

Vegetationskartierung in der südbrasilianischen Serra Geral mit Hilfe von IR-Farbluftbildern

RALF BAASKE & WOLFGANG TZSCHUPKE, Rottenburg am Neckar

Zusammenfassung: Die für die Bergwälder der südbrasilianischen Bundesstaaten Rio Grande do Sul, Santa Catarina und Paraná charakteristische Brasilkiefer (*Araucaria angustifolia*, Bert. O. Ktze.), die durch jahrzehntelange Übernutzungen nahezu ausgerottet wurde, ist das zentrale Untersuchungsobjekt des sog. Araukarienwaldprojektes, eines interdisziplinären brasilianisch-deutschen Forschungsvorhabens. Über die Art und Verteilung der Vegetation des Untersuchungsgebietes – eine nahezu unerschlossene rund 5000 ha große ehemalige Fazenda, die heute größtenteils mit Sekundärwäldern bestockt ist – war zu Beginn der intensiven Forschungsarbeiten so gut wie nichts bekannt. Das Projektgebiet wurde daher mit Infrarotfarbluftfilm befliegen. Nach Georeferenzierung und Entzerrung konnte dann mit Hilfe der aufgenommenen Luftbilder eine sehr detaillierte Vegetationsinventur und -kartierung durchgeführt werden, welche nach Integration in ein spezielles Projekt-GIS eine wichtige Grundlage für zahlreiche weitere waldökologische Untersuchungen darstellt.

Summary: *Vegetation-mapping in the South-brazilian Serra Geral with infrared-aerial photographs.* The Parana Pine (*Araucaria angustifolia*, Bert. O. Ktze.), a peculiar coniferous tree (s. Abb. 1) was once one of the characteristic species of the natural mountain forests of the south-brazilian states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Paraná. However, intensive exploitation during decades reduced the occurrence of that specie to approx. two percent of its former area. This is why the knowledge about the ecology of Brazilian Araucaria-forests and the search for a nature oriented way for their regeneration as well as their sustained use are the main objectives of an interdisciplinary Brazilian-German research-project, that started some years ago. For the in-situ-investigations a former 5000 hectare Fazenda, which now is mostly covered by so called secondary growth, could be acquired. As at the beginning of the project nearly nothing was known about the occurrence and structure of the vegetation-cover an aerial overflight with an infrared-color-aerial-film in a 1 : 10000 scale was ordered and performed. With the help of the georeferenced and ortho-rectified aerial-fotos a vegetation inventory could be carried out. The main result of that inventory is an actual and very detailed vegetation-type-map (s. fig. 5), which is integrated in a special project-GIS and which thus is a reliable base for further ecological investigations.

1 Einleitung – das Araukarienwaldprojekt

Seit mehreren Jahren arbeiten zahlreiche Bio-, Geo- und Forstwissenschaftler der brasilianischen Bundesuniversitäten Santa Maria und Curitiba, der brasilianischen päpstlichen Universität Porto Alegre sowie der Universität Tübingen und der Fachhochschule Rottenburg a. N. in einem groß angelegten interdisziplinären Araukarien-

waldprojekt im südbrasilianischen Bergland, der Serra Geral im Bundesstaat Rio Grande do Sul zusammen. Im Mittelpunkt dieses vom BMBF finanzierten Projektes steht dabei – quasi als Leitbaumart – die im südbrasilianischen Bergland beheimatete Baumart *Araucaria angustifolia* (Bert. O. Ktze.). Diese im Alter eigentümlich aussehende Baumart (s. Abb. 1), die in Europa auch unter den Namen Brasilkiefer oder Parana Pine bekannt wurde, gehört zu einer

der ältesten Koniferenfamilien, die bereits im Mesozoikum vorkam. Araukarien gelten daher als lebende Fossilien.

Bis vor wenigen Jahrzehnten bildete die brasilianische Araukarie in den Bundesstaaten Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná und einigen angrenzenden Gebieten große geschlossene Waldgebiete. Als fatal erwies sich jedoch, dass das Holz der Brasilkiefer sehr hochwertig ist und da man die Araukarienvorräte lange Zeit für unerschöpflich hielt, erfolgte über Jahrzehnte ein rücksichtsloser Raubbau mit der Folge, dass heute nur noch etwa zwei Prozent der ursprünglichen natürlichen Araukarienwälder vorhanden sind (SEITZ 1986). Diese Restbestände sind inzwischen unter Schutz gestellt worden.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das Projekt im Wesentlichen zwei Ziele: Einerseits geht es darum, die Kenntnis über die im natürlichen Verbreitungsgebiet der Brasilkiefer vorkommenden Ökosysteme, insbesondere des Araukarienwaldes zu verbessern und andererseits soll modellhaft ein Konzept für eine naturnahe Wiederbegründung und nachhaltige Bewirtschaftung von Araukarienwäldern entwickelt werden.

Als großes „Freilandlabor“ steht für dieses Projekt eine rund 5000 ha große ehemalige Fazenda zur Verfügung, deren Erwerb u. a. von der in Brasilien stark engagierten Fa. Stihl finanziert wurde. Neben einigen ehemaligen Weideflächen kommen in diesem Gebiet großflächig natürliche Sekundärwälder vor, also Sukzessionsstadien, die sich nach der Zerstörung der ursprünglichen Primärwälder entwickeln konnten. Zu Beginn der Arbeiten war aber nicht bekannt, wo und in welchen Anteilen die verschiedenen Vegetationsformen vorkamen. Zwar wurden schon zuvor einige pflanzen-soziologische Untersuchungen durchgeführt (z. B. BAASKE 1999 u. NOACK 1999), doch hatten diese alle nur punktuellen Charakter und ihre Ergebnisse eigneten sich daher nicht oder nur bedingt zur Ableitung allgemeinerer pflanzensoziologischer Aussagen mit einem größeren geografischen Bezug. Darüber hinaus wurde eine Klassifizierungssystematik der lokalen bzw. regiona-

len Vegetation dringend benötigt, damit alle im Projektgebiet erarbeiteten Untersuchungsergebnisse auf einen eindeutig definierten Vegetationstyp bezogen werden können und um so ihre Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Weiter bestand großer Informationsbedarf über die räumliche Verteilung der Vegetationstypen, speziell von Wald, Gebüsch-Sukzessionsstadien und Campos (Wiesenland), sowie über deren Flächenanteile.

Ein zentrales Ziel der von der FH Rottenburg durchgeführten Arbeiten war deshalb die Durchführung einer flächendeckenden, möglichst detaillierten Inventur der vorkommenden Vegetationsformen bzw. Pflanzengesellschaften. Die Inventurergebnisse sollten primär in Form von thematischen Karten sowie von Flächenbilanzen und räumlichen Analysen aufgearbeitet werden und zusätzlich mit einem Browser-basierten „Geobotanischen Informationssystem“ erfasst und dokumentiert werden.



Abb. 1: Ältere Araukarie im Bundesstaat Rio Grande do Sul.

2 Methodik

Die durchgeführte Vegetationsinventur stützte sich einerseits auf eine Reihe terrestrischer Erhebungen, andererseits vor allem auf eine Luftbildbefliegung, deren Durchführung und Auswertung sowie deren Ergebnisse den Inhalt des folgenden Beitrages bilden.

2.1 Vorbereitung und Durchführung der Luftbildbefliegung*

Angesichts der schlechten Zugänglichkeit des Projektgeländes war von Anfang an klar, dass die vorgesehene Inventur nur mit Hilfe von Luftbildern und zusätzlichen terrestrischen Stichproben realisiert werden kann. Das Projektgelände wurde deshalb im Januar 1999 mit einer Reihemesskammer mit Weitwinkelobjektiv und einem Farbinfrarotfilm (Kodak 2443) im Maßstab 1:10000 befliegen. Die das Projektgebiet abdeckenden 74 Luftbilder wurden zum Zwecke der Vegetationskartierung stereoskopisch ausgewertet, interpretiert und räumlichen Analysen unterzogen.

Da die Bilder georeferenziert und entzerrt werden sollten, wurde zunächst ein Netz von über 70 Pass- und Orientierungspunkten ausgelegt und mit Hilfe eines ausreichend genauen GPS-Systems (Trimble Pathfinder Pro XR als transportable Messeinheit und Trimble LS 4600 als Basisstation) eingemessen.

Die Befliegung selbst erfolgte bei hohem Sonnenstand, dennoch weisen einige extrem steile Hänge Schlagschatten auf. Ein besonderes Problem ergab sich dadurch, dass die brasilianische Rechtslage einen Verbleib der Originalfilme bei der jeweiligen Befliegungsfirma vorschreibt. Der vorgesehene Farbinfrarotfilm wurde deshalb auf Anraten der brasilianischen Partner als Negativfilm ge-

ordert, von dem dann die entsprechenden „Positive“ als Dia und als Papierbild ausgeliefert werden konnten. Dabei erwies sich die Farbwiedergabe als besonderes Problem, das dadurch gelöst wurde, dass die Farbmischung so lange variiert wurde, bis eine farbliche Darstellung erreicht wurde, die in etwa den gewohnten „Falschfarben“ des Original-Diafilmes entsprachen (s. Abb. 2).

Die Digitalisierung, Georeferenzierung und die Berechnung eines digitalen Höhenmodells sowie die Entzerrung der Luftbilder konnten bei einer brasilianischen militärgeografischen Einheit in Auftrag gegeben werden, so dass für die eigentlichen Interpretationsaufgaben neben den Kontaktabzügen auch Orthophotos sowie aus diesen abgeleitete topographische Karten zur Verfügung standen.

2.2 Erarbeitung eines Interpretationsschlüssels

Für die durchzuführende Vegetationskartierung musste zunächst ein entsprechender Interpretationsschlüssel erarbeitet werden. Hierzu wurden in einer Vorerkundungsphase erste Beziehungen zwischen den Bildgestalten im Stereomodell und den realen Objekten in der Natur – in der Regel Pflanzenbeständen – hergestellt, die dann unter Einbeziehung von weiteren, bereits vorhandenen Informationen in einer vorläufigen Klassifizierungssystematik zusammengefasst wurden. In einem iterativen Prozess mit zahlreichen Gelände/Bild- und Bild/Gelände-Vergleichen (vgl. HILDEBRANDT 1996, S.306 und HUSS 1984, S.197ff.) konnte dann der endgültige Interpretationsschlüssel erarbeitet werden.

Die einzelnen Vegetationsklassen wurden in ein hierarchisches System eingegliedert, das sich aus den Ebenen Formation, Subformation, Übereinheit, Einheit und Variante zusammensetzt. Allerdings war es im Stereomodell nicht immer möglich, die Vegetation bis auf die Ebene der (Vegetations-) Einheit bzw. Variante anzusprechen. In Zweifelsfällen wurde daher zu Gunsten der Zuverlässigkeit der Kartierung auf eine

* Bei der Vorbereitung der Luftbildbefliegung sowie der anschließenden Bildentzerrung hat uns Eng. MARIO TEIXEIRA von der katholischen Universität Porto Alegre viele bürokratische Steine aus dem Weg geräumt. Ihm sei daher hier besonders gedankt.



Abb. 2: Beispiel eines Farbinfrarotluftbildes des Projektgebietes (hier als SW-Druck).

(weitere) Differenzierung der Aussage verzichtet und die Vegetation der nächsthöheren hierarchischen Ebene zugeordnet. Insgesamt konnte aber für 28 (!) Objektklassen ein verbal formulierter und durch Bildbeispiele veranschaulichter Interpretationsschlüssel entwickelt werden (s. Abb. 3 a u. b und Übers.1).

Während der eigentlichen Interpretationsphase, bei der die jeweiligen Stereomodelle mit Hilfe eines Spiegelstereoskops ausgewertet wurden, wurde das Projektge-

biet mit Hilfe des Interpretationsschlüssels flächendeckend einer der definierten Vegetationsklassen zugeordnet. Gleichzeitig wurden die Grenzen der einzelnen Klassen auf Klarsichtfolien, die über den Luftbildern fixiert waren, deliniert.

Auch bei diesem Arbeitsschritt wurden die Richtigkeit der Interpretationsergebnisse und die Eignung bzw. die Brauchbarkeit des Interpretationsschlüssels durch laufende terrestrische Kontrollen überprüft.

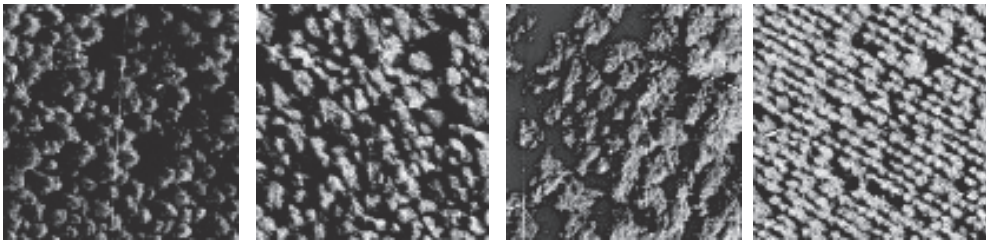


Abb. 3 a: Abbildungen von Kiefernplantagen.

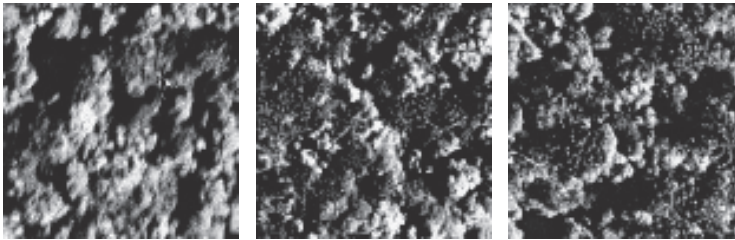


Abb. 3 b: Abbildungen von Araukarienbeständen.

2.3 Kartierung der Vegetations-einheiten

Die endgültige Kartierung der Vegetationsformen und der übrigen Objektklassen erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt. Dabei wurden die auf den Luftbildern ermittelten Grenzlinien am Bildschirm in die jeweiligen Orthophotos übertragen. (Im Idealfall hätten die Orthophotos bereits für die Vegetationsklassifizierung vor Ort zur Verfügung gestanden; dies war jedoch aus verschiedenen Gründen nicht möglich, so dass dieser technisch nicht mehr zeitgemäße „Umweg“ gewählt werden musste.) Die Digitalisierung und weitere Bearbeitung erfolgte unter Verwendung der GIS-Software ArcView. Dies ermöglichte es, den einzelnen kartierten Objekten Attribute in Form von Zahlen oder Text zuzuweisen bzw. berechnen zu lassen (z. B. Flächeninhalt).

Im weiteren Verlauf der Arbeiten wurden die identifizierten und abgegrenzten Objektklassen diversen räumlichen Analysen unterzogen. Hierzu wurden u. a. mittels des erstellten digitalen Höhenmodells (s. o.) die Beziehungen zwischen dem Vorkommen der Vegetationseinheiten und Geländeparametern wie der Höhe ü. NN, der Hangneigung und der Exposition „berechnet“, um zu prüfen, ob und welche Zusammenhänge zwischen diesen Parametern bestehen.

Zur inhaltlichen Ergänzung und weiteren Absicherung und Ergänzung der Ergebnisse der Luftbildinterpretation wurden an 90 Stichprobepunkten terrestrische Vegetationsaufnahmen nach der Methode BRAUN-BLANQUET durchgeführt.

3 Ergebnisse

Wie bereits erwähnt wurde, konnten insgesamt 28 Objektklassen definiert und identifiziert werden. Der Fragestellung entsprechend, handelt es sich dabei vorwiegend um Vegetationsklassen sowie einige nicht durch Vegetationsformen bestimmte Klassen einschließlich der nicht interpretierbaren stark beschatteten Hanglagen. Dominierende Klassen sind dabei mit einem Flächenanteil von über 84 % die verschiedenen Waldgesellschaften (s. Übers. 2 und Abb. 4). Geringe Anteile – jeweils ca. 3 % – weisen demgegenüber Campo(stuppenartiges Grasland)- und Capoeira-Flächen (Sukzessionsgebüsch) auf.

Übersicht 1: Auszüge aus dem verbalen Teil des Interpretationsschlüssels für das Araukarienwaldprojekt.

1	Oberflächenstruktur rau, blumenkohl- oder wattebauschartig, selten fast texturlos; rötliche bis gräuliche und / oder lila-violette und / oder dunkelgrüne Farbtöne überwiegen (Abb. X–XXIII)	2
1*	Oberflächenstruktur überwiegend glatt bis fein geriffelt; türkis-blaue Farbtöne überwiegen; glatte Flächen auch dunkelblau bis schwarz (Abb. I–IX)	7
2	Grüne oder dunkel-violette Farbtöne herrschen vor; Flächen oft relativ homogen; Textur unterschiedlich, aber meist gleichmäßige Muster bildend (Abb. X–XIV)	3
2*	Rötliche Farbtöne herrschen vor; bei Beteiligung weiterer, insbesondere grau-violetter Farben, ist Textur unregelmäßig scheckig (Abb. XV–XXIII)	15
3	Abbildungseinheit hat eine unnatürliche Form mit klaren, häufig scharfen Grenzlinien und überragt oft die umgebenden Einheiten; Textur als mäßig grobes, z. T. gestreiftes hell-dunkel-Muster; Bäume als Einzelobjekte erkennbar (Abb. X = Abb. 3 a dieses Berichtes)	<i>Pinus-Bestand (P)</i>
3*	Abbildungseinheit mit „natürlicher“ oder „unnatürlicher“ Form, Grenzen zu anderen Einheiten aber meist weniger scharf, häufig fließend; Abbildungseinheit von geringer Höhe (max. 3 m) oder Einzelobjekte als Bäume mit breiter, flacher, oft durchscheinender Krone erkennbar (Abb. XI–XIV)	4
4	Abbildungseinheit von geringer Höhe (max. 3 m); Oberflächenstruktur unregelmäßig, häufig fein-wellig oder büschelig; Textur als relativ feines (schuppenförmiges) hell-dunkel-Muster; oft mit „eingesenkten“ blaugeprägten „Inseln“ (Abb. XII–XIV)	5
4*	Bäume mit breiter, flacher, oft durchscheinender Krone als Individuen erkennbar. Charakteristische, dunkelgrüne bis grau-lila Kronen scheinen aus vielen kleinen, kugeligen Büscheln zu bestehen, die sich wie ein Schleier über die übrige Vegetation legen (Abb. XI = Abb. 3 b dieses Berichtes)	<i>Araukarienwald, zentrale Variante (AW)</i>
	•	
	•	
	•	
17	Abbildungseinheit im Stereomodell stets in Tallage und von geometrischer, eckiger (unnatürlicher) Form; sehr homogene, feinkörnige Textur; Einheit wirkt schaumartig transparent; Farbe leuchtend rosé bis leuchtend violett	<i>Eucalyptus-Bestand</i>
18	Abbildungseinheit im Stereomodell stets in Verbindung mit ebenem oder wellenartig kuppigem Relief (Planalto-Hochfläche), dabei ausschließlich in Senken und auf Nordhängen; Textur zwar fein, aber relativ unruhig, häufig kontrastreich (dunklere Flecken); oft fein-büschelige oder kleinfleckige Textur (Abb. XV)	<i>Dasiphyllum spinescens- Sekundärwald (DW)</i>
	•	
	•	
	•	

Der Wald selbst besteht vor allem aus explodiertem Primärwald und nur zu einem geringeren Prozentsatz aus Sekundärwald sowie aus einer kleinen Kiefernplantage (s. Übers. 2 u. Abb. 4). Die im Rahmen des Araukarienwaldprojektes besonders interessierende Araukarie kommt im Wesentlichen in der zentralen Gesellschaft der „Floresta Ombrófila Mista“ vor. Arauka-

rien sind somit auf rund einem Drittel der Projektfläche zu finden; ihre Anteile variieren jedoch in weitem Rahmen und nur in wenigen Beständen (ca. 6 %) beherrschen sie noch das Waldbild.

Die in Abb. 5 dargestellte Vegetationskarte kann als das wichtigste Ergebnis der vorliegenden Arbeit angesehen werden. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass der

Übersicht 2: Flächenbilanz der Vegetationseinheiten des Araukarienwaldprojektgebietes.

Nr.	Vegetations-Einheit	Größe [ha]	Flächenanteil [%]
1	Campo limpo	26,84	0,55
2	Campo sujo	100,77	2,06
3	Campo sujo baccharisreich	18,34	0,38
4	Campo rupestre	1,42	0,03
Campo (gesamt)		147,38	3,02
5	Capoeira, obere Höhenstufe	107,07	2,19
6	Capoeira, untere Höhenstufe	8,81	0,18
7	Capoeira, nicht weiter differenzierbar	22,15	0,45
Capoeira (gesamt)		138,03	2,82
8	Dasiphyllum-Wald	27,32	0,56
9	Dasiphyllum-Tibouchina-Wald	93,18	1,91
10	Dasiphyllum-Tibouchina-Wald + Pinus spec.	2,95	0,06
11	Tibouchina-Wald, obere Höhenstufe, Schatthang-Variante	65,80	1,35
12	Tibouchina-Wald, obere Höhenstufe, Sonnhang-Variante	94,01	1,92
13	Tibouchina-Wald, obere Höhenstufe, nicht weiter differenzierbar	160,92	3,29
14	Tibouchina-Wald, untere Höhenstufe, Schatthang-Variante	47,31	0,97
15	Tibouchina-Wald, untere Höhenstufe, Sonnhang-Variante	19,25	0,39
16	Tibouchina-Wald, untere Höhenstufe, nicht weiter differenzierbar	77,74	1,59
17	Tibouchina-Wald, nicht weiter differenzierbar	383,97	7,85
Sekundärwald		972,45	19,89
18	Floresta Ombrófila Densa	1355,64	27,72
19	Floresta Ombrófila Mista, zentrale Gesellschaft	1693,43	34,63
20	Floresta Ombrófila Mista, Roupala-Gesellschaft	84,38	1,73
Exploittierter Primärwald		3133,46	64,08
21	Pinus-Wald	25,49	0,52
Wald, insgesamt		4131,40	84,49
22	Moor	68,48	1,40
23	Gewässer	4,35	0,09
24	Fels/Erdrutsch	9,10	0,19
25	Feldbau	0,39	0,01
26	Weide	3,50	0,07
27	menschliche Einrichtungen	4,35	0,09
28	nicht interpretierbar (Schatten)	387,44	7,92
Gesamtfläche		4894,41	100,00

Araukarienwald (AW) seinen Verbreitungsschwerpunkt auf dem Hochplateau hat. Dort bildet er einen Gesellschaftskomplex mit den *Sphagnum*-Mooren (M), dem *Dasiphyllum*-Wald (D) und der Capoeira der oberen Höhenstufe (So). Auf den Serra Geral-Hängen ist dagegen ein Gesellschaftskomplex aus Atlantischem Küstenregenwald (RW) (= Floresta Ombrófila Densa), *Tibouchina*-Wald (TW) und Capoeira der unteren Höhenstufe (Su) anzutreffen. Ein weiterer Gesellschaftskomplex, bestehend aus Campo limpo (Cl), Campo sujo (Cs),

der baccharisreichen Ausbildung des Campo sujo (Cs–bc), Campo rupestre (Cr), Sphagnum-Mooren (M) und der *Roupala*-Gesellschaft, welche eine besondere Ausprägung des Araukarienwaldes (AWR) darstellt, findet sich im äußersten Nordwesten des Projektgebiets. Der letztgenannte Komplex beschränkt sich in seiner Verbreitung genauso wie der Araukarienwald-Komplex auf das Hochplateau („Planalto“). Sämtliche Waldgesellschaften sind also eng an geomorphologische Einheiten gebunden.

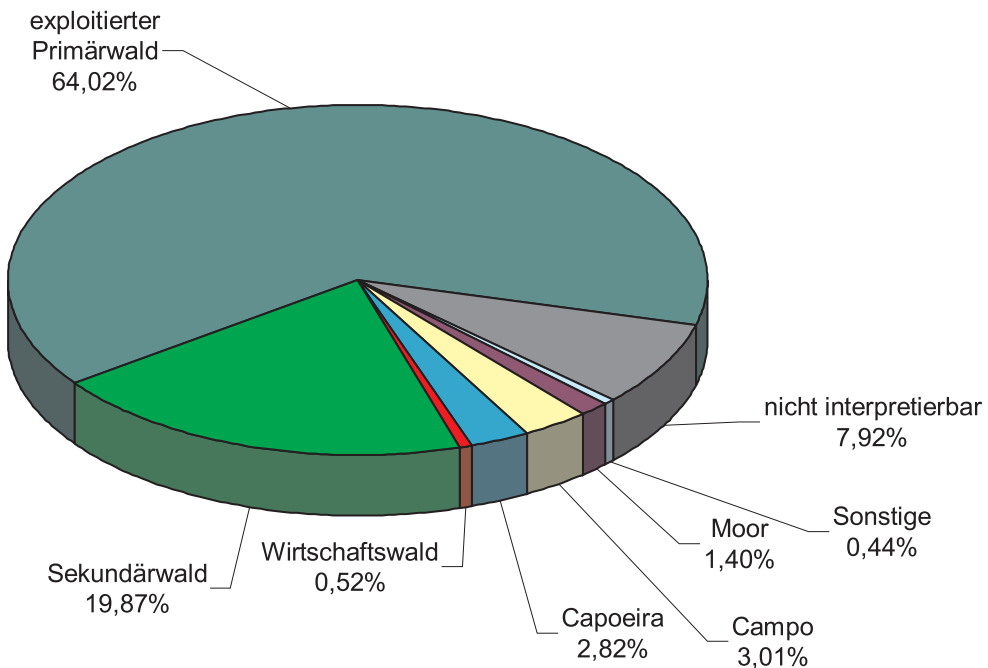


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Vegetations-Subformationen im Projektgebiet.

Zwischen der Geländeexposition und dem Vorkommen bestimmter Vegetations-einheiten konnten ebenfalls enge Zusammenhänge festgestellt werden. So war es z. B. möglich, beim *Tibouchina*-Wald eine Schatt-hang- und eine Sonnhangvariante zu unterscheiden.

4 Schlussfolgerungen und offene Fragen

Die vorgestellte Arbeit liefert eine erste detaillierte, auf der Grundlage einer aktuellen Befliegung beruhende Flächenbilanz für die im Projektgebiet vorkommenden Vegetationsformen. Zusammen mit der erstellten Vegetationskarte bildet sie eine wichtige und objektive Grundlage für weitere Forschungsarbeiten und -planungen. So können Versuchsflächen oder – sofern dies gewünscht wird – Flächen für eine spezielle waldbauliche Behandlung sehr gezielt nach bestimmten Kriterien ausgewählt werden. Dabei können, da sämtliche Daten digital und in ein GIS integriert vorliegen, unter-

schiedlichste raumbezogene Kriterien wie Vegetationstyp, Geländeneigung und Erschließung bei Entscheidungsprozessen berücksichtigt und gewichtet werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Vegetationstypen bzw. deren Geometrien beliebige Attribute zuzuordnen, was die Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeiten dieses Informationssystems noch erhöht.

Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich die aufgestellte Klassifizierungssystematik grundsätzlich bewährt. Mit Hilfe ihrer Differenzialarten erlaubt sie eine sichere Ansprache der Vegetationstypen im Gelände sowie deren eindeutige und einheitliche Benennung. Damit können zukünftig wissenschaftliche Felduntersuchungen präzise einem bestimmten Vegetationstyp zugeordnet und entsprechend interpretiert werden.

Nachdem sich das klassische Farbinfrarotluftbild wiederum als brauchbares Hilfsmittel für die Lösung vegetationskundlicher Aufgaben erwiesen hat, wäre es von Interesse zu prüfen, welche Möglichkeiten zur Erkennung und Kartierung verschiedener

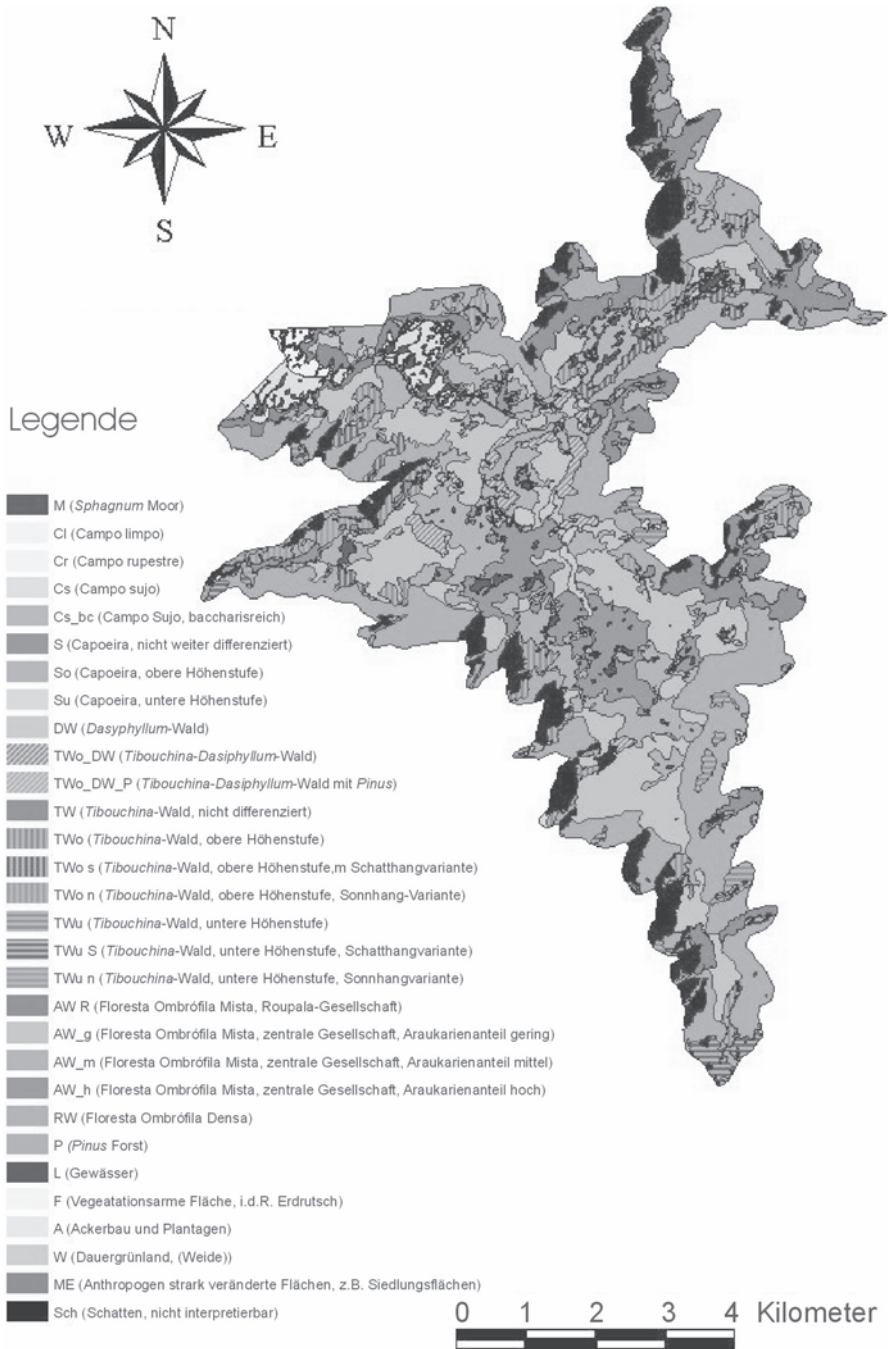


Abb. 5: Vegetationskarte des Pró-Mata-Projektgebietes.

Landnutzungs- bzw. Vegetationsklassen und insbesondere der noch vorhandenen Araukarienbestände neuere, hoch auflösende Sa-

telliten-Fernerkundungssysteme (LANDSAT 7, IKONOS u. a.) bieten. Im günstigsten Fall ließen sich dann sogar durch Ver-

gleich mit älteren Satellitendaten Zeitreihen über die Veränderung der Waldflächen und insbesondere der Araukarienbestände erstellen.

Literatur

- BAASKE, R., 1999: Artenzusammensetzung und Struktur eines stark exploitiereten Araukarienwaldbestandes an der östlichen Randstufe des südbrasilianischen Planaltos. – Unveröff. Projektarbeit.
- HILDEBRANDT, G., 1996: Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. – Karlsruhe.
- HUSS, J., 1984: Luftbildmessung und Fernerkundung in der Forstwirtschaft. – Karlsruhe.
- NOACK, W., 1999: Synökologische Untersuchung der Sekundärvegetation auf ehemaligem Weideland im Pró-Mata-Projektgebiet, Rio Grande do Sul, Brasilien. – Unveröff. Projektarbeit.
- SEITZ, R.A., 1986: Erste Hinweise für die waldbauliche Behandlung von Araukarienplantagenwäldern. – Ann. Sci. For., **43** (3): 327–338.

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) RALF BAASKE
Prof. Dr. habil. WOLFGANG TZSCHUPKE,
Fachhochschule Rottenburg – Hochschule
für Forstwirtschaft, Schadenweilerhof,
72108 Rottenburg am Neckar
Tel.: 07472-951 250, Fax: 07472-951 200
e-mail: C.W.Tzschupke@t-online.de

Manuskript eingereicht: Oktober 2001

Angenommen: November 2001