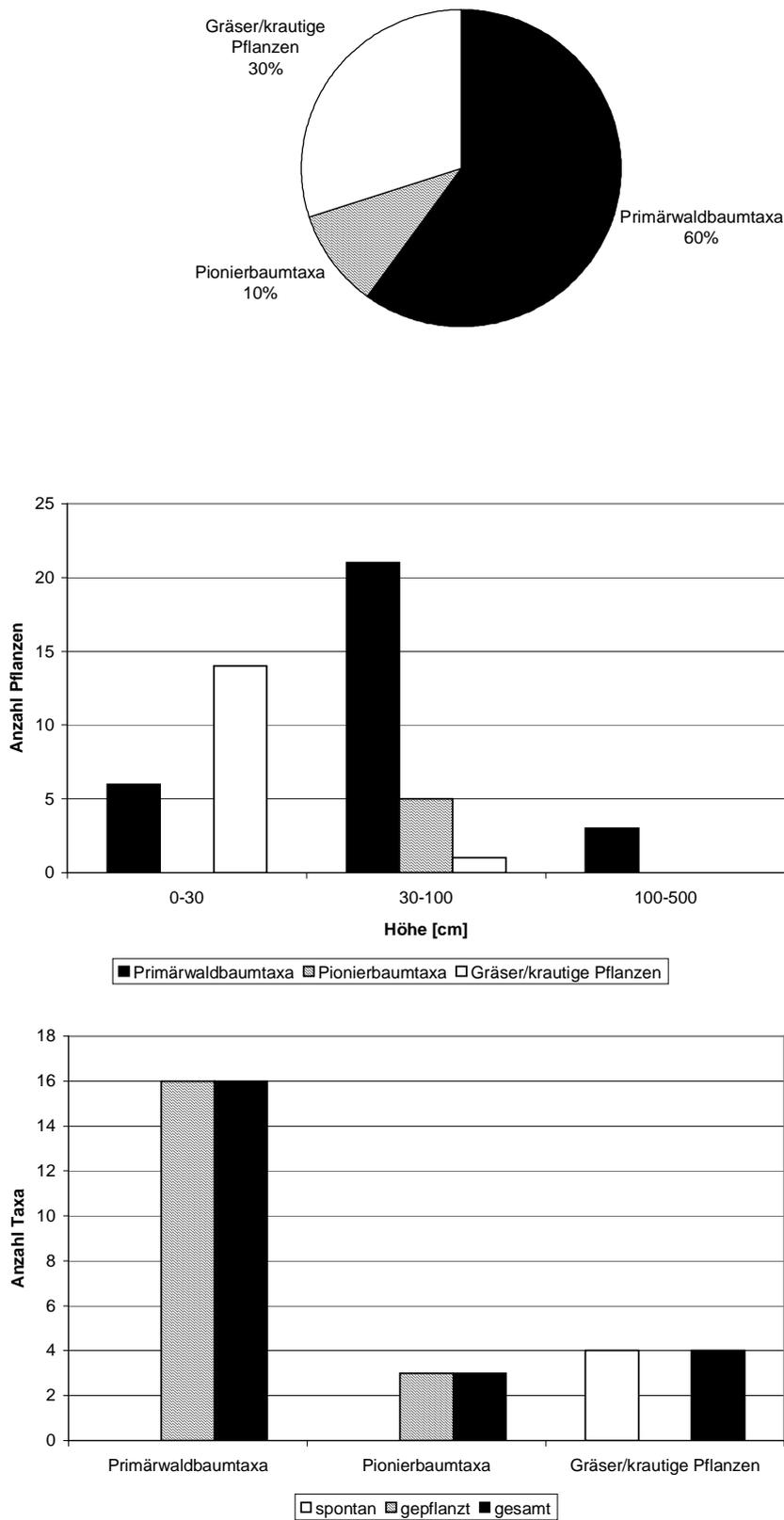


Abbildung 11: Untersuchungsparzellen der Fläche A18 14 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

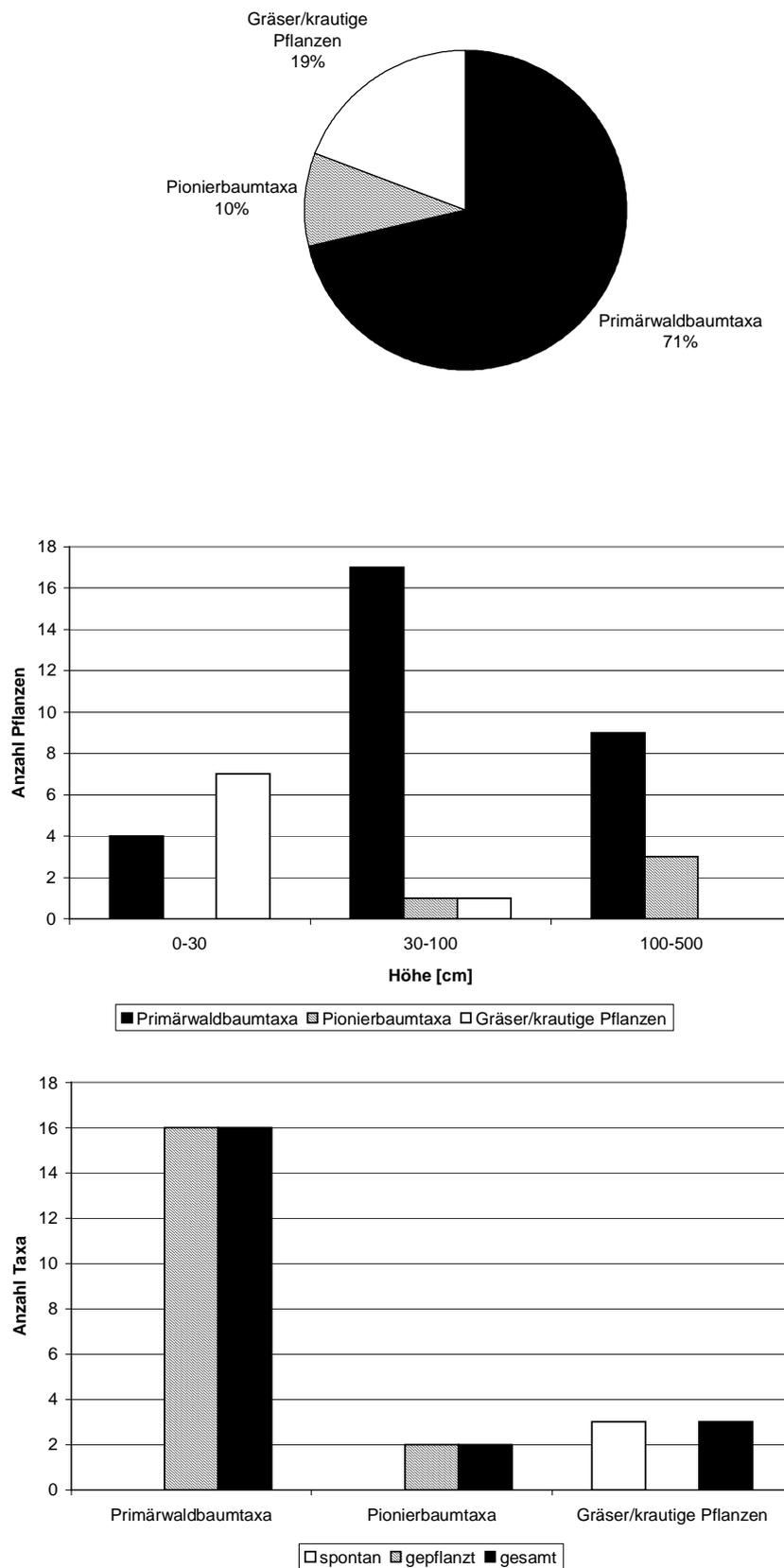


Abbildung 12: Untersuchungsparzellen der Fläche A18 20 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

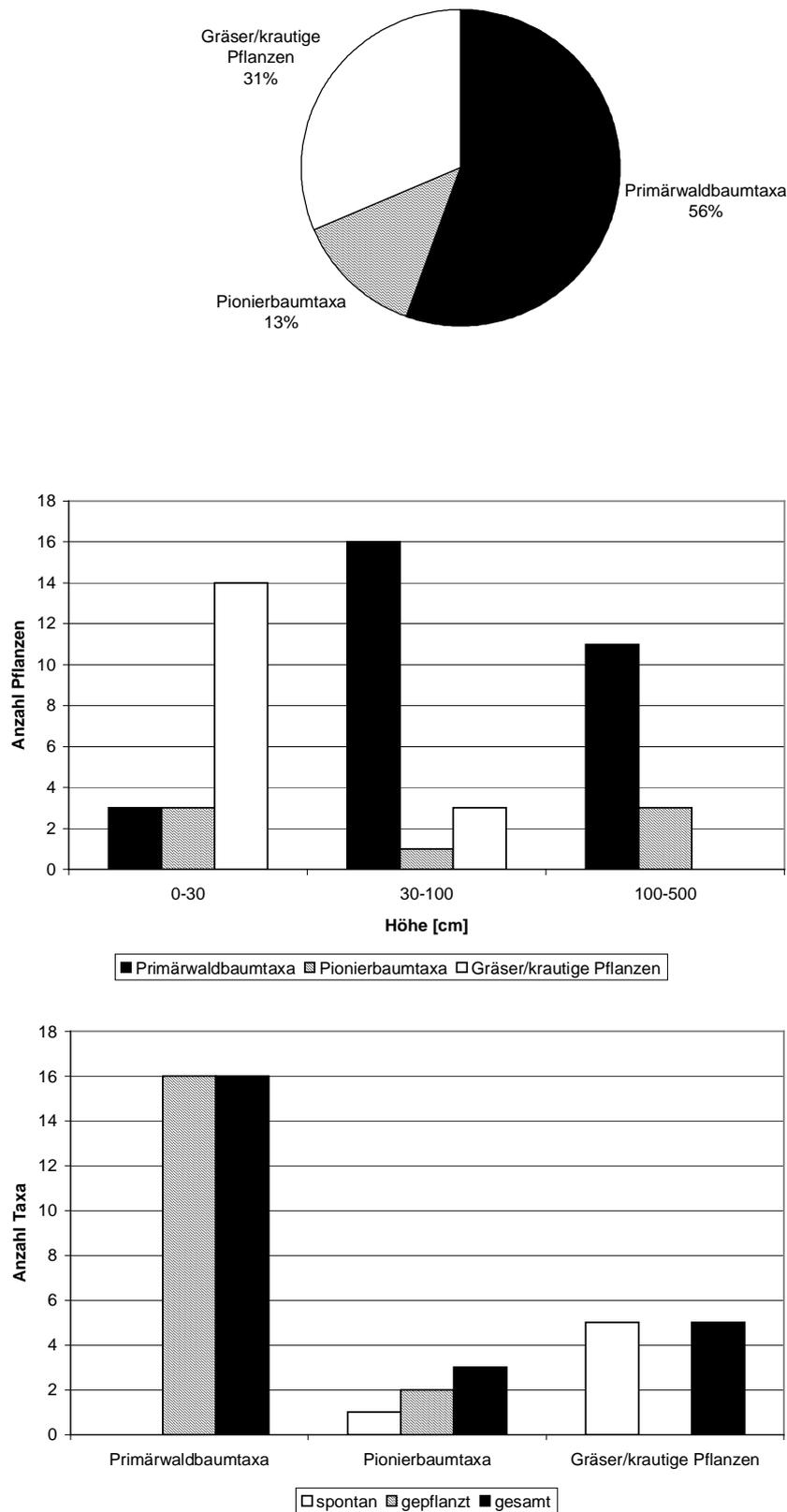


Abbildung 13: Untersuchungspartellen der Fläche A18 zwei Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

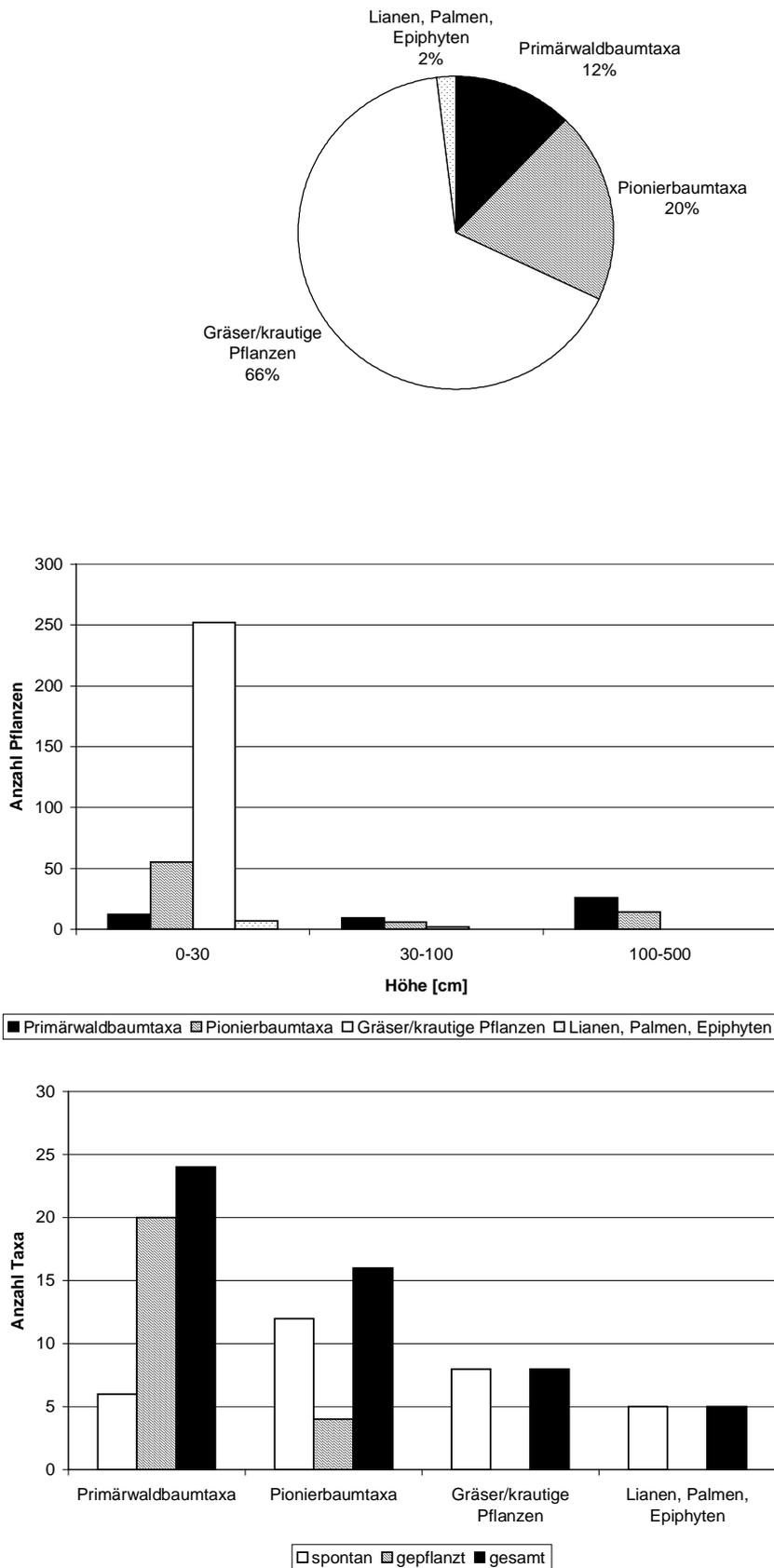


Abbildung 14: Untersuchungsparzellen der Fläche A2 16 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

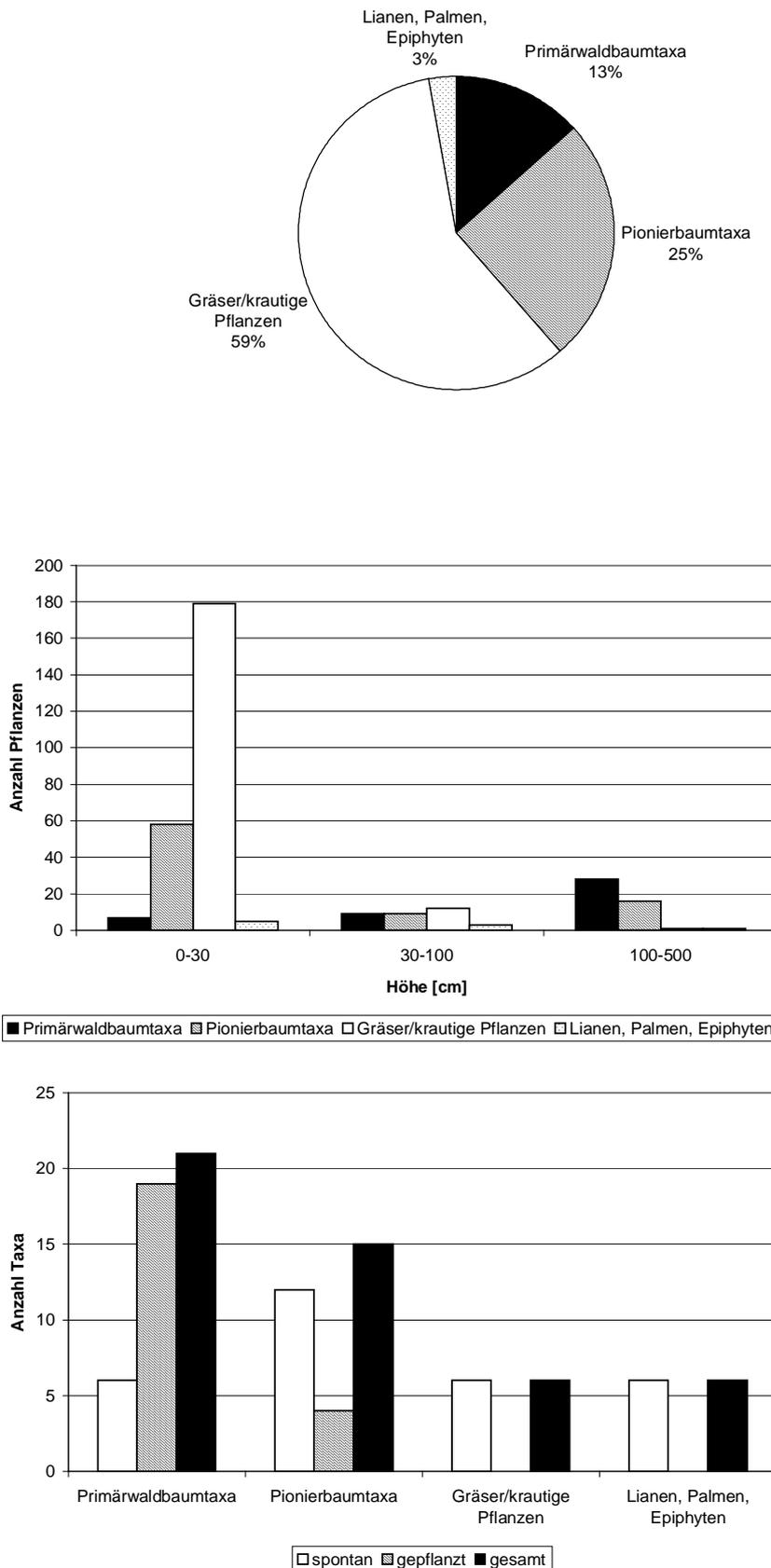


Abbildung 15: Untersuchungspartellen der Fläche A2 19 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

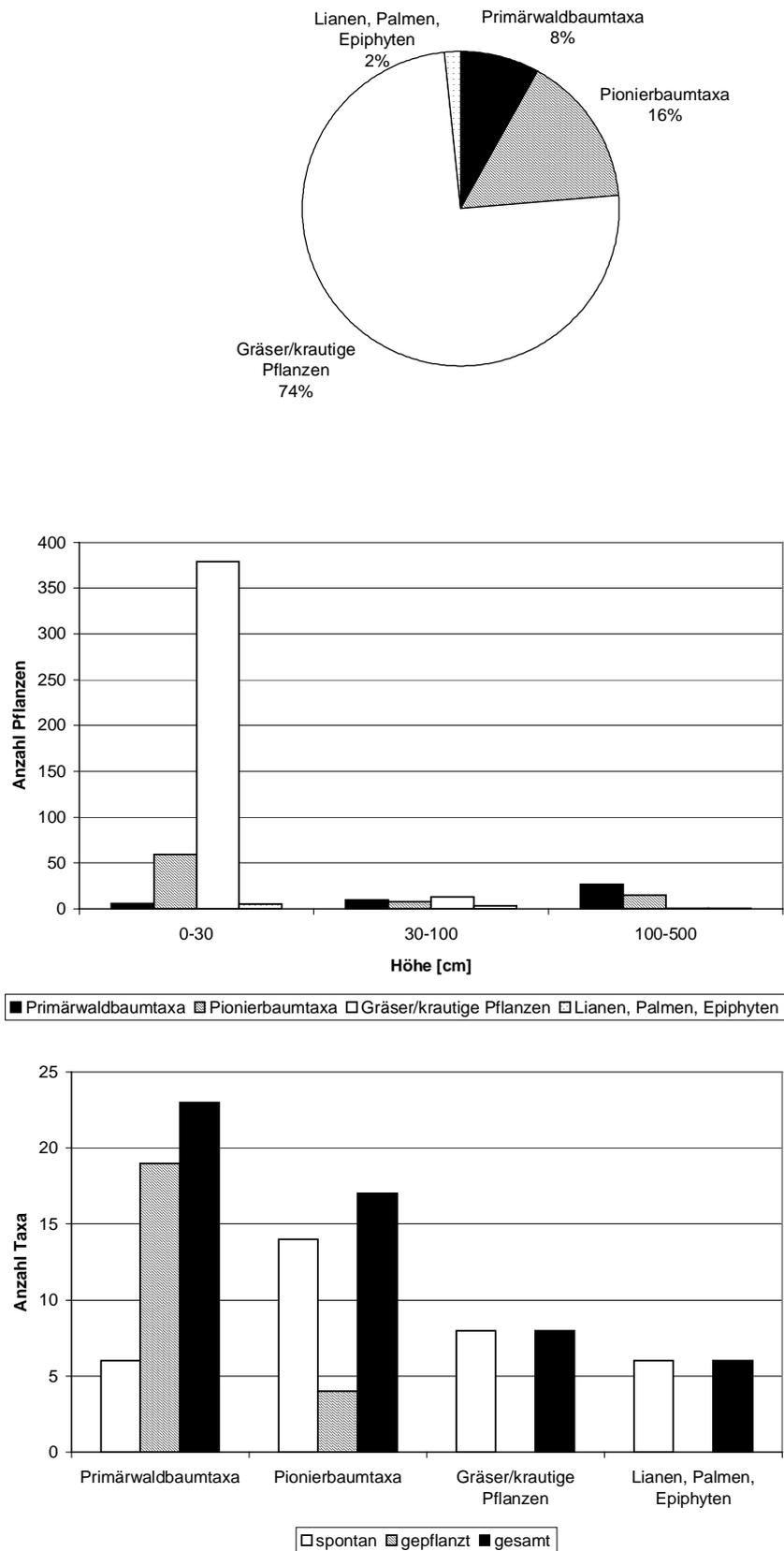


Abbildung 16: Untersuchungspartellen der Fläche A2 22 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

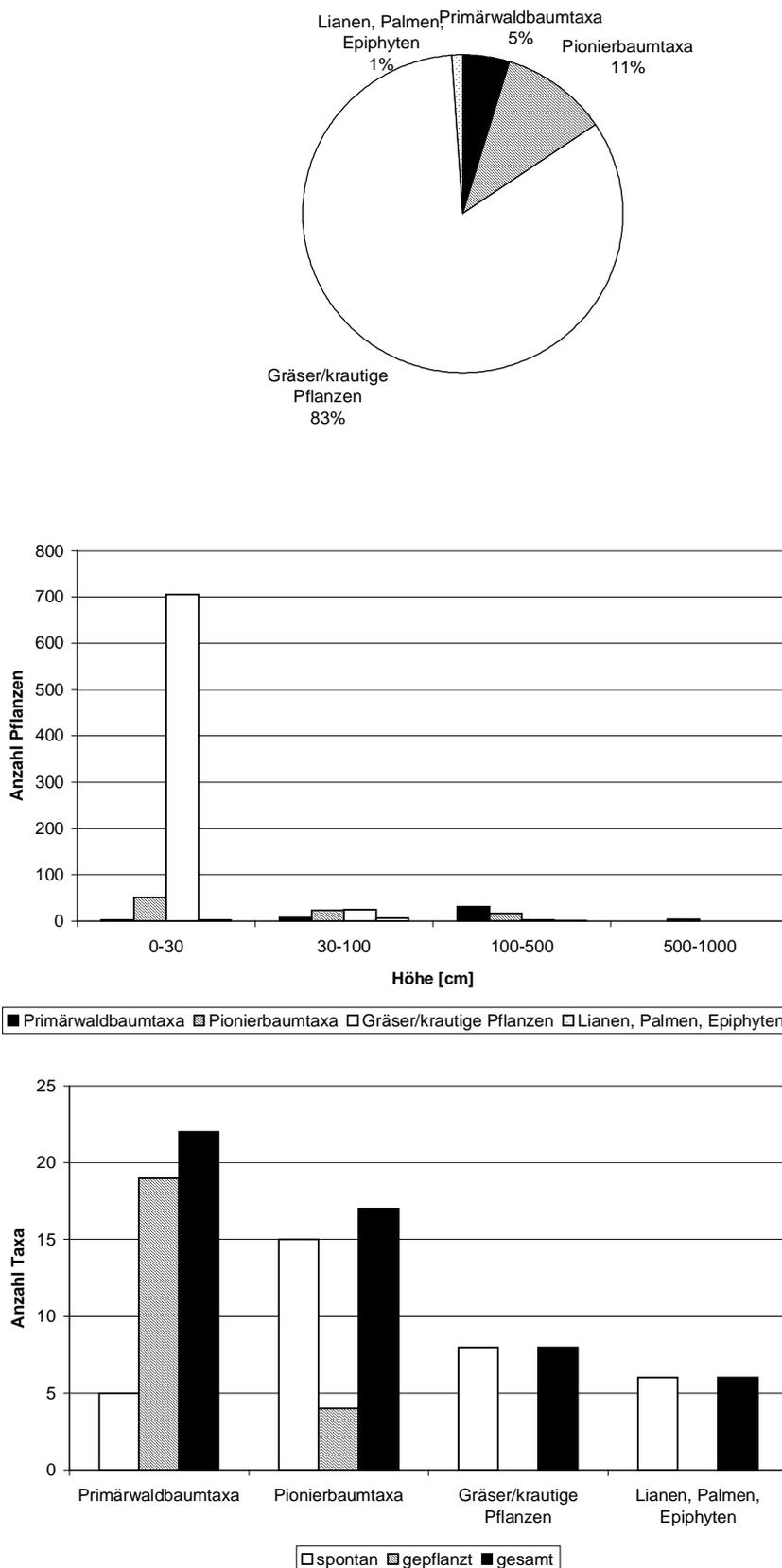


Abbildung 17: Untersuchungsparzellen der Fläche A2 28 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

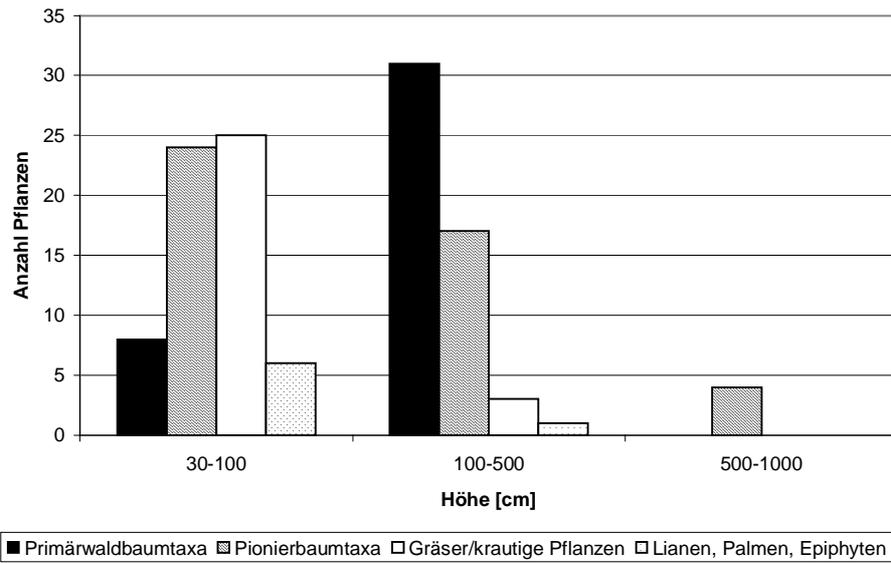


Abbildung 18: Untersuchungsparzellen der Fläche A2 28 Monate nach der Bepflanzung. Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. In dieser Darstellung wurde die Höhenklasse 0-30 cm weggelassen, um die Verteilung der anderen Höhenklassen deutlicher herauszustellen. In dieser Klasse gab es 762 Pflanzen insgesamt (siehe mittlere Graphik auf der vorherigen Seite)

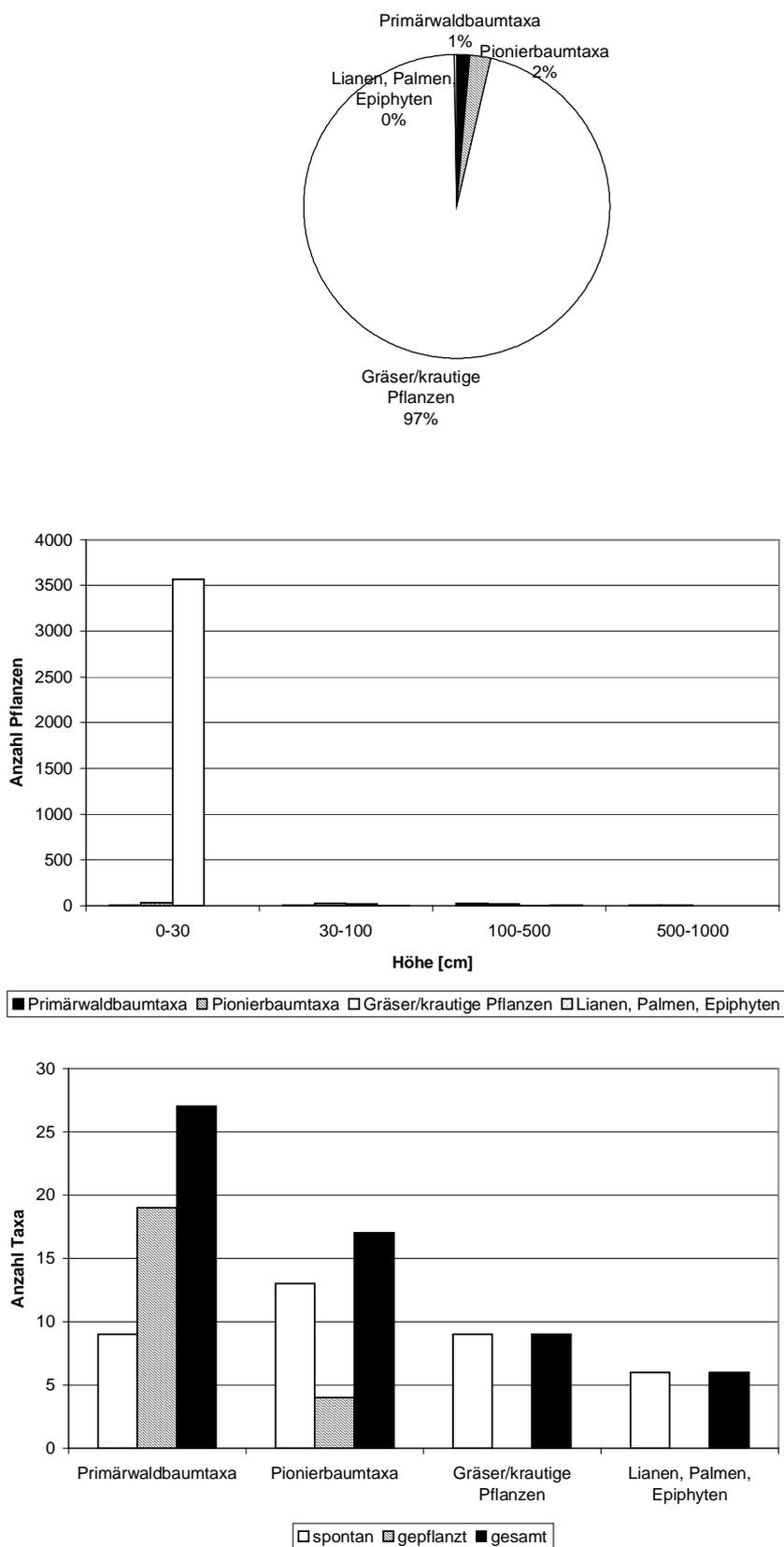


Abbildung 19: Untersuchungspartellen der Fläche A2 35 Monate nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

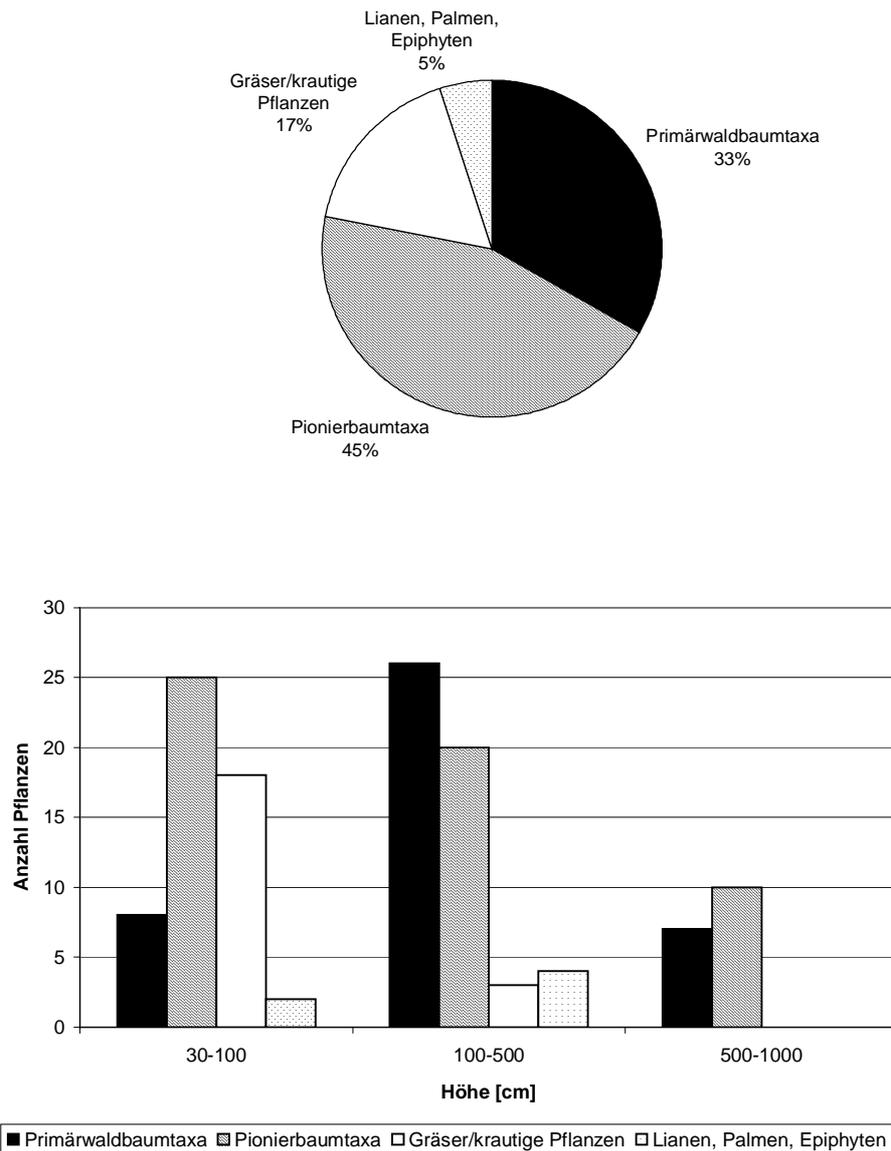


Abbildung 20: Untersuchungsparzellen der Fläche A2 35 Monate nach der Bepflanzung. Bei beiden Darstellungen wurde die Höhenklasse 0-30 cm nicht abgebildet (siehe auch die vorherige Abbildung oben und Mitte).

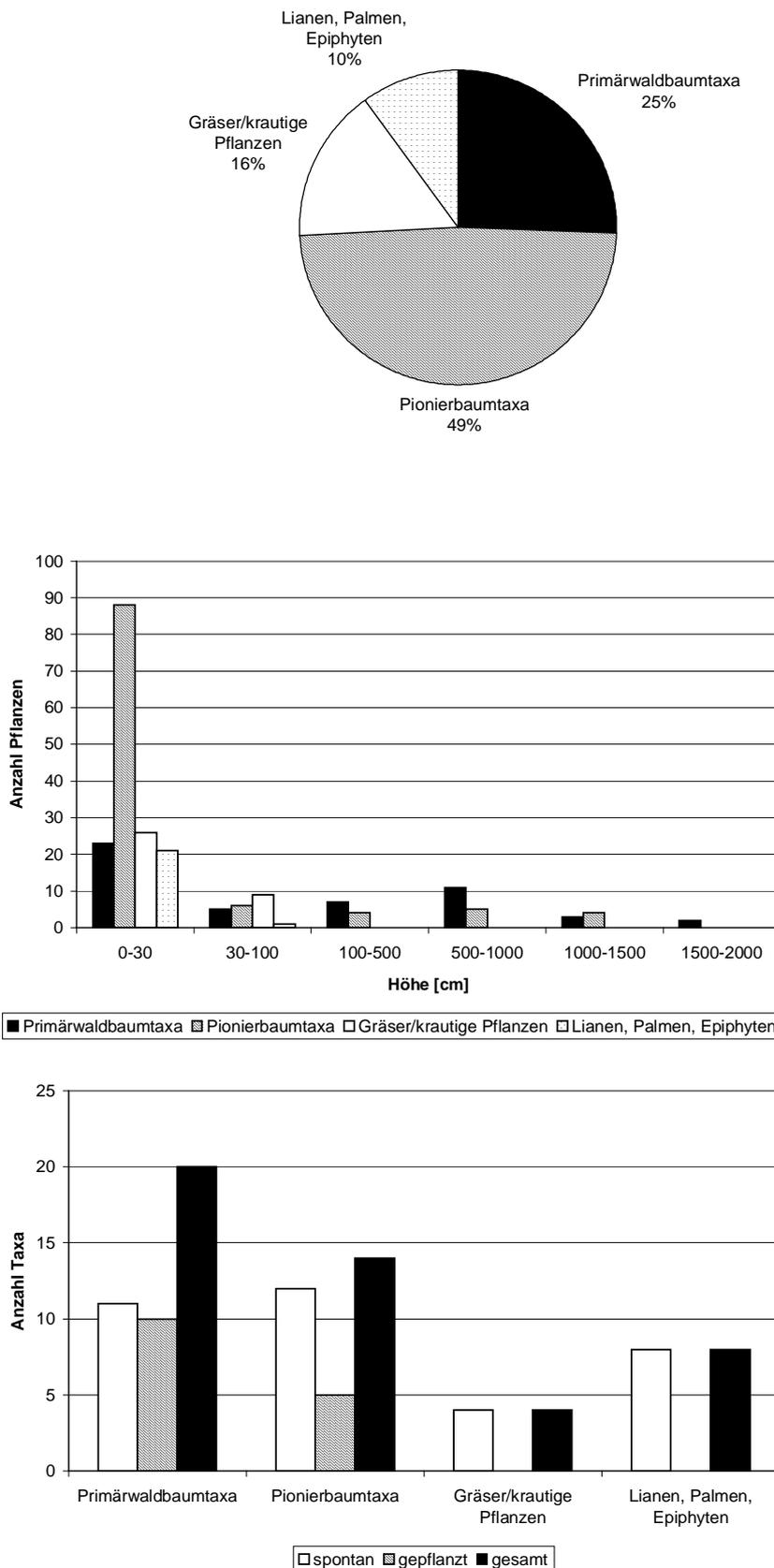


Abbildung 21: Untersuchungspartellen der Fläche A7 acht Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

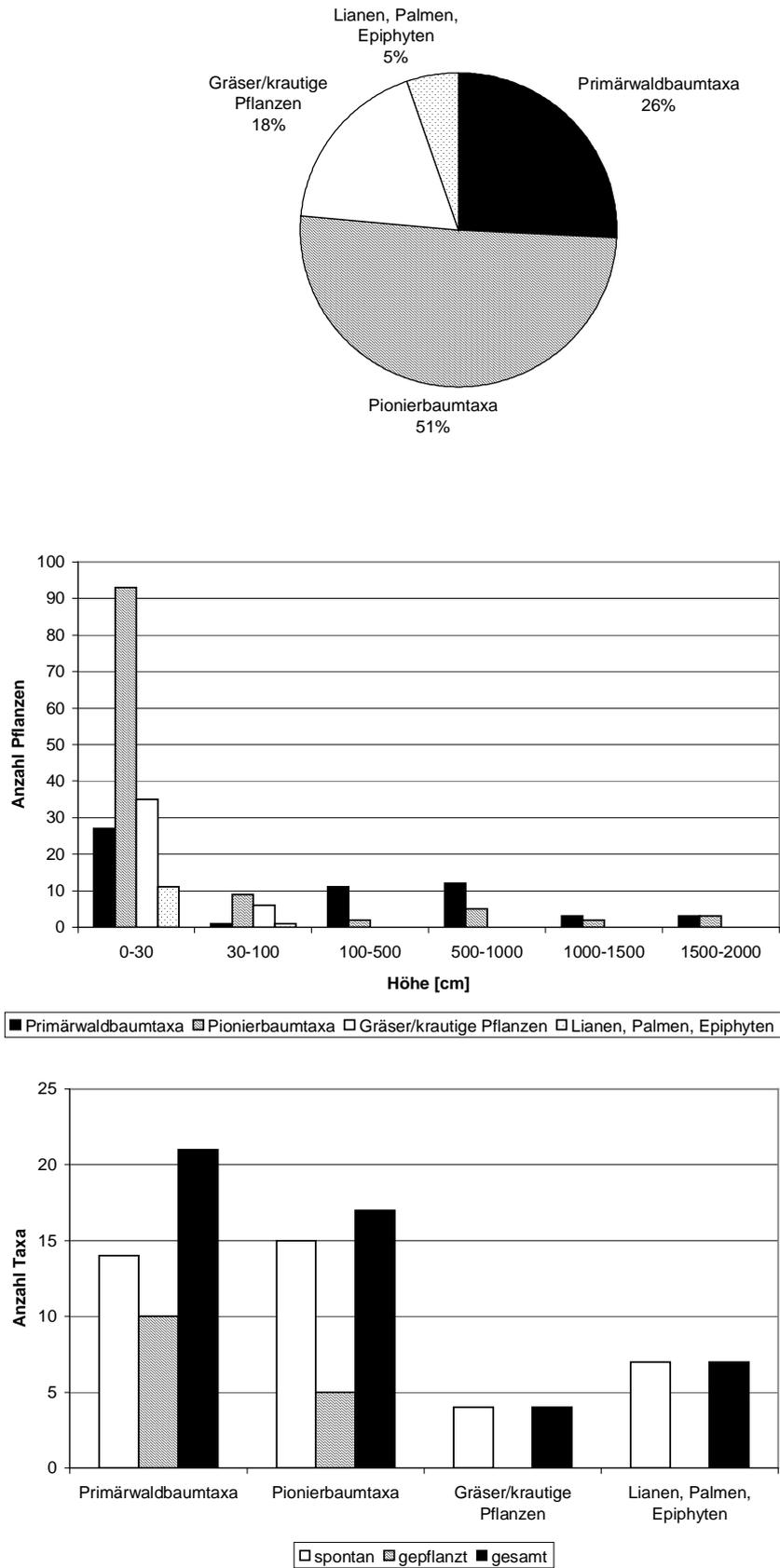


Abbildung 22: Untersuchungspartellen der Fläche A7 neun Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

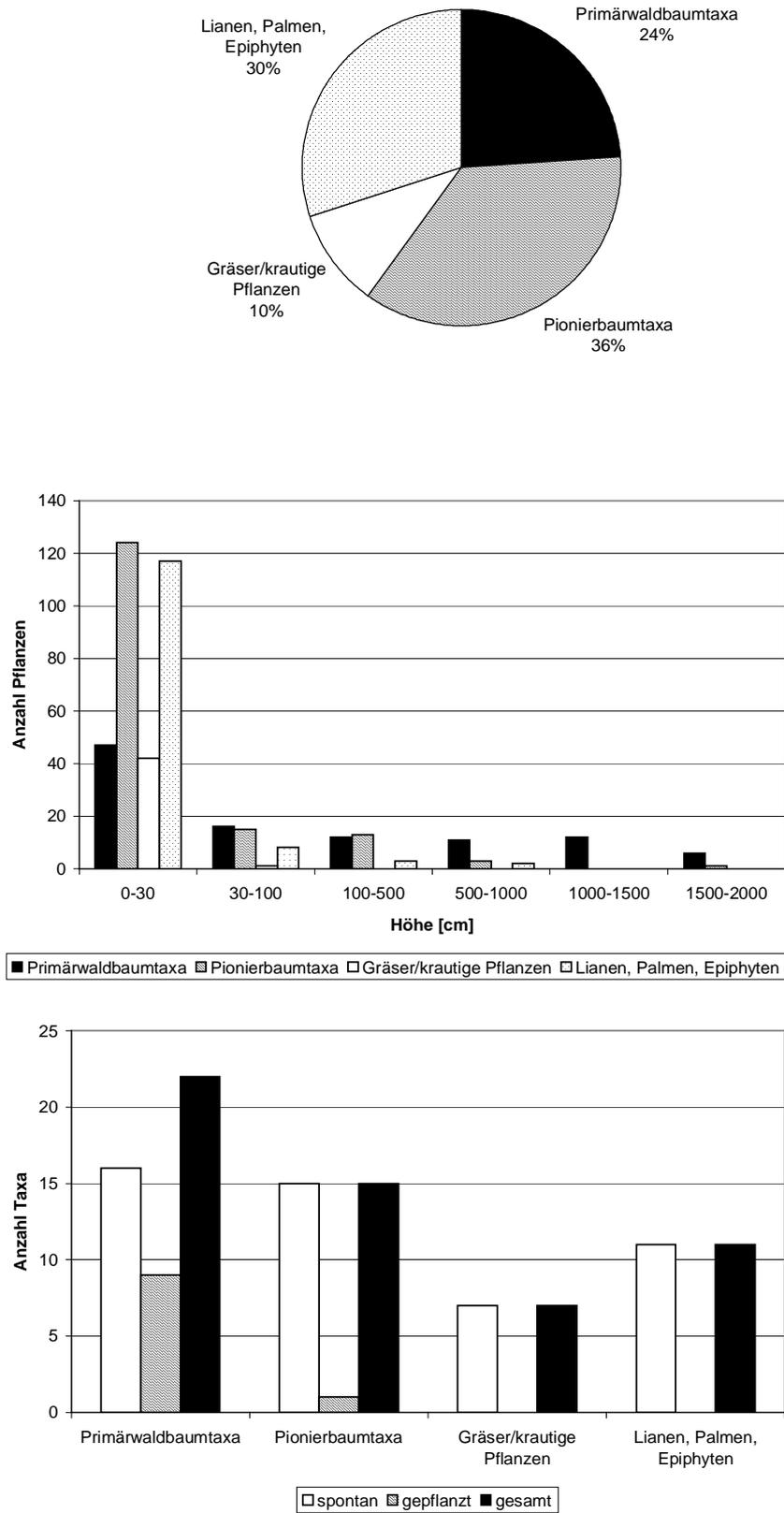


Abbildung 23: Untersuchungsparzellen der Fläche A17 zehn Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

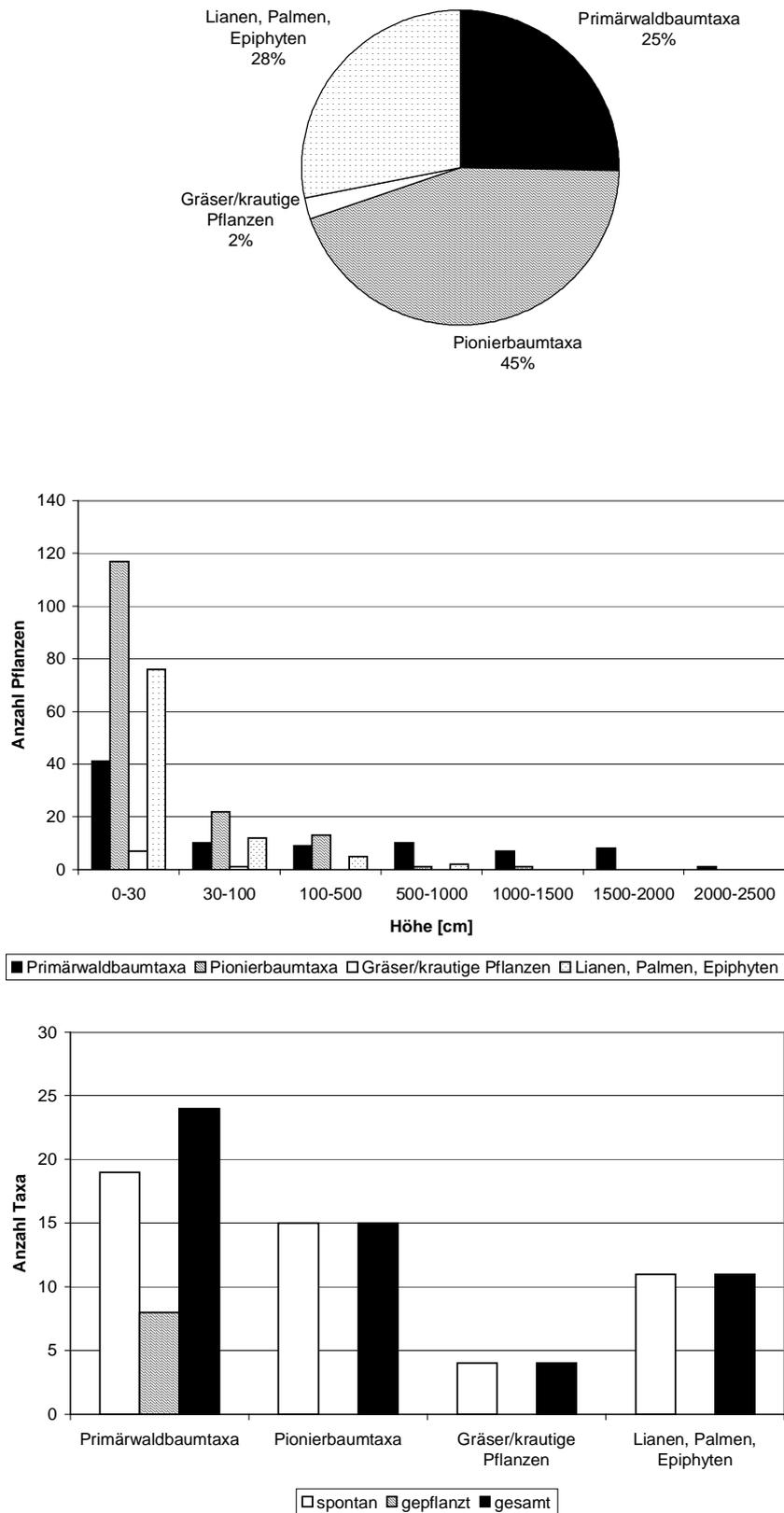


Abbildung 24: Untersuchungspartellen der Fläche A17 elf Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

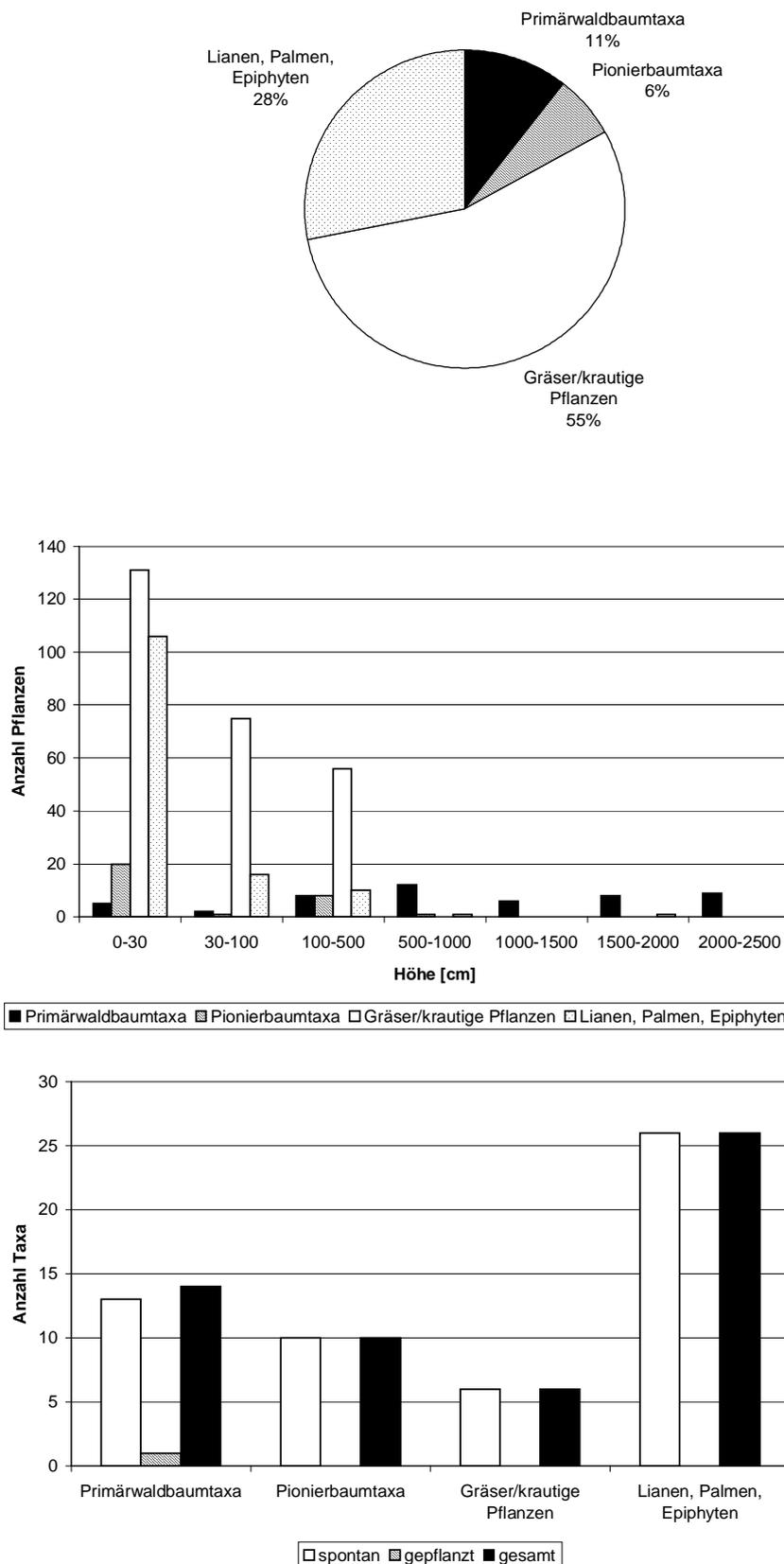


Abbildung 25: Untersuchungsparzellen der Fläche A14 zehn Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

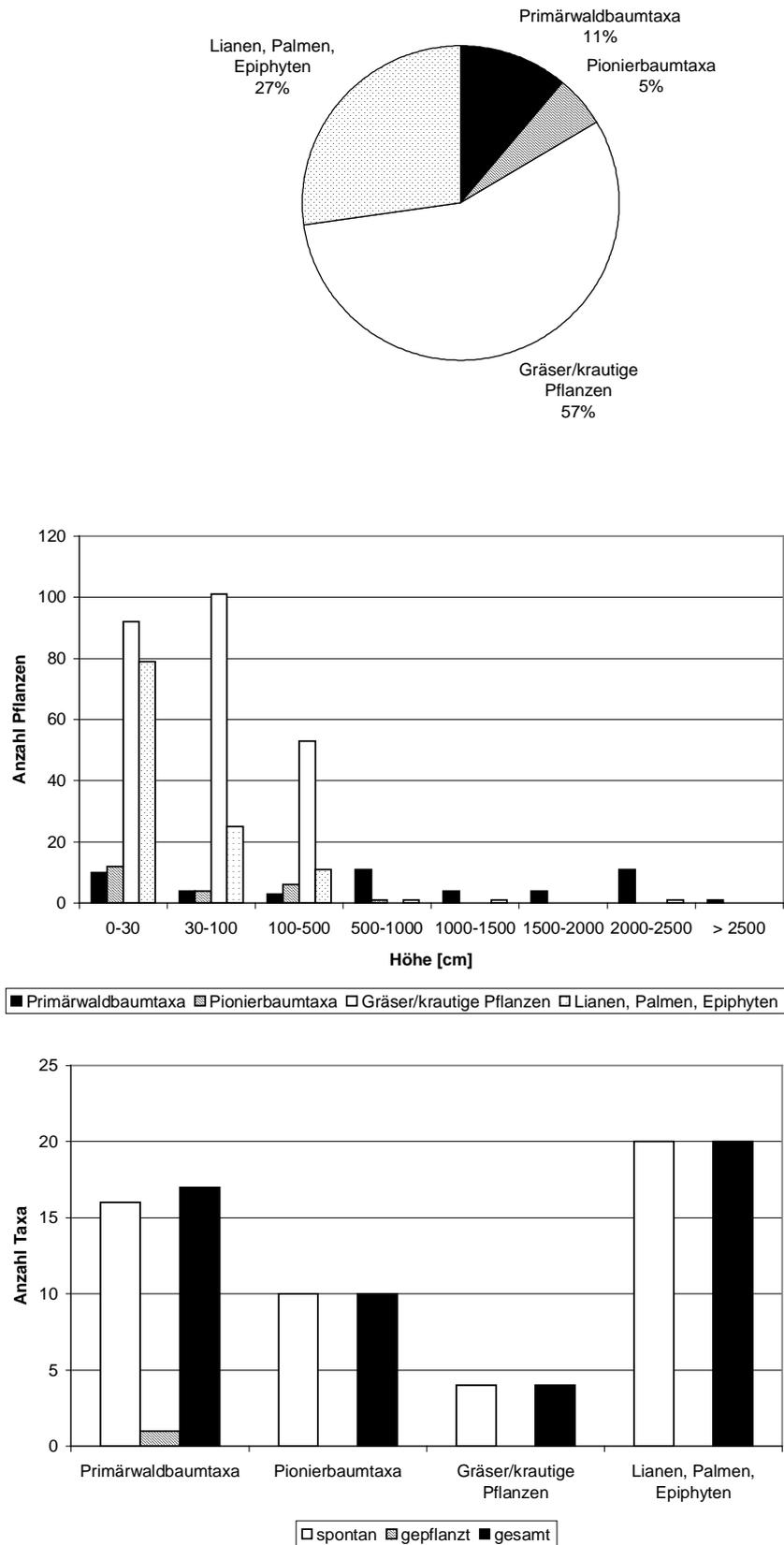


Abbildung 26: Untersuchungspartellen der Fläche A14 elf Jahre nach der Bepflanzung. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung. Bei den Baumarten ist zusätzlich in gepflanzt und spontan unterschieden.

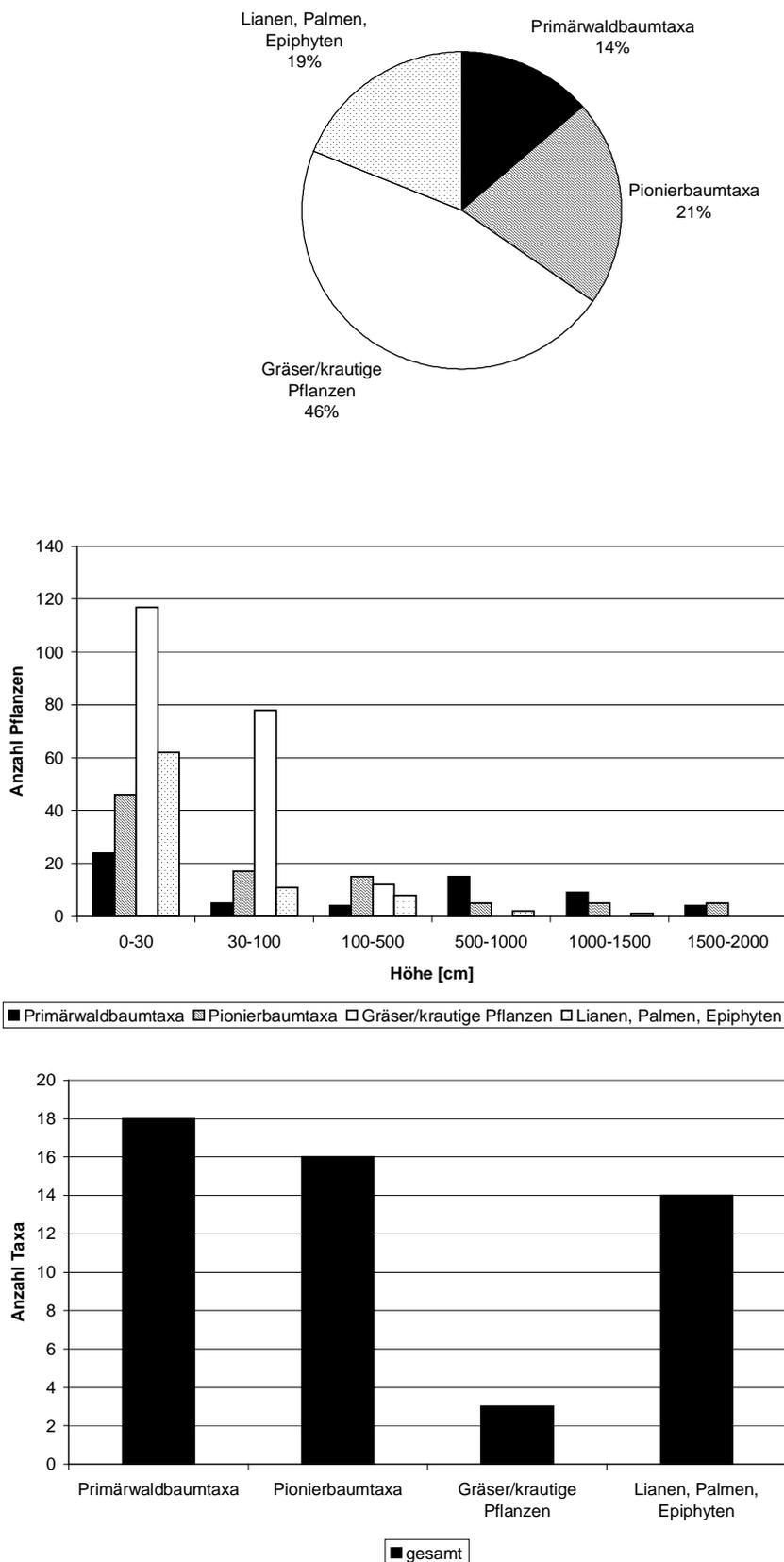


Abbildung 27: Untersuchungsparzellen der Fläche A13 nach zehn Jahren. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung.

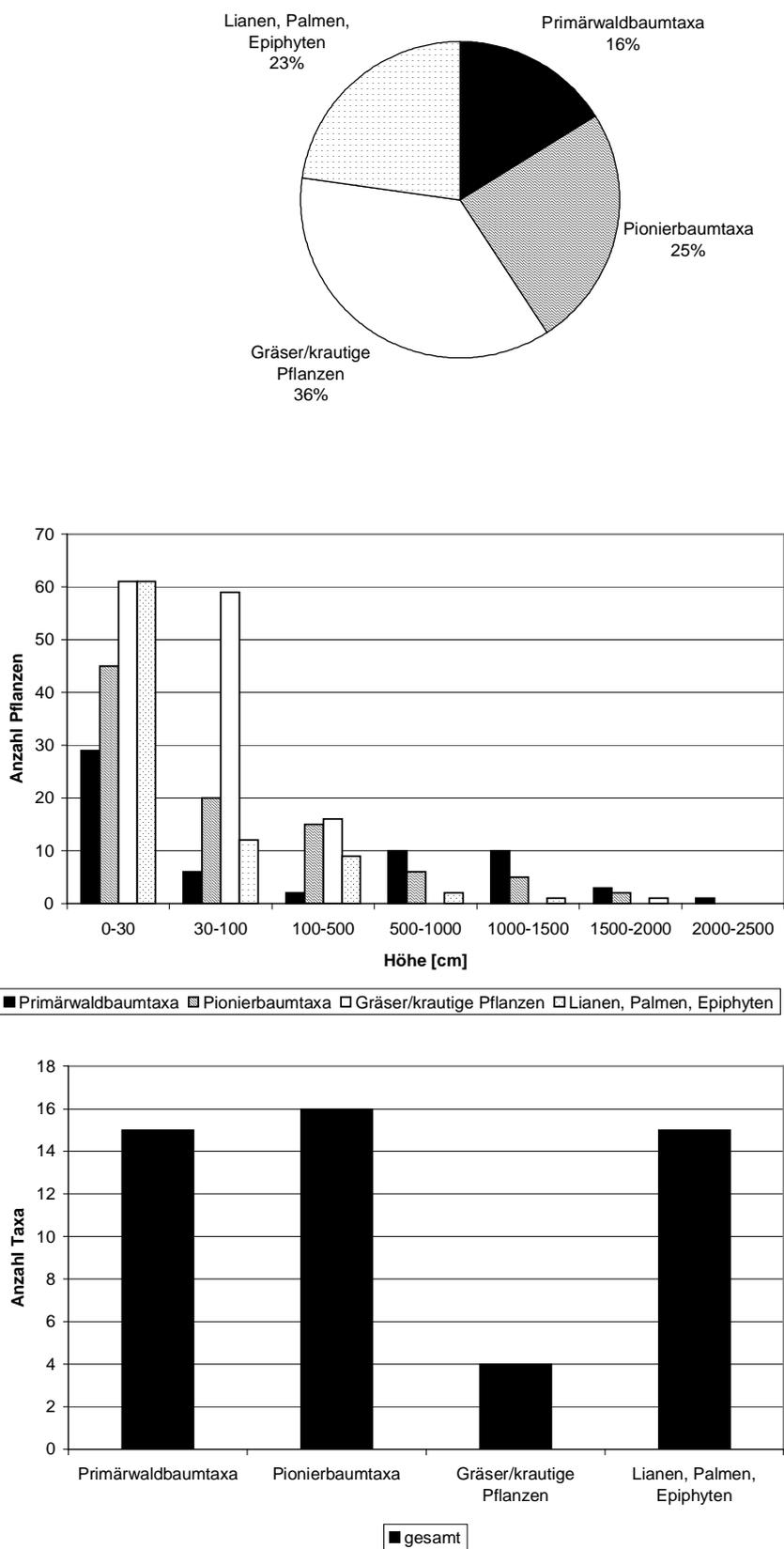


Abbildung 28: Untersuchungsparzellen der Fläche A13 nach elf Jahren. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung.

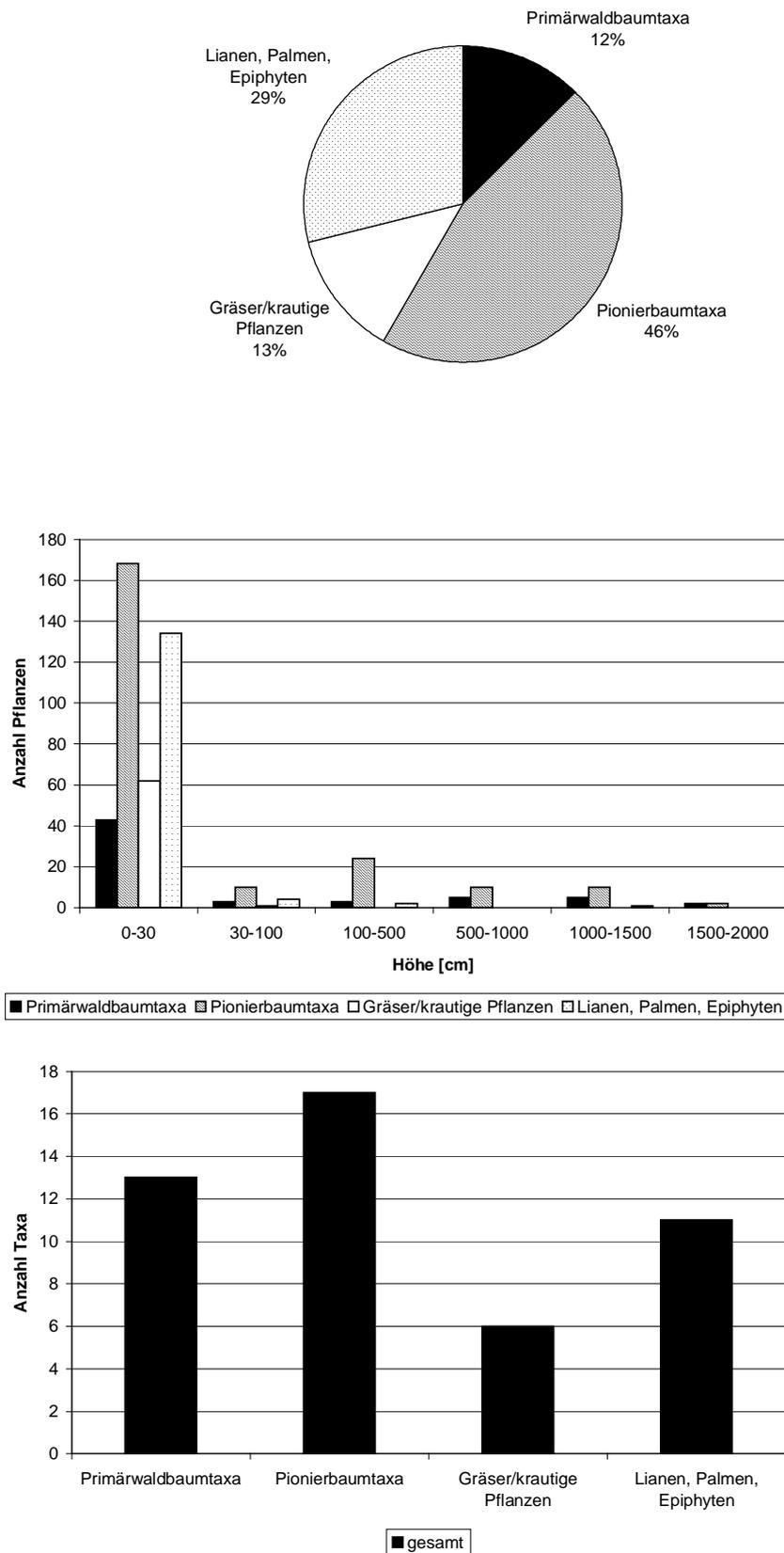


Abbildung 29: Untersuchungsparzellen der Fläche A15 nach zehn Jahren. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung.

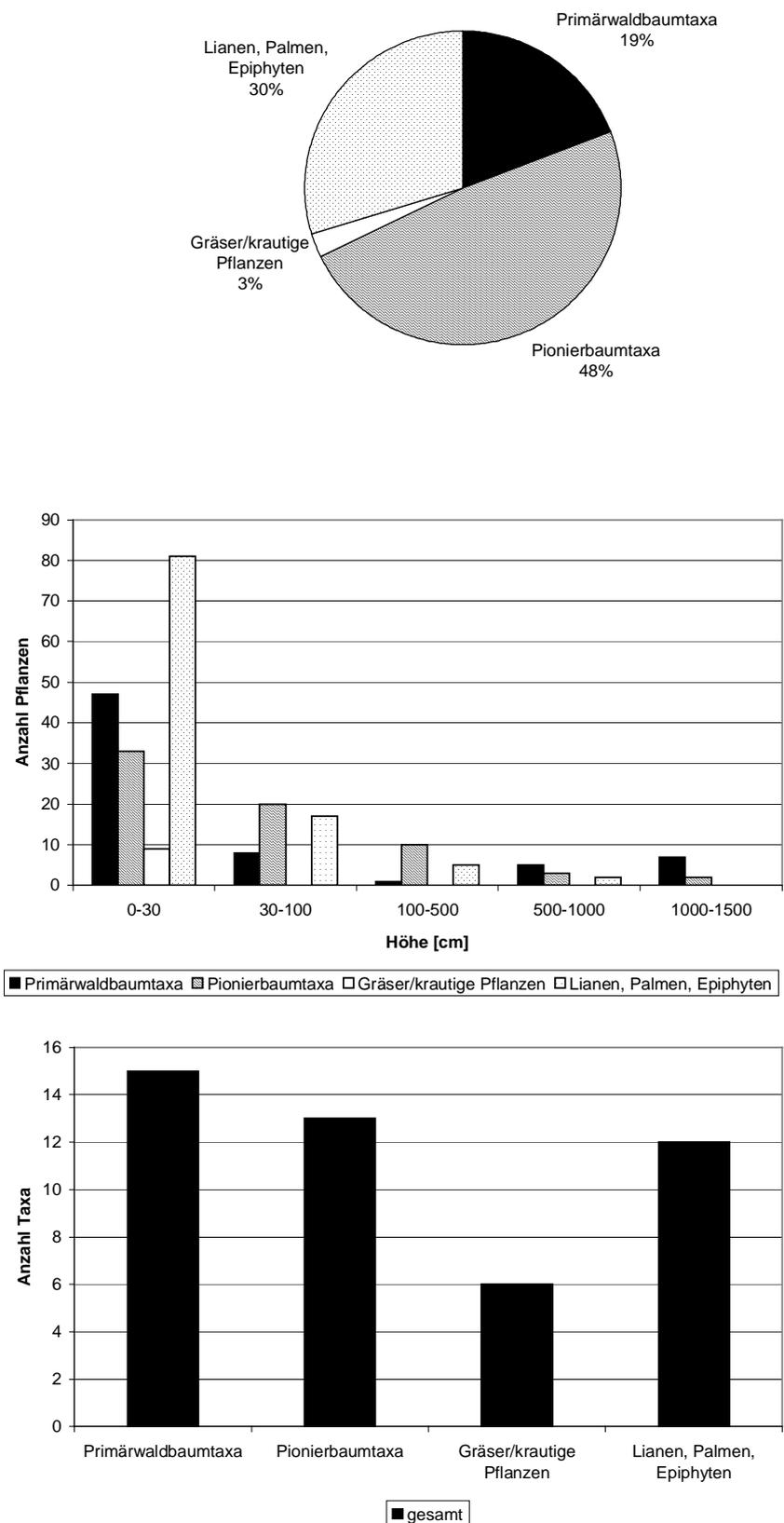


Abbildung 30: Untersuchungsparzellen der Fläche A15 nach elf Jahren. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung.

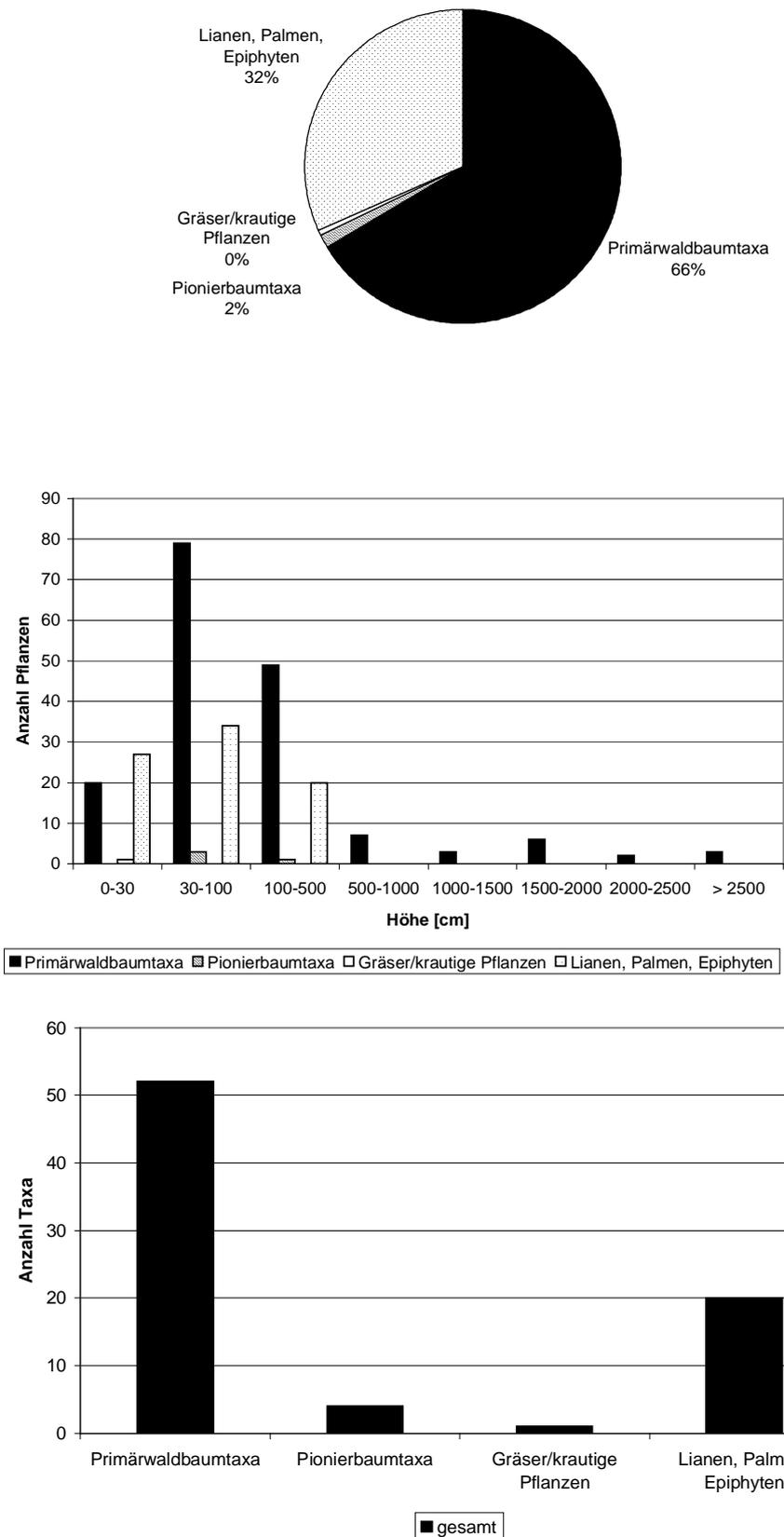


Abbildung 31: Untersuchungsparzellen im Primärwald. Oben: prozentuale Verteilung der Taxa. Mitte: Anzahl der Pflanzen innerhalb der Taxaeinteilung im jeweiligen Höhenbereich. Unten: Anzahl der unterschiedlichen Taxa innerhalb der Taxaeinteilung.