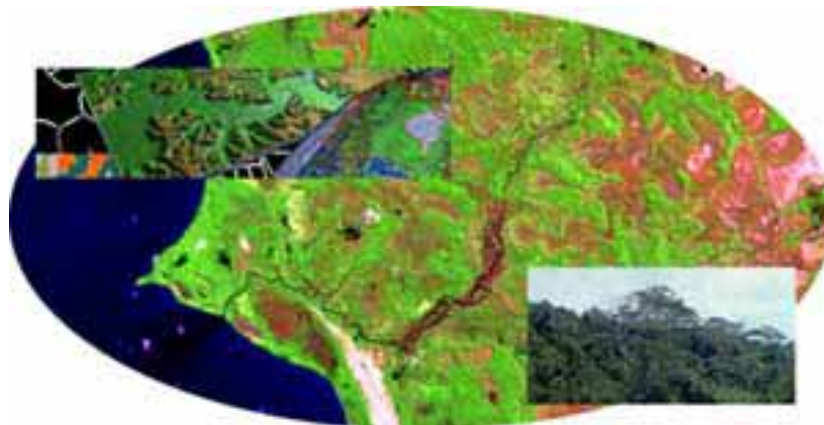


Wahyuni Ilham

Forst- und Umweltwissenschaften

Entwurf eines satellitengetragenen Inventursystems zur Erfassung und Beobachtung der Entwicklung des tropischen Regenwaldes in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Dargestellt am Beispiel des Naturreservats Muara
Kendawangan in der Stadtverwaltung Ketapang, Provinz
West-Kalimantan, Indonesien



Entwurf eines satellitengetragenen Inventursystems zur Erfassung und Beobachtung der Entwicklung des tropischen Regenwaldes in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Dargestellt am Beispiel des Naturreservats Muara Kendawangan in der Stadtverwaltung
Ketapang, Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Inaugural-Disertation zur
Erlangung der Doktorwürde
der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften
der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg im Breisgau

Vorgelegt von
WAHYUNI ILHAM

Freiburg im Breisgau
Oktober 2005

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2006
Zugl.: Freiburg, Univ., Diss., 2005
ISBN 3-86537-770-X

Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes.

Dekan: Prof. Dr. Ernst Hildebrand

Referentin: Prof. Dr. Barbara Koch

Korreferent: Prof. Dr. Dr. h. c. Dieter R. Pelz

Wissenschaftlicher Betreuer: Dr. C.P. Gross

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2006
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2006

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-770-X

DANKSAGUNG

Die vorliegende Dissertation ist Ausdruck eines von Prof. Dr. Barbara Koch, Leiterin der Abteilung für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme (FeLis) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, initiierten und konzipierten Forschungsarbeit zur Untersuchung des Entwurfs eines satellitengetragenen Inventursystems zur Erfassung und Beobachtung der Entwicklung des tropischen Regenwalds in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien. Ihr gilt an dieser Stelle mein aufrichtiger Dank für ihre eingehende Beratung, vielseitige Förderung der Arbeit sowie Übernahme des Referates. Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. Dieter Pelz von der Abteilung Forstliche Biometrie danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Ebenso danke ich sehr Herrn Dr. C.P. Gross an der Abteilung FeLis für die hilfreiche wissenschaftliche Betreuung. Ich bedanke mich besonders bei Herrn Dr. Raymundo Villavicencio-Garcia, Herrn Dr. Luiz Felipe Guanares Rego, Herrn Doktorand Abdel Aziz Belal, Herrn Dr. Naceur Saidani, Herrn Doktorand Siwe Rènè, Frau Dipl.-Biol. Andrea Blömenkamp und der Familie von der Goltz für ihre kameradschaftliche Unterstützung und Freundschaft.

Für die freundliche Unterstützung und kritische Durchsicht des Manuskripts möchte ich mich ganz besonders bei Frau Dipl.-Biol. Andrea Blömenkamp, Herrn Dipl.-Forstw. Hubertus van der Goltz, Frau Dr. Iris Frech, Herr Dipl.-Forstw. Markus Jochum und Herrn Dipl.-Forstw. Jochen Krüger bedanken. Auch Herr Dr. Gernot Ramminger und Herr Dipl.-Forstw. Oliver Diedershausen danke ich für die entgegen gebrachter Hilfe bei der Strukturierung der Arbeit.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Abteilung für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg, für die gute und hilfsbereite Zusammenarbeit.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch Frau Dipl.-Bibl. Jutta Giencke als Leiterin der Fakultätsbibliothek der Forst- und Umweltwissenschaften, Frau Roswitha Lange und Herr Markus Quinten (Netzwerkadministrator) für die vielfältige Unterstützung ein herzliches Dankeschön aussprechen.

Last but not least möchte ich mich auch bei meiner Frau Hj. Khairiah Abd.Hamid-Ilham, SPi., meinem Sohn Muhammad Wim Adhitama, meinen ‚Zwillinge‘ Töchter Wikha Fitria und Wikha Az-Zahra, meiner Mutti Hj. Faridah Bachrun, Opa H. Bachrun Abdurrahman und alle Schwestern und Brüder ganz ‚dick‘ für die entgegengebrachte Geduld und erhalten Liebe bedanken.

ABSTRACT

The purpose of the work is to develop a satellite supported inventory system to determine changes in forest cover in the Muara Kendawangan nature reserve and also to establish spatial models to explain the relationship between the state of the population and the land cover changes.

For the sustainable protection of the Muara Kendawangan nature reserve two aspects are of major importance:

1. The sustainable management of the nature reserve in order to reduce the present degradation and to avoid disturbances, in particular, with regards to the landscape management, socio-economic and silvicultural aspects as well as land degradation, decrease of the biological variety, natural disasters, illegal logging and forest or land use change by urbanization within and beyond the area. This investigation is an example of how an integrated and multi discipline supervision of the area can be carried out.
2. A policy and a strategy to control anthropogenic influences are important due to the increase in population and the expansion of settlements in surrounding area.

The present investigation on land evaluation takes into consideration factors such as land system, land cover, soil capability, land suitability as well as „ Hot Spot“ – forest fire Information which greatly influence (affect) the environmental conditions within the nature reserve. Consequently, these factors constituted the essential base data for this study.

At the same time the work demonstrates that remote sensing in association with terrestrial inventory can be used as means to optimize (improve) forest monitoring systems. To improve the possibility to better monitor the state of tropical rain forests with respect to efficiency, different simulation scenarios were implemented. These have indicated possibilities to minimize the intensity terrestrial. The examples used in this work are restricted to the so-called main (predominant) tree species but an extension to comprise the entire biodiversity is recommendable for future studies.

As a final result of this investigation, maps indicating the potential risks from disturbance due to anthropogenic and natural influences were created. In addition, ecological aspects, that is, the diversity and dynamism of the vegetation, anthropogenic influences, land system, soil capability, land suitability, land cover, 'Hot-Spot' forest fire information and remote sensing are taken into consideration.

From carried out investigations the following conclusions can be derived:

- The construction of a geographic information system on the basis of remote sensing data makes easier an integrated environment monitoring system considering different kinds information.

- The main causes of degradation in the Muara Kendawangan nature reserve from 1995 to 2000/2001 were examined. The most important factors that accounted for the degradation are: flood, forest fire and human influence.
- The results of the land evaluation for land system, land cover, land suitability and soil capability produced important values with whose help priorities for management and indicators of sustainable development could be derived.
- The land systems Segintung (SGT) and Serimbang (SRM) are especially endangered due to natural catastrophes such as flood and forest fire.
- Due to the complexity of the disturbance causes it is necessary to set up a multi- inter-disciplinary network to continuously monitor the area.

The following conclusions are derived from the satellite data evaluation, change process and species diversity in the Muara Kendawangan nature reserve:

- A positive aspect was the fact that natural succession on degraded surface areas is very quick and dynamic, even though at times with a partial loss of the biodiversity.
- Tree species of the genus *Shorea* or Meranti (in local name) are the most endangered because they occur frequently and have a high commercial value.

From the simulations to improve on the capability of a satellite supported inventory system arose the fact that the ordinary kriging method is better for data sampling with 5% and 10% intensities in comparison to IDW and RBF. Hence, Ordinary Kriging is recommended for the inventory survey of the main types of tree for the middle-term planning of 5 to 10 years. In the case a long-term planning the IDW-approach is recommended.

Social and economic aspects were recognized as causes of disturbance in the area of the Muara Kendawangan forest reserve around the villages of Kendawangan Kiri (as a district management), Banjarsari (the village for transmigration) and Air Hitam Besar.

Finally, it is possible to transfer the methods and results of this investigation to other areas only when similar conditions such as soil characteristics, satellite supported inventory system and socio-economic structure are available.

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNG	I
ABSTRACT	II
INHALTSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IX
ANHANGVERZEICHNIS	XIII
1. EINLEITUNG	1
1.1. PROBLEMSTELLUNG	2
1.2. ZIELSETZUNG	5
2. GRUNDLAGEN	7
2.1. LAND SYSTEM VERSUS LANDBEDECKUNG	7
2.2. LANDEVALUIERUNG	8
2.3. UMWELTMONITORING	9
2.4. NACHHALTIGKEIT DES WALDES	10
2.5. FERNERKUNDUNG FÜR DIE BEOBACHTUNG VON ÖKOSYSTEMEN	11
2.6. CHARAKTERISTIK DES TROPISCHEN REGENWALDS	14
2.7. DEGRADIERUNGSPROBLEMATIK UND SCHUTZGEBIETE IN INDONESIA	16
2.8. NATURKATASTROPHEN	19
2.9. GIS GESTÜTZTES SATELLITENGETRAGENES INVENTURSYSTEM	21
3. MATERIAL UND METHODE	22
3.1. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET	22
3.1.1. Lage	22
3.1.2. Standort und Klima des Gebietes	23
3.1.3. Flora und Fauna	24
3.2. MATERIAL	25
3.2.1. Kartographisches Material und digitale Satellitendaten	25
3.2.2. Spezifische Software und Hardware	27
3.2.3. Werkzeuge für die Felduntersuchungen	27
3.3. METHODEN	27
3.3.1. Vorbereitung der thematischen Karten	27
3.3.1.1. Datenverknüpfung mit Hilfe von GIS	27
3.3.1.2. Land system und Landbedeckung	28
3.3.1.3. Landeignung und Bodenpotential	29
3.3.1.4. Waldbrand	30
3.3.1.5. Überlagerung und Verschneidung der Karten	31
3.3.2. Satellitendatenauswertung	32
3.3.2.1. Rektifizierung der Satellitendaten und Basiskartenvorbereitung	32
3.3.2.2. Vorbereitungen der Klassifizierung	33
3.3.2.3. Segmentierung	34
3.3.2.4. Klassifizierungsprozess	36
3.3.3. Die terrestrische Vegetationsaufnahme	38
3.3.3.1. Aufnahmeverfahren und Kriterien zur Trainingsgebietsauswahl	38
3.3.3.2. Artendiversität, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten	42
3.3.3.3. Zusammenhang zwischen den Klassifizierungsergebnissen der Satellitendaten und den Ergebnissen der terrestrischen Vegetationsaufnahme und deren räumlicher Darstellung	44
3.3.3.4. Verbesserungsmöglichkeit eines satellitengestützten Inventursystems	45
3.3.4. Zeitliche Flächenveränderung im Reservates Muara Kendawangan	47
3.3.5. Auswertung der sozialen und ökonomischen Daten	48
3.3.6. Unterstützung eines nachhaltigen Naturparkmanagements durch Risikokarten	49

4. ERGEBNISSE	51
4.1. STANDORTFAKTOREN ZUM AUFBAU EINES SATELLITENGETRAGENEN INVENTURSYSTEMS UND GIS-VERFAHREN	51
4.1.1. Land system	51
4.1.1.1. Land system Puting (PTG)	52
4.1.1.2. Land system Kajapah (KJP)	53
4.1.1.3. Land system Kahayan (KHY)	54
4.1.1.4. Land system Klaru (KLR)	56
4.1.1.5. Land system Mendawai (MDW)	56
4.1.1.6. Land system Beliti (BLI)	57
4.1.1.7. Land system Serimbang (SRM)	58
4.1.1.8. Land system Segintung (SGT)	59
4.1.1.9. Land system Honja (HJA)	60
4.1.1.10. Land system Palakunai (PLN)	61
4.1.2. Landbedeckung	61
4.1.2.1. Stauede oder Busch (B)	62
4.1.2.2. Küstenwald (Hc)	62
4.1.2.3. Torf- und Sumpfwald (Hg)	63
4.1.2.4. Auewald (Hh)	63
4.1.2.5. Heidewald (Hk)	63
4.1.2.6. Sumpfwald (Hr)	64
4.1.2.7. Mangroven (Ht)	64
4.1.2.8. Siedlung (K)	65
4.1.2.9. Wanderfeldbau (L)	66
4.1.2.10. Alang-Alang-Gras (<i>Imperata cylindrica</i>) (Ra)	66
4.1.2.11. Sumpf (Rr) inklusive Seggen (<i>Pandanus</i> sp.)	67
4.1.3. Landeignung und Bodenpotential	67
4.1.4. Waldbrand und Klima des Untersuchungsgebietes	70
4.1.5. Überlagerung und Verschneidung der Karten	73
4.2. SATELLITENDATENAUSWERTUNG UND VORBEREITUNGEN DER KLASSIFIZIERUNG	76
4.2.1. Der Bildkomposit zur natürlichen Darstellung	76
4.2.2. Bildverbesserung für die visuelle Interpretation	76
4.2.3. Segmentierung	77
4.3. ERGEBNISSE DER TERRESTRISCHEN VEGETATIONS-AUFNAHME	82
4.3.1. Passpunkte	82
4.3.2. Terrestrische Inventur	83
4.3.3. Artendiversität, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten	86
4.3.4. Zusammenführung der Klassifizierungsergebnisse mit den terrestrischen Vegetationsaufnahmen	89
4.3.5. Verbesserungsmöglichkeit der Leistung eines Satellitengetragenen Inventursystems	92
4.3.5.1. Simulation für den Plot PB1	94
4.3.5.2. Simulation für den Plot PB2	98
4.3.5.3. Simulation für den Plot PB3	102
4.3.5.4. Simulation für den Plot PB4	106
4.3.6. Sozial-ökonomische Daten	110
4.3.7. Veränderungsprozesses im Reservat Muara Kendawangan	112
4.3.8. Erstellung der Risikokarte	112
5. DISKUSSION	115
5.1. DISKUSSION MATERIAL UND METHODE	115
5.2. DISKUSSION ERGEBNISSE	115
5.2.1. Interpretation und Ausblick	116
5.2.2. Klimafaktoren und mögliche Naturkatastrophen	117
5.2.3. Satellitendatenauswertung und Veränderungsprozess im Gebiet	118
5.2.4. Terrestrische Vegetationsaufnahme	121
5.2.5. Verbesserung der Leistung eines Satellitengetragenen Inventursystems	124
5.3. AUSWERTUNG DER SOZIALEN UND ÖKONOMISCHEN DATEN	125
5.4. ZONIERUNG UND RISIKOKARTE	126
6. ZUSAMMENFASSUNG	127
7. LITERATUR	130
8. ANHANG	139

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3 - 1:	Zusammenführung der Klassifizierungsergebnisse und mit den Dichte - Klassen der terrestrischen Vegetationsaufnahme	44
Tabelle 4 - 1:	Bewertungsergebnisse für das Reservat Muara Kendawangan bezüglich des Bodenpotentials	68
Tabelle 4 - 2:	Verteilung der Landbedeckungstypen im Bezug des land system im Reservat Muara Kendawangan	73
Tabelle 4 - 3:	Vorkommen von Landbedeckungstypen in den verschiedenen land systems im Reservat Muara Kendawangan	74
Tabelle 4 - 4:	Verschneidungs- und Überlagerungsergebnisse der Faktoren land system, Landbedeckung, Dichte - Klassen der Hauptbaumarten und Feuerherde oder Waldbrände für das Reservat Muara Kendawangan in den Jahren 1995 bis 2000	75
Tabelle 4 - 5:	Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satelliten-aufnahme 1995	80
Tabelle 4 - 6:	Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satelliten-aufnahme 1998	81
Tabelle 4 - 7:	Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satelliten-aufnahme 2000	81
Tabelle 4 - 8:	Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB1 ..	84
Tabelle 4 - 9:	Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB2 ..	84
Tabelle 4 - 10:	Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB3 ..	85
Tabelle 4 - 11:	Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB4 ..	85
Tabelle 4 - 12:	Berechnung der relativen Dichte der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 13:	Berechnung der relativen Dominanz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 14:	Berechnung der relativen Frequenz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 15:	Berechnung des <i>IVI-Index</i> in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 16:	Berechnung der Grundfläche der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 17:	Berechnung des N pro ha der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat	86
Tabelle 4 - 18:	Testergebnisse der Regressionsanalyse zwischen der terrestrischen Vegetationsaufnahme (TVA) und den Satellitenfernerkundungsdaten (SFD) nach 3 verschiedenen Ansatzmethoden	92
Tabelle 4 - 19:	Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode <i>Ordinary Kriging</i> auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)	94
Tabelle 4 - 20:	Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode IDW auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)	94
Tabelle 4 - 21:	Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode RBF auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)	94

Tabelle 4 - 22:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging	96
Tabelle 4 - 23:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW	96
Tabelle 4 - 24:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF	96
Tabelle 4 - 25:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB1	97
Tabelle 4 - 26:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB1	97
Tabelle 4 - 27:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB1	97
Tabelle 4 - 28:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB1	98
Tabelle 4 - 29:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB1	98
Tabelle 4 - 30:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB1	98
Tabelle 4 - 31:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2	100
Tabelle 4 - 32:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2	100
Tabelle 4 - 33:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2	100
Tabelle 4 - 34:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2	101
Tabelle 4 - 35:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2	101
Tabelle 4 - 36:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2	101
Tabelle 4 - 37:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2	102
Tabelle 4 - 38:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2	102
Tabelle 4 - 39:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2	102
Tabelle 4 - 40:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3	104
Tabelle 4 - 41:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3	104
Tabelle 4 - 42:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3	104
Tabelle 4 - 43:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3	105
Tabelle 4 - 44:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3	105

Tabelle 4 - 45:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3	105
Tabelle 4 - 46:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3	106
Tabelle 4 - 47:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3	106
Tabelle 4 - 48:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3	106
Tabelle 4 - 49:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4	108
Tabelle 4 - 50:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4	108
Tabelle 4 - 51:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4	108
Tabelle 4 - 52:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4	109
Tabelle 4 - 53:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4	109
Tabelle 4 - 54:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4	109
Tabelle 4 - 55:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4	109
Tabelle 4 - 56:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4	110
Tabelle 4 - 57:	Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4	110
Tabelle 4 - 58:	Sozial-ökonomische Daten	110
Tabelle 4 - 59:	Regionale Einkommensverhältnisse und Wachstum	111
Tabelle 4 - 60:	Bevölkerungszahlen und prozentuales Wachstum in den verschiedene Subdistrikten der Stadtverwaltung Ketapang	111
Tabelle 4 - 61:	Veränderung der Dichte - Klassen zwischen den beiden Jahren 1995 und 1998 im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan	112
Tabelle 4 - 62:	Veränderung der Dichte - Klassen zwischen Jahren 1995 und 2000 im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan	112
Tabelle 5 - 1:	Veränderungsprozess im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan von 1995 bis 2000 (in ha)	120
Tabelle 5 - 2:	Berechnung der Durchschnittswerte der gesamten Probefläche für Dichte, Dominanz und Frequenz	123

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 - 1:	Umweltschäden durch Rauch auf der Insel Kalimantan (August 2000).....	3
Abbildung 1 - 2:	Projektansatz des Berau Forest Management Project	5
Abbildung 2 - 1:	Spektrale Signaturen der Vegetation, trockener Boden und Wasser (1,2,3,4,.....)	13
Abbildung 2 - 2:	Nährstoff-Zyklus in den Tropen.....	16
Abbildung 2 - 3:	Geschwindigkeit der Degradierung (in ha) in Indonesien bzw. Kalimantan verursacht durch stärkere Veränderungen der Landbedeckung im Gebiet ..	17
Abbildung 2 - 4:	Waldnutzung in der Provinz West-Kalimantan auf Basis der Satellitendaten Landsat ETM 7 2000 (nach Forstplanungsamt des Forstministeriums der indonesischen Regierung, 2000)	18
Abbildung 2 - 5:	Waldnutzungsverteilung auf Basis von Satellitendateninterpretation (Landsat ETM 7), 2000	19
Abbildung 2 - 6:	Verfälschung der Brandflächenschätzung bei Verwendung der Satellitendaten OAA-AVHRR.....	20
Abbildung 3 - 1:	Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Naturreservat Muara Kendawangan, das einen großen Teil des Distriktes Kendawangan der Stadtverwaltung Ketapang in der Provinz West-Kalimantan in Indonesien bedeckt.	23
Abbildung 3 - 2:	Ausschnitt der multitemporalen digitalen Satellitenbildaufnahmen vom 1995, 1998 und 2000 im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West- Kalimantan	25
Abbildung 3 - 3:	Arbeitsablauf des Projektes zur Ermittlung des Störungsrisikos in dem Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien	28
Abbildung 3 - 4:	Arbeitsablauf der Methode zur Gewinnung der verschiedenen thematischen Karten über das Naturreservat Muara Kendawangan, Provinz West- Kalimantan, Indonesien	29
Abbildung 3 - 5:	Arbeitsablauf zur Gewinnung der Prognosekarte zur Ermittlung des Feuerrisikos bzw. der Waldbrände im Naturreservat Muara Kendawangan, Provinz West-Kalimantan, Indonesien	31
Abbildung 3 - 6:	Schematischer Arbeitsablauf bei der Visuellen Verbesserung der Satellitendaten Landsat TM 5 und ETM 7 zur Optimierung der Ergebnisse.	34
Abbildung 3 - 7:	Baumdiagramm als Analogie nach Entscheidungsfaktor der Segmentierung .	36
Abbildung 3 - 8:	Pyramiden-Struktur der Analyse zur Klassifizierung der Satellitendaten.....	37
Abbildung 3 - 9:	Schematische Darstellung Klassifizierung der Dichte - Klassen.....	38
Abbildung 3 - 10:	Schematische Streckenführung in den Plots für die terrestrische Aufnahme im Reservat Muara Kendawangan West-Kalimantan, Indonesien.....	41
Abbildung 3 - 11:	Analogie der verwendeten zufälligen Stichprobeauswahl für jede Dichte - Klassen der Vegetation.....	45
Abbildung 3 - 12:	Der Arbeitsablauf zur Ermittlung des ökologischen Aspekts und Verbesserungsmöglichkeit des Verfahrens für die terrestrische Vegetationsaufnahme im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien.....	47

Abbildung 3 - 13: Schematische Darstellung für den Prozess der Veränderungserkennung auf Methode Nachvergleich der Klassifizierung vom Landsat ETM 1995, 1998 und 2000	48
Abbildung 4 - 1: Land system des Naturreservats Muara	52
Abbildung 4 - 2: Vertikaler Querschnitt im land system Puting (PTG) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	53
Abbildung 4 - 3: Vertikaler Querschnitt im land system Kajapah (KJP) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	54
Abbildung 4 - 4: Vertikaler Querschnitt im land system Kahayan (KHY) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	55
Abbildung 4 - 5: Vertikaler Querschnitt im land system Klaru (KLR) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	56
Abbildung 4 - 6: Vertikaler Querschnitt im land system Mendawai (MDW) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	57
Abbildung 4 - 7: Vertikaler Querschnitt im land system Beliti (BLI) im Naturreservat Muara Kendawangan	58
Abbildung 4 - 8: Vertikaler Querschnitt im land system Serimbang (SRM) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	59
Abbildung 4 - 9: Vertikaler Querschnitt im land system Segintung (SGT) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	60
Abbildung 4 - 10: Vertikaler Querschnitt im land system Honja (HJA) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	60
Abbildung 4 - 11: Vertikaler Querschnitt im land system Palakunai (PLN) im Naturreservat Muara Kendawangan.....	61
Abbildung 4 - 12: Landbedeckung des Naturreservats Muara Kendawangan.....	62
Abbildung 4 - 13: Sumpfwald im Reservat Muara Kendawangan.....	64
Abbildung 4 - 14: Das längliche Hypocotyl von Rhizophora im Mangrovenbereich des Reservats Muara Kendawangan.....	65
Abbildung 4 - 15: Wohnstil der Bevölkerung in der Umgebung des Reservats Muara Kendawangan: Die Nomadenhütte	66
Abbildung 4 - 16: Alang-Alang-Gras (<i>Imperata cylindrica</i>), die typische Landbedeckung nach dem Ackerbau im Reservat Muara Kendawangan.....	67
Abbildung 4 - 17: Die Seggen (<i>Pandanus</i> sp.), befinden sich an den Ufern des Flusses Membuluh und des Flusses Kendawangan in Mündungsnähe, wo sie direkt vom Golf Karimata beeinflusst sind.....	67
Abbildung 4 - 18: Allgemeine Darstellung der Hot Spots von 1998 bis 2001 in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien	70
Abbildung 4 - 19: Die ‚Hot Spot‘-Information des spezifischen Thermalsensor AVHRR der Satelliten-NOAA in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien.....	71
Abbildung 4 - 20: Darstellung des monatlichen Niederschlagsdurchschnitts von Jahrgänge 1995, 1998 und 2000	71
Abbildung 4 - 21: Trend der Intensität der Feuchtigkeit im Reservat Muara Kendawangan	72
Abbildung 4 - 22: Temperaturen im Jahresverlauf im Reservat Muara Kendawangan.....	72
Abbildung 4 - 23: Optimierung der Satellitendaten Landsat TM 5 durch eine Mischfilterung (Bandkombination 5,4,2 im Reservat Muara Kendawangan.....	77

Abbildung 4 - 24: Das Segmentierungsergebnis für die Graduierungslevel 1 (a), 2 (b) und 3 (c).....	78
Abbildung 4 - 25: Das Segmentierungsergebnis für die Graduierungslevel 4 (a), 5 (b) und 6 (c).....	79
Abbildung 4 - 26: Die Darstellungen beziehen sich auf die mittlere Dichte der Vegetation im Plot PB1 (4 Dichte - Klassen) und PB2 (5 Dichte - Klassen).....	82
Abbildung 4 - 27: Die Darstellungen beziehen sich auf geringe offene Walddichte (2 Dichte - Klassen) im Plot PB3 und relativ hohe Walddichte (2 Dichte - Klassen) im Plot PB4.	82
Abbildung 4 - 28: Festlegung und Verifizierung durch die erkennbaren als auch erreichbaren Passpunkte (▲) und Probeflächen PB1 bis PB4 (■) im Gelände, wobei das Gebiet eine flächige Ebene darstellt.	83
Abbildung 4 - 29: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Dichte der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4.....	87
Abbildung 4 - 30: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Dominanz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4.....	87
Abbildung 4 - 31: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Frequenz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4.....	87
Abbildung 4 - 32: Darstellung der IVI-Verteilung der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4	88
Abbildung 4 - 33: Darstellung der Grundflächeverteilung der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4	88
Abbildung 4 - 34: Darstellung der Häufigkeit der Hauptbaumarten N/ha in den Plots PB1 – PB4).....	88
Abbildung 4 - 35: Kartierung der terrestrischen Vegetationsaufnahme im Zusammenhang mit Klassifizierungsergebnissen der Satellitendatenaufnahme im Plot PB1.....	90
Abbildung 4 - 36: Möglichkeit zur Kartierung der geschützten Tierarten im Zusammenhang mit Landbedeckung, land system, Verdichtung der Bevölkerung und Gefährdungsrisiko für Waldbrand im Reservat Muara Kendawangan (siehe Karte 1, 2 und 3)	90
Abbildung 4 - 37: Eine graphische Darstellung für die Beziehungen zwischen terrestrischer Vegetationsaufnahme (TVA) und Satellitenfernerkundungsdaten (SFD) nach 3 verschiedenen Vergleichsansatzmethoden	91
Abbildung 4 - 38: Die Interpretationsergebnisse nach den 3 angewendeten Methoden Ordinary Kriging (a), Inverse Distance Weigth (b) und Radial Basic Function (c) für den Plot PB1 mit einer Größe von 100 ha	93
Abbildung 4 - 39: Darstellungsmittel der Ansatzmethoden Ordinary Kriging, Radial Basic Functions und Inverse Distance Weigthing mit Erhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1% im Plot PB1.....	95
Abbildung 4 - 40: Die Ansatzmethoden Ordinary Kriging, Radial Basic Functions und Inverse Distance Weigthing für eine Datenerhebungsintensität von 10%, 5% und 1% im Plot PB 2.....	99
Abbildung 4 - 41: Die Ansatzmethoden Ordinary Kriging, Radial Basic Functions und Inverse Distance Weigthing für die Datenerhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1% im Plot PB 3.....	103
Abbildung 4 - 42: Die Ansatzmethoden Ordinary Kriging, Radial Basic Functions und Inverse Distance Weigthing für eine Datenerhebungsintensität von 10%, 5% und 1% im Plot PB 4.....	107

Abbildung 4 - 43: Prognosekarte für Waldbrandrisiko im Reservat Muara Kendawangan	114
Abbildung 5 - 1: Darstellung des Veränderungsprozesses im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien	119
Abbildung 5 - 2: Durchmesservertelung der Hauptbaumarten 1986 und 2001	121
Abbildung 5 - 3: Darstellung zur Beweis für die gesamte Anwesenheit (%) der Hauptbaumarten in den Probeflächen Plot PB1 bis PB4 im Reservat Muara Kendawangan.....	122
Abbildung 5 - 4: Vergleichsdarstellung der Genauigkeit für die angewendete Ansatzmethoden auf drei verschiedene Datenerhebungsintensität (I) zur Verbesserung der Leistung eines satellitengetragenen Inventur-systems im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan Indonesien	124

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 8 - 1: Klimadaten über die Stadtverwaltung Ketapang im Jahr 1990 – 2000 in der Provinz West Kalimantan, Indonesien	139
Anhang 8 - 2: Umrechnung über die ökologische Faktoren nach der Anwesenheit (%) und ihre Eigenschaften im Naturreservat Muara Kendawangan Provinz West-Kalimantan Indonesien	142
Anhang 8 - 3: Umrechnung über die Artendiversität, -reichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten	143
Anhang 8 - 4: Darstellung über den Veränderungsprozess zwischen Jahr 1998 (link) und 2000 (recht) im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien	144
Anhang 8 - 5: Darstellung über den Veränderungsprozess zwischen Jahr 1995 (link) und 2000 (recht) im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien	145
Anhang 8 - 6: Rekapitulation für Bodeneigenschaften, land system, Landbedeckung, Landeignung und Bodenpotential im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan Indonesien	146
 KARTE 1.	 Risikokarte des land system bezüglich Aspekte: Geschützte Tierarten, Wasserstrassen und Siedlungen
KARTE 2.	Risikokarte der Landbedeckung im Reservat bezüglich Aspekte: Geschützte Tierarten, Flußzone und Waldbrand
KARTE 3.	Risikokarte der Landbedeckung bezüglich Aspekte: Dichte-Klassen von Hauptbaumarten, Flusszone und Waldbrand

Verwendete Abkürzungen:

AMDAL	: Umweltverträglichkeitsprüfungen der indonesischen Regierung (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan)
AVHRR-NOAA	: Advanced Very High Resolution Radiometer - National Ocean and Atmospheric Administration
Bakosurtanal	: Bundesagentur für Erhebung und Kartierung in Indonesien (Badan Koordinasi Survey Tanah Nasional)
DISHIDROS	: Institut für Hydrologie und Ozeanographie der indonesische Regierung (Dinas Hidro-Oceanografi)
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
FFPMP	: Forest Fire Prevention Management Project
GIS	: geographische Informationssysteme
GPS	: Global Positioning System
IDW	: Inverse Distance Weigthed
IVI	: Importance Value Index
TPC	: Technology Policy Committee
JICA	: Japan International Cooperation Agency
JOG	: Militärische Verteidigungskarte der indonesischen Regierung (Joint Operation on Government)
Landsat ERST-1	: Erste Generation von Satellitenaufnahmen des Landsat (Earth Resources Technology Satellite)
Landsat TM/ETM	: Satelliten Landsat Thematics Mapper/Enhanced Thematic Mapper
LAPAN	: Institut für Aeronautik und die Luft- und Raumfahrt der indonesischen Regierung (National Institute of Aeronautics and Space)
MoFEC	: Ministry of Forestry and Estate Crop
PKA	: Direktorat General für Naturschutz (Dirjen Perlindungan dan Kelestarian Alam)
RBF	: Radial Basis Functions
RBI	: Indonesische thematische Karte bezüglich der Landnutzung, Landbedeckung einschließlich der Topographie (Rupa Bumi Indonesia)
RePPPProT	: Regional Physical Planning Programme for Transmigration
RIS	: Raumbezogene Informationssysteme
TGHK	: Gemeinschaftliche Karte, erstellt von den Ministerien für Forst, Agrar und Boden (Tata Guna Hutan Kesepakatan)
TNI-AL	: Mariner indonesischer Soldat
USDA	: United State Department of Agriculture

1. EINLEITUNG

Im Allgemeinen sind die Hauptziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege, den besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln, dass die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, die Diversität der Pflanzen- und Tierwelt sowie die Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als Lebensgrundlagen des Menschen und als Voraussetzung für seine Erholung in Natur und Landschaft nachhaltig gesichert sind (Auhagen, 2002).

Naturschutz und Landschaftspflege haben nicht nur den Schutz wertvoller Tier- und Pflanzenbestände oder die Pflege schöner Landschaftsbilder zum Ziel, sondern vor allem auch die nachhaltige Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen Wasser und Boden, Klima und Luft (Zundel, 1987). Das ‚natürliche Wirkungsgefüge‘ und ein ausgeglichener ‚Landschaftshaushalt‘ sollen erhalten werden, damit die Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Landes und eine gesunde menschliche Umwelt trotz entscheidender Veränderungen durch Industrie, Verstädterung und intensive Bodennutzung gewährleistet sind (Zundel, 1987).

Indonesien ist eines der *mega-center* an biologischer Vielfalt der Welt (WWF-Indonesia, 2003). Leider führte eine für die Natur ungünstige Politik unter Dekadenlang zu einem starken Druck auf den Wald und die natürlichen Ressourcen. Degradierung und Entwaldung großer Gebiete sind die Folge. Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder war nicht gewährleistet. Auch auf die Schutzgebiete wirkt sich diese verfälschte Politik negativ aus. Illegale Holzfällarbeiten, Waldbrände, Bergbau, Umwandlung der Flächen zu Ölpalm - Plantag, aber auch die Vergabe von Konzessionen bedrohen Waldschutzgebiete (Forest Watch Indonesia, 2003; MinergyNews.com, 2001; JATAM, 2001; Tempo Interaktif, 2001; Newmont Minahasa Raya, 1996). Als Ergebnis haben sich in den vergangenen drei Jahrzehnten der Zustand der Umwelt zum negativen gewandelt: Erosion, Degradierung des Bodens, Verarmung der Pflanzen- und Tierwelt und Vergrößerung der Landarmut sind zu beobachten.

Ein Indikator für diese bedenkliche Entwicklung sind die großen Waldbrände im Jahr 1982-1983 in der Provinz Öst-Kalimantan und landesweit im Jahr 1997-1998. In deren Folge sind große Sach- und ökologische Schäden mit insgesamt über 3 Mio. ha Waldverlust im ganzen Gebiet Indonesiens zu beklagen (WWF-Indonesia, 2003; Hess, 1994; Rücker, G. et al., 2001; Siegert und Hoffmann, 2000; FAO, 2001; IFFN, 1996; Goldammer, 1990).

Auch illegaler Holzeinschlag führt zu einer Degradation weiter Flächen, Die Vorräte, welche dabei jährlich entnommen werden (bis zu 4 Mio.m³), übersteigt den geschätzten Zuwachs in Indonesien um das 4 fache (Setyarso, A in Kurniawan, H. 2003).

Bergbauaktivitäten in den Provinzen Öst-Kalimantan, Süd-Kalimantan, Süd-Sumatera, Inseln Bangka, Belitung und Irian Jaya führen zur Devastierung riesiger Flächen und damit auch zu einem Verlust an Habitaten in Naturschutzgebieten der Hauptinseln.(Forest Watch Indonesia, 2003; MinergyNews.com, 2001; JATAM, 2001; Tempo Interaktif, 2001; Newmont Minahasa Raya, 1996).

Aus der Perspektive der indonesischen Bevölkerung ist der Naturwald ein natürliches Kapital, das den täglichen Lebensbedarf decken kann. Im Alltag gilt der Wald hauptsächlich als Vorrat für Brennholz und als Lebensraum für jagdbare Tiere. Aber selbstverständlich erfüllt er viele weitere wichtige Aufgaben wie die Sauerstoffproduktion, die Absorption von Schadstoffen, die Regelung des hydrologischen Ablaufes und die ausgleichende Wirkung auf das Klima.

Forstministerium (2003) bestätigt, dass es mindestens 20 Jahre brauchen wird, um die Wälder Indonesiens langfristig wieder zu stabilisieren Um dies zu erreichen, werden die Rehabilitation, der Schutz und die Erhaltung des Waldes als Hauptziele forstlichen Managements anerkannt. Für die praktische Umsetzung werden 5 Maßnahmen mit hoher Priorität genannt (Forstministerium, 2003):

- 1) Bekämpfung des illegalen Holzeinschlages
- 2) Bekämpfung der Waldbrände
- 3) Restrukturierung des Forstsektor
- 4) Rehabilitation und Schutz der Waldressourcen
- 5) Verstärkung zur Dezentralisation in der Forstverwaltung.

Der WWF-Indonesia (2003), eine Zusammenarbeit zwischen WWF-Indonesia und USAID hat in den Jahren Jahr 2001-2003 (Grant-Agreement Nr.497-G-00-01-00020-00) ein Aufbauprojekt für das Naturressourcen-Management und die Reform des Naturschutzes - auf regionaler Ebene durchgeführt.

1.1. Problemstellung

Im Laufe des Jahres 1999 hat die indonesische Regierung eine Regelung zur Dezentralisierung der Forstorganisationen in den Provinzen erlassen, die besagen, dass die Provinzen selbst für politische Entscheidungen verantwortlich sein sollen

(Indonesisches Gesetz, 1999). Grundgedanke dabei ist, dass die Provinzen im Allgemeinen die Entwicklung ihres Landes und die jeweiligen Vor- und Nachteile besser beurteilen können als eine zentrale Regierung. Allerdings sind manche Provinzen noch nicht bereit zu dieser Selbstorganisation: es mangelt an Fachleuten, Material und Strategien auch und gerade für das nachhaltige Management von Waldflächen. Entgegen der ursprünglichen Absicht, ist durch diese neue Situation der Druck auf den Wald weiter gewachsen und die natürlichen Ressourcen sind im hohen Maße durch eine unregelmäßige Nutzung gefährdet. Die Auswirkungen der Umsetzung der neuen politischen Rahmenbedingungen sind eine noch stärkere Degradierung der Ressourcen bzw. eine Zunahme der Waldzerstörung in allen Verwaltungsgebieten der indonesischen Regierung.

Die Geschwindigkeit der Waldzerstörung in Indonesien beträgt zurzeit bis zu 2,4 Mio. Hektar pro Jahr (Forest Watch Indonesia, 2003). Die Hauptursachen sind illegale Holzfällarbeiten, Waldbrände, Minen (Steinkohle, Gold, Diamanten u.a.), unbestimmte Waldgrenzen und Waldnutzung, ein Mangel an Fachkräften, Konflikte durch unterschiedliche Landnutzung (Forstkonzessionäre und die Ausweitung der Siedlungen in der Umgebung des Waldes), sowie schwache politische Entscheidungen und mangelnde Kontrollen.

Diese negative Situation wird zusätzlich erschwert durch natürliche Schadereignisse. So kommt es seit zwei Jahrzehnten auf der Insel Kalimantan in Folge von verlängerten Trockenzeiten immer wieder zu ausgedehnten Waldbränden, die große Teile des Landes mit Rauchgasen bedecken. Abbildung 1-1 zeigt anhand von zwei Fotos, die Intensität des Rauchs entlang der Ufer des Flusses Mahakam in der Provinz West-Kalimantan und auf dem Dorf Baamang Tengah in der Stadtverwaltung Sampit, Provinz Zentral-Kalimantan.



Abbildung 1 - 1: Umweltschäden durch Rauch auf der Insel Kalimantan (August 2000)

Nur die Wälder in ausgewiesenen Naturschutzgebieten und Reservaten sind noch einigermaßen gesichert. Allerdings genießen weniger als 30% der Gesamtfläche Indonesiens einen entsprechenden Schutzstatus.

Über die Veränderung des Umweltzustandes in Indonesien gibt es noch keine hinreichende und gesicherte Datengrundlage. Aktuelle Projekte und Untersuchungen widmen sich meist speziellen Aspekten, wie beispielsweise der Waldabnahme durch Waldbrände (MacKinnon, 1996). Es fehlen Verfahren, die die aktuellen Veränderungen in ihrer Gesamtheit erfassen und wiedergeben können.

Der tropische Regenwald in West-Kalimantan umfasst 147.510 km², der aus 87.010 km² oder 59% Waldfläche und 60.500 km² oder 41% Nichtwaldfläche besteht. Die Feuchtgebiete umfassen hierbei 684.548 ha. Die Feuchtgebiete sind schwer zugänglich, deshalb gibt es keine geregelte Waldbewirtschaftung und insgesamt liegen nur wenig Informationen und Untersuchungen über Feuchtgebiete vor.

In einem Feuchtgebiet liegt das Untersuchungsgebiet Muara Kendawangan, das zwischen dem Fluss Membuluh und dem Fluss Air-Hitam ca. 150.000 ha umfasst. Es besteht aus Mangroven, Süßwasser – Sumpfwäldern sowie Torf- und Sumpfwäldern. Anthropogene Einflüsse verändern in diesem Gebiet nicht nur die Vegetation, sondern auch die Tierwelt. Schon 1996 prognostizierte MacKinnon (1996), dass der Bestand des Gebietes in seiner ursprünglichen Form gefährdet ist, wenn nicht umgehend Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Der Hauptgrund für die Wahl von Muara Kendawangan als Untersuchungsgebiet ist aber nicht nur die Degradation der natürlichen Vegetation, sondern auch die Veränderungen der sozialen und ökonomischen Situation der ansässigen Bevölkerung.

Als Voraussetzung für die Planung von Gegenmaßnahmen für die langfristige Erhaltung des Waldes und das Management des Naturreservates sind Informationen über die Veränderungen des Gebietes, der Landnutzung, die Vegetationsdichte und die Vielfalt der Vegetation notwendig. Darüberhinaus muss die sowie die Situation der Bevölkerung um das Naturreservatt Muara Kendawangan in die Überlegungen mit einbezogen werden.

Eine Möglichkeit der Erfassung von räumlichen Informationen ist die Auswertung von Satellitendaten in Verbindung mit terrestrischen Aufnahmen. Mit diesem Ansatz können trotz der sehr großen Fläche des Untersuchungsgebietes relativ schnell genaue Ergebnisse erzielt werden. Das durch die Europäische Union finanzierte Projekt Berau Forest Management Project (BFMP) setzten beispielsweise Satellitendaten ein, um wichtige Umweltrahmenbedingung durch verschiedenste thematische Karte für Boden,

Topographie, Klima und Vegetation und für die Forstkonzession in Labanan zu entwickeln. Besonders die Vegetationskarte enthält dabei wichtige Informationen zur natürlichen Waldgrenze und Abholzungsaktivitäten. Als "base line study" dienen diese Informationen der Erstellung eines Monitorings- und Managementkonzeptes, der Statifizierung der Waldvorkommen, sowie der Modellierung einer Ertragsprognose. (Tyrie und Gunawan, 1998 Mantel, 1999).

Die Abbildung 2-1 zeigt den Projektansatz nach Berau Forest Management Project (2001).



Abbildung 1 - 2: Projektansatz des Berau Forest Management Project

1.2. Zielsetzung

Abgeleitet aus der beschriebenen Problemstellung ergibt sich als Zielsetzung für die vorliegende Arbeit:

- ein Verfahren zum Umweltmonitoring auf der Basis eines satellitengestützten Inventursystems zu entwickeln,
- die Veränderungen der Waldbedeckung flächendeckend zu erfassen und darzustellen sowie
- raumbezogene Analysen über den Zusammenhang zwischen der Bevölkerungssituation und der Flächenveränderung durchzuführen.

Aus diesen Analysen soll schließlich das Risiko für künftige, negative Entwicklungen durch anthropogene und natürliche (z.B. Waldbrand) Einwirkungen abgeschätzt werden und so ein Beitrag zum Management des Naturreservates geleistet werden.

.

2. GRUNDLAGEN

2.1. Land system versus Landbedeckung

In der vorliegenden Arbeit wird die Landnutzung zusammen mit der vorherrschenden Vegetation sowie der potentielle Ertragsfähigkeit der Böden mit Klassifikationsschemata beschrieben, wie sie in Indonesien üblich sind. Damit soll die Umsetzung der Ergebnisse der Arbeit vor Ort erleichtert werden. Zum besseren Verständnis werden beide Methoden im Folgenden näher erläutert.

Für den englischen Begriff *land system* gibt es keine eindeutige deutsche Übersetzung. Deshalb wird in dieser Arbeit der englische Ausdruck weiterverwendet. Mit dem Begriff *land system* wird eine Art Standortkomplex beschrieben. Er bezeichnet Flächen mit ähnlichen Formen von Topographie, Lithologie, Bodeneigenschaften und klimatischen Bedingungen im Gelände, was zu ähnlichen Ökosystemen und Habitaten von Flora und Fauna im Gebiet führt. Die Einteilung in *land systems* dient in Indonesien hauptsächlich der Einschätzung, für welche anthropogenen Nutzungen diese unterschiedlichen Systeme geeignet sind und wie groß das Potential des Bodens für diese Nutzungen ist. *Land system-* und *Landeignungskarten* werden vom Institut für Bodenuntersuchung erstellt. Nach Arsyad (1989); Kucera (1988); Sitorus (1985) beschreiben *Land systems* Flächen mit vergleichbarer Geologie, Geomorphologie, Boden, Hydrologie, Vegetation und Landnutzung. Letztere beeinflusst wiederum über die Zeit ihrerseits Relief, Boden, Wasserhaushalt und die Vegetation. Sitorus (1995) und Huizing (1995) beeinflusst die Kenntnis der Bodeneigenschaften direkt und kontinuierlich die allgemeinen Nutzungen wie Agrar- oder Forstwirtschaft. Im Ergebnis wird die Evaluierung von *land systems* für die Einschätzung der potentiellen Nutzungsmöglichkeiten der entsprechenden Flächen herangezogen.

Die bisherige Basisinformation für die Standortfaktoren wurde vom Institut für Bodenuntersuchung (1992) aus einer Vergrößerungskarte vom USDA (1986) Maßstab 1:500.000 erstellt. In Anlehnung an Sitorus (1995) und Göpfert (1991) wurde die Kartierung im GIS im Hinblick auf Bodeneigenschaften, Klima, Hauptvegetation, Anwendungen für Planungszwecke bzw. Kombination von Kartendaten, Verkehr- und Standortanalysen und thematische Planungshilfen sowie Umweltplanung und Kartographie erarbeitet. In den meisten Fällen konnte eine hohe Abhängigkeit und enge Beziehung mit hoher Korrelation auf die o.g. Faktoren gezeigt werden. Und zwar sind die Informationen spürbar während der bisherigen Entwicklung und nicht reichend gesammelte Informationen von den Standortfaktoren im Bereich des

Untersuchungsgebietes zurzeit nicht mehr Aktuell und veraltet.

Die Klassifizierung in land systems wird auch von anderen Verwaltungen verwendet (z.B.:Forstkonzessionären, Forstplantage, Reservaten und Landwirtschaften), um Inventurverfahren effizienter planen zu können. Das Naturreservat Muara Kendawangan enthält 10 verschiedene land system- Typen: Puting (PTG), Kajapah (KJP), Kahayan (KHY), Klaru (KLR), Mendawai (MDW), Beliti (BLI), Serimbang (SRM), Segintung (SGT), Honja (HJA) und Palakunai (PLN).

Unterhalb der Ebene der land systems beschreibt Sukardjo (1984) sogenannte land units als die kleinste Einheit von Landevaluierungen in Indonesien. Dabei werden Flächen mit vergleichbaren Eigenschaften in Bezug auf Klima, Relief, Drainage, Ablagerungen, die Bodeneigenschaften, die Vegetation und die Landnutzung (Rossiter, 1994). Land-unit ist also mehr eine Klassifizierung und Beschreibung von Standorten (Hardjowigeno, 1985a; 1985b).

Die *Landbedeckung* ist die aktuell zu beobachtende, biophysikalische Bedeckung der Erdoberfläche (Definition unter www.fao.org). Im Fachwörterbuch Fernerkundung und Geoinformation nach Sallet (2002) gilt der Begriff als Synonym für das englische Wort *Land cover*. Im Reservat Muara Kendawangan lassen sich 11 verschiedene Bedeckungstypen beobachten: Staude oder Busch (B), Küstenwald (Hc), Torf- und Sumpfwald (Hg), Auwald (Hh), Heidewald (Hk), Sumpfwald (Hr), Mangroven (Ht), Siedlungen (K), Wanderfeldbau (L), Alang-alang-Gras (Ra), Mischwald zwischen Wanderfeldbau und Staude oder Busch (L+B) und Sumpfwald mit Seggen (Rr).

2.2. Landevaluierung

In Ergänzung zu land system und Landbedeckung bezieht sich *Landevaluierung* auf die Bewertung der Leistungsfähigkeit einzelner Flächen, für bestimmte Zwecke (FAO, 1985) und trifft z.B. Aussagen darüber, ob das Land für die Bepflanzung mit bestimmten Arten geeignet ist. Auch Van Diepen et al. (1991); Young (1974) definieren die Landevaluierung als die Zusammenfassung aller Methoden, die der Bewertung und der Vorhersage des Landnutzungspotentials dienen. Die Landevaluierung, als die Information über die Beziehungen zwischen Landbedingung und Landnutzung, dient vor allem als Information für die Landnutzungsplanung, um Vergleiche anstellen und eventuell Alternativen zur jetzigen Nutzungen in einem Gebiet vorschlagen zu können (Rossiter, 1994). Hierbei müssen auch die Konsequenzen, die durch einen Wechsel der Landnutzung entstehen können, berücksichtigt werden.

2.3. Umweltmonitoring

Bezüglich des Umweltmonitorings und der Entwicklung eines Landes schreiben Page, B. und Hilty, L. M., (1995), dass die Aufgaben des Umweltschutzes, der Umweltplanung und der Umweltforschung sich nur auf der Grundlage einer hinreichenden und zuverlässigen Informationsbasis bewältigen lassen. Zustand und Entwicklung der Umwelt werden durch biologische, physikalische, chemische, geologische, meteorologische und sozio-ökonomische Daten beschrieben. Diese Daten sind raum- und zeitbezogenen und kennzeichnen vergangene, aktuelle und – im Falle von Prognosen – auch zukünftige Umweltzustände. In den späten 90iger Jahren haben die Verfahren des Umweltmonitorings und der Umweltmodellierung mit Fernerkundung und GIS verstärkt Eingang in die Landschaftsplanung gefunden (Koch, 2002).

Umweltmonitoring soll im Bezug auf die Zielsetzungen einer allgemeinen, integrierten, ökologischen Umweltbeobachtung unter folgenden Begriffen definiert werden (Maas, D., 1999):

- Veränderungen des Umweltsystems auch ohne direkten Ursache-Wirkungs-Bezug anzeigen (im Sinne des allgemeinen Monitorings nach Plachter, 1992) und mit Hilfe dieser Anzeige repräsentative Aussagen über den Zustand der Umwelt und dessen Veränderung zulassen (Stöcker 1981).
- So weit als irgend möglich eventuelle Veränderungen des Umweltsystems als natürlich, direkt anthropogenen oder über Wirkungsketten im Umweltsystem als anthropogenen induziert identifizieren (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, 1990).
- Zumindest Ansätze einer Wertung basierend auf der Annäherung an oder Abweichung von vordefinierten Zielen erlauben, zumindest aber einen Vergleich zum Zustand am Beginn der Erhebungsphase zulassen.

Im Allgemein können zwei unterschiedliche Ansätze der Bioindikation im Bezug eines Umweltmonitorings zur Anwendung kommen:

- *Passives Monitoring*: Organismen, Populationen und Biozönosen im Umweltsystem werden hinsichtlich ihrer Reaktion auf Umweltfaktoren oder deren Veränderung beobachtet und auf sichtbare und unsichtbare Schädigungen oder Abweichungen von einer definierten oder bekannten Norm untersucht. Es soll Rückschlüsse auf die Belastung des Umweltsystems und dessen Veränderung geben. Dieser Ansatz wird in der vorliegenden Untersuchung verfolgt.
- *Aktives Monitoring*: setzt die Exposition standardisierter Testorganismen voraus.

Dabei werden unter Standardbedingungen angezogene Organismen oder wenig hoch organisierte Systeme exponiert, und Vitalitätsveränderungen hinsichtlich der auf die Exponate einwirkenden Umweltfaktoren interpretiert (Schubert, 1985, Arndt et al., 1987 in Maas, 1999).

Als Modelle und Annahmen über die künftige Entwicklung können die beiden folgenden Prognosearten unterschieden werden. (Jessel und Tobias, 2002):

- Als Ermittlung und Beschreibung von Umweltauswirkung oder als Ermittlung zu erwartender erheblicher und nachhaltiger Beeinträchtigungen von Naturhaushalt und Landschaftsbild in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (explorative Prognosen)
- Wenn ausgehend von definierten Zielen Handlungsstränge und Maßnahmen zu ihrer Erreichung aufgezeigt werden. Dies ist etwa in der Landschaftsplanung oder in Pflege- und Entwicklungsplänen der Fall (normative Prognosen).

2.4. Nachhaltigkeit des Waldes

Schulte-Bisping, H et.al. (2001) beschreiben die Nachhaltigkeit und die Regelungsfunktionen von Waldökosystem bzw. Bodeneigenschaften und Stoffhaushalt, erwähnen aber auch, dass multifunktionelle Forstwirtschaft aber nicht nur die Regelungsfunktion von Waldökosystemen berücksichtigen sollte, sondern dauerhaft alle Funktionen von Wäldern als gleichwertige Elemente integrieren muss. Dazu zählen die Lebensraumfunktion (Habitat für standortabhängige Flora und Fauna), die Produktionsfunktion (Gewinnung des Rohstoffs Holz) wie auch die Kultur- und Sozialfunktion von Wäldern (Schutz- und Erholungsgebiete).

Der gesellschaftliche Handlungsraum, in dem die beteiligten Akteure (Waldbesitzer, Unternehmer, Politiker, Wissenschaftlicher, etc.) agieren, wird dabei wesentlich von den ökologischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen bestimmt. Die ‚Leitplanke für die Nachhaltigkeit‘ soll den Handlungsraum begrenzen und vor möglichen negativen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Waldbewirtschaftung schützen.

Im Untersuchungsgebiet ist die anthropogene Nutzung des Waldes von besonderer Bedeutung. Dabei verschwimmen die Begriffe Ackerbau/Wanderfeldbau und Waldgarten mitunter, da die Ackerbauern auch einiges Laubholz als sekundäre Ressourcen produzieren. Die Bepflanzung des Laubholzes im Ackerbau/Wanderfeldbau ist allerdings nicht als Hauptressource gedacht, sondern nur ein

Nebenprodukt als die typische Kombination von klassischen, konventionellen Agroforstwirtschaftsmethoden vorgibt. Es ist nicht vergleichbar mit einem professionellen Waldgarten, indem auf andere Landnutzungen und Landtypen Wert gelegt wird (Dove, 1993). Chomitz und Griffith (1996) bestätigt, dass der Waldgarten (meistens zur Latexgewinnung) eine wichtige Rolle bei der Landdegradierung im Vergleich zu dem Eigenbedarfsackerbau in Indonesien gespielt hat.

Stibig und Achard (1998) unterstreichen die Notwendigkeit eines Monitorings für die globale und regionale tropische Waldbedeckung in Süd-Öst-Asien, vor allem wegen der raschen Degradierung und Entwaldungsdynamik. Auch Steinlin (1982) und Hildebrandt (1996) heben die Notwendigkeit eines satellitengestützten Umweltmonitorings und Waldinventurverfahrens hervor. Nach Persson and Janz (1997) sind verbesserte und standardisierte Inventurverfahren unverzichtbar für die Bereitstellung der notwendigen Informationen auf regionalem wie auch auf globaler Ebene.

Beispiele für die Umsetzung solcher Monitoringverfahren findet man auch in der Region Südostasien zahlreich. Neben dem schon in Kapitel 1 erwähnten Berau Forest Management Project wurden in Malaysia die Degradation und Entwaldung in drei Regionen: Peninsular Malaysia, Sabah und Sarawak (Masran in Hassan (1994)). Für das Jahr 1992 wird dabei die Waldbedeckung mit nur 58,2% des untersuchten Gebietes abgegeben. 85% davon finden sich auf der Tiefebene unter 1200m. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass 820 verschiedene Baumarten in einem Gebiet von nur 50 ha vorkommen, was ein Hinweis auf die grosse biologische Diversität in der Region ist. .

2.5. Fernerkundung für die Beobachtung von Ökosystemen

Eine zentrale Aufgabe der Untersuchung ist es, eine Verknüpfung zwischen den raumbezogenen Daten und den nicht raumbezogenen Daten herzustellen. Die vielfältigen Aufgaben der Beschreibung, Bewertung und Analyse von Landoberflächen, sowie die räumliche Planung als ein Mittel der Gestaltung unserer Umwelt stützen sich auf all diese unterschiedlichen Datenformen und Datenquellen. Durch die Erfassung von Rasterdaten und die Verfahren der Rasterverarbeitung eröffnen sich neue Perspektiven, die Integration und Verknüpfung von Punkt-, Vektor- und Rasterdaten zu einem Raumbezogenen Informationssystem (RIS) ermöglicht es, das volle thematische Potential der kombinierten Auswertung digitaler Bilder, Karten und Sachdaten zu erschließen (Göpfert, W., 1987).

Bei den Fernerkundungsuntersuchungen sollten die zu unterscheidenden Flächen möglichst groß, homogen und gut abzugrenzen sein (Hildebrandt, 1996; Goodchild, 1994). Deshalb eignen sich Fernerkundungsanwendungen besonders für die Erfassung von Landschaftsobjekten wie Wald oder Landnutzung.

Oft ist die flächendeckende Erfassung einer bestimmten Situation zu einem Stichtag der erste Grund für den Einsatz von Fernerkundung. Dabei erwartete der Anwender im allgemeinen, dass: (Kalliany in Blaschke (Hrsg.), 1999):

- die Aufnahmen jederzeit möglich sein und rasch zur Verfügung stehen sollen,
- die Daten einfach zu verarbeiten und eindeutig zu interpretieren sind,
- die Sensoren problemlos zu kombinieren sind,
- die Daten kostengünstig zu beschaffen sind.

Die Fernerkundung gewann in der Ökosystem-Analyse seit 1972 durch den Satelliten Landsat ERST-1 schlagartig an Bedeutung. Seitdem war, neben den USA, Russland, Japan, Indien und China und auch Europa mit der Entwicklung einiger Satelliten erfolgreich. Die meisten Satelliten arbeiten im Bereich der optischen Wellenlängen, d.h. sie erfassen die Energie des von den Objekten auf der Erde zurückgestrahlten Sonnenlichtes.

Die auf die Erdoberfläche einfallende Globalstrahlung wird von den Objekten jeweils zum Teil aufgenommen (absorbiert), zurückgestrahlt (reflektiert) und durchgelassen (transmittiert). Die in der Fernerkundung eingesetzten Aufnahmesysteme messen hauptsächlich die reflektierte Strahlung. Dabei hängen die Reflexionseigenschaften der Geländeobjekte vor allem von dem jeweiligen Material, seinem physikalischen Zustand (z.B. Feuchtigkeit), der Oberflächenrauigkeit und den geometrischen Verhältnissen (Einfallswinkel der Sonnenstrahlung, Beobachtungsrichtung) ab. Die Rückstrahlfähigkeit im sichtbaren Bereich wird als Albedo bezeichnet, wobei die Albedo das Verhältnis der reflektierten zur absorbierten Strahlung angibt. Körper, die alle sichtbare Strahlung reflektieren, erscheinen weiß, haben also eine hohe Albedo, während schwarz erscheinende Körper Strahlung stark absorbieren, also eine niedrige Albedo aufweisen. In der Natur liegen die Albedowerte zwischen diesen Extremen. Abbildung 2-2 zeigt die spektrale Signaturen der Vegetation, Boden und Wasser von Landsat ETM 6/7.

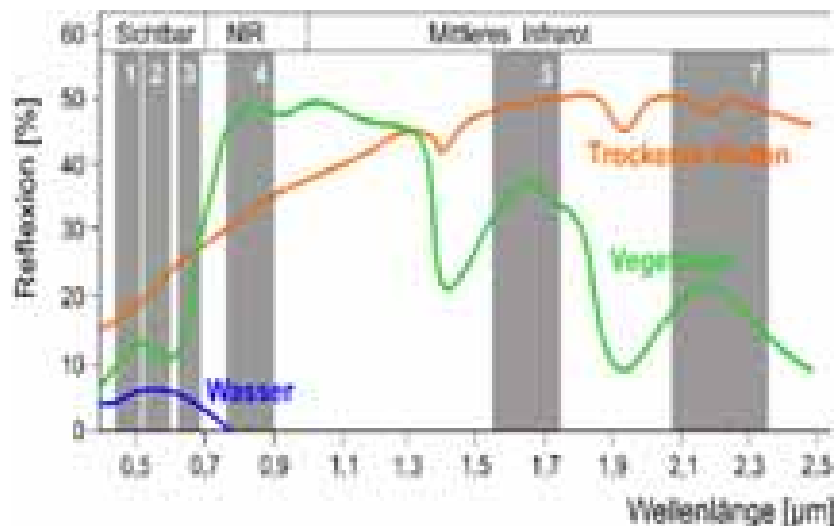


Abbildung 2 - 1: Spektrale Signaturen der Vegetation, trockener Boden und Wasser (1,2,3,4, 5,7 sind 6 von 7 Kanalbereichen der entsprechenden Kanäle von Landsat ETM 6/7)

In der Fernerkundung können neben dem Bereich des sichtbaren Lichts auch Strahlungen aus weiteren Spektralbereichen gemessen werden, vor allem den verschiedenen Bereichen des Infrarots. Entscheidend ist nun, dass jedes Objekt einen bestimmten spektralen Reflexionsgrad in Abhängigkeit von der Wellenlänge der Strahlung aufweist. Werden nur die Intensitäten der reflektierten Strahlung in eng begrenzten Spektralbereichen (den Kanälen) erfasst, so spricht man von Spektralsignaturen.

Die gezeigten spektralen Reflexionsgrade verschiedener Oberflächen wurden aus empirischen Untersuchungen ermittelt. Sie sind daher nicht feststehend, sondern können für unterschiedliche Regionen und Zeitpunkte durchaus unterschiedlich ausfallen. In der Tendenz können diese Reflexionsgrade jedoch als Grundlage zur Deutung von Fernerkundungsdaten verwendet werden (Albertz, 2001).

Besonders wichtig ist der charakteristische Unterschied zwischen dem sichtbaren und dem infraroten Spektralbereich. Dies ist z.B. für das Erkennen kranker Pflanzen wichtig. Im sichtbaren Bereich können alle Blätter einer Baumgruppe grün erscheinen (Grün wird reflektiert, Rot und z.T. auch Blau werden absorbiert).

Im nahen Infrarot hingegen reflektieren gesunde Blätter sehr stark (was vor allem auf der starken Reflexion durch das Schwammparenchym beruht), während kranke Blätter die infrarote Strahlung stark absorbieren. Mit Hilfe des Infrarots können wir daher in der uns einheitlich grün erscheinenden Baumgruppe die geschädigten Bereiche herausfinden. Zugleich kann der Bereich des nahen Infrarot zur Unterscheidung von Laubblättern und Nadeln herangezogen werden: Blätter von Laubbäumen reflektieren

im nahen Infrarot deutlich mehr der eingefallenen Strahlung als Nadeln (Swain and Davis, 1978).

Für die Beobachtung von Ökosystemen können, je nach dem Maßstab der Betrachtung, verschiedenen Sensoren eingesetzt werden zur Bestimmung von:

- Wetter/Klima: globale Umweltveränderungen, Treibhauseffekt, Naturkatastrophen
- Vegetation: Waldschäden, Ernteabschätzungen, Regenwaldzerstörungen.
- Landabsenkung: Beispiel Sibirien. Diese Entnahme führt zu einem Absinken des Bodens, das sich belegen lässt mit Hilfe der sogenannte differentiellen Interferometrie auf Basis von Radardaten.
- Boden: Bodenerosion, Wüstenbildung, Versalzung z.B. durch Bewässerung.
- Fischerei: Fischerei, Wasserverschmutzung, Wasserversorgung. Bei der Erfassung von Ölverschmutzungen durch die unterschiedliche Oberflächenrauigkeit (Glätte des Wassers) können Ölteppiche, die eine relativ geringere Oberflächenrauigkeit haben, erfasst werden.

2.6. Charakteristik des tropischen Regenwalds

Die Tropen liegen zwischen den Wendekreisen (d.h. zwischen 23°27' N und 23°27' S), innerhalb dieser Zone wechselt der Zenitstand der Sonne im Jahresverlauf, mit anderen Worten: die senkrechte Position der Sonne über dem Beobachtungsort wird am nördlichen Wendekreis am 21./22. Juni erreicht, dann wandert der Zenitstand südwärts und erreicht den südlichen Wendekreis zur Zeit der mitteleuropäischen Wintersonnenwende, anschließend verschiebt sich der Zenitstand nach Norden. Die Tageslänge beträgt in den Tropen 10,5 bis 13,5 Stunden (bzw. Indonesien: 12 Stunden) (Bick, H., 1989).

Borneo, unterteilt in die Regionen, die zu Indonesien, Malaysia und Brunei Darussalam gehören, liegt zwischen den Wendekreisen 7° N und 4° S. Sie ist die drittgrößte Insel der Welt, nach Grönland und Neu Guinea.

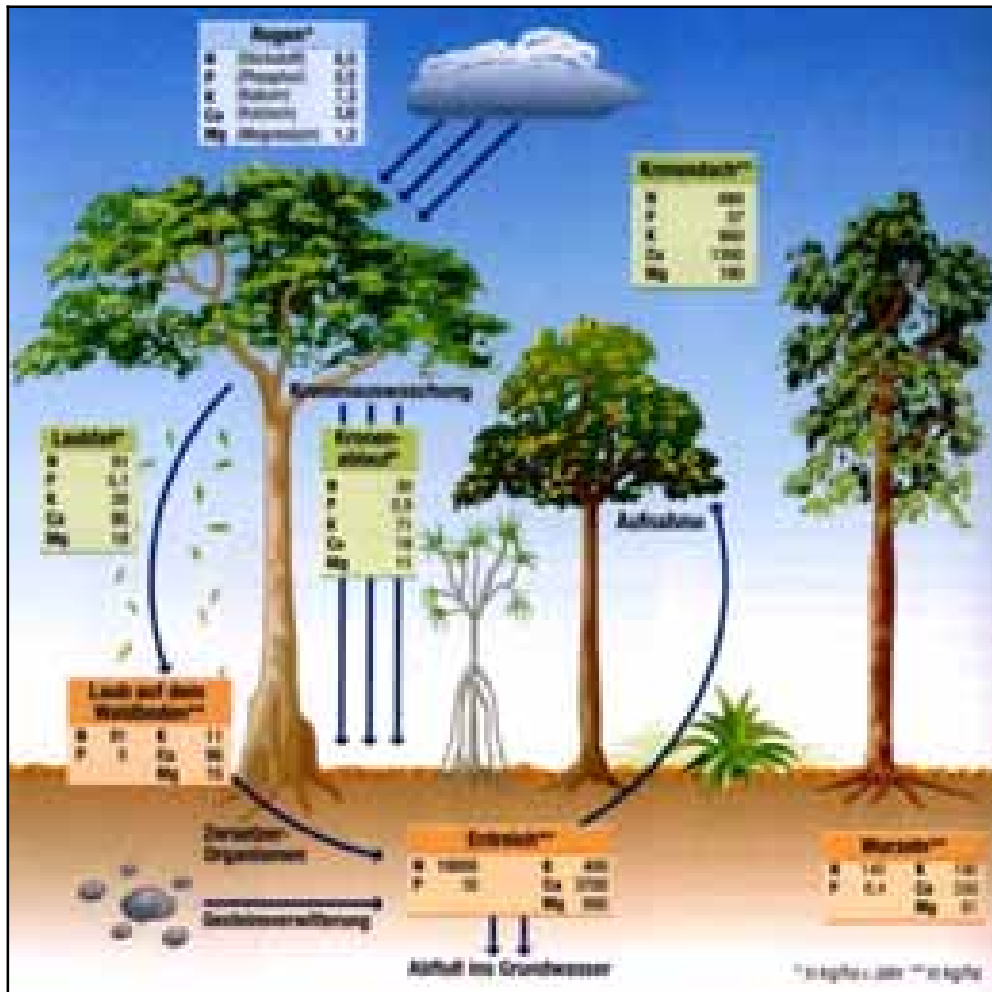
Kalimantan ist der indonesische Teil Borneos und umfasst eine Fläche von 73% Borneos, 539.460 km², mit 4 verschiedenen Provinzen: Ost-Kalimantan, Süd-Kalimantan, Zentral-Kalimantan und West-Kalimantan. Kalimantan entspricht 28% der gesamten Fläche Indonesiens. Im nördlichen Anteil Borneos befindet sich Malaysia Sarawak und das unabhängige Königreich Sultan Brunei Darussalam (Brunig, 1974).

Die Bodeneigenschaften des Kalimantan entsprechen den Einflüssen von 5 Schlüsselfaktoren: Lithologie, Klima, Topographie, biologische Substanzen und Zeit. Im

Allgemein sind die Informationen über den Boden in Kalimantan relativ begrenzt. 90% der Berichte über die Böden Kalimantan kommen aus dem Institut für Bodenuntersuchung in Bogor, das eine große Rolle bei dem Transmigrations-Projekt, Forstplantagen und dem Irrigations-Projekt in Indonesien gespielt hat.

Die Hauptbodentypen in Kalimantan, eingeordnet nach Nomenklatur des Klassifizierungssystems USDA sind Tropohemist, Hydraquent, Fluvaquent, Tropopsamment, Quartzipsamment, Tropofluvent, Tropaquept, Dystropept, Tropudalf, Tropudult und Placaquod (Soil Survey Staff, 1975; Land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992; Fletcher, J.R. und R.G. Gibb, 1990; Kucera, 1998). Insbesondere die Feuchtgebiete im Tropenwald bestehen aus 3 groben morphologischen Klassen: Alluvium, Torfboden und Küstzone. Insbesondere am Strand (Küstzone) ist typischerweise ein säuerliches Sulfid, das Pyrit (FeS_2) im Boden enthalten (Balitra Banjarbaru, 2001).

Ein hoher Niederschlag, Auswaschung (*leaching*) und biologische Aktivitäten beeinflussen die Charakteristik des Bodens Borneos (Bunnham, 1984). Die Bodengesteine im Hochland sind geprägt durch geringen Anteil an Metallelementen und von allem geringer Bodenfruchtbarkeit. Bei den Bodeneigenschaften und dem Nährstoff-Zyklus, die typischerweise in Gebieten des tropischen Regenwaldes entstehen, können produktive Lebensgemeinschaften nur dank eines perfekten Nährstoff-Zyklus gedeihen (GEO Magazine, 2001). Das bedeutet, dass wenn dieser Nährstoff-Zyklus unterbrochen wird, werden die Bodeneigenschaften sehr schnell durch Degradierung verändert. Folgende Abbildung zeigt einen vereinfachten den Nährstoff-Zyklus in den Tropen.



Quelle: GEO Wissen Magazine (2002)

Abbildung 2 - 2: Nährstoff-Zyklus in den Tropen

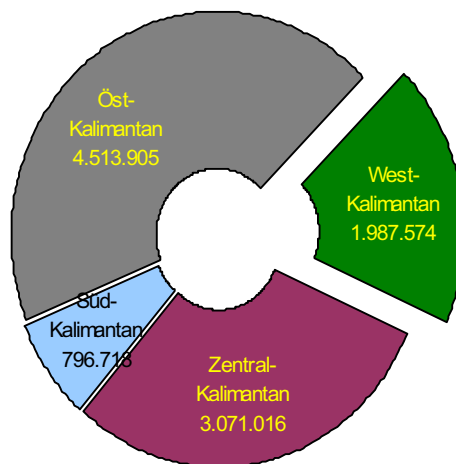
2.7. Degradierungsproblematik und Schutzgebiete in Indonesien

Das indonesische Naturschutzgesetz (1990) definiert einige wichtige Begrifflichkeiten wie folgt:

- *Naturressourcen* sind die biologischen Ressourcen, die aus Pflanzenbeständen und Tierwelt bestehen, zusammen mit ihren Beziehungen zu anderen nicht biologischen Ressourcen in einem Ökosystem. In Indonesien widmet sich der Naturschutz auch für das Management der natürlichen Ressourcen, um deren Nachhaltigkeit sowohl in der Pflege und Zunahme der Biodiversität als der Anzahl, als auch die Qualität der Ressourcen zu begleiten.
- *Naturreservat* ist eine Schutzfläche, die dem Schutz der Pflanzen- und Tierwelt in ihrem Ökosystem dient. Naturreservate können sowohl auf dem Land als auch in Gewässern eingerichtet werden.

Wie schon erwähnt, ist die Geschwindigkeit der Landdegradierung in Indonesien hoch. Es sind jährlich ca. 1.870.000 ha betroffen. Forest Watch Indonesia (2000) bestätigt, dass zwischen 1985 und 1997 sehr große Gebiete betroffen waren, insgesamt 4.513.905 ha in der Provinz Ost-Kalimantan, 796.718 ha in der Provinz Süd-Kalimantan, 3.071.016 ha in der Provinz Zentral-Kalimantan und 1.987.574 ha in der Provinz West-Kalimantan.

Die weitere Ermittlung von Forest Watch Indonesia (2003) nennt eine jährliche Zunahme der degradierten Flächen von bis zu 2,4 Mio.ha. Nur die geschützten Waldgebiete sind von dieser Entwicklung ausgenommen, obwohl auch hier durch illegalen Holzeinschlag, Waldbrand und anthropogene Einflüsse der Druck zunimmt.



Quelle: Forest Watch Indonesia, 2000

Abbildung 2 - 3: Geschwindigkeit der Degradierung (in ha) in Indonesien bzw. Kalimantan verursacht durch stärkere Veränderungen der Landbedeckung im Gebiet

Die Waldfläche in der Provinz West-Kalimantan wurde im Jahr 2000 anhand einer Interpretation von Landsat TM 7 Daten ermittelt. Der Wald erstreckt sich auf 8.921.000 ha. 5.694.000 ha entfallen davon auf tatsächliche Waldbedeckung, 2.550.000 ha auf „nicht Waldflächen“ innerhalb des Waldes und 677.000 ha auf die Klasse „unbestimmte Landbedeckung“, die aufgrund nicht verfügbarer terrestrischer Daten oder Wolkenbedeckung nicht weiter definiert wurde (Forstplanungsamt, 2000). Die Nutzungstypen im Wald können in drei verschiedene Gruppen unterteilt werden: Naturschutz, Waldwirtschaft und andere Nutzungsarten. Die folgende Abbildung 2-4 zeigt die Verteilung der Waldnutzung (TGHK) nach dem Forstministerium der indonesischen Regierung.

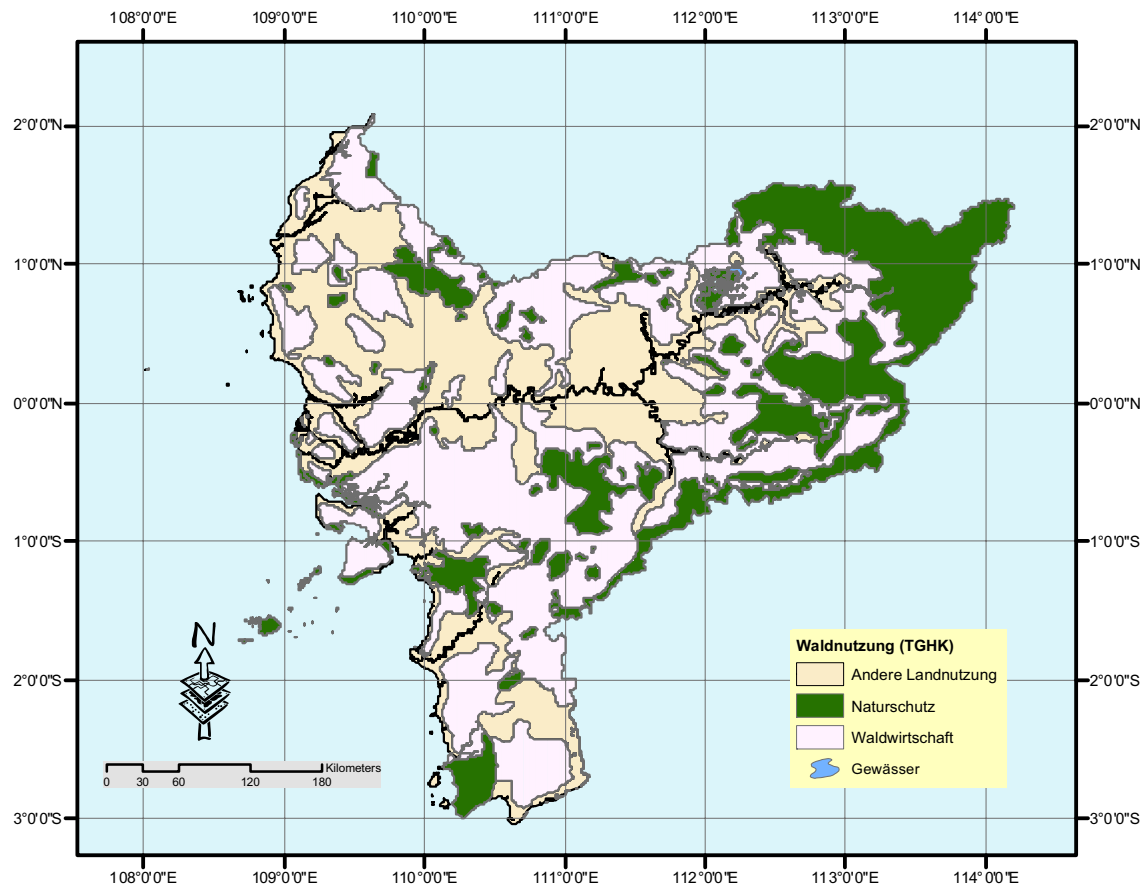


Abbildung 2 - 4: Waldnutzung in der Provinz West-Kalimantan auf Basis der Satellitendaten Landsat ETM 7 2000 (nach Forstplanungsamt des Forstministeriums der indonesischen Regierung, 2000)

In der Provinz West- Kalimantan existieren zwei verschiedene Typen von Schutzgebieten mit unterschiedlichenm Schutzstatus nach dem indonesischen Naturschutz-gesetz (1990): zum einen Waldschutzgebiete und zum anderen Reservate. Waldschutzgebiete machen 27% der gesamten Waldflächen aus, Reservate 18%.

Der größte Teil des Waldes wird jedoch bewirtschaftet; insgesamt betrifft dies 40% der Fläche. Es gibt drei verschiedene Hauptbewirtschaftungstypen: intensive Waldwirtschaft auf 14% der Fläche, begrenzte Waldwirtschaft auf 22% und Konversionswald auf 4%. Anderen Nutzungstypen betreffen nur 15% der gesamten Waldfläche in der Provinz West-Kalimantan. Die Verteilung der Waldvegetation in der Provinz West-Kalimantan wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

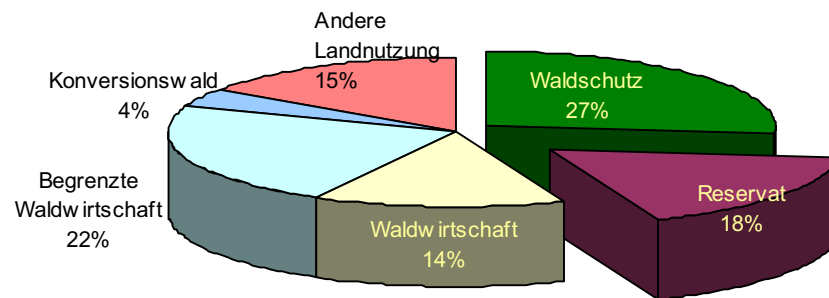


Abbildung 2 - 5: Waldnutzungsverteilung auf Basis von Satellitendateninterpretation (Landsat ETM 7), 2000

2.8. Naturkatastrophen

Im Gebiet des tropischen Regenwaldes bzw. des Reservates Muara Kendawangan gibt es zwei wichtige wiederkehrende Ereignisse: Waldbrand und Überflutung. Die Überflutung lässt sich anhand der Schwankungen des Niederschlags in diesem Gebiet nachweisen. Insbesondere in den Feuchtgebieten und Gezeitenbereichen konnten bezüglich der beiden Naturkatastrophen erfolgreich Fernerkundungsdaten z.B. Satellitendaten NOAA-AVHRR, Landsat, etc. eingesetzt werden, um deren Charakteristik zu beschreiben und solche Ereignisse vorherzusagen.

Für den Waldbrand bezieht sich die Information auf Satellitendaten des Typs NOAA-AVHRR. Aus diesen täglich zu empfangenden Satellitendaten lassen sich sogenannte hot spots als Indikatoren für Feuer herausfiltern. Ein Hotspot entspricht einem Bildpunkt (1,1 mal 1,1 km²) des Satellitenbildes, der ganz oder nur teilweise von einem aktiven Feuer eingenommen wird (Siegert und Hoffmann, 2000). Typischerweise liegt die Temperaturschwelle, die eine Brandfläche kennzeichnet, zwischen 317°K und 322°K am Tag und 303°K und 308°K in der Nacht.

Die genaue Einstellung der Schwelle bezüglich der Hot-Spot-Information in Indonesien wird abhängig von dem Zweck des jeweiligen Projektes gewählt. So legte das FFPMP PKA-JICA, eine Zusammenarbeit zwischen Indonesien und Japan, diese Schwelle beispielsweise auf 315°K für den Tag und 310°K für die Nacht fest. Die jeweilige Festlegung beeinflusst die Schätzung der betroffenen Brandfläche. Gemäß dem Zweck des Projektes wurde ein so genanntes Frühwarnentdeckungssystem (*early*

warning detection system) entwickelt, das in der Lage ist durch die Interpretation von NOAA frühzeitig vor Feuerquellen warnen kann.

Die folgende Abbildung zeigt die Genauigkeit des Satelliten NOAA und der daraus resultierenden möglichen Verfälschung der Brandflächenschätzung.

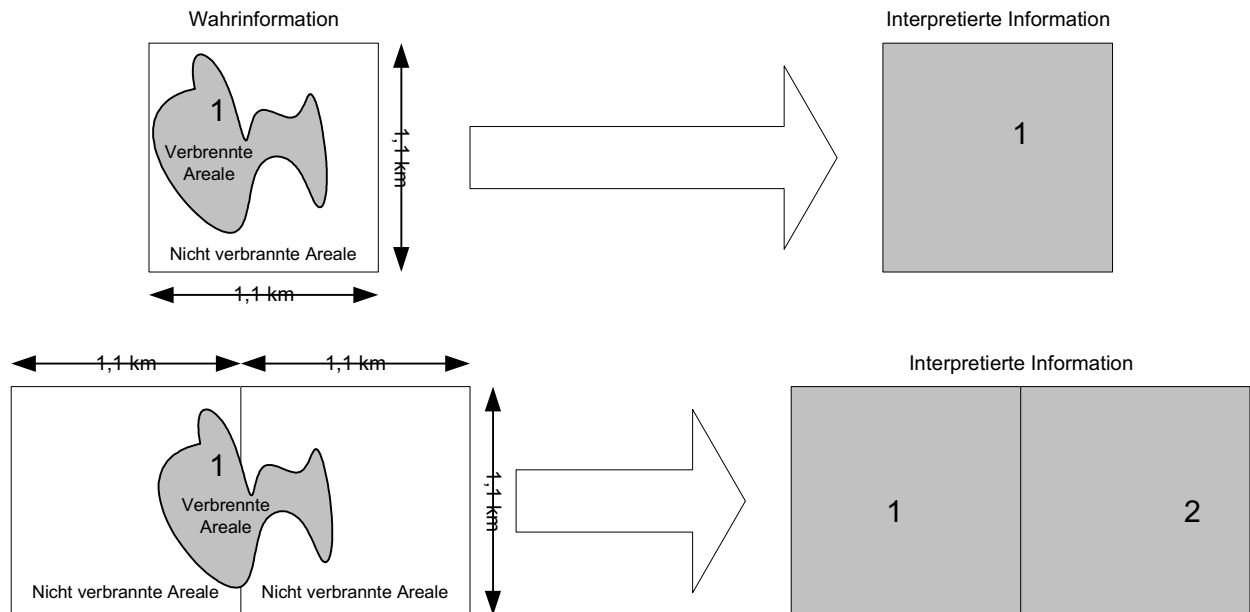


Abbildung 2 - 6: Verfälschung der Brandflächenschätzung bei Verwendung der Satellitendaten NOAA-AVHRR

Waldbrände führen zu einer Degradierung des Landes und verschlechtern die Bedingungen nicht nur für die Vegetation, sondern auch für die Tierwelt und beeinträchtigen sogar die Lebensqualität des Menschen. Zusätzlich behindern regelmäßige Waldbrände die natürliche Regeneration der Wälder.

In den gemäßigten Zonen werden die Sonne und ihre Intensität als die Verursacherin für die meisten Waldbrände angesehen. Die meisten Waldbrände in den Tropen jedoch gehen auf die Einflüsse von Gewittern und Blitzeinschlag zurück. Eine andere Ursache ist der anthropogene Einfluss. Für diese *man made fire* werden in Indonesien hauptsächlich drei Gründe gesehen (Forstministerium der indonesischen Regierung, 2000):

1. Erleichterung zur Flächengewinnung im Ackerbau
2. Verwendung der Asche als neutralisierendes Mittel für Bodensäure
3. Gewinnung neues An- und Jungwuchses für die Fütterung des Viehs.

Waldbrände entstehen aber auch hier aus Unachtsamkeit, z. B. durch das Wegwerfen einer Zigarette oder einer Feuerquelle (Grillplatz, Hütte, u.a.) die nicht richtig beaufsichtigt wurde.

2.9. GIS gestütztes satellitengetragenes Inventursystem

In der Land- und Forstwirtschaft stützen sich viele der für den Betriebserfolg und für die Umwelt relevanten Entscheidungen auf raumbezogene Daten. Eine wichtige Rolle spielen dabei Geographische Informationssysteme (GIS). Diese Informationstechnologie dient der Speicherung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung raumbezogener Daten (Löffler, 1998).

Die Fernerkundung mit multitemporalen Satellitendaten und GIS bietet sich als eine reelle Möglichkeit für die Dokumentation und das Monitoring der Landnutzung und ihrer Veränderungen auf regionaler Ebene an. Dabei können flächendeckende Daten schneller und rationeller als bei rein terrestrischen Untersuchungen erhoben und die daraus gewonnenen Informationen als eine wichtige Datengrundlage für die Entscheidungsfindung auf unterschiedlichen Ebenen der Landnutzungsplanung herangezogen werden (Akça, 1989). Als Datenquelle dienen Satellitendaten unterschiedlicher räumlicher, spektraler und zeitlicher Auflösung. Die räumliche Auflösung ist von grundsätzlicher Bedeutung, da sie das Detailniveau einer Aufnahme bestimmt.

Ein grundsätzlicher Vorteil der GIS Systeme ist die Möglichkeit der Integration von raumbezogenen Daten aus den unterschiedlichsten Quellen. So ergänzen terrestrische Aufnahmen in Naturwaldreservaten regelmässig Informationen der Satellitenbilddauswertung. Die erste Aufgabe terrestrischer Inventuren ist es, den Zustand der Gebiete zu einem bestimmten Zeitpunkt detailliert zu dokumentieren und in Langzeitstudien die Daten für eine Zeitreihenuntersuchung zu erheben (Albrecht, 1990; Münch, 1993). Gleichzeitig können über Feldaufnahmen wichtige Informationen für die Auswertung der Fernerkundungsdaten gesammelt werden. Vor allem Art und Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften beeinflussen deren charakteristische spektrale Reflexion, die Grundlage für die automatisierte Trennung dieser Klassen in den Satellitenbildern ist.

In dieser Untersuchung werden sowohl die aus Satellitendaten abgeleiteten Informationen, als auch Daten der terrestrischen Inventur zusammen mit sozialen Sekundärdaten in einem GIS zusammengeführt, mit dem Ziel die Entwicklung des tropischen Regenwaldes in der Provinz West-Kalimantan beispielhaft zu erfassen und mögliche, künftige Störungspotentiale aufzuzeigen

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Das Untersuchungsgebiet

3.1.1. Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Stadtverwaltung Ketapang, in der Provinz West-Kalimantan in Indonesien (Abbildung 3-1). Diese Stadtverwaltung wird örtlich durch die folgenden Gebiete begrenzt:

- (1) Nördlich wird sie durch die Stadtverwaltungen Pontianak und Sanggau begrenzt.
- (2) Westlich grenzt sie an den Natuna-See.
- (3) Südlich schließt sich der Java-See an.
- (4) Östlich wird sie durch die Provinz Mittel-Kalimantan und die Stadtverwaltung Sintang begrenzt.

Diese Begrenzungen haben einen starken Einfluss auf die Zugänglichkeit des Untersuchungsgebietes. Die Stadtverwaltung Ketapang mit einer Größe von 3.438.203 ha ist eine von 9 Stadtverwaltungen, die sich in der Provinz West-Kalimantan in Indonesien befinden. Im südlichen Bereich liegt der Distrikt Kendawangan (452.382 ha), in dem die Untersuchungen über das Naturreservat Muara Kendawangan für diese Forschungsarbeit durchgeführt wurden.

Gesetzlich wurde das Naturreservat Muara Kendawangan vom Forstminister der indonesischen Regierung mit dem Gesetz Nr.: 714/Kpts-II/93 am 4. November 1993 mit einer Größe von 149.079 ha unter Schutz gestellt. Gemäß diesem Gesetz liegt das Naturreservat auf der geographischen Lage von 2°00'00" - 3°05'00" Länge und 110°01'12" - 110°56'24" Breite zwischen dem Fluss Membuluh und dem Fluss Kendawangan im südlichen Teil der Stadtverwaltung.

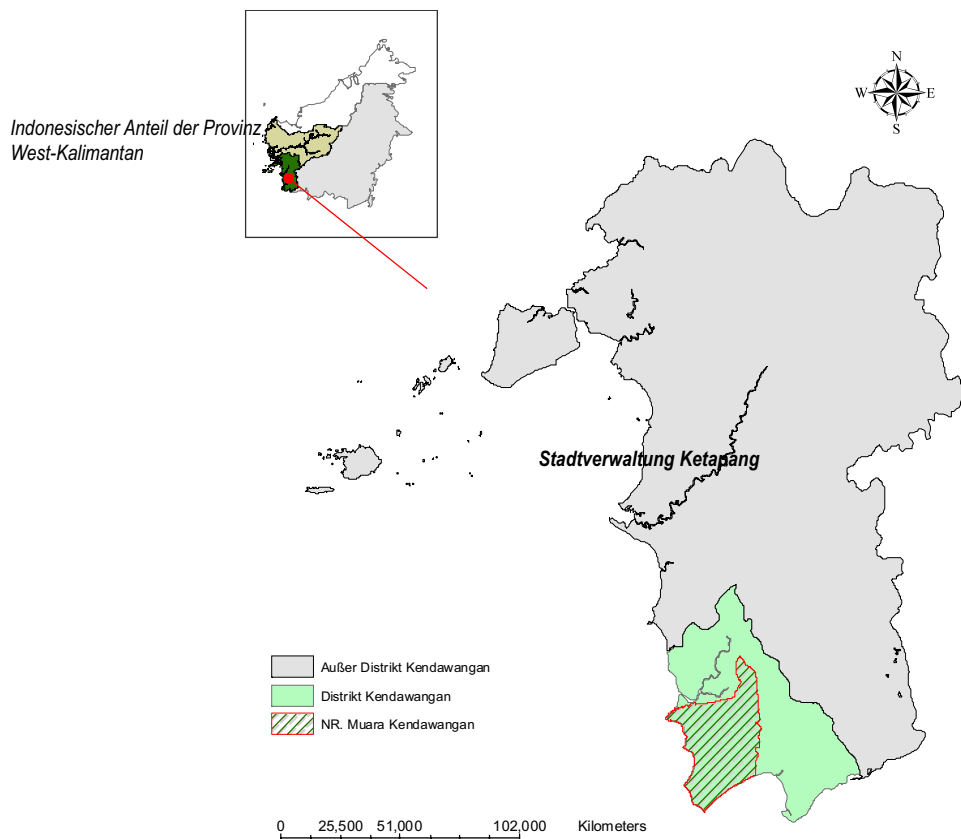


Abbildung 3 - 1: Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Naturreservat Muara Kendawangan, das einen großen Teil des Distriktes Kendawangan der Stadtverwaltung Ketapang in der Provinz West-Kalimantan in Indonesien bedeckt.

3.1.2. Standort und Klima des Gebietes

Das Naturreservat Muara Kendawangan liegt direkt am Meer, im Durchschnitt ca. 50 – 100 m über dem Meeresspiegel. Das Gebiet ist geprägt von extrem hoher Feuchtigkeit. Der jährliche Durchschnitt des Sonnenscheins liegt bei 68%, die mittlere Luftfeuchtigkeit beträgt 85%, der Jahresniederschlag ist 3.336 mm. Damit fällt das Gebiet in den Klimatyp A (sehr feucht) nach Schmidt und Ferguson (1951) in Sumadi, P., 1999), mit einem Quotienten aus der Anzahl der Monate in der Trockenzeit (<60 mm Niederschlag) und der Anzahl der Monate in der Regenzeit (>100 mm) von 15,79% (Q-Wert). Die Temperatur schwankt während des ganzen Jahres zwischen 24°C und 31°C mit einer durchschnittlichen Temperatur von 27°C).

Als Bodentypen in dem Gebiet kommen Alluvium und Organosol vor. Der Bodentyp Alluvium findet sich meistens in den Landtypen Alluviumebene, Tal-Alluvium und auf den Terrassen in den land systems Kahayan, Serimbang, Beliti und Segintung

(siehe Kapitel 4). Der Bodentyp Organosol kommt vorwiegend in den Landtypen Tidesumpfwald und Sumpfwald vor. Als Klassifizierungssystem für die Bodentypen wurde das Klassifizierungssystem nach USDA verwendet. In diesem System werden 12 verschiedene Klassen unterschieden (Soil Survey Staff, 1975).

3.1.3. Flora und Fauna

Das Naturreservat Muara Kendawangan ist wegen seiner seltenen Flora und Fauna unter Schutz gestellt worden. Als wichtigste geschützte Baumarten kommen Meranti (*Shorea* sp.), Gerunggang (*Cratoxylon arborescens*) und Mentibu (*Eugenia* sp.) in diesem Gebiet vor. Außerdem kommen auch geschützte Tierarten wie Borneo-Flußschildkröte (*Orlitia borneensis*), Nasenaffe (*Nasalis larvatus*), Sambarhirsch (*Cervus unicolor*), Batagur-Schildkröte (*Batagur baska*), indopazifische Seekuh (*Dugong dugon*), Lederschildkröte (*Dermochelys coriacea*) und verschiedene Arten von Meeresvögeln vor (Forstamt der Provinz West-Kalimantan, 2001). In einer Untersuchung über Marinepotentiale des Forstministeriums der indonesischen Regierung (1992) wurde bestätigt, dass sich das Gebiet nicht nur als Habitat der Lederschildkröte (*Dermochelys coriacea*), sondern auch für die Echte Karettschildkröte (*Eretmochelys imbricata*), Suppenschildkröte (*Chelonia mydas*), Flachrückenschildkröte (*Natator depressa*) und den Pfeilschwanzkrebs (*Tachypleus tridentatus*) eignet. Außerdem kommen folgende seltenen Meerestierarten vor (Forstministerium der indonesischen Regierung, 1992): Mördermuschel (*Tridacna gigas*, *T. maxima*), Riesenmuschel (*Tridacna squamosa*, *T. crocea*), Pferdehuf-Muschel (*Hippopus hippopus*), Große Helmschnecke (*Cassis cornuta*), Marmorierte Kreiselschnecke (*Turbo marmoratus*), Schwarze Koralle (*Anthipates* sp.).

Besonders selten und damit am meisten gefährdet ist neben dem Nasenaffen (*Nasalis larvatus*) vor allem die Lederschildkröte (*Dermochelys coriacea*). Yosri, M. (2001) bestätigt dass diese Lederschildkröte als eine der 7 seltensten Wasserschildkröten-Arten der Welt ist. Sie hat eine Körperlänge von 150 cm bis 180 cm mit einem Gewicht von 300 kg bis 600 kg. Nach den vorliegenden Informationengehören die Gegenden zwischen den Orten Tanjung Batu Jurung und Tanjung Simbar und bei Tanjung Batu Titi zu den bevorzugten Plätzen Eiablageplätzen der Lederschildkröte.

3.2. Material

3.2.1. Kartographisches Material und digitale Satellitendaten

Sowohl das Kartenmaterial als auch die digitalen Satellitenbildaufnahmen wurden von offizieller Seite zur Verfügung gestellt. Die Karteninformationen wurden zum größten Teil in Form von analogen Karten bereitgestellt, was eine Digitalisierung der Daten erforderte. Die Untersuchungen basieren auf den folgenden thematischen Karten und Satellitendaten:

a) Satellitendatenaufnahme:

- Multitemporale Digitaldaten der Satelliten Landsat ETM 6 und 7 vom: 7.Juni 1995, 23.März 1998 und 11.Mai 2000 (zur Verfügung gestellt vom Forstministerium der indonesischen Regierung). Abbildung 3-1 zeigt Ausschnitte der multitemporalen digitalen Satellitenbildaufnahmen.

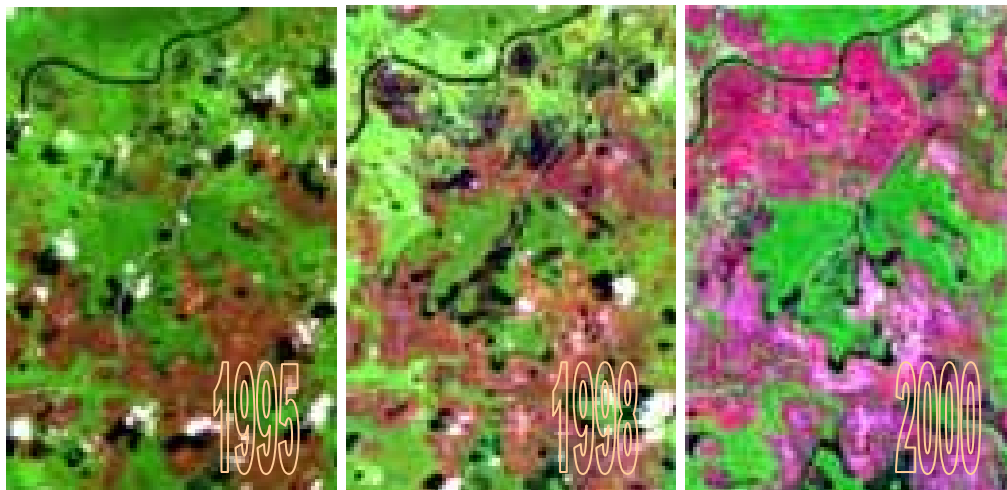


Abbildung 3 - 2: Ausschnitt der multitemporalen digitalen Satellitenbildaufnahmen vom 1995, 1998 und 2000 im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan

- Georeferenzierte Satellitendaten NOAA-AVHRR aus den Jahren 1998 bis 2001, vom Forstministerium der indonesischen Regierung. Sie enthalten Daten über Brandherde (Hot Spots) als Punkdaten von Lage und Zeitpunkt von wahrscheinlichen Brandherden.

b) Digitale thematische Karten:

- Topographische Karte, erhalten vom Forstministerium der indonesischen Regierung (2001).
- Waldnutzungskarte, gemeinschaftlich erstellt von den Ministerien für Forst, Agrar

und Boden (Tata Guna Hutan Kesepakatan/TGHK) vom Forstministerium der indonesischen Regierung (2003).

c) Analoge thematische Karten :

- Eine kombinierte thematische Karte (*Rupa Bumi Indonesia* - RBI) mit Informationen über Landnutzung, Landbedeckung, Topographie, Land- und Forstzustand im Maßstab 1:50.000 vom indonesischen Vermessungsamt (Bakosurtanal) (1990).
- Staatliche Marineumweltkarte (eingescannt) vom Bakosurtanal und vom Institut für Hydro- und Ozeanographie (TNI-AL) Indonesien im Maßstab 1:500.000, auf der Basis von:
 - Topographischen Karten (Maßstab 1:500.000)
 - Der Marinekarte DISHIDROS (Maßstab 1:100.000)
 - Der Landnutzungs- und Agrarbewirtschaftungskarte (Maßstab 1:1.000.000)
 - Der JOG-Basiskarte (Maßstab 1:250.000)
 - Der TPC-Karte (Technology Policy Committee) (Maßstab 1:500.000)
- Indonesischen Luftbildkarten (Mosaike) im Maßstab 1:50.000 aus dem Projekt zur National-Grundkartierung vom Bakosurtanal (1991/1992).
- land system- und Landeignungskarte Maßstab 1:250.000 von RePPProT (1987) und Institut für Bodenuntersuchung Bogor (1992).
- Grenzkarte für das Reservat Muara Kendawangan (Maßstab 1:100.000) vom Forstamt der Provinz West-Kalimantan gemäß des Forstministeriumsgesetzes Nr.: 714/Kpts-II/93 vom 4. November 1993
- Bodenkarte der Provinz West-Kalimantan Maßstab 1:250.000 vom Institut für Bodenuntersuchung Bogor (1992).

d) Zusätzliche Informationen:

- Bericht des Instituts für Marineforschung zur Entwicklung des Marineschutzes im Reservat Muara Kendawangan und Umgebung von 1992
- Demographische Informationen über die Stadtverwaltung Ketapang und den Distrikt Kendawangan von 1999
- Bericht über regionale Einkommen des Distrikts Kendawangan von 1993 bis 1997
- Klimadaten für die Jahre 1990 bis 2000 des Distrikts Ketapang, Indonesien. Die Klimadaten stammen direkt aus den Klimastationen im Bereich der Stadtverwaltung Ketapang

- Indonesiens Input-Output-Tabellen von 1990, nach der Methode von Miller und Blair (1985).

3.2.2. Spezifische Software und Hardware

Die Auswertung der Satellitenbilder wurde durch die folgende Hard – und Software unterstützt:

- a) Software: ERDAS Imagine ver.8.6, SPSS ver.10, eCognition 2.1, ENVI 3.4, ArcView 3.2, ArcGIS Desktop ver.8.3 incl. Geostatistical Analyst Modul und Raster2Vector
- b) Digitizer Calcomp, GPS Garmin

3.2.3. Werkzeuge für die Felduntersuchungen

Für die Aussenaufnahmen wurden eingesetzt: Kompass, Klinometer, Messband und Schnüre zur Datenerhebung der Hauptbaumarten.

3.3. Methoden

3.3.1. Vorbereitung der thematischen Karten

3.3.1.1. Datenverknüpfung mit Hilfe von GIS

Das GIS- wird in dieser Arbeit zur Verknüpfung von Standorten, Veränderungen der Flächen, Darstellung der Diversität der Hauptbaumarten, Beschreibung der Bevölkerung bzw. der sozialen und ökonomischen Ansätze und zur Darstellung der thematischen Karten wie der Luftbildfoto-, land system-, Landbedeckungs-, Landeignungs- und Bodenpotentialkarte, benötigt. In der Datenbank werden diese Informationen zusammen mit den Satellitendaten von Landsat ETM 6 & 7 als integrierte Informationen gespeichert, die Informationen über Feuer der letzten Jahre werden ebenfalls berücksichtigt. Die Daten können miteinander verschnitten und gemeinsam analysiert werden. Außerdem ermöglicht ein GIS die schnelle Aktualisierung der Daten und eine exakte Analyse der räumlichen Zusammenhänge.

Das folgende Diagramm (Abbildung 3-3) zeigt den Arbeitsablauf dieser Forschungsarbeit zur Erstellung des Störungsrisikos bezüglich des Feuers oder der Waldbrände, der Wasserstrassen, der Verdichtung der Bevölkerung der Landbedeckung, des land system bzw. Bodenpotential und Landeignung sowie Habitaten der geschützten Tierarten im Naturreservat Muara Kendawangan.

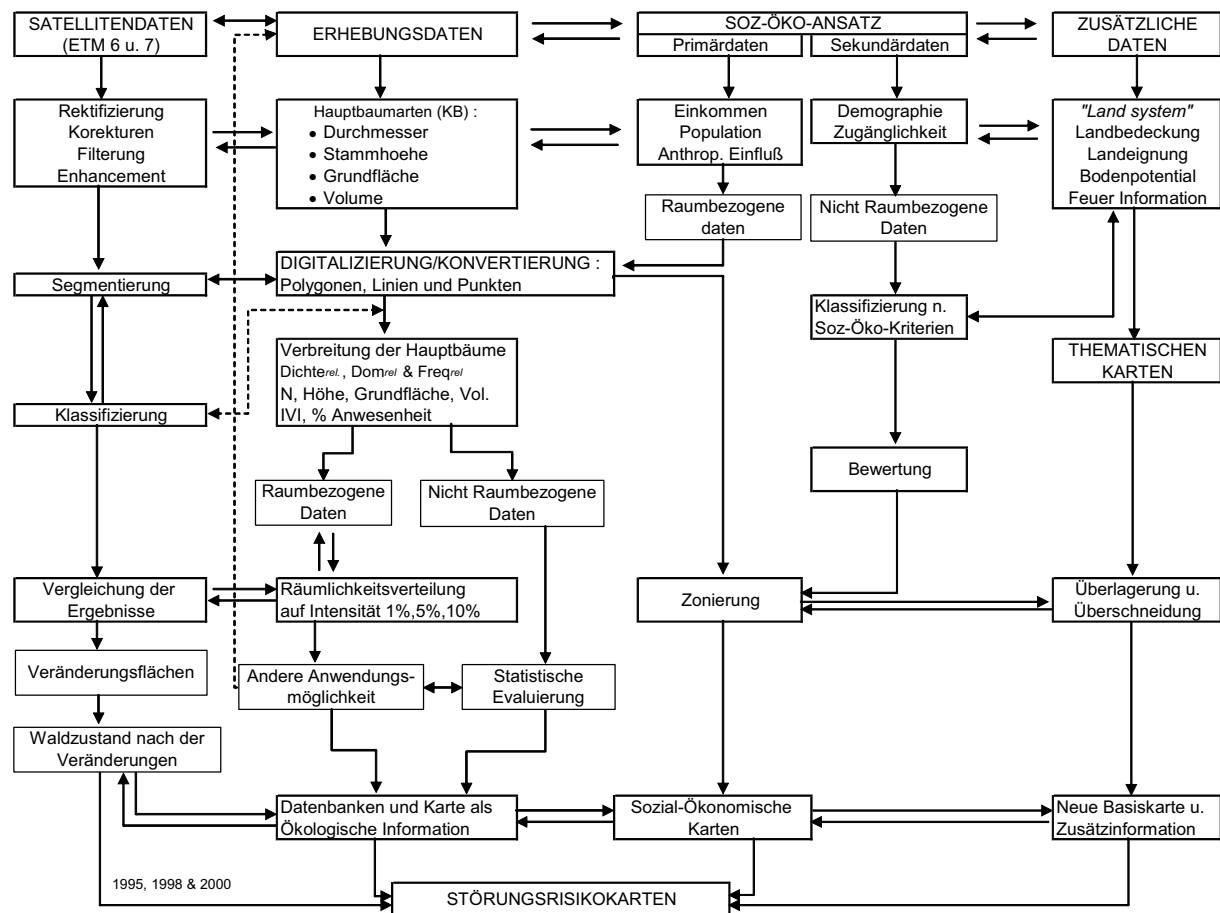


Abbildung 3 - 3: Arbeitsablauf des Projektes zur Ermittlung des Störungsrisikos in dem Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

3.3.1.2. Land system und Landbedeckung

Die jeweiligen land systems sowie die Landbedeckung werden aus der Bodenkarte der Provinz West-Kalimantan, und der kombinierten thematischen Karte (*Rupa Bumi Indonesia* - RBI) mit Informationen über Landnutzung, Landbedeckung, Topographie, Land- und Forstzustand vom indonesischen Vermessungsamt (Bakosurtanal), land system- und Landeignungskarte vom RePPProT, abgeleitet.

Als zusätzliche Information wird es auch auf der land system-Klassifizierung von USDA mittels einer Vergrößerungskarte vom Institut für Bodenuntersuchung Bogor und einer Luftbildkarte vom Jahr 1986 von Bakosurtanal ermittelt. Die weiteren Informationn wurden noch aus der Waldnutzungskarte, produziert von Forstministerium in Indonesien, und der Raumplanungskarte vom Bodenvermessungsamt der Provinz West-Kalimantan (Badan Pertanahan Nasional Propinsi) gewonnen. Beide Karten wurden vom Agrarministerium hergestellt.

Die beiden analogen Karten wurden eingescannt und digital nachbearbeitet. Dafür wurden die digitalen Rasterdaten mit Hilfe der Software R2V in Vektordaten konvertiert und manuell editiert. In Abbildung 3-4 stellt sich der Arbeitsablauf zur Gewinnung der Informationen land system und Landbedeckung, als auch für die anderen thematischen Karten dar. Die aktuellen Landbedeckungskarten wurden aus einer Verbindung aller Klassifizierungsergebnisse der Satellitendaten, der Luftbildkarte M 1: 50.000 und einer Verifizierung im Gelände abgeleitet. Die Verknüpfung der Daten würde im Geografischen Informationssystem durchgeführt.

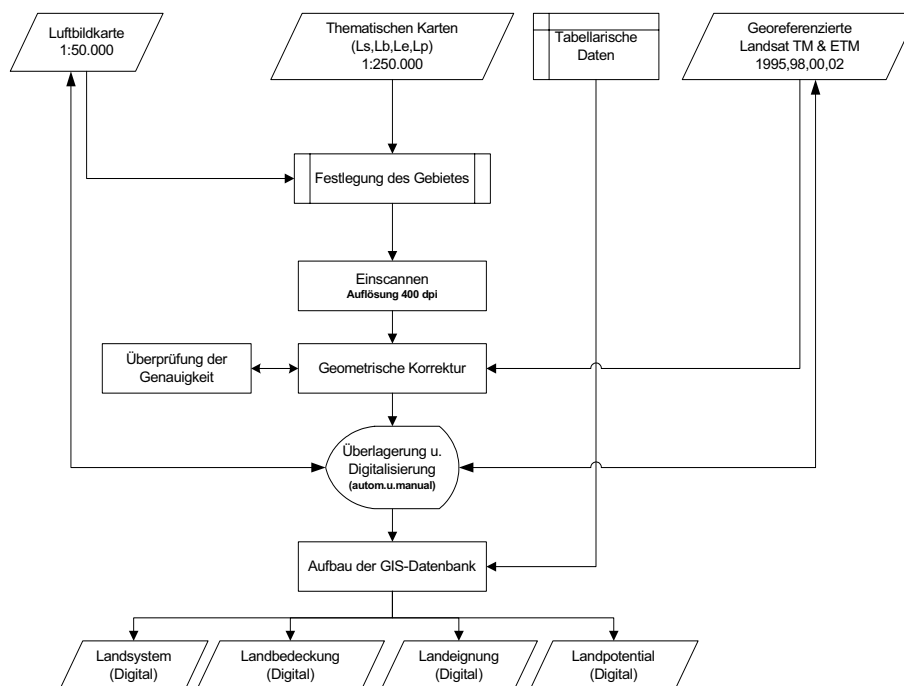


Abbildung 3 - 4: Arbeitsablauf der Methode zur Gewinnung der verschiedenen thematischen Karten über das Naturreservat Muara Kendawangan, Provinz West-Kalimantan, Indonesien

3.3.1.3. Landeignung und Bodenpotential

Die Informationen über die Landeignung und das Bodenpotential werden mittels der land system-Klassifizierung von USDA durch eine Vergrößerungskarte im Maßstab 1:250.000 vom Institut für Bodenuntersuchung Bogor und Luftbildkarte vom Jahr 1986 Maßstab 1:50.000 von Bakosurtanal berücksichtigt.

Die Arbeitsablauf zur Gewinnung der thematischen Karten Landeignung und Bodenpotential durch einen Aufbau der GIS-Datenbank wurde an der Abbildung 3-4 gezeigt.

3.3.1.4. Waldbrand

Zur Beschaffung der Waldbrandinformation wurden für die Untersuchung digitale Daten des Satelliten NOAA im vom Generaldirektorat der Wald- und Naturschutzbehörde des Forstministeriums der indonesischen Regierung bereitgestellt. Die Dateien wurden vom Textformat in das DBase Format konvertiert und danach als Vektordatensatz (Shapeformat) mit den anderen Informationen zusammen verknüpft.

Die Waldbrandinformation wurde als Punkte auf bestimmten geographischen Positionen bereitgestellt und in das GIS übernommen. Aufgrund der Auflösung des Satelliten NOAA wurden die Punktinformationen mit einem Kreistradius von 500 m vom Mittelpunkt aus gepuffert, um damit die vom Feuer betroffene Stelle angenähert abzudecken.

Die Abschätzung des künftigen Waldbrandrisikos erfolgte über das Datum der beobachteten Feuer. Dabei wurde unterstellt, dass zeitnah zu den Waldbränden das Risiko eines wiederaufflammens der Brände besonders groß ist (aktive Glut im Unterboden), das Risiko dann abnimmt und auf Flächen, auf denen jahrelang keine Brände zu beobachten waren, das Risiko eines Brandes wieder ansteigt.

Ausgehend von den Risikostufen kann mit dem IDW-Interpolationsmodul der Geostatistical-Analyse der ArcGIS-Software eine (vorsichtig zu bewertende) Prognosekarte dargestellt werden. Die Jahrgänge, für welche dieses Risiko eingeschätzt wurde, sind Risikos von 1998, 1999, 2000 und 2001.

Die folgende Abbildung (3-5) zeigt den Arbeitsablauf zur Ableitung der Prognosekarte zur Ermittlung des Feuerrisikos im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan.

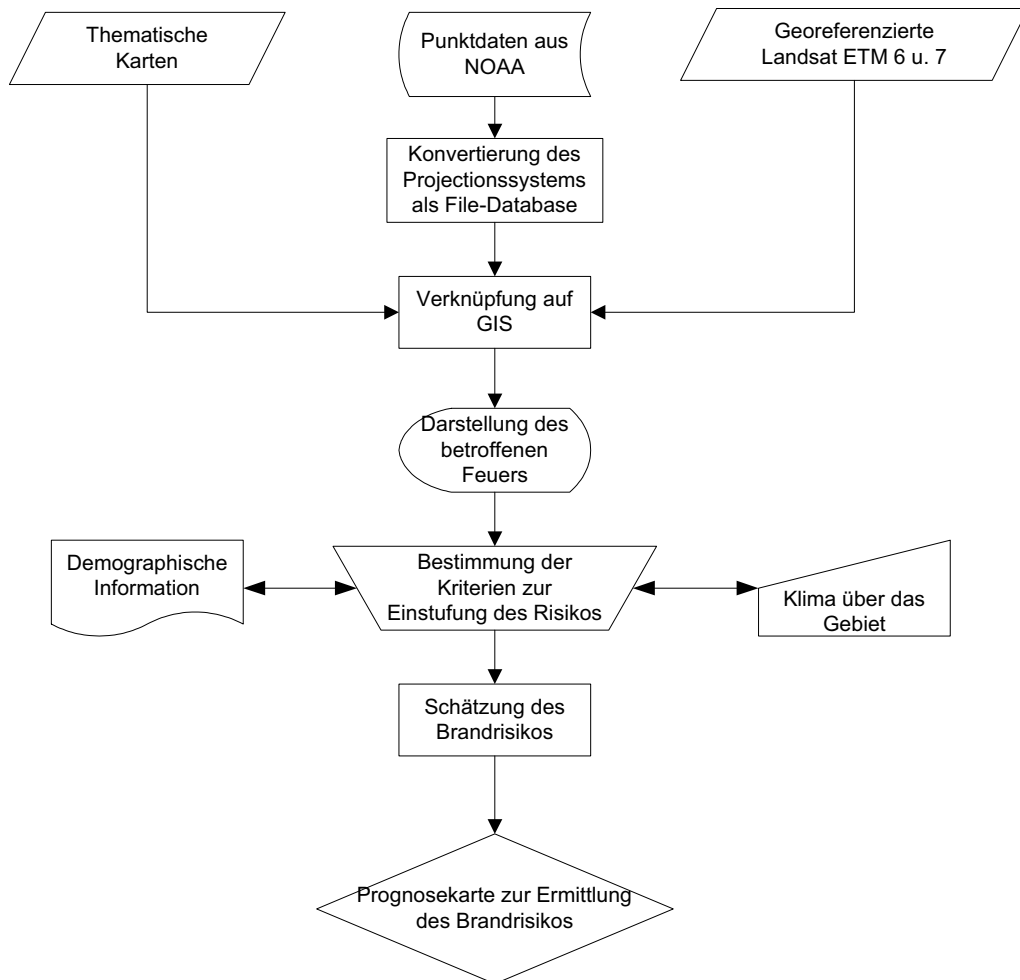


Abbildung 3 - 5: Arbeitsablauf zur Gewinnung der Prognosekarte zur Ermittlung des Feuerrisikos bzw. der Waldbrände im Naturreservat Muara Kendawangan, Provinz West-Kalimantan, Indonesien

3.3.1.5. Überlagerung und Verschneidung der Karten

Die Überlagerung und Verschneidung der verschiedenen thematischen Karten haben zum Ziel, Wechselwirkungen zwischen den Themen zu ermittelt und darzustellen. So wird es dann möglich, verschiedenen Aspekte der Informationen in einer einzigen Ansicht herauszuarbeiten. Die thematischen Karten, die dafür notwendig waren und berücksichtigt wurden:

- Land system
- Landbedeckung
- Landeignung und Bodenpotential
- Waldbrand (Hot Spot)
- Klassifizierungsergebnisse aus den Satellitendaten Landsat ETM
- Verbreitung der Hauptbaumarten bzw. Diversität der Vegetation
- Anzahl und Verdichtungsprozess der Bevölkerung für die Erstellung der sozialen

und ökonomischen Karte

- Veränderungskarte für das Reservat Muara Kendawangan

Zur Durchführung dieses Prozesses bzw. der Verschneidung wurden das Modul *Geoprocessing Wizard* im ArcGIS 8.3 und auch der *Spatial Analyst* eingesetzt.

3.3.2. Satellitendatenauswertung

Die Satellitendatenauswertung wurde in Satellitenaufnahmen von Landsat TM und ETM aus den Jahren 1995, 1998 und 2000 durchgeführt. Für die Auswertung der Satellitendaten wurden verschiedene Zwischenschritte wie die geometrische Rektifizierung, Erstellung der Basiskarten, Segmentierung, Klassifizierung und Evaluierung des Ergebnisses wurden bestimmt benötigt.

3.3.2.1. Rektifizierung der Satellitendaten und Basiskartenvorbereitung

a. Radiometrische und geometrische Korrektur

Generell gibt es zwei verschiedene Arten von geometrischen Verzerrungen in Satellitenbildern, die korrigiert werden müssen: Systematische Verzerrungen – etwa durch die Erdrotation – können mit einem mathematischen Modell behandelt werden. Dagegen müssen zufällige Verzerrungen – etwa durch Variation der Flughöhe des Satelliten oder der Fluggeschwindigkeit – mit Passpunkten (*Ground Control Points*) aus Landkarten oder bereits entzerrten Satellitenbildern entfernt werden. Weil die Orbitposition der Satelliten Landsat TM sowie Landsat ETM sehr hoch ist, brauchen in diesem Fall die panoramische und die Lageverzerrung nicht berücksichtigt zu werden. Um zufällige Verzerrungen auszuschließen, werden die Satellitenaufnahmen mit Hilfe von Karten des Gebietes georeferenziert und entzerrt.

Eine radiometrische Korrektur und Orthrektifizierung wurden für das Untersuchungsgebiet nicht benötigt, weil die Aufnahmen keine Streifen aufwiesen und das Gebiet eben ist. (siehe Abbildung 4-29 auf Seite 86).

b. Vorbereitung der Basiskarten

Die Daten der Basiskarten stammen aus verschiedenen Quellen: aus analogen Karten, digitalen Daten (sowohl Rasterdaten als auch Vektordaten) und aus tabellarischen Daten. Sie müssen gegebenenfalls digitalisiert und in ein Vektorformat konvertiert werden, damit sie in die Basiskarten integriert werden können. Dazu wurde die Software Raster2Vector verwendet. Der Prozess läuft prinzipiell automatisch, das

Ergebnis muss aber manuell nachbearbeitet werden.

Insbesondere die Primär- und Sekundärdaten für den sozial-ökonomischen Ansatz liegen in tabellarischer Form vor. Sie können in raumbezogene und nicht raumbezogene Daten unterteilt werden. Die raumbezogenen Daten können in ein Arc-View-Shapefile konvertiert werden. Diese Daten werden anschließend mit den entsprechenden Sekundärdaten kombiniert.

Die ökologischen Daten aus der terrestrischen Vegetationsaufnahme liegen ebenfalls als raum- oder nicht raumbezogene Daten vor. Die nicht raumbezogene Daten insbesondere Baumarten, Höhe, Durchmesser und Volumen kommen aus der Vegetationserhebung in den ausgewählten Plots im Gelände. Diese Informationen wurden danach tabellarisch angeordnet und zusammen durch die eingemessenen Koordinaten vom GPS in der GIS-Datenbank kartiert und verknüpft. Alle Informationen der Basiskarte können dann unter allen Aspekten (Fernerkundung, terrestrisch und sozial-ökonomisch) mit einer GIS-Datenbank (Räumlichkeit, tabellarische und statistische Berechnung) kombiniert und analysiert werden.

c. Definition des Untersuchungsgebietes und Verifizierung

Auf Basis der relativ groben offiziellen Grenzkarte des Reservates wurde der tatsächliche Grenzverlauf mit Hilfe der Luftbildkarte, der kombinierten thematischen Karte (RBI), der topographischen Karte und der Karte des gemeinschaftlichen Agreements für Waldnutzung und den georeferenzierten Satellitendaten festgelegt. Die Georeferenzierung wurde mit der Software ERDAS Imagine 8.6 und ENVI 3.4 automatisch durchgeführt. Insgesamt wurden dafür im Gebiet 82 Passpunkte gemessen.

3.3.2.2. Vorbereitungen der Klassifizierung

Eine optimale Visualisierung der Satellitendaten in als Color Compositen ist notwendige Voraussetzung für eine visuelle Interpretation. Zusätzlich wurden als Zwischenprodukt vier kleinere Ausschnitte des Untersuchungsgebiets erstellt, um die Arbeit zu erleichtern.

Als Hilfe für die ‚on Screen‘ Interpretation wurde ein Modell zur Bildfilterung entwickelt. Das Untersuchungsgebiet wurde mit einem *Highpass-Filter* gefiltert, um vorhandene Strukturen stärker sichtbar zu machen. Alle Bereiche außerhalb des Untersuchungsgebietes dagegen werden mit einem starken *Lowpass-Filter* bearbeitet. Dadurch wird der Kontrast zwischen Untersuchungsgebiet und den restlichen Bereichen

verstärkt, ohne dass die Informationen des Restgebietes völlig ausgeblendet werden. Abbildung 3-5 zeigt den schematischen Arbeitsablauf dieses Prozesses.

Bei den Satellitenbildern wird zusätzlich noch ein Maskierungsprozess verwendet, wenn viele Wolken in der Aufnahme vorhanden sind. Bewölkte Gebiete werden aus den Bildern ausgeschnitten und durch die entsprechenden Daten aus den wolkenfreien Szenen von 2000 ersetzt.

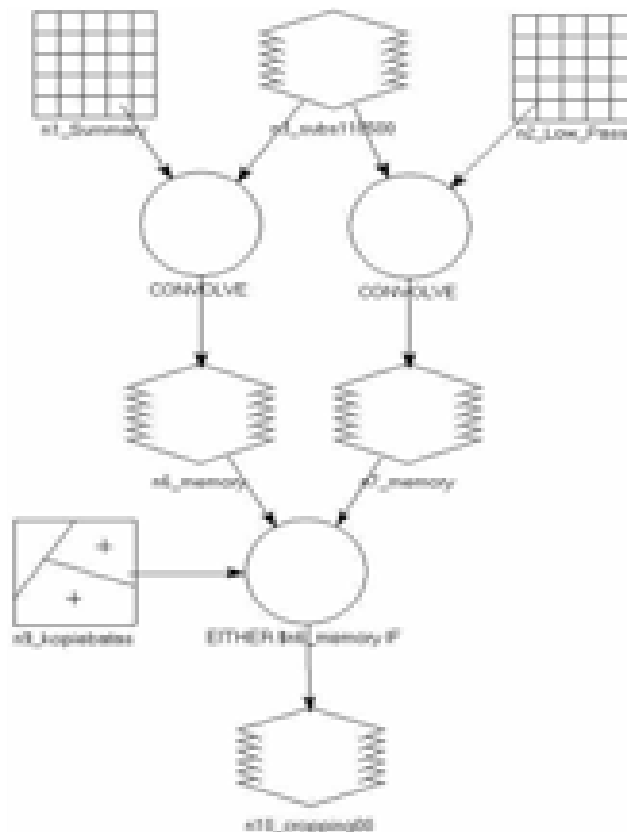


Abbildung 3 - 6: Schematischer Arbeitsablauf bei der Visuellen Verbesserung der Satelliten-daten Landsat TM 5 und ETM 7 zur Optimierung der Ergebnisse.

3.3.2.3. Segmentierung

Zweck der Segmentierung ist es, eine hierarchische Trennung der Objekte auf verschiedenen „Levels“ durchzuführen um so grobe Klassen schrittweise je nach Trennbarkeit weiter zu differenzieren. Das Segmentierungsverfahren basiert auf den folgenden drei Prinzipien:

1. Mittelwertberechnung der spektralen Eigenschaften des Objektes (in diesem Fall ist der Zweck die Trennung der Mittelwerte und die Helligkeit der Objekte).
2. Berechnung der Standardabweichung als Indikator für eine falsche Interpretation.
3. Berechnung der Form und Größe der Fläche (diese Kriterien werden vor allem von der Größe, dem Umfang und der Dichte des Objektes beeinflusst).

Um die obigen Kriterien zu berücksichtigen, müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- Mittelwert der Heterogenität des Objektes muss minimal sein,
- Mittelwert der Heterogenität des Gewichts des Objektes im Level Pixelbereich muss minimal sein,
- Mittelwert der Heterogenität des Pixels muss minimal sein.

In der eigentlichen Segmentierung werden dann rechnerisch Graduierungslevel definiert. Die Parameterskala, das Gewicht und die Kriterien in Bezug auf die spektralen Farbe, Größe der Objekte sowie deren Struktur, abgeleitet aus Glätte und Kompaktheit, als werden dabei nach der „Try and Error“ durchgeführt. Dies hatte zum Ziel, die Homogenität der Segmentierungsergebnisse sowie die visuelle Trennbarkeit einzelner Objekte zu verbessern.

In dieser Untersuchung werden 5 verschiedene Graduierungslevels unterschieden:

1. Level 1: Die Segmentierung sollte auf eine sehr detaillierte Verteilung hin bearbeitet werden. Die Polygone werden in sehr kleine Flächen unterteilt. Das Ziel ist, alle möglichen Objekte zu unterscheiden.
2. Level 2: Die Segmentierung sollte auf gleiche Parameterskala aber unterschiedliches Gewicht und Homogenität eingestellt werden. Das Ziel ist die Ermittlung des Gewichtsfaktors und Optimierung der Homogenität im Segmentierungsprozess.
3. Level 3: Die Segmentierung sollte auf höhere Parameterskala, aber geringe Gewichtstärke und optimierten Homogenitätsfaktor eingestellt werden. Das Ziel dieser Arbeit ist eine gröbere Information und ein Niveau zum Vergleich von Level 1 oder 2 gemäß dem gezielten Segmentierungslevel zu ermitteln.
4. Level 4: Die Segmentierung sollte auf gleiche Parameterskala wie Level 3, aber höhere Gewichtstärke sowie den optimierten Homogenitätsfaktor eingestellt werden.
5. Level 5 und 6 sind die größeren Levels zur Entwicklungsmöglichkeit des Segmentierungsprozesses gemäß dem Ziel der Arbeit. In dieser Untersuchung wird die Einstellung des Levels nur bis zur Stärke 40 eingetragen.

Das folgende Baumdiagramm zeigt die Analogie für den hierarchischen Segmentierungsprozess nach der Homogenität des Objektes.

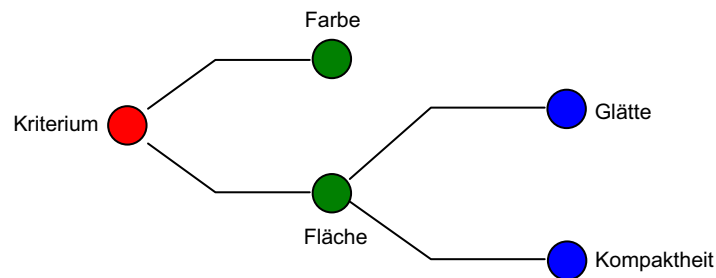


Abbildung 3 - 7: Baumdiagramm als Analogie nach Entscheidungsfaktor der Segmentierung

3.3.2.4. Klassifizierungsprozess

Nach dem Lexikon der Fernerkundung (2004) ist die Klassifizierung das Synonym des englischen Wortes *Classification*. Der Begriff ist erklärt als „Syn. *Klassifikation*; eine Methode der Bildverarbeitung, die dazu dient, in Rasterbildern Muster, d.h. Flächen mit gleichen Eigenschaften zu ermitteln, z.B. Erkennen von Wald, Gewässer etc. in Satellitenbildern.“ Mittels Klassifizierung werden einzelne Pixel eines digitalen Bildes einer bestimmten Klasse zugeordnet, z.B. aufgrund spektraler Signaturen. Um Rasterbilder klassifizieren zu können, müssen die Sensoren der Satelliten in der Lage sein, verschiedene spektrale Signaturen zu unterscheiden, und - abhängig von der Klassifizierungsart - müssen Trainingsgebiete definiert werden. Jensen (1996, 1986), Lillesand und Kiefer (1993) und Wulder und Franklin (2003), in der Fernerkundung werden zwei Arten von Klassifizierung unterschieden:

- Die überwachte Klassifizierung, bei der für jede Objektklasse eine Musterklasse bestimmt wird. Aus diesen Musterklassen wird wiederum der Klassifikator bestimmt. Jedes Element außerhalb einer Musterklasse wird als mittels dieser Entscheidungsfunktion des Klassifikators auf Grund seiner typischen Geländeinformation (z.B. spektrale Signatur bei Multispektralbildern) einer Objektklasse zugeordnet. Ein Objekt weist daneben noch andere Merkmale auf, die bei einer Klassifikation berücksichtigt werden können, beispielsweise Textur, Musterung, Größe, Form, Orientierung, Zeit und Merkmale wie Winkel, Enden und Kanten. Eine überwachte Klassifikation kann hierarchisch oder iterativ durchgeführt werden. In beiden Fällen werden für ausgesuchte Areale des Bildes Trainingsdaten gewonnen und danach das gesamte Bild klassifiziert (Baldenhofer, 2004).
- Die unüberwachte Klassifizierung unterscheidet sich in Hinblick auf die überwachte darin, dass keine Geländeinformation und keine Anzahl der Objektklassen benötigt

werden. Mittels eines Klassifikators (z.B. ein Abstandsmaß) wird iterativ jedes Bildelement einer Teilgesamtheit zugeordnet. Diese Teilklassen besitzen jedoch noch keine Objektidentität. Die einzelnen Flächen lassen sich jedoch nicht immer zu einem bestimmten Zeitpunkt unterscheiden, sondern in manchen Fällen nur, wenn sie zu verschiedenen Zeitpunkten der Wachstumsperiode untersucht werden (multitemporale Klassifizierung).

Nach Baldenhofer (2004) können einige bisher ungelöste Probleme der Klassifizierung wie folgt dargestellt werden:

- Schwierigkeit der Unterscheidung zwischen verschiedenen Pflanzenarten aufgrund der möglichen Ähnlichkeit ihrer spektralen Signaturen,
- Auftreten verschiedener Signaturen pro Pflanzenart in Abhängigkeit von Wachstumsphase, Feuchtigkeit des Erdreichs, atmosphärischen Bedingungen und anderer Einflußfaktoren.

Im Anschluß an die Segmentierung der Satellitendaten wurden die 3 Datensätze aus den Jahren 1995, 1998 und 2000 automatisch klassifiziert.

Das Vorgehen zur inhaltlichen Trennung der einzelnen Segmente war ein hierarchische, welches sich am deutlichsten in einer Pyramide-Struktur der Analyse darstellen lässt. Die Abbildung 3 - 8 zeigt die Struktur zur Klassifizierung der Satellitendaten. Die Klassifizierung wird schrittweise vom groben Objekt hin zu dem kleinen Objekt durchgeführt.

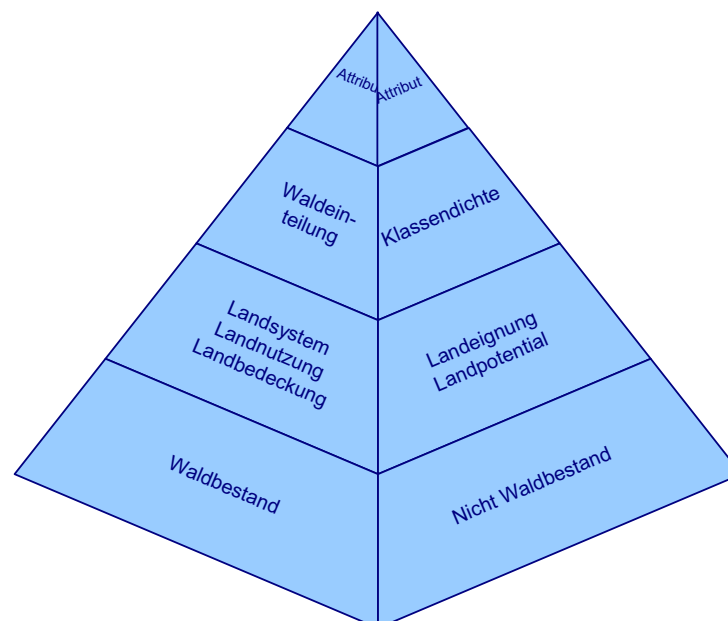


Abbildung 3 - 8: Pyramiden-Struktur der Analyse zur Klassifizierung der Satellitendaten

Auf der Spitze der Pyramide werden die terrestrischen Informationen über Struktur und Waldaufbau aus der terrestrischen Inventur attribuiert. Als weiteren Schritt wurden die Waldbestände durch die Satellitenbilddauswertung in einzelne Klassen unterschiedlicher Walddichte (Überschirmungsgrad) eingeteilt..

Insgesamt 10 verschiedene Klassen unterschiedlicher Walddichte (siehe auch Tabelle 5-1) konnten nach dem in Abbildung 3-9 schematisch dargestellten, hirarchischen Klassifizierungsverfahren unterschieden werden.

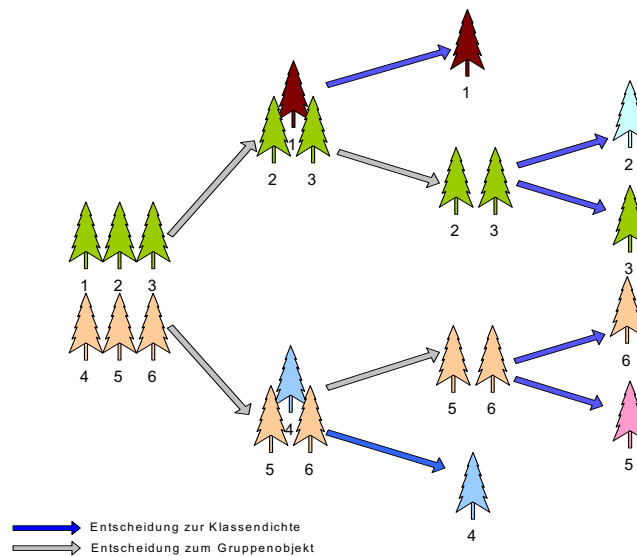


Abbildung 3 - 9: Schematische Darstellung Klassifizierung der Dichte - Klassen

Die Klassifizierung wird innerhalb dieser Arbeit in zwei Abschnitte unterteilt: Vorfeld-Klassifizierung und Nachbearbeitung oder Verfeinerung der Klassifizierung nach der Feldorientierung.

3.3.3. Die terrestrische Vegetationsaufnahme

3.3.3.1. Aufnahmeverfahren und Kriterien zur Trainingsgebietsauswahl

Zur Erfassung der biologischen Vielfalt und. der Baumarten wurde eine terrestrische Erhebung des Naturreservats Muara Kendawangan in 4 verschiedenen Plots (PB1, PB2, PB3 und PB4) auf einer Fläche von insgesamt 400 ha durchgeführt. Die berücksichtigten, allgemeinen Landtypen von PB1 bis PB4 hatten eine ähnliche Ausprägung bzw. Geomorphologie, weil das Reservat zum großen Teil eine sehr große flache Ebene ist. Wegen des großen Umfangs des gesamten Untersuchungsgebietes (ca. 150.000 ha) und der enormen Zahl an Arten, wie sie typisch für den tropischen Regenwald ist, ist eine Vollaufnahme nicht relasisierbar. Andererseits lassen sich durch

subjektive Festlegung von repräsentativen Flächen bestimmte Ökosysteme ausweisen, in denen die typische Vegetation, Hauptbaumarten sowie diverse Zusatzinformationen erheben lassen. Die repräsentativen Flächen werden auch als „Trainingsgebiet“ oder „Probeflächen“ bezeichnet. Hoffmann (2001) bestätigt, dass die Untersuchungen der Walddynamik im genauen Raum-Zeitmuster mit Hilfe der „Trainingsgebiet“ oder Kernflächen vorteilhafter zu ermitteln sind als mit anderen Stichprobeverfahren.

Die Auswahl der Trainingsgebiete richtet sich nach den Klassifizierungsergebnissen der Satellitendaten mit dem Ziel einer repräsentativen Auswahl der differenzierten Vegetationseinheiten.

Die Auswahl beruht auf folgenden Gegebenheiten:

- Mit seinen ökologischen Eigenschaften und den anthropogenen Einflüssen wie land- und forstwirtschaftlicher Nutzung ist das Reservat eine typische degradierte Fläche mit einer gemischtstrukturierten Form der sozial-ökonomischen Regionalkultur der Waldbevölkerung.
- Das Gebiet ist schwer zugänglich, trotzdem sind viele verschiedene Akteure an den wertvollen Holzressourcen dieses Reservats interessiert, um diese kommerziell und nichtkommerziell nutzen zu können.

Die vier ausgewählten Trainingsgebiete decken alle im Gebiet vorkommenden Klassen der Vegetationsdichte ab. In den 4 Plots wurde eine Vollaufnahme in einer Fläche von jeweils 1 km x 1 km durchgeführt, die jedoch auf so genannte Hauptbaumarten¹ mit einem Durchmesser (BHD) ab 20 cm beschränkt wurde. Es wird ein Transektverfahren mit einer Transektbreite von 20 m verwendet. Für jeden Block von 20 m x 20 m werden die Koordinaten des Mittelpunktes mit einem GPS-Gerät bestimmt. Dann werden von allen Bäumen der Hauptbaumarten mit einem Durchmesser > 20 cm der Durchmesser, die Stammhöhe und die Baumart aufgenommen. Diese Informationen werden anschließend in ein GIS Datenbankensystem eingegeben, damit sie mit anderen räumlichen Daten verknüpft und analysiert werden können. Jeder Plot bestand so aus 2500 Einzelstichproben, insgesamt wurden damit 10.000 Stichproben mit einer Länge von 20 m und einer Breite von 20m aufgenommen.

Die Gründe für die Aufnahme der terrestrischen Stichproben im Transsekt Verfahren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

¹ Bintangur (*Dactyloclados stenostachis*), Gerunggang (*Cratoxylon arborescens*), Jelutung (*Dyera costulata*), Kempas (*Koompassia malaccensis*), Mentibu (*Eugenia* spp.), Meranti (*Shorea* sp.), Ramin (*Gonyostylus bancanus*) und Sindur (*Sindora* spp.)

- (1) Die Flächengröße der aufgenommenen Plots ist technisch begründet. Die normale Leistungskapazität eines Teams im tropischen Regenwald pro Tag für eine Vollaufnahme entspricht etwa einer Strecke von maximal 1 km Länge (1 km x 0,02 km) oder 2 ha. Das bedeutet, wenn die Strecke mehr als 1 km lang wäre, müssten die Teams im Wald übernachten. Bei einer geringeren Größe der Plots würde der Aufwand, die Flächen im Gebiet aufzusuchen, stark ansteigen, weil das Gebiet schwer zugänglich ist. Um einen Punkt irgendwo im tropischen Regenwald bzw. im Feuchtgebiet oder Tiefland aufzusuchen und mit einem GPS-Gerät genau zu bestimmen, kann es 1 bis 3 Tage dauern. Die Geschwindigkeit der Erhebung im Gelände ist sehr stark abhängig von dem Zustand der Land- und Vegetationsbedeckung, der Zugänglichkeit durch die Strassen und dem Klima.
- (2) Es werden nur Hauptbaumarten untersucht, weil diese ein guter Indikator für die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber anthropogenen Störungen sind. Die Bevölkerung und profitorientierte, nicht einheimische Waldnutzer haben ein wirtschaftliches Interesse an diesen Arten. Die untersuchten Arten liefern nicht nur hochwertiges Industrieholz, sondern sind für die Bevölkerung auch ein besonders schnelles Mittel, um Geld zu verdienen.
- (3) Die Hauptbaumarten sind fast immer in der dominierenden Schicht der vertikal stark strukturierten Laubbaumbestände in dem tropischen Regenwald zu finden. Damit haben sie eine hohe Bedeutung für die spektrale Information.
- (4) Das Transektverfahren und die gewählten Flächengrößen und –verteilung liefern akzeptable Ergebnisse für regionale Planungen. Dabei hält sich der Aufwand (Aufnahmekosten und Zeit) noch in erträglichen Grenzen.
- (5) Die Methode ist weit verbreitet in West-Kalimantan, das Verhältnis von Aufwand und Nutzen ist optimal.

Die folgende Abbildung (3 – 10) zeigt die schematische Streckenführung für jede Plots der Vegetationsaufnahme.

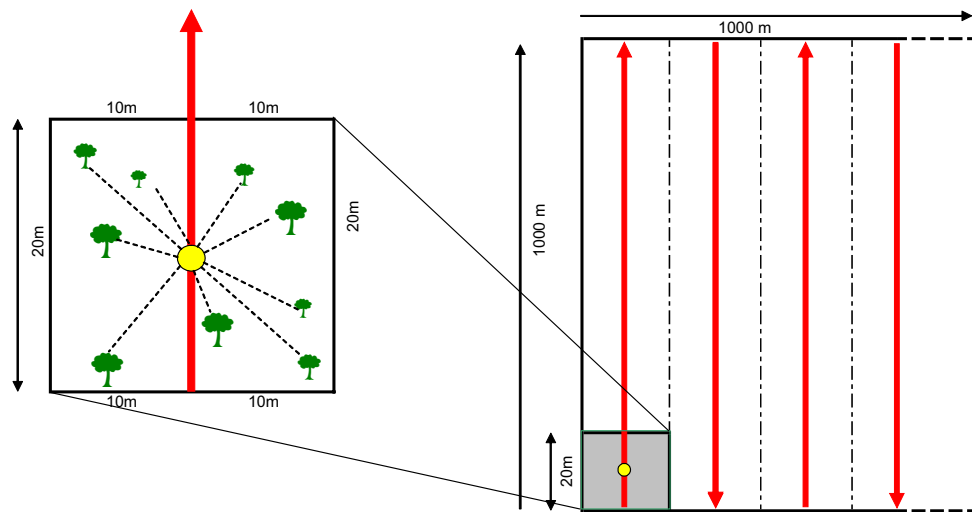


Abbildung 3 - 10: Schematische Streckenführung in den Plots für die terrestrische Aufnahme im Reservat Muara Kendawangan West-Kalimantan, Indonesien

Nach einer Segmentierung der Satellitendaten mit verschiedenen Maßstäben und einer multitemporalen und –spektralen Klassifizierung der Vegetationsdichte, wurden die Kriterien zur Auswahl der Plots für die terrestrische Aufnahme festgelegt. Anschließend wurden sie im Gelände verifiziert und nachbearbeitet.

Voraussetzungen der Kriterienauswahl zur Bestimmung der 4 Hauptplots:

- (1) Der ausgewählte Plot soll repräsentativ sein, damit alle Klassen abgedeckt werden können.
- (2) Ein Zusammenhang zwischen der terrestrisch bestimmten Vegetationsdichte und den Klassen der Klassifizierung aus den Satellitendaten muss zu erkennen sein.
- (3) Die Vegetationsdichte im Plot sollte schnell zu erkennen sein, und leicht von anderen Klassen zu trennen sein.
- (4) Der Plot sollte im Gelände zu identifizieren und erreichbar sein.

Bei Hausherr, H. und Jungmeier, M. (1999) werden einige Vorteile und Nachteile des gewählten Stichprobendesigns dargestellt.

Die Vorteile sind:

- (1) hierarchisches Prinzip mit guter Verknüpfung zu anderen Untersuchungen;
- (2) Kompromiss zwischen (statischen) inhomogenen und (beweglichen) homogenen Untersuchungsflächen;
- (3) Auswertungsmöglichkeit sowohl numerisch als auch soziologisch;
- (4) durch Transekte hohe Diversität innerhalb der Fläche, die durch Subplots handhabbar ist;
- (5) unkomplizierte Markierungsmöglichkeiten.

Die Nachteile sind:

- (1) keine statistische Auswertungsmöglichkeit außerhalb der Plots durch subjektive Festlegung der Flächen und geringe Anzahl der Flächen;
- (2) Bearbeitungsaufwand für einen Plot ermöglicht nur die Bearbeitung einer geringen Zahl von Plots (durch unwegsames Gelände und große Distanzen jedoch ohnehin eingeschränkt).

3.3.3.2. Artendiversität, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten

Zur Beschreibung und Darstellung der ökologischen Aspekte wurden Artendiversität, -reichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten in 4 Hauptplots in den 10 verschiedenen Dichte - Klassen von insgesamt 10.000 Einzelplots berechnet. Für die Schätzung von Artendiversität, -reichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten werden die Indizes von Shannon-Wiener, Margalef und Pielou verwendet (Magurran, 1988). Diese Werte werden durch folgende Gleichung berechnet:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i / N) \ln (n_i / N),$$

wobei

$$i = 1$$

H' = Index der Artendiversität von Shannon-Wiener

s = Anzahl der vorhandenen Baumarten

n_i = Anzahl der Individuen jeder Baumart i

N = Anzahl aller Individuen

$$R = \frac{S - 1}{\ln (N)},$$

wobei

R = Index für Artenreichtum von Margalef

S = Anzahl der Arten

N = Anzahl aller Individuen

$$E = \frac{H'}{\ln (S)},$$

wobei

E = Index der Gleichmäßigkeit der Verteilung der Arten (Evenness)

H' = Indexwert von Shannon-Wiener

S = Anzahl der Arten

Zur Schätzung der Dichte, Dominanz und Frequenz der Hauptbaumarten im Untersuchungsgebiet wurden die folgenden Werte berechnet:

$$D_{\text{rel}} = nA \div A_{\text{tot}} \times 100$$

D_{rel} = relative Dichte

nA = Anzahl der Individuen einer Art im Plot

A_{tot} = Anzahl aller Individuen im Plot

$$d_{\text{rel}} = nBA_{\text{sp}} \div BA_{\text{tot}} \times 100$$

d_{rel} = relative Dominanz

nBA_{sp} = Grundfläche (*Basal Area*) der Individuen einer Art im Plot

BA_{tot} = Summe der Grundflächen aller Individuen im Plot

$$H_{\text{rel}} = nH \div H_{\text{tot}} \times 100$$

H_{rel} = relative Frequenz

nH = Anzahl der Plots, die eine Art beinhalten

H_{tot} = Anzahl aller Plots

Durch die gesamte Berechnung der relativen Dichte, relativen Dominanz und relativen Frequenz wird die ökologische Bedeutung (IVI – *Important Value Index*) als Indikator der Anwesenheit von Hauptbaumarten im Reservat Muara Kendawangan erwogen. Dieser Wert wird durch folgende Gleichung ermittelt:

$$IVI = D_{\text{rel}} + d_{\text{rel}} + H_{\text{rel}}$$

3.3.3.3. Zusammenhang zwischen den Klassifizierungsergebnissen der Satellitendaten und den Ergebnissen der terrestrischen Vegetationsaufnahme und deren räumlicher Darstellung

Um einen Zusammenhang zwischen den Klassifizierungsergebnissen der Satellitendaten und den Ergebnissen der terrestrischen Vegetationsaufnahme herzustellen, wird das statistische Software-Programm SPSS verwendet. Zuerst werden die Klassifizierungsergebnisse und die Daten aus der terrestrischen Erhebung in einem GIS überlagert. Dann wird für jeden Punkt die Klasse aus den Satellitendaten ermittelt und die Daten werden miteinander verknüpft. Der Dichte - Klassen in den Satellitendaten entspricht die Anzahl der Hauptbäume jeder Dichte - Klassen aus der terrestrischen Vegetationsaufnahme als Parameter. Wie in Tabelle 3-1 gezeigt, werden die einzelnen Klassen bzw. Vegetationsdichten in die Stufen 1 bis 10 eingeordnet.

Tabelle 3 - 1: Zusammenführung der Klassifizierungsergebnisse und mit den Dichte - Klassen der terrestrischen Vegetationsaufnahme

Klassendichte aus der Satellitendaten	Dichte-Klassen der terrestrischen Vegetationsaufnahme (N/ha)	Stufe
Aufgeloest_tS	10,1	1
Aufgeloest_fS	10,9	2
Offener Wald	12,7	3
Wanderfeldbau und Waldgarten	23,6	4
Locker_tS	18,0	5
Dicht_tS	18,8	6
Locker_fS	13,3	7
Trocken_P	24,2	8
Dicht_fS	29,4	9
Feuchtgebiet_P	30,5	10

Abkürzungen und Bedeutungen der Dichte - Klassender Hauptbaumarten:

Aufgeloest_tS: Aufgelöste Fläche im trockenen Sekundärwald;

Aufgeloest_fS: Aufgelöste Fläche im feuchten Sekundärwald;

Offener Wald: Aufgelöste Fläche im offenen Wald in der Alluviumebene;

Wanderfeldbau und Waldgarten: Von Wanderfeldbau und Waldgarten dominierte Fläche;

Locker_tS: Fläche mit mittlerer Dichte - Klassen im trockenen Sekundärwald;

Dichte_tS: Fläche mit hoher Dichte - Klassen im trockenen Sekundärwald;

Locker_fS: Fläche mit lockererDichte - Klassen im feuchten Sekundärwald;

Dicht_fS: Fläche mit hoherDichte - Klassen im feuchten Sekundärwald;

Trocken_P: Trockenes Gebiet mit hoherDichte - Klassen im Restprimärwald;

Feuchtgebiet_P: Feuchtes Gebiet mit hoherDichte - Klassen im Restprimärwald.

Die Verknüpfungen zwischen der Klassifizierung aus der Satellitenfernerkundung und der terrestrischen Vegetationsaufnahme wurden in allen Plots (400 ha) überprüft. Die Analyse erfolgt mit einer linearen Regressionsanalyse.

3.3.3.4. Verbesserungsmöglichkeit eines satellitengestützten Inventursystems

Um sichere Informationen des Vegetationszustands von den ausgewählten Plots zu bekommen und auch repräsentative Flächen aller Klassen abzudecken, wurde bei der terrestrischen Aufnahme eine vollständige Erhebung der Hauptbaumarten durchgeführt. Dieses relativ aufwändige Verfahren birgt Möglichkeiten der Rationalisierung. Die meisten Inventuren in den Tropen kommen mit einer Erhebungsintensität von weniger als 100 % aus. Dies geschieht aus vielen Gründen: Effizienz, Effektivität, Zweck der Erhebung und der geforderten Präzision je nach dem gewünschten Erhebungslevel. In der vorliegenden Arbeit werden eine Simulationen mit unterschiedlichen Erhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1% mit zufällig ausgewählten Stichproben aus jedem Waldklassentyp durchgeführt. Die Zahl der zufälligen Stichproben wird proportional nach der Größe der Bedeckung von der Dichte - Klassen der Vegetation bestimmt. Je höher die Dichte der Vegetation ist, umso mehrere Stichproben werden gezogen (siehe Abbildung 3-11).

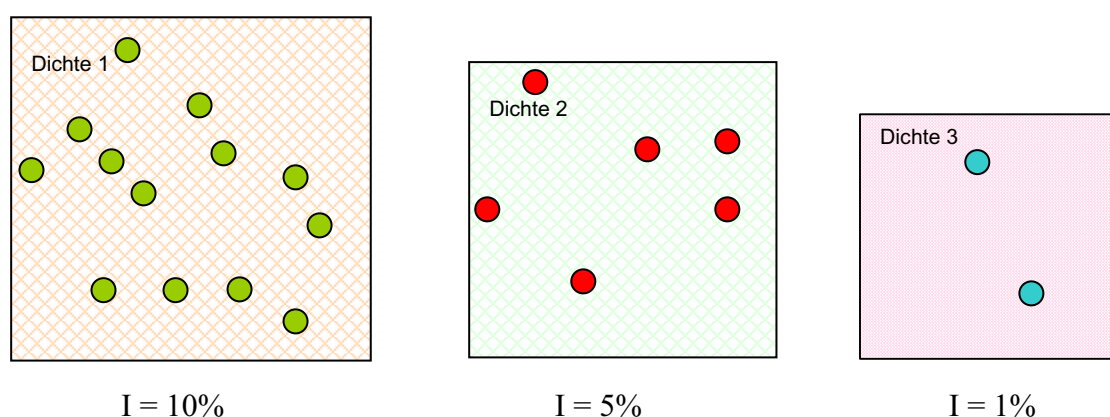


Abbildung 3 - 11: Analogie der verwendeten zufälligen Stichprobeauswahl für jede Dichte - Klassen der Vegetation

Als Simulationsergebnis werden die beide Ergebnisse (Vollaufnahme und geringe Erhebungsintensität) miteinander verglichen und daraus Möglichkeiten für weitere Empfehlungen abgeleitet.

Die Arbeit erfolgt mit der Software ArcGIS 8.3 mit dem Erweiterungsmodul *Geostatistical Analyst* und dem Interpolationsmodul Ordinary Kriging, IDW (*Inverse Distance Weigthing*) und RBF (*Radial Basic Functions*) für die Simulation. Diese Ansatzmethoden werden gemäß der Anzahl der Nachbarschaft der betroffenen Vegetationsarten gerechnet.

Die Interpolationstechnik IDW basiert auf der Voraussetzung, dass jeder Punkt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eine Ähnlichkeit mit seiner Nachbarschaft hat, d.h. je geringer die Entfernung zu der Nachbarschaft für jede betroffene Vegetation ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, ähnliche Vegetation in Bezug auf die Dichte und die Eigenschaften anzutreffen.

Die Interpolationstechnik IDW wird beschrieben durch die allgemeine Formel:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i),$$

wobei:

$Z(s_0)$ ist der Wert der den Ort s_0 vorhersagt;

N ist die Zahl der eingesessenen Punkte in der Umgebung der vorhergesagten Orte;

λ_i ist ein Gewicht für jeden Punkt;

$Z(s_i)$ ist der gemessene Wert am Ort s_i .

Zur Determinierung des Gewichtes werden die folgenden Formeln angewendet:

$$\lambda_i = d_{i0}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p} \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$$

Wenn die Entfernung d größer ist, wird das Gewicht λ durch den Faktor p reduziert.

Die Quantität d_{i0} ist die Entfernung zwischen der Schätzung des Ortes (s_0) und allen eingemessenen Orten (s_i).

Daneben werden die Interpolationstechnik *Radial Basis Functions* (RBF) und *Ordinary Kriging* für die Simulationen zur Verbesserungsmöglichkeit der terrestrischen Vegetationsaufnahme verwendet. Die Interpolation RBF ähnelt prinzipiell der IDW. Das

RBF-Verfahren ist für große Datenmengen geeignet und produziert eine Glättoberfläche. Dem gegenüber ist das IDW-Verfahren ideal für kleinere Mengen von Daten und produziert besser für die grobe Textur (Johnston et.al. 2001)

Die folgende Abbildung (3-12) zeigt den Arbeitsablauf zur Ermittlung des ökologischen Aspekts und zur Untersuchung der Verbesserungsmöglichkeit der Verfahren zur Vegetationsaufnahme.

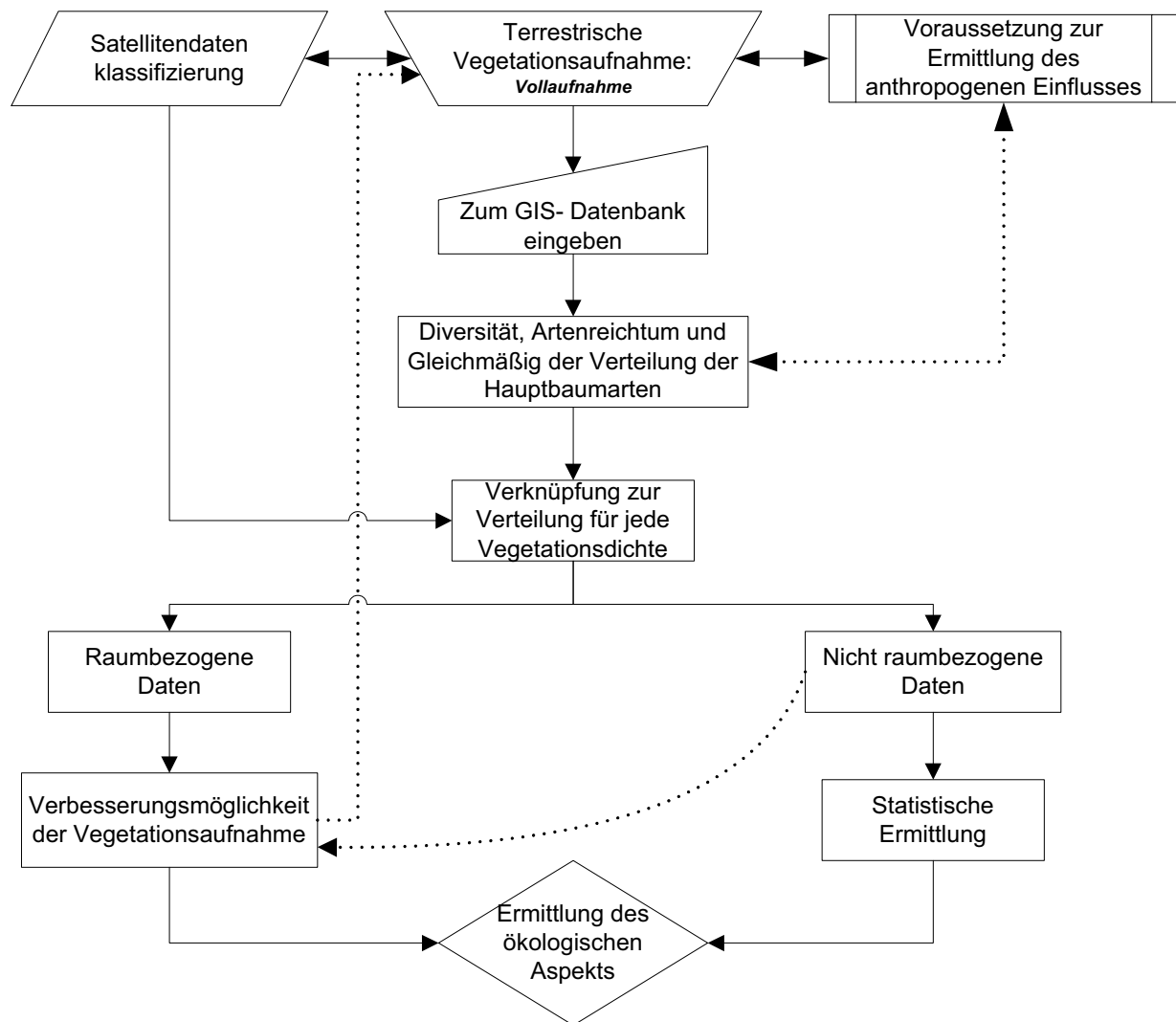


Abbildung 3 - 12: Der Arbeitsablauf zur Ermittlung des ökologischen Aspekts und Verbesserungsmöglichkeit des Verfahrens für die terrestrische Vegetationsaufnahme im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

3.3.4. Zeitliche Flächeneveränderung im Reservates Muara Kendawangan

Zur Berechnung der Veränderungsfläche im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan wird die gängige Methode des Nachvergleiches der Klassifizierung (*Post-Classification Comparison Change Detection*) durchgeführt. Diese Methode

benötigt mindestens zwei Beobachtungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten.. Nachdem erst die Satellitenbilder aus verschiedenen Jahrgängen nach einem vergleichbaren Verfahren klassifiziert wurden werden die Ergebnisse miteinander verglichen und die Veränderungen berechnet.

Die Veränderungserkennung erfolgte in ArcView mit gestütztem Extensionsmodul *Change Detection*. Eine schematische Darstellung für die Veränderungserkennung wird auf die folgende Abbildung 3-13 gezeigt.

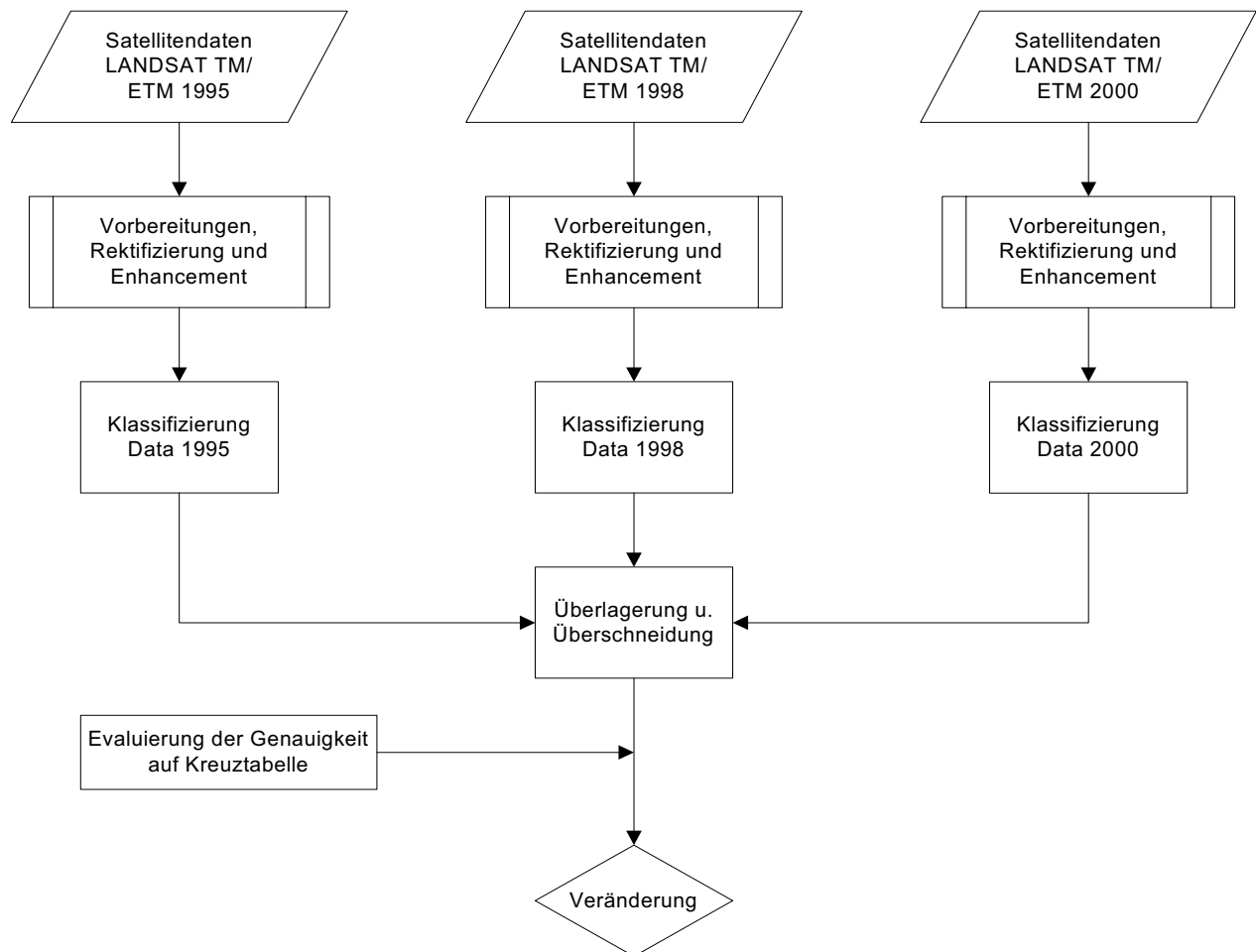


Abbildung 3 - 13: Schematische Darstellung für den Prozess der Veränderungserkennung auf Methode Nachvergleich der Klassifizierung vom Landsat TM/ETM 1995, 1998 und 2000

3.3.5. Auswertung der sozialen und ökonomischen Daten

Die Ermittlung der sozialen und ökonomischen Daten wurde auf 2 Aspekte beschränkt:

(1) Siedlungen am Untersuchungsgebiet

Neben der Erhebung der einzelnen Siedlungen im Untersuchungsgebiet wurden auch demographische und statistische Daten über die ansässige Bevölkerung erfasst (Anzahl und Entwicklung der Bevölkerung bzw. des Verdichtungsprozesses, die

wirtschaftliche Situationen, regionales Einkommen, Ausbildung und politische Verhältnisse).

(2) Mögliche Störungseinflüsse im Reservat

Um die potentiellen Störungseinflüsse im Reservat zu ermitteln wurde eine Befragung der örtlichen Bevölkerung durchgeführt. Ziel der Befragung ist es, die Meinungen und Stimmungen sowie die existierenden Probleme der Bevölkerung in Bezug auf einen potentiellen impact auf das Reservat zu ermitteln.

3.3.6. Unterstützung eines nachhaltigen Naturparkmanagements durch Risikokarten

Um das Reservat Muara Kendawangan mittelfristig vor einer weiteren Degradierung wirksam zu schützen, sind integrierte Management Maßnahmen unerlässlich. Diese sollten nicht nur die natürlichen Rahmenbedingungen wie Bodeneigenschaften und Diversität der Vegetation berücksichtigen, sondern auch eine soziale und ökonomische Probleme der Bevölkerung in den angrenzenden Gebieten einbeziehen. Hier einen nachhaltigen Ausgleich zu finden ist die schierige Aufgabe eines Management Konzeptes.

Diese Aufgabe zu unterstützen ist eines der übergeordneten Ziele der Arbeit. Dafür werden verschiedene thematische Kartengrundlagen erarbeitet. Den Karten zur prognostizierten Entwicklung weiterer Störungen auf das Gebiet wird dabei große Bedeutung beigemessen.

Die Einteilung des Reservates in verschiedene Zonen unterschiedlicher Gefährdungstufen basiert auf folgenden Grundlagen und Annahmen:

(1) Die Reservatsgrenzen vom Reservat Muara Kendawangan:

Die Zonierung in der Reservatsgrenze umfasst 3 verschiedene Schutzgürtel. Je nach der Qualität der Schutzmaßnahmen werden die drei Gürtel als Zone I (Kernregime), II (Aufbauregime) und III (sozial-ökonomisches Regime) bezeichnet. Jeder Gürtel wird als Pufferzone mit einer Breite von 1.500 m eingeordnet.

(2) Für den Flussbereich wird ein Gürtel mit einer Breite von 1.500 m eingegeben.

(3) Für die Dörfer oder Siedlungen während der Verdichtung der Bevölkerung werden 4 verschiedene Breiteentfernungen eingetragen:

- Kleines Dorf : 2.000 m
- Dorf oder Distrikt : 3.000 m
- Siedlung bzw. Transmigration : 3.500 m

- Stadtverwaltung oder Stadtkreis : 4.000 m

(4) Für die gefundenen Waldbrände ist eine Pufferzone mit einem Radius von 1 km eingetragen.

(5) Das eingetragene Waldbrandrisiko wird aus den gefundenen Waldbränden der beobachtete Satellitendaten NOAA als Punkdaten von 1997, 1998, 1999 und 2000 extrapoliert.

Diese Zonen werden erweitert um Informationen, die das potentielle Risiko für verschiedene Schädigungs- und negative Einflussmöglichkeiten auf den Naturpark integrieren. Daraus werden Risikokarten abgeleitet. Wichtige Komponenten dabei sind:

- Das land system, es enthält die Landbedeckung, die Landeignung und das Bodenpotential. Dieser Zusammenhang wurde integriert durch Überlagerung und Verschneidung der thematischen Karten.
- Geschützte Tierarten nach ihren Habitaten werden nach ihrem Vorkommen durch die so genannter Volkszählung-Methode ermittelt.
- Eine Pufferzone mit 1500 m Breite wurde gemäß dem indonesischen Gesetz über Umweltverträglichkeitsprüfungen (AMDAL) festgelegt.
- Siedlungswirkung wurde nach der Anzahl der Bevölkerung und Verdichtungsprozess in der Umgebung des Gebietes zonierte (siehe S.49)
- Pufferzonen für das Gebiet wurden nach den jeweiligen Schutzmaßnahmen festgelegt (siehe S.49).
- Feuerstufe, eingestuft nach dem Jahrgang des betreffenden Schadens und das Risiko in der Zukunft durch geostatistische Analyse (IDW).

4. ERGEBNISSE

4.1. Standortfaktoren zum Aufbau eines satellitengetragenen Inventursystems und GIS-Verfahren

Wie schon festgestellt, sind Standortfaktoren wie land system, Landbedeckung, Bodenpotential und Landeignung von zentraler Bedeutung für die Beurteilung der Entwicklungen in dem Untersuchungsgebiet und zur Unterstützung der Managementaufgaben im Naturpark.

Die Standortfaktoren wurden für diese Untersuchung aus unterschiedlichen Quellen, vor allem auch aus Fernerkundungsdaten, abgeleitet. Sie dokumentieren daher den Zustand des Gebietes zum Zeitpunkt der Aufnahmen. Auf die Bedeutung einer dauernden Aktualisierung dieser Informationen wird ausdrücklich hingewiesen. Nur so kann nachhaltig die Entwicklung in dem Naturreservat verfolgt werden.

4.1.1. Land system

Das land system im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan besteht aus 10 verschiedenen Typen: Puting (PTG), Kajapah (KJP), Kahayan (KHY), Klaru (KLR), Mendawai (MDW), Beliti (BLI), Serimbang (SRM), Segintung (SGT), Honja (HJA) und Palakunai (PLN). Die folgende Abbildung 4-1 zeigt die Lage des gesamten land system im Reservat Muara Kendawangan.

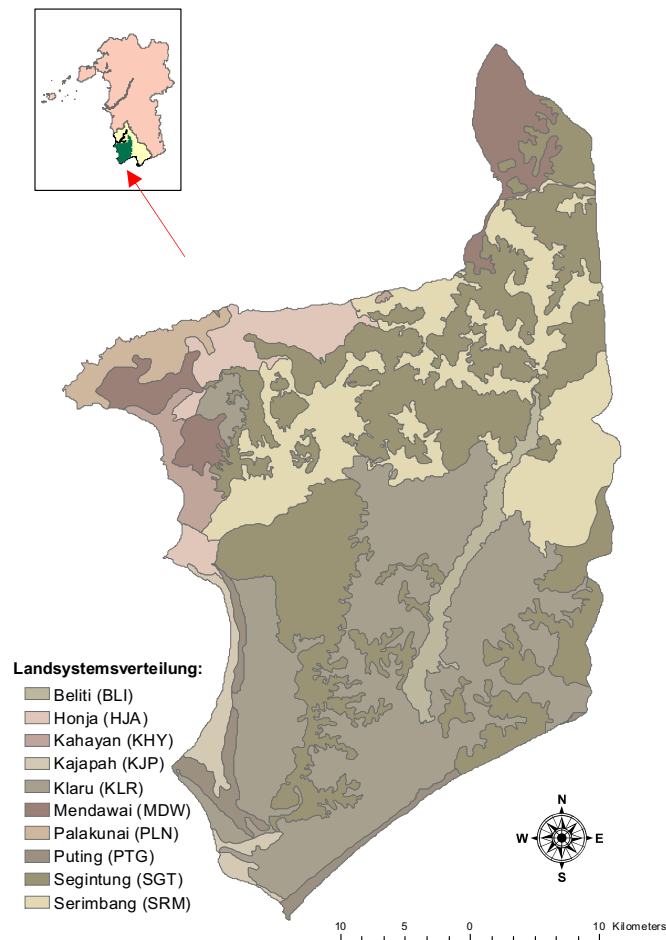


Abbildung 4 - 1:Land system des Naturreservats Muara Kendawangan

4.1.1.1. Land system Puting (PTG)

Dieses land system bedeckt das Reservat Muara Kendawangan auf einer Fläche von 3.216 ha und liegt zwischen der Küste und der Talebene im Gebiet des Reservats. Die Hangneigung ist in diesem Bereich gering und nicht größer als 2% (Neigungsklasse A). In diesem Gebiet treten sehr geringe Reliefunterschiede auf (von 2 bis 10 m). Normalerweise entsteht dieses Gelände durch Ablagerungen (*Sedimentation*). Der höchste Punkt in diesem Bereich des Reservats Muara Kendawanagan ist nicht höher als 50 m über dem Meeresspiegel und liegt in einer 25m bis 100m breiten Hochebene. Stein- und Mineralarten, die sich hier befinden, sind Sand und Kieselsteine aus einer jungen Sedimentation.



Abbildung 4 - 2: Vertikaler Querschnitt im land system Puting (PTG) im Naturreservat Muara Kendawangan.

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Nach der Bodenklassifizierung besteht das land system Puting aus 3 verschiedenen Bodentypen, nämlich *Psammaquents*, *Tropaquents* und *Tropopsamments*. Die Bodenart *Psammaquents* hat eine relativ grobe Textur, wohingegen die Bodenarten *Tropaquents* und *Tropopsamments* sowohl in oberen als auch in unteren Bodenschichten fein geformt sind. Im Untersuchungsgebiet findet man das System Puting entlang der Küste zwischen Tanjung Batu Titi und Air Hitam Kecil und von Tanjung Kepala bis Pulau Simbar.

Insbesondere in den Tropen sind die sandigen Bodentypen *Tropaquents*, *Psammaquents* und *Tropopsamments* permanent mit Wasser gesättigt, wodurch die Zersetzung – im Gegensatz zu dem in heißem Klima üblichen, sehr schnellen Nährstoffumsatz – sehr langsam wird. Die drei Bodentypen sind im Gelände nur schwer voneinander zu unterscheiden.

Der Niederschlag in diesem Gebiet liegt zwischen 1600 und 3200 mm im Jahr und fällt in der 8 bis 10 Monate dauernden Regenzeit, an die sich eine 2 bis 4 Monate dauernde Trockenzeit anschließt. Die Temperatur schwankt im Reservat Muara Kendawangan von 23°C bis 31°C im ganzen Jahr.

Dieses land system ist insgesamt wenig geeignet für Land- und Forstwirtschaft. Limitierende Faktoren sind vor allem die sandige Textur der Böden, verbunden mit einer schlechten Drainagefunktion. Nur die Kokospalme (*Cocos nucifera*) findet hier gute Wachstumsbedingungen vor.

4.1.1.2. Land system Kajapah (KJP)

Dieses land system im Naturreservat Muara Kendawangan liegt im Tidebecken und hat eine Fläche von 2.873 ha. Die typische Vegetation in diesem land system sind Mangrovenbestände mit den dominierenden Arten *Rhizophora* sp. und *Nypa* sp. Die Hangneigung ist nicht größer als 2% (Klasse A) und relativ flach mit Höhenunterschieden unter 2 m.

Bodentypen in dem Land system von Kajapah bestehen aus *Sulfaquents* und *Hydraquents* mit feine Textur gebildet. Der Bodentyp *Sulfaquents* ist ein häufig labiler Boden, permanent gesättigt, der bei Luftkontakt schnell sauer wird. Dagegen ist das Hydraquent ein stabiler und permanent gesättigter Bodentyp. Das land system Kajapah befindet sich im Untersuchungsgebiet entlang des Strandes zwischen Tanjung Batu Titi, Tanjung Kepala und Pulau Simbar.



Abbildung 4 - 3: Vertikaler Querschnitt im land system Kajapah (KJP) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Der Niederschlag in diesem Bereich beträgt 1600 bis 3900 mm im Jahr. Die Trockenzeit dauert maximal 4 Monate. Die Temperatur schwankt in diesem Gebiet zwischen 23°C und 31°C. Das Gebiet ist ausschliesslich für die Fischerei optimalen geeignet. Die limitierenden Faktoren für die landwirtschaftliche Nutzung in diesem Gebiet sind der niedrige Grundwasserspiegel und die damit verbundene eingeschränkte Wasserverfügbarkeit. Eine regelmäßige dauernde Überflutung von mehr als 24 Stunden tritt in weniger als 2 Monaten im Jahr auf. Daher wird die landwirtschaftliche Nutzung in diesem Gebiet kaum durch Überflutungen eingeschränkt. Das Gebiet ist prominent als Flut-Mangrove, die durch den Wechsel der Gezeiten geprägt ist.

4.1.1.3. Land system Kahayan (KHY)

Dieses land system wurde nach dem typischen Gebiet beim Fluß Kahayan (KHY) benannt. Das land system umfasst eine Größe von 2.422 ha im Reservat Muara Kendawangan. Der Boden ist eine Alluviumformation und liegt an dem Strand oder in einer gemischten Fluss-Strand-Formation. Dieser Landschaftsraum kommt normalerweise zusammen mit anderen Landschaftsräumen (Mangrove ‚Mendawai‘ (MDW) und Sumpfwald (GBT) in Torfmooren) vor. Die Hangneigung ist relativ flach und nicht größer als 2%, im Relief treten Höhenunterschiede zwischen 2 und 10 m auf. Im Untersuchungsgebiet befindet sich dieser Landschaftsraum entlang des Strandes und der Flussmündung zwischen Pulau Simbar, dem Fluß Simbar und Tanjung Batujurung. Die Ablagerungen im Gebiet bestehen aus neuen Meeresablagerungen und aus

Flusssedimenten. Sie sind daher sowohl salz- als auch torfhaltig bei einer feinen Textur. Nach der Klassifizierung gehören die Böden zu den Gruppen *Tropaquepts* (alluvium), *Fluvaquents* (alluvium) und *Tropohemists* (organosol). Der Bodentyp *Tropaquepts* permanent gesättigt, labil und im Gelände nur schwer von *Fluvaquents* und *Tropohemists* (organosol) zu unterscheiden. Der Bodentyp *Fluvaquents* ist unterdessen kein labiler Boden; er ist permanent gesättigt und hat schwankende Texturformen. Es befand sich in diesem Boden auch organische Substanz im Profil.

Der Bodentyp *Tropohemists* ist ein Organosol, weil er viele organische Substanzen beinhaltet. Er zeigt die typischen Kennzeichen einer organischen Bodenart; er ist sumpfig und von starker Zersetzung gekennzeichnet, wie meistens im Tropenklima. Zwischen den Schichten befinden sich manchmal auch Mineralien.



Abbildung 4 - 4: Vertikaler Querschnitt im land system Kahayan (KHY) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Der Jahresniederschlag liegt normalerweise zwischen 1600 und 3900 mm. Die Regenzeit dauert zwischen 8 und 12 Monaten im Jahr. Dagegen ist die Trockenzeit höchstens 4 Monate lang. Die Temperatur liegt ähnlich wie in den anderen land systems im Gebiet ganzjährig zwischen 23°C und 31°C. Das Gebiet ist für Forstplantagen sowie für wasserabhängige und Hochland-Landwirtschaft geeignet, allerdings nicht für die Viehzucht und einige Plantagen wie Latex, Ölpalme, Kokosnuss, Tee, Kaffee, Schokolade, Nelke, Pfeffer, Zuckerrohr, Tabak, Cashewnuss, Ananas, Banane, Sago oder für Hausgärten. In der Ebene ist es nur für wasserabhängige Tiefland-Landwirtschaft geeignet.

Die wichtigsten limitierenden Faktoren in diesem Gebiet sind die grobe Textur und die geringe Bodentiefe, schlechte Drainage und geringe Bodenfruchtbarkeit. Die oberste Bodenschicht (A-Horizont) ist relativ tief. Ebenso sind auch Wasserverfügbarkeit, Überflutungsperiode, Klima und Fragmentation des Bodens positiv zu bewerten.

4.1.1.4. Land system Klaru (KLR)

Das land system Klaru oder KLR befindet sich normalerweise im Mangroven- oder Sumpfwald. Es ähnelt dem land system Mendawai (MDW) im Stadtteil Pangkalan Bun (in der Provinz ostlich des Gebietes). Das land system umfasst 43.660 ha, die sich zwischen den Orten Pulau Simbar, Tanjung Batu Titi und bis zum nördlichen Fluss Air Hitam Kecil befinden. Das land system Klaru findet sich häufig zwischen dem land system Mendawai (MDW) und Lawangwang (LWW) oder auch Puting (PTG).



Abbildung 4 - 5: Vertikaler Querschnitt im land system Klaru (KLR) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Das Klaru-Gebiet liegt bei einer Hangneigung von weniger als 2% überwiegend in einer Flutzone, die immer überschwemmt ist. Der Boden meistens aus neuen Flussablagerungen und teilweise angeschwemmtem Torf entstanden. In diesem Gebiet finden sich die Böden *Fluvaquents*, *Tropaquents* und *Tropohemists*. Der jährliche Niederschlag reicht von 1700 bis 3500 mm und die Temperatur schwankt zwischen 23°C und 31°C.

Das land system Klaru ist weder für forstliche Plantagen noch für Landwirtschaft oder Fischerei geeignet. Die limitierenden Faktoren für die Landeignung sind die nicht vollkommene Entwässerung und die sehr niedrige). Die Textur des Bodens ist fein, weswegen seine Abflussbildung nicht perfekt aufgebaut ist. Dadurch beschleunigt sich die Fließgeschwindigkeit des Wassers.

4.1.1.5. Land system Mendawai (MDW)

Dieses land system erstreckt sich im Reservat in der Ebene Tajung Batu Jurung, nördlich des Flusses Membuluh und auf das Besiedlungsprojekt (*Transmigration*) Banjarsari. Insgesamt wird eine Fläche von 8.130 ha bedeckt. Die Bodeneigenschaften sind typisch für seichte Torfmoore und für die Flachebene, wobei der Landtyp von *Tropohemists*, *Troposaprists* und *Tropaquents* Dominiert wird. Die Bodentypen *Tropohemists* und *Tropaquents* wurden in ihren Eigenschaften in den vorher besprochenen land systems Puting und Klaru erklärt. Die Eigenschaften des Bodentyps *Troposaprists* werden unterdessen durch seine organischen Substanzen geprägt. Er ist

sumpfig, locker und hat häufig an die organische Substanz gebundene Mineralien. Dieses land system kann flexibel mit anderen land systems wie Sebangau (SBG) meistens im Mäandergürtel, Klaru (KLR) und Kahayan (KHY) im Torfmoor-Bereich vorkommen. Die oberste Bodenschicht hat meistens eine Torfauflage. Sogar in der unteren Schicht ist die Textur fein. Abbildung 4-6 stellt das land system MDW als ein Profildigramm dar.



Abbildung 4 - 6: Vertikaler Querschnitt im land system Mendawai (MDW) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Der durchschnittliche Niederschlag liegt zwischen 1700 und 3900 mm. Er fällt in einer Regenzeit von 8 bis 12 Monaten. Die Temperaturschwankung ist zwischen 23°C und 31°C.

Das land system MDW ist weder für Landwirtschaft noch für Forstplantagen geeignet. Es ähnelt dem land system KLR. Der limitierende Faktor für die Stabilität oder Kompaktheit des Bodens im Bereich MDW sind die Textur und die Drainage. Die Textur wie auch die Drainage wurde sind nicht mit ausreichend.

4.1.1.6. Land system Beliti (BLI)

Der Bereich Beliti in Indonesien ist bekannt als sogenannte Alluviumebene. Dies bezeichnet eine sumpfige Überflutungsebene in einem engen Becken. Im Reservat umfasst das land system Beliti ein Areal von 3.481 ha. Der Boden ist geprägt durch Reste von alten Sedimenten und durch frische Flussablagerungen. Die Bodentypen des Bereiches sind Fluvaquents und Tropaqupts. Sie wurden in den oben beschriebenen land systems Kahayan und Klaru erklärt. Das land system Beliti kommt im Untersuchungsgebiet häufig zusammen mit dem land system Palakunai in der Alluviumebene und im Terrassenbereich vor, sonst ist es auch häufig mit dem land system Lawanguwang (LWW) vergesellschaftet. Es bedeckt den Bereich zwischen dem Fluss Air Hitam Kecil und der Mündung des Flusses Kendawangan bis zum Bereich Tanjung Batu Jurung. Die Textur ist sowohl in oberen als auch in unteren Bodenschichten fein. Abbildung 4-7 zeigt den vertikalen Querschnitt der



Abbildung 4 - 7: Vertikaler Querschnitt im land system Beliti (BLI) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Der durchschnittliche Jahresniederschlag in diesem Gebiet ist normalerweise höher als im Strand-, Tidebecken- und Alluviumebenebereich, nämlich 1700 bis 3500 mm. Es kann eine ganzjährige Regenzeit auftreten; die Trockenzeit dauert maximal 4 Monate. Die Temperaturen liegen im normalen Bereich zwischen 23°C und 31°C für das ganze Gebiet des Reservats Muara Kendawangan.

Aus der Landeignungsperspektive ist dieser Bereich für die Tiefland-Landwirtschaft und für Bewässerungssysteme (*Irrigation*) im Tidebecken geeignet. Für Forstplantagen und für die Landwirtschaft ohne Bewässerung ist das Gebiet auf keinen Fall geeignet. Durch die langsame Fließgeschwindigkeit und die durch die feine Textur schlechte Drainage bleibt der Boden lange überflutet, bevor das Wasser im Boden versickert. Dieser Zustand findet sich oft in der Ebene. Außerdem ist die Bodentiefe gering und die -fruchtbarkeit schlecht.

4.1.1.7. Land system Serimbang (SRM)

Das land system Serimbang befindet sich im Reservat Muara Kendawangan im Bereich der Alluviumebene. Es umfasst ein Areal von 25.685 ha im Gebiet und erstreckt sich nördlich des Flusses Simbar bis zum Fluss Membuluh und nördlich des Flusses Air Hitam Kecil. Das Gebiet hat torfige Böden mit grober Textur. Die Landschaft ist eben und ohne Terrassen. Der Landschaftsraum des Gebiets ähnelt dem land system Beliti. Es hat im Gegensatz zu Beliti jedoch eine größere Breite von 25 bis 200 m. Es hat eine geringe Neigung und ein flaches Relief.



Abbildung 4 - 8: Vertikaler Querschnitt im land system Serimbang (SRM) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Insbesondere in der Flachebene kommt dieser Bereich oft zusammen mit Segintung (SGT) vor, ab und zu auch mit Bawin (BWN). Die Bodenformation im Gebiet besteht aus *Tropohemists*, der typisch für den Torf-Sumpf-Bereich (Organosol) ist und dem *Tropaquents* aus dem Alluviumbereich. Die oberflächliche Textur des *Tropohemists* ist fein, in der unteren Bodenschicht dagegen grob. Beim *Tropaquents* ist die Textur in allen Schichten fein.

Obwohl der durchschnittliche Jahresniederschlag im Bereich Serimbang sehr hoch (zwischen 2300 und 3200 mm) ist, dauert die Regenzeit nicht das ganze Jahr, sondern höchstens 5 bis 9 Monate. Allerdings sind die Unterschiede in der Niederschlagsmenge zwischen Regen- und Trockenzeit geringer als in den anderen land systems des Untersuchungsgebietes. Der limitierende Faktor in dem Gebiet ist die sehr niedrige Bodenfruchtbarkeit obwohl der Boden ein gutes Entwässerungssystem und eine ideale Textur hat. Wegen seines hohen Aluminiumgehaltes ist der Boden nicht geeignet für Agrarwirtschaft oder Forstplantagen, weil das Aluminium schädlich für die Vegetation ist.

4.1.1.8. Land system Segintung (SGT)

Das land system Segintung tritt häufig auf Terrassen auf. In den Tropen wird es oft neben dem land system Serimbang (SRM) gebildet. Im Reservat Muara Kendawangan hat das land system eine Fläche von 47.315 ha. Dies entspricht ca. 32,47% der Fläche des Reservates Muara Kendawangan (145.709 ha). In der Umgebung des Reservates ist das Gebiet bekannt als das Gebiet der überfluteten, sandigen Terrassen. Dieses Gebiet ist eine Flachebene mit einer Neigung von weniger als 2% und Reliefunterschieden bis zu 10 m bei einer Breite von ca. 50 bis 200 m.

Der Bodentyp in diesem Gebiet ist altes Alluvium, das normalerweise sandig ist. Die Bodentypen im Gebiet sind *Placaquods* und *Tropopsamments*, die eine ziemlich grobe Textur haben. Der durchschnittliche Niederschlag liegt zwischen 2200 und 3200

mm im Jahr. Die Regenzeit dauert in diesem Fall von 4 bis 9 Monaten bei weniger als 1 Monat für die Trockenzeit. Die Temperatur schwankt zwischen 23°C und 31°C, wie es in dem Gebiet üblich ist.



Abbildung 4 - 9: Vertikaler Querschnitt im land system Segitung (SGT) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Es besteht eine Ähnlichkeit der Bodeneigenschaften mit dem land system Serimbang (SRM). Das land system ist weder für Agrarpflanzungen noch für Forstplantagen oder für Fischerei geeignet, weil wegen des niedrigen pH-Wertes des Bodens hohe Aluminium-Konzentrationen auftreten und es zu Vergiftungen der Pflanzen kommen kann. Daher hat das land system Segitung eine sehr niedrige Bodenfruchtbarkeit, obwohl die anderen limitierenden Faktoren wie Textur, Bodentiefe und Drainage noch gut sind.

4.1.1.9. Land system Honja (HJA)

Dieses land system befindet sich im Reservat Muara Kendawangan in einer Hochebene von 5.801 ha Größe und erstreckt sich im Bereich zwischen Pulau Simbar und dem Dorf Mangkul. Es ist bekannt als Karstebene des Hügels. Die Hangneigung liegt zwischen 16 und 25% und gehört damit zur Neigungsgruppe D (schief). Die Höhe des Gebietes liegt zwischen 11 und 50 m über dem Meeresspiegel und das Tal hat eine Breite von 25 bis 200m.



Abbildung 4 - 10: Vertikaler Querschnitt im land system Honja (HJA) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Das Gestein wird von Dolerit dominiert. Der Bodentyp ist *Tropudult* mit feiner Texturform sowohl in den oberen als auch in den unteren Bodenschichten. Der

durchschnittliche Jahresniederschlag liegt zwischen 1700 und 4400 mm mit einer Regenzeit von 2 bis 12 Monaten und einer Trockenperiode von maximal 2 Monaten. Die Durchschnittstemperatur schwankt von 22°C bis 30°C. Das Gebiet ist nur für einige Bepflanzungen, nämlich Futterpflanzen, Latex, Kokospalme, Kaffee, Nelke und Pfeffer geeignet. Das Gebiet wird in den Bodenpotentialtyp A, Subklasse A3 eingestuft (modifizierte Methode nach USDA, 1975). Insbesondere sind die Textur, die Bodentiefe, die Drainage und die Bodenfruchtbarkeit für den Boden beschränkend. Gleichzeitig sind auch die Faktoren Neigung und Fragmentierung schlecht (siehe Anhang 8 - 2.).

4.1.1.10. Land system Palakunai (PLN)

Das land system Palakunai liegt meistens auf Hügeln und hat eine Neigung zwischen 41 und 60% und eine Höhe von 51 bis 300 m im Gelände. Die Hügel bestehen aus alten Sedimentgesteinen ohne frische Ablagerungen. Die Gipfel haben eine Breite von weniger als 50 m, die Täler von 25 bis 200 m.



Abbildung 4 - 11: Vertikaler Querschnitt im land system Palakunai (PLN) im Naturreservat Muara Kendawangan

(Quelle: land system- und Landeignungskarten vom Institut für Bodenuntersuchung, 1992).

Insgesamt umfasst das land system Palakunai in dem Reservat Muara Kendawangan eine Fläche von 3.127 ha und besteht aus den Bodentypen *Dytropepts* und *Tropudult*. Die Textur ist in der oberen Bodenschicht ziemlich grob, wird dann aber nach unten Schritt für Schritt feiner. Es fällt ein Durchschnittsniederschlag von 1700 bis 4400 mm im Jahr. Die Trockenzeit dauert zwischen 2 und 12 Monaten und die Regenzeit bis zu 7 Monaten. Die Temperaturen sind ähnlich wie im land system Honja (HJA), nämlich zwischen 22°C und 30°C. Das land system ist für alle 21 geprüften Bepflanzungsarten nicht geeignet, ebenso nicht für Fischerei, obwohl die limitierenden Faktoren in diesem Fall ähnlich wie in dem land system Honja sind. Der Unterschied zwischen den beiden liegt nur im Bodentyp *Dytropepts*, der für die untersuchten Pflanzenarten ungeeignet ist.

4.1.2. Landbedeckung

Die folgende Abbildung zeigt die gesamten Landbedeckungstypen des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien.

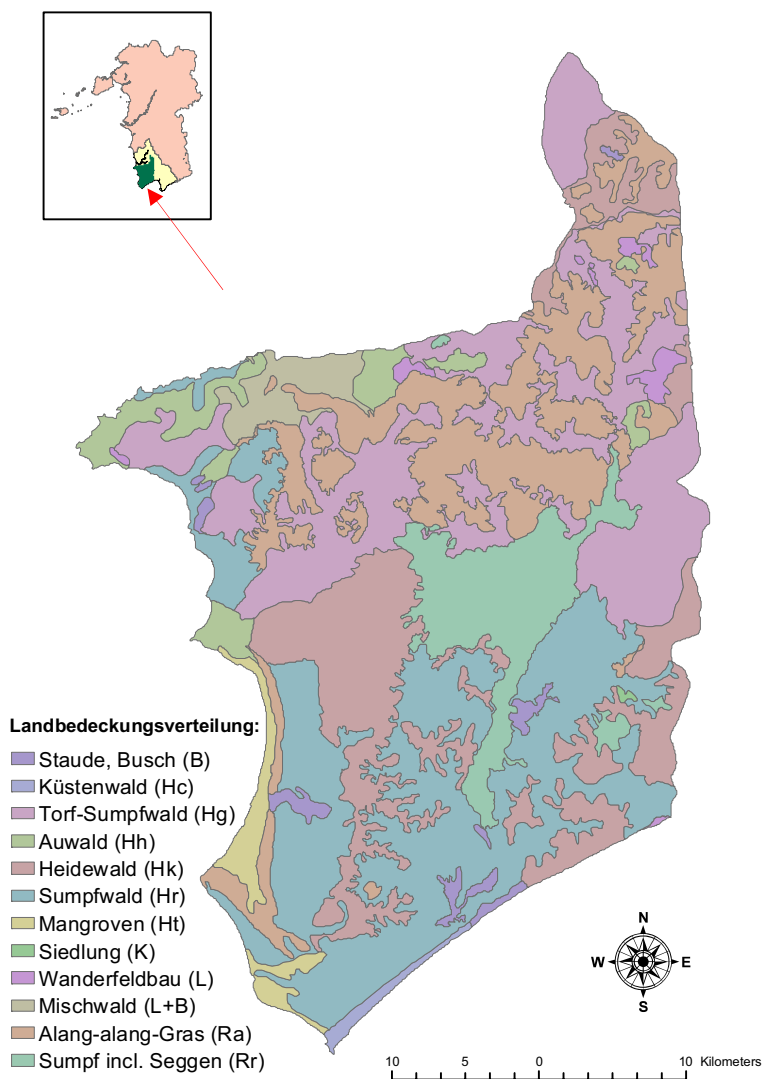


Abbildung 4 - 12: Landbedeckung des Naturreservats Muara Kendawangan

4.1.2.1. Staude oder Busch (B)

Der Landbedeckungstyp Staude oder Busch umfasst ein Gebiet der Größe 2.151 ha und verteilt sich in dem Reservat Muara Kendawangan auf 4 verschiedene land system-Typen, nämlich Kahayan, Klaru, Puting und Segintung. Häufig kommen die Stauden oder die Büsche in der Nähe von Gewässerbereich vor.

4.1.2.2. Küstenwald (Hc)

Der Küstenwald im Reservat Muara Kendawangan liegt entlang der Küste gegenüber des Java Sees auf einer Fläche von 772 ha. Der Küstenwald findet sich nur in dem land system Puting. Er liegt direkt am Strand in dem Hügelbereich. Er wird aber nie vom Strand oder vom Fluss überschwemmt, auch nicht während der Überflutungsperiode. Der Wald erstreckt sich normalerweise auf dem abschüssigen

Strand, aber er liegt höher als die Linien der periodischen Überflutung. Typische Vegetationstypen in diesem Bereich sind *Barringtonia speciosa*, *Terminalia catappa*, *Calophyllum inophyllum*, *Hibiscus tiliaceus*, *Casuarina equisetifolia* und *Pisonia grandis*.

4.1.2.3. Torf- und Sumpfwald (Hg)

Der Torfwald ist durch periodische Überflutung gekennzeichnet. Der Boden hat einen pH-Wert zwischen 3,5 und 4,0 und ist damit relativ sauer und arm an Nährstoffen. Charakteristisch sind die hohe Feuchtigkeit und die großen Niederschlagsmengen.

Im Reservat Muara Kendawangan befindet sich die Landbedeckung Torf- und Sumpfwald hauptsächlich im nördlichen Teil. Dort kommt sie in mindesten 3 land system-Typen, nämlich Mendawai, Segintung und Serimbang auf einer Fläche von 31.636 ha vor.

Folgende Arten sind für den Sumpfwald charakteristisch: *Alstonia* spp, *Dyera* spp, *Amoora* spp, *Shorea* spp, *Cratoxylon* spp, *Koompassia malacensis*, *Tristania obovata*, *Palaquium* spp, *Calophyllum* spp, *Dacrydium* spp, *Tetramerista glabra* und auch das weltbekannte, wertvolle Holz Ramin (*Gonystylus bancanus*) .

4.1.2.4. Auewald (Hh)

Die Landbedeckung Auewald findet sich auf einer Fläche von 5.675 ha. Er wird periodisch überflutet. Im Reservat Muara Kendawangan kommt diese Landbedeckung im Hügelbereich vor, nämlich bei den Orten Tanjung Batujurung, Tanjung Pulau Simbar und in den Tälern des Hügelbereichs beim Dorf Mangkul. Die dominierenden Baumarten stammen aus den Gattungen *Dipterocarpus*, *Anisoptera*, *Dryobalanops*, *Shorea* und *Parashorea*. Auewald findet sich in den land systems Honja, Palakunai und Segintung.

4.1.2.5. Heidewald (Hk)

Der Waldtyp Heidewald ist in Indonesien als Kerangas-Wald bekannt, was in der Sprache der Iban-Dayak „Der Boden, der nicht für Reisbepflanzung geeignet ist“ bedeutet. Der Boden ist im Tiefland torfhaltig und wenig fruchtbar.

Der Heidewald wird dominiert von *Dacrydium* spp, *Agathis* spp, *Shorea* spp, *Casuarina sumatrana*, *Gonystylus bancanus*, *Podocarpus neriifolia* und *Tristania* spp.

Das land systems Mendawai, Segintung und Serimbang enthalten Heidewald im Reservat Muara Kendawangan auf einer Gesamtfläche von 25.132 ha.

4.1.2.6. Sumpfwald (Hr)

Der Sumpfwald (Abbildung 4-13) ist periodisch von Süßwasser überschwemmt. Er liegt in ebenem Gelände normalerweise hinter dem von den Gezeiten beeinflussten Küstenwald, wobei als Pflanzenarten meistens *Alstonia* spp, *Barringtonia speciosa*, *Dyera* spp, *Gluta renghas*, *Shorea* spp, *Ficus* spp, *Eugenia* spp, *Elaocarpus* spp, *Parkia* spp, *Palaquium* spp, *Dillenia* spp, *Camnosperma* spp, *Pentaspadon* spp, *Nauclea* spp, *Dehaasia* spp, *Vatica resak*, *Cratoxylon* spp, *Plauchonia valida*, *Fagraea sororia*, *Anisoptera marginata*, *Neesia altissima*, *Melaleuca leucadendron* und *Pandanus* spp vorkommen.

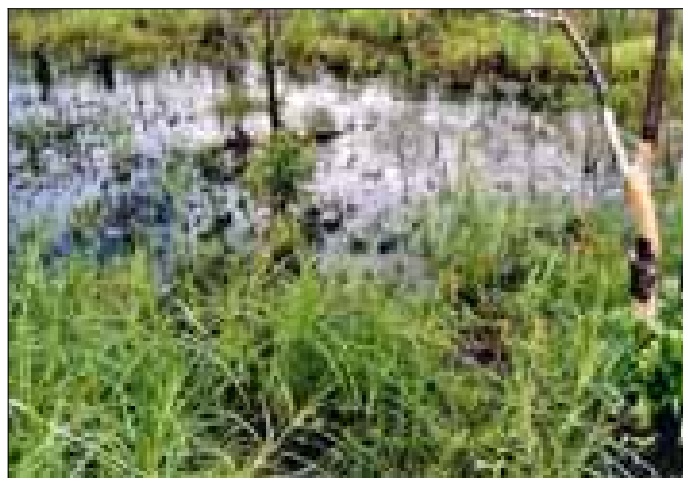


Abbildung 4 - 13: Sumpfwald im Reservat Muara Kendawangan

Der Sumpfwald kommt im Reservat Muara Kendawangan hauptsächlich im Süden des Untersuchungsgebietes auf einer Fläche von 37.054 ha in den land systems Kahayan, Klaru und Palakunai vor.

4.1.2.7. Mangroven (Ht)

Die Mangroven im Reservat Muara Kendawangan bestehen hauptsächlich aus ‚Bakau‘-Arten (meistens *Rhizophora stylosa*, *R. conjugata*, *R. mucronata*, *Avicenia marina*, *Bruguiera*, *Sonneratia*, *Ceriops* und gelegentlich *Nipa fruticans*). Im Allgemeinen sind diese Pflanzenarten von der für Mangroven typischen Bodenstruktur und der Salzigkeit des Wassers abhängig.

Die Mangroven umfassen eine Fläche von 2.873 ha; sie kommen allerdings nur in dem land system Kajapah vor. Dieser Landbedeckungstyp ist eine typische Bedeckungsformation im tropischen Regenwald für Küstenabschnitte, die immer überschwemmt sind. Typisch für die Wachstumsform der Mangrovenbäume sind die

Samen mit bereits ausgetriebenem, länglichem Hypocotyl (ab und zu bis zu 10 cm groß), das die junge Pflanze im Boden verankern soll (Abbildung 4-14.). Die Wachstumsrichtung der Wurzeln ist erst horizontal (20 cm bis zu ca. 30 cm) und danach vertikal, damit der Baum möglichst fest in dem weichen, schlammigen Mangrovenboden verankert werden kann.



Abbildung 4 - 14: Das längliche Hypocotyl von *Rhizophora* im Mangrovenbereich des Reservats Muara Kendawangan

4.1.2.8. Siedlung (K)

Die Siedlungen, die sich in dem Reservat Muara Kendawangan befinden, lassen sich nicht deutlich lokalisieren. Die Bewohner sind meistens gleichzeitig Wanderfeldbauern und Fischer. Deshalb sind sie nur als periodische Bewohner anzutreffen, weil sie normalerweise eine Zeit warten müssen, bis das Reisgetreide ausreifen kann oder bis wieder Fisch gefangen werden kann.

Diese soziologische Verbreitungsstruktur der Bevölkerung ist typisch in der Umgebung des Meeres wie im Bereich des Reservats Muara Kendawangan im land system Puting und Klaru, das eine Fläche im Radius von ca. 500 m (78 ha) umfasst und am inneren Flussbereich von Air Hitam Kecil nicht so weit vom Strand entfernt liegt.



Abbildung 4 - 15: Wohnstil der Bevölkerung in der Umgebung des Reservats Muara Kendawangan: Die Nomadenhütte

4.1.2.9. Wanderfeldbau (L)

Den Landbedeckungstyp Siedlung muss immer im Zusammenhang mit dem Wanderfeldbau betrachtet werden. Die Siedlungen und der Wanderfeldbau sind voneinander untrennbar, weil der Wanderfeldbau der hauptsächliche Lebensunterhalt für die Bevölkerung in der Strandumgebung oder in den tief liegenden Gebieten in dem Naturreservat Muara Kendawangan ist. Der Wanderfeldbau umfasst eine Fläche von 1.301 ha in 5 verschiedenen land systems, nämlich Honja, Palakunai, Puting, Segintung und Serimbang.

4.1.2.10. Alang-Alang-Gras (*Imperata cylindrica*) (Ra)

Das Alang-Alang-Gras (Abbildung 4-17) im Reservat Muara Kendawangan bedeckt ein Areal von 24.313 ha in 3 verschiedenen land systems, Honja, Puting und Segintung. Das Alang-Alang-Gras ist sowohl in der Umgebung des Gewässer- und Siedlungsbereichs zwischen dem oberen Fluss Air Hitam Kecil und dem Fluss Membuluh als auch im Bereich von Tanjung Kepala und dem Fluss Simbar verbreitet. Das Alang-Alang-Gras befindet sich in Arealen, die von den Ortschaften aus leicht zu erreichen sind.



Abbildung 4 - 16: Alang-Alang-Gras (*Imperata cylindrica*), die typische Landbedeckung nach dem Ackerbau im Reservat Muara Kendawangan

4.1.2.11. Sumpf (Rr) inklusive Seggen (*Pandanus* sp.)

Die Sumpfareale befinden sich in 4 verschiedenen land systems, nämlich Beliti, Kahayan, Klaru und Segintung auf einer Fläche von insgesamt 11.515 ha.

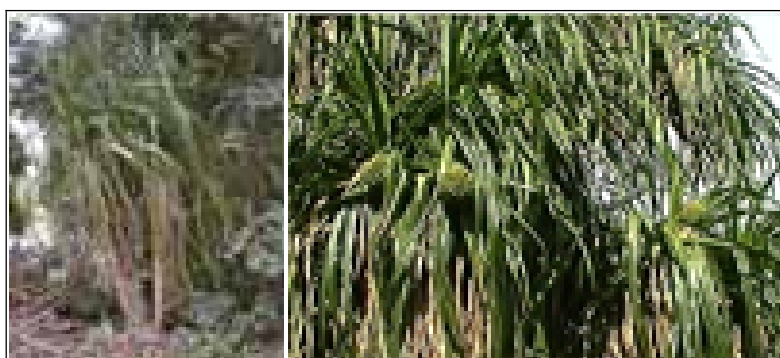


Abbildung 4 - 17: Die Seggen (*Pandanus* sp.), befinden sich an den Ufern des Flusses Membuluh und des Flusses Kendawangan in Mündungsnähe, wo sie direkt vom Golf Karimata beeinflusst sind

4.1.3. Landeignung und Bodenpotential

In dieser Untersuchung wurde die Klassifizierungstechnik zur Landevaluierung in dem Gebiet entwickelt, wobei die wichtigsten Landschaftsinformationen sowie die limitierenden Faktoren sich an der Klassifizierungstechnik nach FAO (1986) orientieren. Dies ist wichtig, weil die bisherige Landevaluierung im Gebiet ebenfalls nach FAO-Kriterien durchgeführt wurde. Obwohl diese Daten allerdings ungenau und inzwischen veraltet sind, sollte sie aber aktualisiert werden. Die vorliegende Untersuchung liefert auf Basis der alten FAO-Daten aktuelle und vor allem wesentlich detailliertere Ergebnisse.

Für die Bewertung des Grades der Eignung einzelner land systems zu beurteilen, werden die limitierenden Faktoren für Land- und Forstwirtschaft bewertet und gewichtet. Eine Aufteilung der Bewertung des Bodenpotentials in Klasse und Unter (Sub-) klasse erlaubt dabei die differenzierte Bewertung von Landtypen und den in diesen vorkommenden einzelnen land systems. Tabelle 4-1 fasst die Ergebnisse dieser Auswertung zusammen.

Tabelle 4 - 1: Bewertungsergebnisse für das Reservat Muara Kendawangan bezüglich des Bodenpotentials

Landtyp	"Land system"	Areale (Ha)	Limitierende Faktoren												Bewertung	Bodenpotential	
			g	p	i	c	t	d	w	n	l	s	f	Subklasse		Klasse	
STRAND	Puting (PTG)	3.216	2	2	2	2	4	4	4	4	2	3	3	32	B3	B	
TIDE-SUMPFWALD	Kajapah (KJP)	2.873	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	24	B1	B	
ALLUVIAL-EBENE	Kahayan (KHY)	2.422	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	2	20	A3	A	
SUMPFWALD	Klaru (KLR)	43.660	2	2	2	2	4	2	2	4	2	3	3	28	B2	B	
	Mendawai (MDW)	8.130	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	24	B1	B	
TAL-ALLUVIAL	Beliti (BLI)	3.481	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	20	A3	A	
	Serimbang (SRM)	25.684	3	3	3	2	4	4	4	4	2	3	3	35	C1	C	
TERRASSE	Segitung (SGT)	47.315	2	2	3	2	4	4	4	4	2	3	3	33	B3	B	
EBENE	Honja (HJA)	5.801	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	20	A3	A	
HÜGEL	Pakalunai (PLN)	3.127	2	2	3	2	1	1	1	1	2	3	3	21	A3	A	

Quelle:

1. National Landuse, Landstatus and Landsystem Map on Indonesia (1986, 1990)
2. General Landform Map (RBI), Bakosurtanal Indonesia (1990)
3. Regional Landuse Map from Province West Kalimantan, Indonesia (1990)
4. Überschneidung aus den Klassifizierungsergebnissen vom Landsat TM 1995, 1998 und 2000

Abkürzungen:

g = Grundwassergüte (Qualität)
 c = Klima
 n = Bodenfruchtbarkeit
 f = Fragmentierung

p = Wasserquelle
 d = Bodentiefe
 l = Höhe
 t = Textur

i = Überflutung
 w = Drainage
 s = Neigung

Zur Erläuterung der Klassifizierung der einzelnen Subklassen als Ergebnis der Summe der limitierenden Faktoren werden in Tabelle 4-2 die Klassengrenzen angegeben. Die Einstufung erfolgte nach einem Abgleich der allgemeinen FAO Vorgeben mit der tatsächlichen Situation im Gebiet. Die Kriterien wurden also speziell für das Reservat Muara Kendawangan entwickelt und berücksichtigen die stark reduzierten Ressourcen und den fortgeschrittenen Degradierungsprozess im Gebiet. Eine Übertragung des Verfahrens auf andere Gebiete ist nur bei ähnlichen Rahmenbedingungen und nach einer Verifikation im Gelände möglich.

Tabelle 4 - 2: Kriterien zur Bewertung des Bodenpotentials im Reservat Muara Kendawangan, Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Bodenpotentialverteilung	Subklasse	Klasse
11 – 13	A1	A
14 – 17	A2	
18 – 21	A3	
22 – 24	B1	B
25 – 28	B2	
29 – 32	B3	
33 – 36	C1	C
37 – 40	C2	
41 – 44	C3	

Quelle: Modifizierte Basiskriterien nach Landeignung- und Bodenpotentialkarte, Institut für Bodenuntersuchungen, Bogor Indonesien (1987) (entwickelt nach Ilham, 2004)

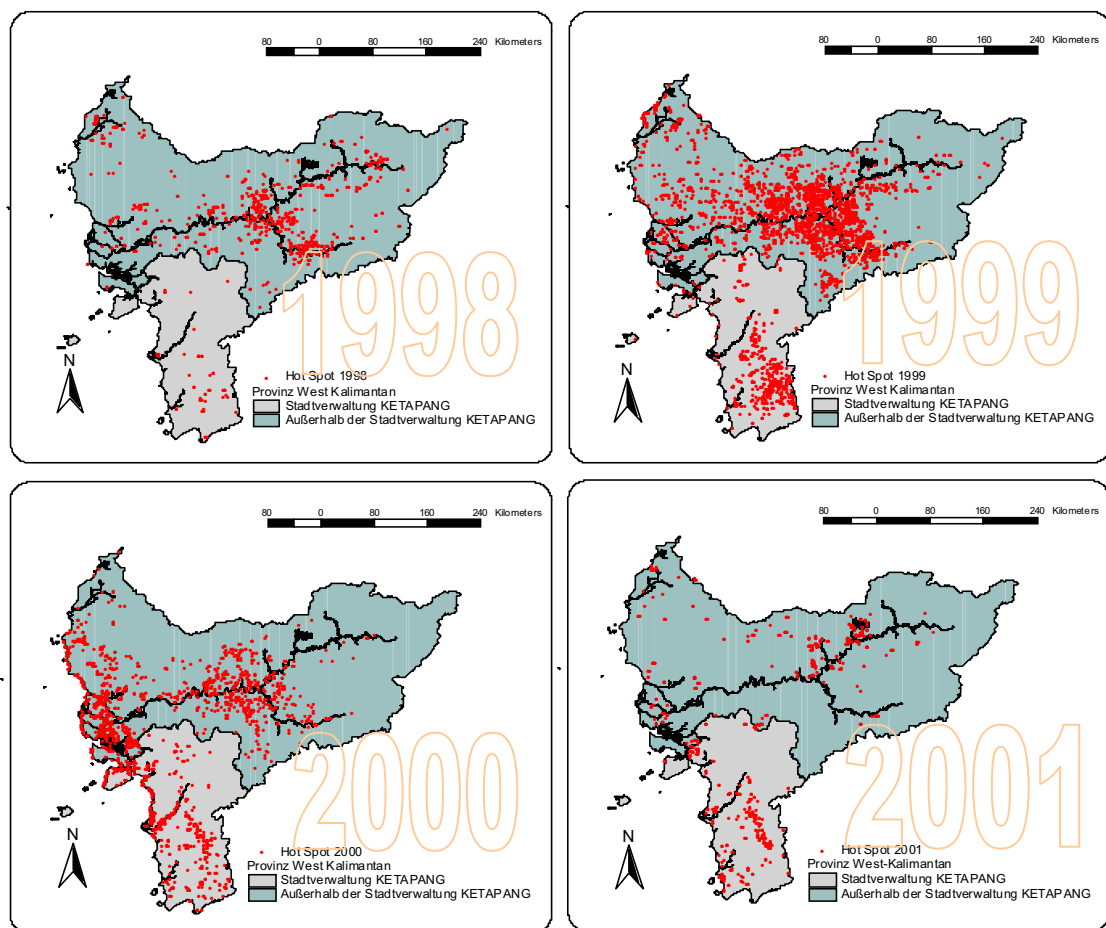
Die verwendete Klassifizierungstechnik zeigt das folgende Ergebnis:

- Klasse A bzw. Subklasse A3 befindet sich in der Alluviumebene und im Hügelbereich im Gebiet, nämlich in den land systems KHY, BLI, HJA und PLN. In diese Klasse sind bis zu 6 von 21 geprüften Nutzungsarten geeignet. Dieser Bereich ist relativ ideal für Agrarwirtschaft und Forstpflanzung, sogar auch Fischerei. Der Bereich benötigt während der periodischen Überflutung nur leichte Pflege. Eine Ausnahme ist das land system PLN, weil der limitierende Faktor Überflutung ziemlich eine landwirtschaftliche Aktivität ausschliesst.
- Klasse B befindet sich auf dem Strand, im Tidebecken, Sumpfwald und auf der Terrasse, nämlich in den land systems PTG (Subklasse B3), KJP (Subklasse B1), KLR (Subklasse B2), MDW (Subklasse B1) und SGT (Subklass B3). Stark limitierende Faktoren für das Bodenpotential Subklass B3 (PTG und SGT) sind Textur, Bodentiefe, Drainage und Bodenfruchtbarkeit.

- Klasse C befindet sich im Landtyp Tal-Alluvium, nämlich im land system SRM. Dieser Bodentyp ist schwer zu behandeln, da fast alle geprüften limitierenden Faktoren nach FAO (1986) im Gebiet sehr stark einschränkend wirken. Positiv wird das Gebiet ist von den Faktoren Klima und Höhe beeinflusst (Stärke 2). In diesem Fall wurden die beiden Faktoren noch in die Stärke 2 eingeschränkt.

4.1.4. Waldbrand und Klima des Untersuchungsgebietes

Die Ergebnisse der NOAA Satellitendatenauswertung in Bezug auf die Waldbürnde in dem Gebiet zeigen in Abbildung 4 -18 die identifizierten Hot Spots in den einzelnen Jahren in der Provinz West-Kalimantan bzw. Stadtverwaltung Ketapang wo das Reservat Muara Kendawangan liegt.



Quelle: Nachbearbeitung der Hot Spot-Datei vom FFPMP PKA-JICA, 2001

Abbildung 4 - 18: Allgemeine Darstellung der Hot Spots von 1998 bis 2001 in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Als weitere Darstellung der Hot Spot-Information wird in der Folge eine Graphik der Anzahl der Feuer im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan gezeigt (Abbildung 4-19).

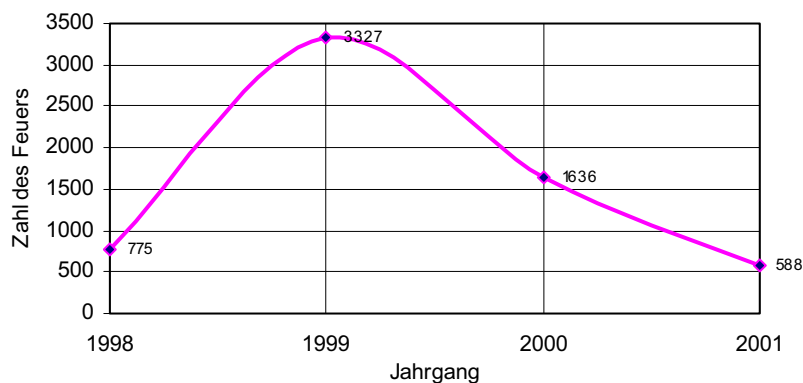


Abbildung 4 - 19: Die ‚Hot Spot‘-Information des spezifischen Thermalsensor AVHRR der Satelliten-NOAA in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Bei den Waldbranduntersuchungen des Forstministeriums der indonesischen Regierung in Zusammenarbeit mit der EU wurden insgesamt 6.326 ‚Hot Spot‘-Punkte als Waldbrandindikatoren in 4 Jahren von 1998 bis 2001 in der gesamten Provinz West-Kalimantan gefunden. Die obige graphische Darstellung zeigt, dass das Jahr 1999 mit insgesamt 3.327 ‚Hot Spot‘-Punkten am stärksten von Bränden betroffen war.

Aus permanenten meteorologischen Messungen in diesem Gebiet geht eindeutig hervor, dass sowohl die Niederschlagshäufigkeit, als auch die Luftfeuchtigkeit in den letzten Jahren abgenommen hat, und somit die höhere Zahl von Bränden mit erklären kann. Gleichzeitig ist diese Tendenz auch ein Hinweis auf die mögliche wachsende Brandgefahr in der Zukunft (Abbildung 4 – 20 und 4 – 21)

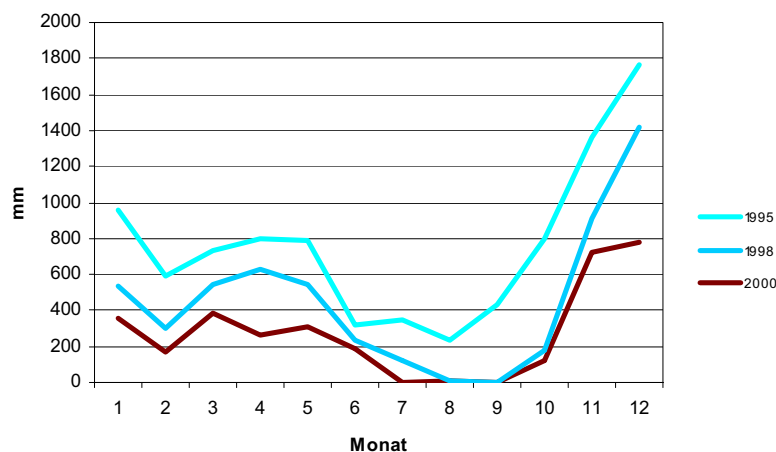


Abbildung 4 - 20: Darstellung des monatlichen Niederschlagsdurchschnitts von Jahrgänge 1995, 1998 und 2000

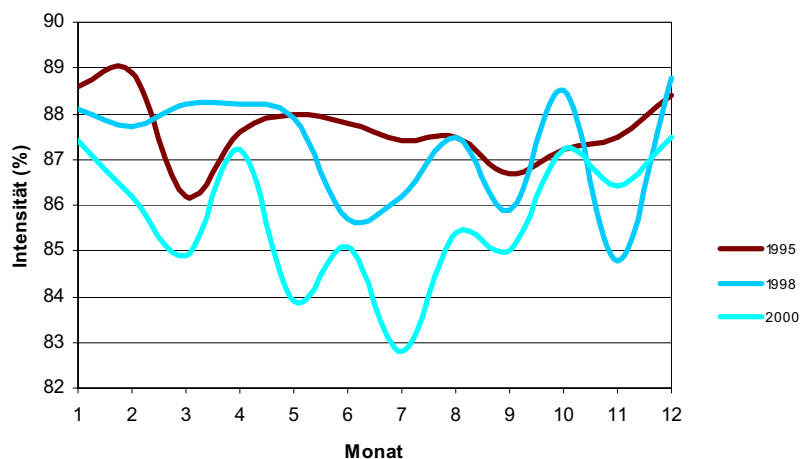


Abbildung 4 - 21: Trend der Intensität der Feuchtigkeit im Reservat Muara Kendawangan

In der Trockensaison nehmen die Menge des Niederschlags (Durchschnitt in mm) sowie die Feuchtigkeitsintensität (Durchschnitt in Prozent) ab, obwohl die Schwankung der Feuchtigkeitsintensität keine großen Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren zeigt. Im Gegensatz dazu verhält sich die Temperatur anders. Die Temperatur nimmt jeweils ab Anfang des Jahres (Januar) zu, außer im Jahr 1995, und geht ab August oder September wieder zurück. Abhängig von Tröcken- bzw. Regensaison unterscheiden sich die Temperaturen der ersten Jahreshälfte deutlich von der Zweiten. Dies zeigt die folgende Abbildung 4-22 ausdrücklich.

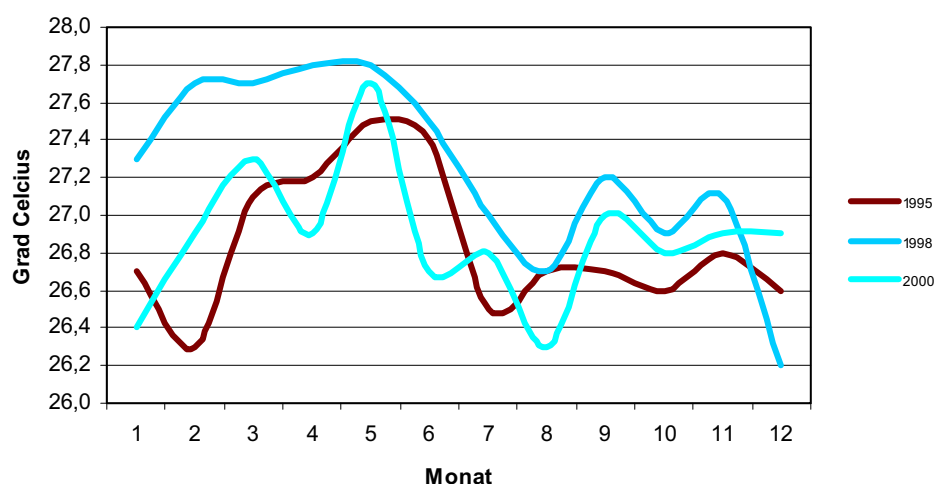


Abbildung 4 - 22: Temperaturen im Jahresverlauf im Reservat Muara Kendawangan

Die ausführlichen Klimainformationen wie Temperatur, Sonnenbedeckung, Niederschlag und Feuchtigkeit wird für die Jahre von 1990 bis 2000 in Anhang 8-1 dargestellt.

4.1.5. Überlagerung und Verschneidung der Karten

Ein Überlagerungs- und Überschneidungsprozess wurde für die 2 thematischen Karten der Landeignung und des Bodenpotentials durchgeführt. Aus der Betrachtung der Landbedeckung wurde das Reservat in 12 verschiedene Bedeckungstypen eingeteilt. Die genaue Verteilung der Bedeckungstypen auf die land systems im Reservat Muara Kendawangan zeigt die folgende Tabelle (4-4).

Tabelle 4 - 2: Verteilung der Landbedeckungstypen im Bezug des land system im Reservat Muara Kendawangan

Landbedeckung	Symbol	Größe (ha)	Umfang (m)	Überlappung mit den land systems
Stauede/Busch	B	2.151	91.468	KHY, KLR, PTG, SGT
Küstenwald	Hc	772	27.872	PTG
Torf-Sumpfwald	Hg	31.636	596.981	MDW, SGT, SRM
Überschwemmter Auewald	Hh	5.675	123.954	HJA, PLN, SGT
Heidewald (<i>Kerangas-Wald</i>)	Hk	25.132	524.388	MDW, SGT, SRM
Sumpfwald	Hr	37.054	622.586	KHY, KLR, PLN
Mangroven (Gezeiten)	Ht	2.873	75.742	KJP
Siedlung	K	78	4.676	KLR
Wanderfeldbau	L	1.301	49.749	HJA, PLN, PTG, SGT, SRM
Stauede-Wanderfeldbau (Mischung)	L+B	3.209	55.471	HJA, PLN, PTG
Alang-Alang-Grass (<i>Imperata cylindrica</i>)	Ra	24.313	590.419	HJA, PTG, SGT
Sumpf incl. Seggen (<i>Pandanus</i> sp)	Rr	11.515	177.196	BLI, KHY, KLR, SGT

Quelle: Auswertungsergebnisse der thematischen land system- und Landeignungskarten

Im Gegensatz dazu zeigt die Tabelle 4-5 die in den jeweiligen land systems vorkommenden Landbedeckungstypen.

Tabelle 4 - 3: Vorkommen von Landbedeckungstypen in den verschiedenen land systems im Reservat Muara Kendawangan

Land system	Symbol	Größe (ha)	Umfang (m)	Überlappung mit der Landbedeckung
Beliti	BLI	3.481	75.478	Rr
Honja	HJA	5.801	105.725	Ra, L, L+B, Hh
Kahayan	KHY	2.422	62.372	Rr, B, Hr
Kajapah	KJP	2.873	75.742	Hat
Klaru	KLR	43.660	705.178	B, Rr, K, Hr
Mendawai	MDW	8.130	150.198	Hg, Hk
Palakunai	PLN	3.127	81.552	L, Hr, L+B, Hh
Puting	PTG	3.216	107.637	Hc, Ra, B, L+B, L
Segintung	SGT	47.315	1.062.288	Hk, Ra, Rr, Hg, Hh, L, B
Serimbang	SRM	25.684	504.333	Hg, L, Hk

Quelle: Auswertungsergebnisse der thematischen land system- und Landeignungskarten

Als detaillierte kombinierte Information zu den land systems, der Landbedeckung sowie der Dichte - Klassen der Hauptbaumarten und Waldbrände im Bereich des Reservats Muara Kendawangan wurde das Ergebnis der Überlagerung und Verschneidung der o.g. Aspekte in Tabelle 4-4 dargestellt

Tabelle 4 - 4: Verschneidungs- und Überlagerungsergebnisse der Faktoren land system, Landbedeckung, Dichte - Klassen der Hauptbaumarten und Feuerherde oder Waldbrände für das Reservat Muara Kendawangan in den Jahren 1995 bis 2000

"Land system"	Größe (ha)	Landbedeckung	Klassendichte	Waldbrände (ha)
BLI	3481	Hk,Rr	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	11
HJA	5801	B, Hg, Hh, L, L+B, Ra	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12	186
KHY	2422	B, Hg, Hh, Hr, Rr	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	126
KJP	2873	Ht	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	22
KLR	43755	B, Hg, Hk, Hr, K, L, Ra, Rr	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	203
MDW	8135	Hg, Hh, Hk, Hr, L	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12	116
PLN	2681	Hg, Hh, Hr, L, L+B	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	85
PTG	3216	B, Hc, Hr, L, L+B, Ra	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	58
SGT	47313	B, Hg, Hh, Hk, L, Ra, Rr	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	496
SRM	25683	Hg, Hh, Hk, Hr, L	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	408

Abkürzungen:

Klassendichte:

- 1 = Aufgelöst_fS
- 2 = Aufgelöst_tS
- 3 = Offener Wald
- 4 = Dicht_fS
- 5 = Dicht_tS
- 6 = Feuchtgebiet_P
- 7 = Gewässer
- 8 = Locker_fS
- 9 = Locker_tS
- 10 = Nicht Wald
- 11 = Trocken_P
- 12 = Wanderfeldbau u. Garten

Landsystem:

- BLI = Beliti
- HJA = Honja
- KHY = Kahayan
- KJP = Kajapah
- KLR = Klaru
- MDW = Mendawai
- PLN = Palakunai
- PTG = Puting
- SGT = Segitung
- SRM = Serimbang

Landbedeckung:

- B = Staude, Busch
- Hc = Küstenwald
- Hg = Torf-Sumpfwald
- Hh = Auwald
- Hk = Heidewald (Kerangas)
- Hr = Sumpfwald
- Ht = Mangroven
- K = Siedlung
- L = Wanderfeldbau
- Ra = Alang-Alang-Gras
- Rr = Sumpf incl. Seggen (Pandanus)

4.2. Satellitendatenauswertung und Vorbereitungen der Klassifizierung

4.2.1. Der Bildkomposit zur natürlichen Darstellung

Als Vorbereitung für die visuelle Interpretation als auch für die Überprüfung der Ergebnisse wurden verschiedene Color Composite Kanäle (RGB 5 4 2 und 5 4 3) erstellt (siehe Abbildung 4-23 und 3-2).

4.2.2. Bildverbesserung für die visuelle Interpretation

Voraussetzung für die visuelle Interpretation der Landsat Satellitenbilder ist die Herausarbeitung der Objektunterschiede durch Maßnahmen der digitalen Bildverarbeitung. Die Trennmöglichkeit von Objekten wird deutlich erhöht, wenn sowohl die radiometrische Information der einzelnen Pixel verstärkt wird und gleichzeitig die Objekte in ihrer räumlichen Ausprägung verfeinert werden können. Diese systematische Hervorhebung einzelner Objekte wird durch die so genannte Summary Filterung in Verbindung mit einer *Low-Pass*-Filterung erreicht. Abbildungen 4-23 zeigen das Endprodukt dieser Verarbeitungsschritte.



Abbildung 4 - 23: Optimierung der Satellitendaten Landsat TM 5 durch eine Mischfilterung (Bandkombination 5,4,2 im Reservat Muara Kendawangan)

4.2.3. Segmentierung

Der Segmentierungsansatz beim eCognition ist abhängig vom Graduierungslevel und räumlichem Gewicht. Die Segmente werden mit einer Algorithmus ‚clustering pixels‘ aufgebaut und automatisiert. Für den Graduierungslevel haben die Parameterskala und das räumliche Gewicht die wichtigste Bedeutung. Von diesen beiden Werten hängt die Homogenität des Objektes ab. Je kleiner die Parameterskala gerufen hat, umso homogener das Objekt. Dies hat die Konsequenz, dass die Polygone in den sehr kleinen Flächen deliniert worden sind. Es wurden 6 verschiedene Graduierungslevels für den Segmentierungsansatz unterschieden:

- Level 1: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 10 und das Gewicht 1. Die Einstellung für die Homogenität sind 80% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 20% Intensität für den Flächenfaktor, wobei die Glätte und die Kompaktheit berücksichtigt werden. In diesem Level wird die Glätte auf Intensität 20% und die Kompaktheit auf 80% eingestellt.
- Level 2: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 10 und 5 für das Gewicht. Die Einstellung für die Homogenität sind 90% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 10% Intensität für den Flächenfaktor. Die Glätte wurde auf 10% und die

Kompaktheit auf 90% eingestellt.

- Level 3: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 20 und 0,5 für das Gewicht. Die Einstellung für die Homogenität sind 90% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 10% Intensität für den Flächenfaktor. Die Glätte wurde auf 10% und die Kompaktheit auf 90% eingestellt.
- Level 4: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 20 und 5 für das Gewicht. Die Einstellung für die Homogenität sind 90% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 10% Intensität für den Flächenfaktor. Die Glätte wurde auf 10% und die Kompaktheit auf 90% eingestellt.
- Level 5: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 40 und 0,5 für das Gewicht. Die Einstellung für die Homogenität sind 90% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 10% Intensität für den Flächenfaktor, wobei dem Glättfaktor mit 10% und die Kompaktheit mit 90% berücksichtigt wurde.
- Level 6: Einstellung der Parameterskala auf Stärke 40 und 5 für das Gewicht. Die Einstellung für die Homogenität sind 90% Intensität für die Farbe (Grauwertefaktor) und 10% Intensität für den Flächenfaktor. Die Glätte wurde auf 10% und die Kompaktheit auf 90% eingestellt.

Die Segmentierung nach der in Kapitel (3.3.2.3) beschriebenen Methode brachte folgende Ergebnisse. In Abbildung 4 – 24 werden die Resultate des Segmentierungsprozesses für die Graduierungslevel 1 bis 3 (a, b und c) visualisiert.

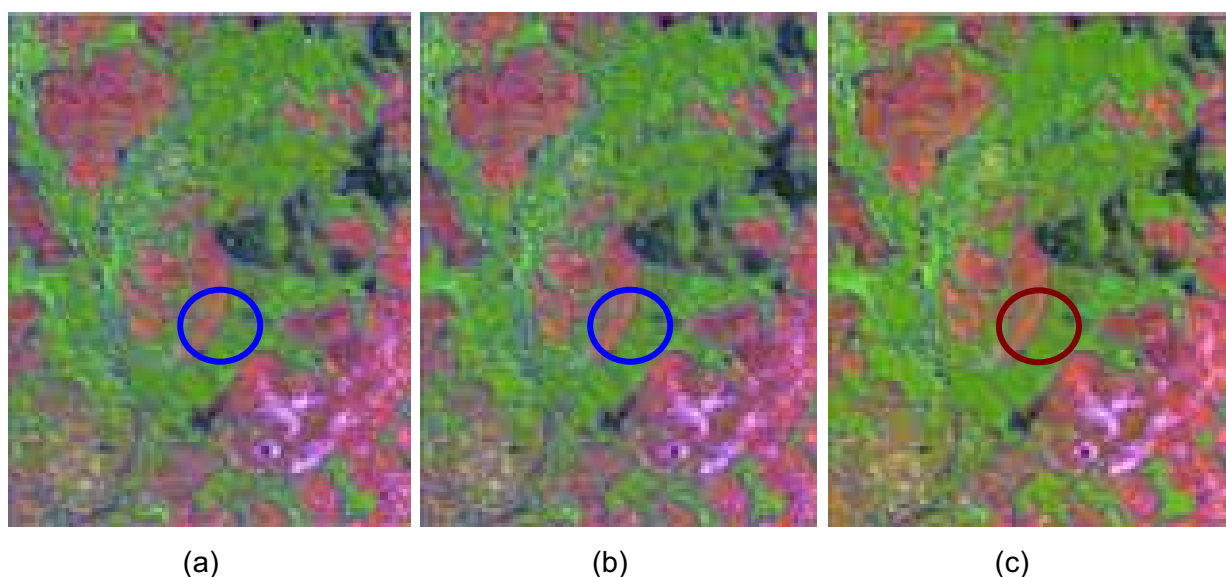


Abbildung 4 - 24: Das Segmentierungsergebnis für die Graduierungslevel 1 (a), 2 (b) und 3 (c)

In Abbildung 4-24 a und b zeigt die Segmentierung auf Level 1 und 2 eine ähnliche Einstellung, wobei beide für die gleiche Parameterskala 10 ermittelt wurden (○). Es sind jedoch bereits Unterschiede erkennbar, die von den verschiedenen Gewichten sowie der Einstellung der Homogenität verursacht werden. Die Zunahme der Intensität der Grauwerte (10% größer als Level 1) sowie auch der Kompaktheit des Flächenfaktors (10% breiter als Level 1) lässt das Ergebnis von Level 2 massiver als das von Level 1 erscheinen. Gleichzeitig wurde durch die geringere Einstellung für den Glättefaktor ein generalisierender Effekt auf die Segmente erreicht. Die Polygone sind zu detailliert und nicht geeignet im Vergleich mit Level 3 in Bezug auf die Zielsetzung. Im weiteren Segmentierungsprozess auf Level 3 wurde die Parameterskala auf das Doppelte vergrößert (Stärke 20) und das Gewicht auf Stärke 0,5 eingestellt. Das Ergebnis zeigt eine geeignete Segmentierung (○), um die Waldtypen bzw. die Dichte - Klassen zu unterscheiden (Abbildung 4-24c). Als Beweis können bei diesem Segment prinzipiell die Trocken- und Feuchtgebiete getrennt und unterschieden werden. Jedes Trocken- und Feuchtgebiet unterscheidet sich in 2 oder 3 verschiedenen Texturen bzw. Dichte - Klassen des Waldes.

Weitere Segmentierungen sind in diesem Fall unbedingt nötig, um größere Flächeneinheiten zu unterscheiden. Die entsprechenden Ergebnisse werden dann mit den zugehörigen Daten über Waldtypen, Landnutzungen, land systems, Bodenpotentiale sowie mögliche Waldbrandkatastrophen überlagert und überschritten. Für die Level 4 bis 6 sind die Resultate in den Abbildungen 4 – 25 (a), (b) und (c) dargestellt.

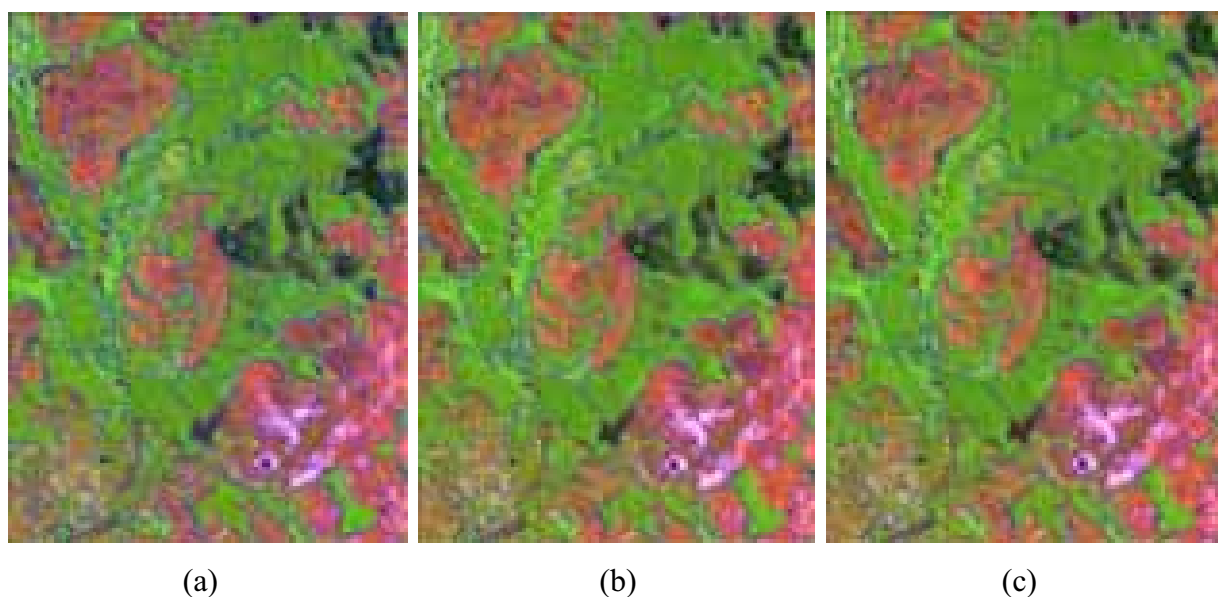


Abbildung 4 - 25: Das Segmentierungsergebnis für die Graduierungslevel 4 (a), 5 (b) und 6 (c)

Auf Level 4 (Abbildung 4–25a) unterscheiden sich die Objekte durch die Segmentierung auf mittlere Levelanalyse, um Dichte - Klassen je nach ihrer Waldformation sowie Höhenstufe bzw. trockene und feuchte Gebiete im Primärwald und Sekundärwald berücksichtigen zu können.

Auf Level 5 (Abbildung 4–25b) diene das Segmentierungsergebnis dem Zweck, die Wald- und Nicht-Wald-Objekte (als zusätzliche Informationen) zu unterscheiden. Dies ist wichtig für den Zusammenhang der Ergebnisse mit den anderen Aspekten wie Ökologie, sozialer und ökonomischer Aspekt und Landespflege, der als Endprodukt dieser Untersuchung geliefert werden kann.

Das Segmentierungsergebnis auf Level 6 zeigt keine Veränderung (Abbildung 4–25c) im Vergleich zu Level 5, obwohl die Einstellung für das Gewicht geändert ist (Stärke 5).

4.2.4. Überwachte Klassifizierung

Als weiteren Schritt nach der Segmentierung wurden überwachte Klassifizierungen durchgeführt. In diesem Fall sind Angaben zur Genauigkeit der Klassifizierungsergebnisse durch einen Vergleich der Information aus den Bodenaufnahmen mit der klassifizierten Dichte – Klasse möglich. Insgesamt wurden 1.632 geprüfte Punkte, inklusive 82 Passpunkte für die geometrische Korrektur, im Bereich des Untersuchungsgebiets verifiziert. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Kreuztabellen (Tabelle 4-5, 4-6, 4-7).

Tabelle 4 - 5: Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satellitenaufnahme 1995

Aktuelle Klass	Interpretierte Klassen										OE	CE	Total
	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total			
3	32	1	2	0	0	1	0	2	0	38	15,79%	28,95%	84,21%
4	3	36	1	0	9	3	0	0	0	52	23,53%	11,54%	69,23%
5	2	1	172	0	0	2	1	14	3	195	1,15%	8,72%	88,21%
6	3	1	0	108	0	0	8	0	0	120	3,57%	5,83%	90,00%
7	0	0	0	0	400	5	0	1	2	408	0,25%	3,68%	98,04%
9	2	3	0	0	6	292	0	0	0	303	0,00%	5,28%	96,37%
10	0	0	0	7	0	4	228	1	0	240	1,72%	4,58%	95,00%
11	0	0	14	0	0	0	2	132	1	149	2,22%	12,08%	88,59%
12	1	0	0	0	0	1	0	0	232	234	0,85%	2,56%	99,15%
Total	43	42	189	115	415	308	239	150	238	1739	Overall Accuracy 93,85%		
Stichprobe	32	36	172	108	400	292	228	132	232	1632			

Tabelle 4 - 6: Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satellitenaufnahme 1998

Aktuelle Klass	Interpretierte Klassen										OE	CE	Total
	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total			
3	32	1	2	0	0	3	0	2	0	40	20,00%	62,50%	80,00%
4	3	36	6	0	0	3	0	0	0	48	23,53%	79,17%	75,00%
5	2	1	172	0	9	2	1	21	3	211	1,15%	11,37%	81,52%
6	3	1	0	108	0	41	8	0	0	161	3,57%	34,16%	67,08%
7	0	32	0	45	400	5	2	21	2	507	0,25%	3,16%	78,90%
9	2	3	0	0	3	292	0	0	0	300	0,00%	19,67%	97,33%
10	14	0	4	0	0	4	228	0	0	250	1,72%	5,20%	91,20%
11	0	0	12	10	4	0	2	132	1	161	2,22%	27,33%	81,99%
12	1	0	0	0	0	1	0	0	232	234	0,85%	2,56%	99,15%
Total	57	74	196	163	416	351	241	176	238	1912	Overall Accuracy 85,36%		
Stichprobe	32	36	172	108	400	292	228	132	232	1632			

Tabelle 4 - 7: Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses aus der Satellitenaufnahme 2000

Aktuelle Klass	Interpretierte Klassen										OE	CE	Total
	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total			
3	32	1	2	0	0	1	0	2	0	38	15,79%	28,95%	84,21%
4	3	36	1	0	0	3	0	0	0	43	23,53%	13,95%	83,72%
5	2	1	172	0	0	2	1	0	3	181	1,15%	1,66%	95,03%
6	3	1	0	108	0	0	8	0	0	120	3,57%	0,00%	90,00%
7	0	0	0	0	400	5	0	0	2	407	0,25%	0,74%	98,28%
9	2	3	0	0	2	292	0	0	0	299	0,00%	5,02%	97,66%
10	0	0	0	0	1	3	228	0	0	232	1,72%	4,74%	98,28%
11	0	0	0	0	0	0	2	132	1	135	2,22%	2,22%	97,78%
12	1	0	0	0	0	1	0	1	232	235	0,85%	2,55%	98,72%
Total	43	42	175	108	403	307	239	135	238	1690	Overall Accuracy 96,57%		
Stichprobe	32	36	172	108	400	292	228	132	232	1632			

Die Klassifizierungsergebnisse in dieser Untersuchung haben für die Satellitenaufnahme 1995 die Genauigkeit 93,85%, 1998 85,36% und 96,57% für 2000 ergeben.

Die Genauigkeit der Klassifizierung für die Satellitenaufnahme 1998 ist die niedrigste (85,36%) im Vergleich mit den anderen Ergebnissen (1995 und 2000). Der Fehler wird in diesem Fall verursacht durch nicht wolkenfreie Satellitenaufnahme von 1998. Wolkenbedeckung und Schatten beeinflussen die Genauigkeit.

Zur Verknüpfung der Dichte - Klassen der Klassifizierung der Satellitendaten und Datenerhebung der terrestrischen Vegetationsaufnahme wurden 4 Probeflächen repräsentativ ausgewählt. Folgende Abbildungen (4-26 und 4-27) zeigen die Klassifizierungsergebnisse auf den Probeflächen (Plot PB1 bis zum PB4)

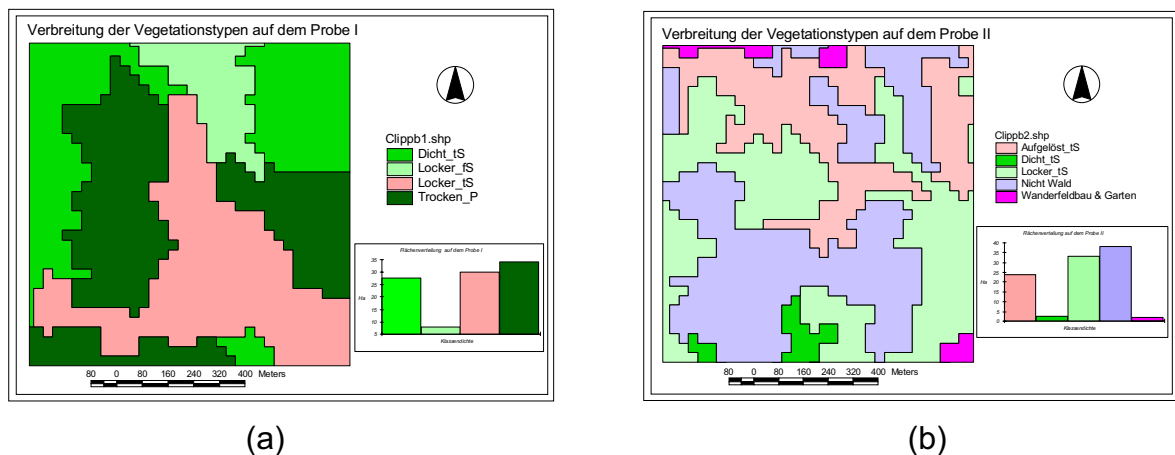


Abbildung 4 - 26: Die Darstellungen beziehen sich auf die mittlere Dichte der Vegetation im Plot PB1 (4 Dichte - Klassen) und PB2 (5 Dichte - Klassen).

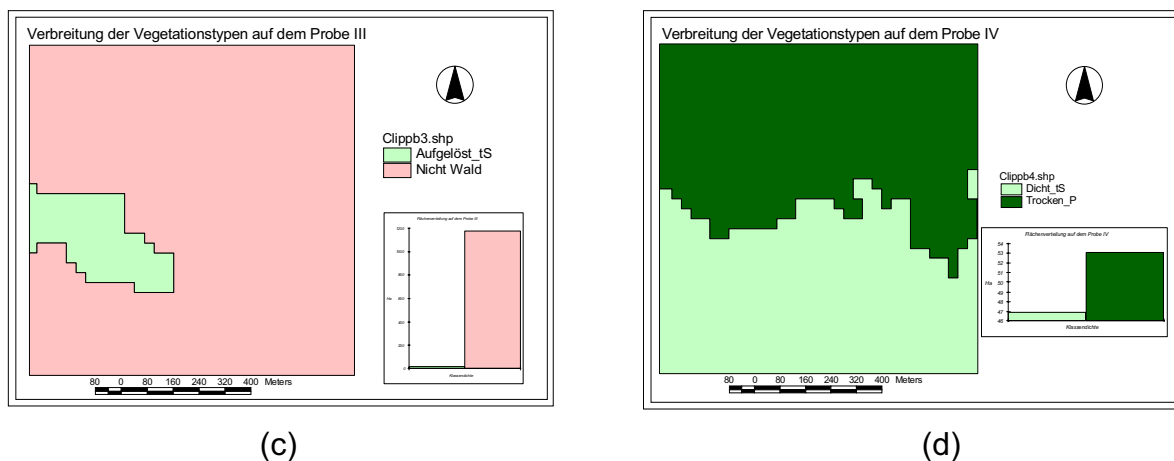


Abbildung 4 - 27: Die Darstellungen beziehen sich auf geringe offene Walddichte (2 Dichte - Klassen) im Plot PB3 und relativ hohe Walddichte (2 Dichte - Klassen) im Plot PB4.

4.3. Ergebnisse der terrestrischen Vegetationsaufnahme

4.3.1. Passpunkte

Insgesamt wurden für die geometrische Korrektur der Satellitendaten 82 Passpunkte im Gelände ausgewählt und mit GPS eingemessen. Zusätzlich wurde aus dem Höhenmodell der digitalen Topographischen Karte eine 3D Visualisierung hergestellt. Neben den besseren Visualisierungsmöglichkeiten erlaubt dieses Geländemodell auch die Überprüfung der Genauigkeit der geometrischen Korrektur der Satellitendaten.

In Abbildung 4 -28 werden die Verteilung der Passpunkte im Gelände sowie die 3D-Szene dargestellt.

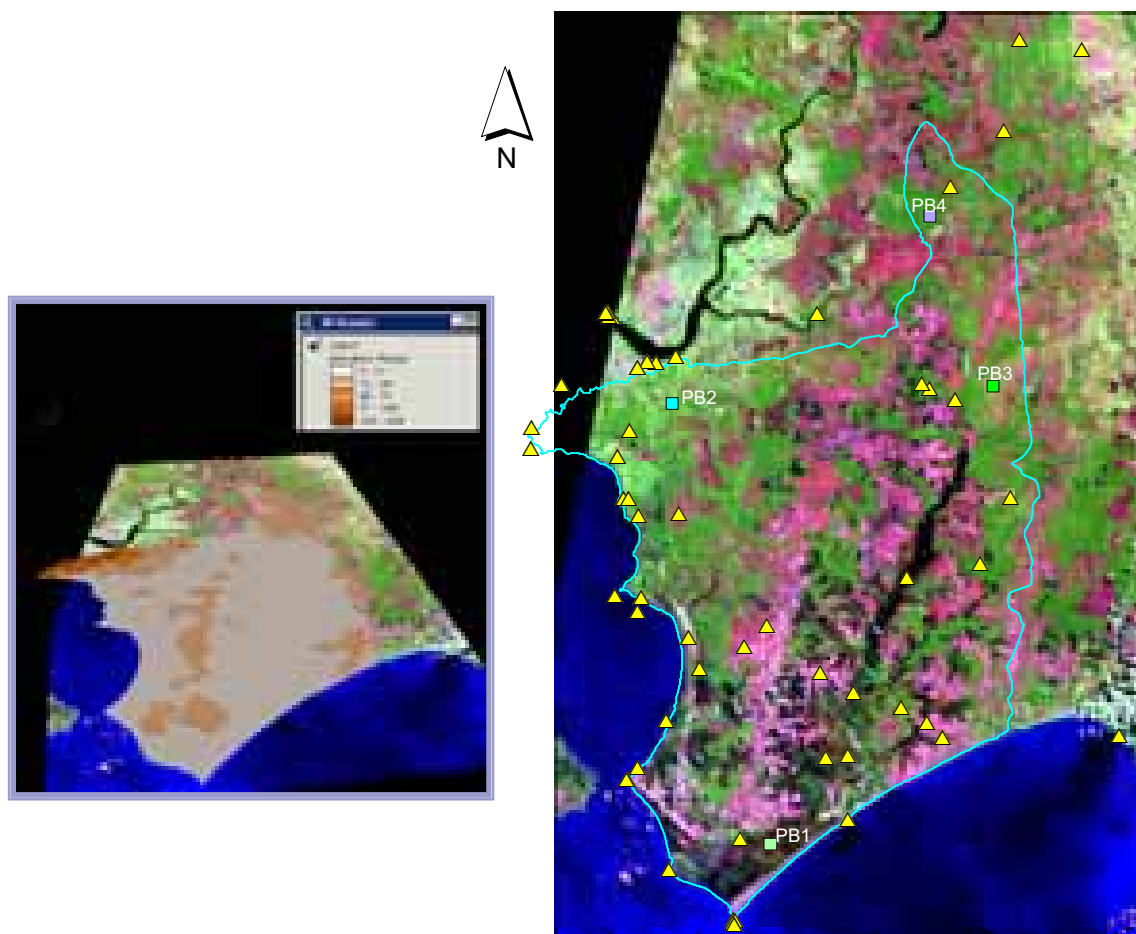


Abbildung 4 - 28: Festlegung und Verifizierung durch die erkennbaren als auch erreichbaren Passpunkte (▲) und Probeflächen PB1 bis PB4 (■) im Gelände, wobei das Gebiet eine flächige Ebene darstellt.

4.3.2. Terrestrische Inventur

Zur Erfassung und Beobachtung des Waldzustands sowie der Entwicklung des Reservats Muara Kendawangan werden die erhobenen Ergebnisse für jede Probefläche nach Hauptbaumarten geordnet. Die Ermittlung der Grundfläche (g), des Volumens (v) und der anderen Inventursystemmerkmale wurde mit einem stratifizierten Verfahren durchgeführt.

In allen 4 Trainingsgebieten (von PB1 bis PB4, 400 ha) wurden insgesamt 7.304 Bäume der acht verschiedenen, ausgewählten Hauptbaumarten, (Baumarten von kommerziellem Wert) aufgenommen. Die gesamten Vorräte der aufgenommenen Probebäume in allen vier Trainingsgebieten bedecken, umfasst 7.183,94 m³ bei einer Grundfläche von 510,91 m²:

Die folgenden Tabellen (4-9, 4-10, 4-11 und 4-12) zeigen die Ergebnisse für die erhobene Population der Hauptbaumarten im Reservat Muara Kendawangan.

Tabelle 4 - 8: Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB1

PB1	\bar{d} (cm)	\bar{h} (cm)	\bar{v} (m ³)	\bar{g} (m ²)	S_g	g/ha (m ²)	N/ha
Bintangur	30.8	14.0	1.1248	0.0784	0.0341	0.141	2
Gerunggang	30.8	13.9	1.1221	0.0783	0.0340	0.140	2
Jelutung	30.8	13.9	1.1220	0.0782	0.0341	0.156	2
Kempas	30.9	14.0	1.1306	0.0788	0.0339	0.184	2
Mentibu	30.7	13.9	1.1057	0.7750	0.0334	0.037	1
Meranti	30.8	13.9	1.1216	0.0782	0.0340	0.334	4
Ramin	30.8	13.9	1.1242	0.0784	0.0339	0.198	3
Sindur	30.8	14.0	1.1223	0.0782	0.0341	0.211	3

Abkürzungen:

\bar{d} : Mittlere Durchmesser

\bar{h} : Mittlere Stammhöhe

\bar{v} : Mittlere Volumen

\bar{g} : Mittlere Grundfläche

g : Grundfläche pro Hektar

S_g : Standardabweichung der gesamten Grundfläche

N/ha : Stammzahl pro Hektar

Aus der Tabelle 4-9 zeigt sich, dass im Plot PB1 die Hauptbaumarten durch eine Grundfläche von 140,2 m² und ein Volumen von 20,09 m³ pro Hektar gekennzeichnet sind.

Tabelle 4 - 9: Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB2

PB2	\bar{d} (cm)	\bar{h} (cm)	\bar{v} (m ³)	\bar{g} (m ²)	S_g	g/ha (m ²)	N/ha
Bintangur	31.3	14.0	1.1538	0.0802	0.0332	0.134	2
Gerunggang	31.3	14.0	1.1547	0.0804	0.0329	0.131	2
Jelutung	31.2	14.0	1.1512	0.0801	0.0331	0.146	2
Kempas	31.3	14.0	1.1569	0.0805	0.0330	0.163	2
Mentibu	31.0	14.0	1.1307	0.0791	0.0324	0.033	0
Meranti	31.2	14.0	1.1522	0.0802	0.0331	0.307	4

Ramin	31.3	14.0	1.1566	0.0805	0.0329	0.190	2
Sindur	31.3	14.0	1.1542	0.0802	0.0331	0.198	2

An der Tabelle 4-10 zeigt sich, die Hauptbaumarten im Plot PB2 ein Volumen von 18,69 m³ und eine Grundfläche von 130,2 m² pro Hektar umfassen.

Tabelle 4 - 10: Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB3

PB3	\bar{d} (cm)	\bar{h} (cm)	\bar{v} (m ³)	\bar{g} (m ²)	S_g	g/ha (m ²)	N/ha
Bintangur	27.4	12.9	0.8148	0.0614	0.0279	0.062	1
Gerunggang	27.4	12.9	0.8116	0.0613	0.0276	0.053	1
Jelutung	27.4	12.9	0.8131	0.0612	0.0278	0.066	1
Kempas	27.4	12.9	0.8122	0.0612	0.0277	0.067	1
Mentibu	26.4	12.9	0.7343	0.0565	0.0232	0.077	0
Meranti	27.4	12.9	0.8104	0.0612	0.0276	0.127	2
Ramin	27.4	12.9	0.8112	0.0612	0.0276	0.082	1
Sindur	27.3	12.9	0.8096	0.0611	0.0276	0.078	1

An der Tabelle 4-11 zeigt sich, die Hauptbaumarten im Plot PB3 ein Volumen von 7,20 m³ und eine Grundfläche von 54,4 m² pro Hektar umfassen.

Tabelle 4 - 11: Baumparameter zur Ermittlung der Hauptbaumarten auf dem Probeplot PB4

PB4	\bar{d} (cm)	\bar{h} (cm)	\bar{v} (m ³)	\bar{g} (m ²)	S_g	g/ha (m ²)	N/ha
Bintangur	27.3	13.4	0.8641	0.0622	0.0331	0.183	3
Gerunggang	27.3	13.4	0.8631	0.0621	0.0331	0.197	3
Jelutung	27.3	13.4	0.8635	0.0622	0.0331	0.226	4
Kempas	27.3	13.4	0.8648	0.0622	0.0331	0.250	4
Mentibu	27.6	13.5	0.8890	0.0636	0.0346	0.048	1
Meranti	27.3	13.4	0.8628	0.0621	0.0331	0.426	7
Ramin	27.3	13.4	0.8626	0.0621	0.0331	0.265	4
Sindur	27.3	13.4	0.8639	0.0622	0.0331	0.265	4

An der Tabelle 4-12 zeigt sich, die Hauptbaumarten im Plot PB2 ein Volumen von 25,86 m³ und eine Grundfläche von 186,15 m² pro Hektar umfassen.

4.3.3. Artendiversität, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten

Folgende Tabellen (4-12, 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, und 4-17) zeigen die relative Dichte, die relative Dominanz, die relative Frequenz, den IVI-Index, die Grundfläche und die Häufigkeit N pro Hektar von Hauptbaumarten im Reservat Muara Kendawangan.

Tabelle 4-12: Berechnung der relativen Dichte der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	9.7	11.1	9.9	9.9
Gerunggang	10.3	10.0	10.3	10.3
Jelutung	12.4	11.2	11.4	11.8
Kempas	12.2	12.3	11.6	11.6
Mentibu	2.8	1.8	2.9	3.1
Meranti	23.8	22.8	24.0	24.1
Ramin	14.8	15.4	14.8	14.3
Sindur	13.9	15.3	15.1	14.8

Tabelle 4-13: Berechnung der relativen Dominanz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	9.8	11.3	10.3	10.1
Gerunggang	10.6	9.7	10.1	10.0
Jelutung	12.1	12.1	11.2	11.1
Kempas	13.5	12.4	12.5	13.1
Mentibu	2.6	1.4	2.5	2.7
Meranti	22.9	23.3	23.6	23.8
Ramin	14.2	15.0	14.6	14.1
Sindur	14.3	14.7	15.2	15.0

Tabelle 4-14: Berechnung der relativen Frequenz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	8.9	11.1	9.2	9.7
Gerunggang	11.0	9.9	10.5	10.5
Jelutung	13.2	11.2	12.7	12.9
Kempas	11.6	12.1	11.0	11.7
Mentibu	2.9	1.8	3.1	3.2
Meranti	21.6	21.5	22.5	22.2
Ramin	15.6	15.7	15.0	14.5
Sindur	15.0	16.7	16.0	15.3

Tabelle 4-15: Berechnung des *IVI-Index* in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	28.5	33.5	29.4	29.8
Gerunggang	31.9	29.6	30.9	30.8
Jelutung	37.8	34.6	35.4	35.8
Kempas	37.3	36.7	35.1	36.4
Mentibu	8.3	5.0	8.5	9.0
Meranti	68.4	67.7	70.1	70.1
Ramin	44.7	46.1	44.3	42.9
Sindur	43.2	46.7	46.3	45.2

Tabelle 4-16: Berechnung der Grundfläche der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	18.3	6.2	13.4	14.1
Gerunggang	19.7	5.3	13.1	14.0
Jelutung	22.6	6.6	14.6	15.6
Kempas	25.0	6.7	16.3	18.4
Mentibu	4.8	0.8	3.3	3.7
Meranti	42.6	12.7	30.7	33.4
Ramin	26.5	8.2	19.0	19.8
Sindur	26.7	8.0	19.8	21.1

Tabelle 4-17: Berechnung des N pro ha der Hauptbaumarten in den Plots PB1 bis PB4 (400 ha) im Reservat

Hauptbaumart	PB4	PB3	PB2	PB1
Bintangur	3	1	2	2
Gerunggang	3	1	2	2
Jelutung	4	1	2	2
Kempas	4	1	2	2
Mentibu	1	0	0	1
Meranti	7	2	4	4
Ramin	4	1	2	3
Sindur	4	1	2	3

Aus den obigen Werten können dann die Ergebnisse der folgenden Abbildungen ermittelt werden. In den Abbildungen 4-29, 4-30 und 4-31 wurde der Vergleich der Verteilungen der Hauptbaumarten auf die Plots (PB1 bis PB4) dargestellt. Die Tendenz der relativen Dichte, der relativen Dominanz und der relativen Frequenz sind in den Plot PB1 bis PB4 relativ ähnlich. Abbildung 4-32 zeigt die Tendenz des IVI-Index als gesamte Summe von den drei obigen Indikatoren.

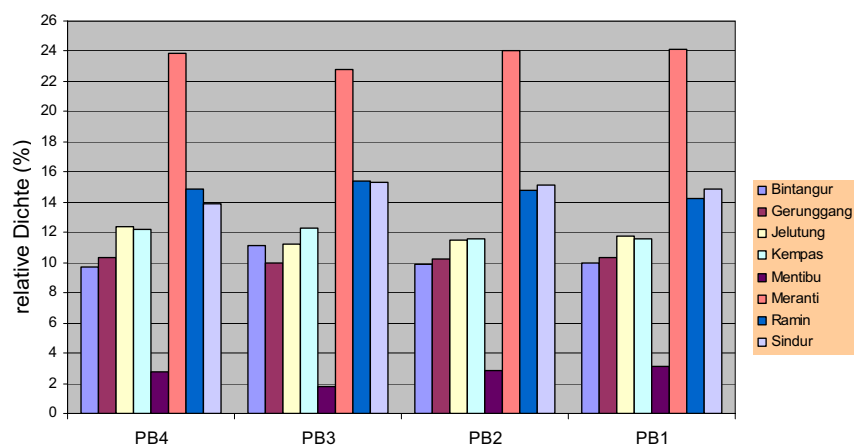


Abbildung 4 - 29: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Dichte der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4

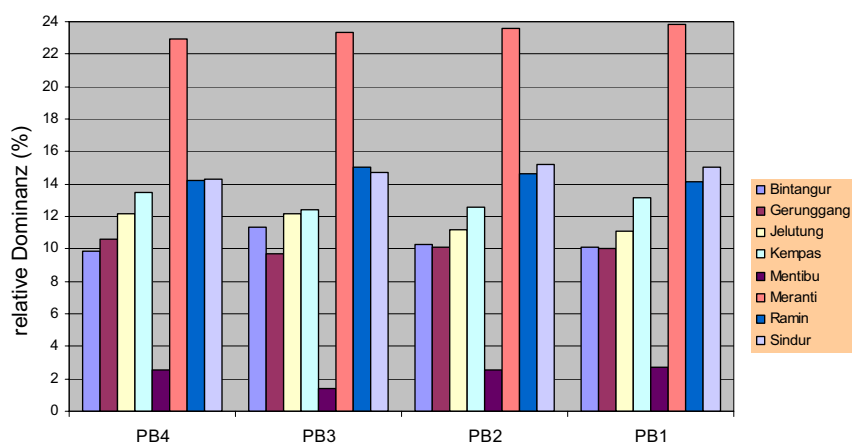


Abbildung 4 - 30: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Dominanz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4

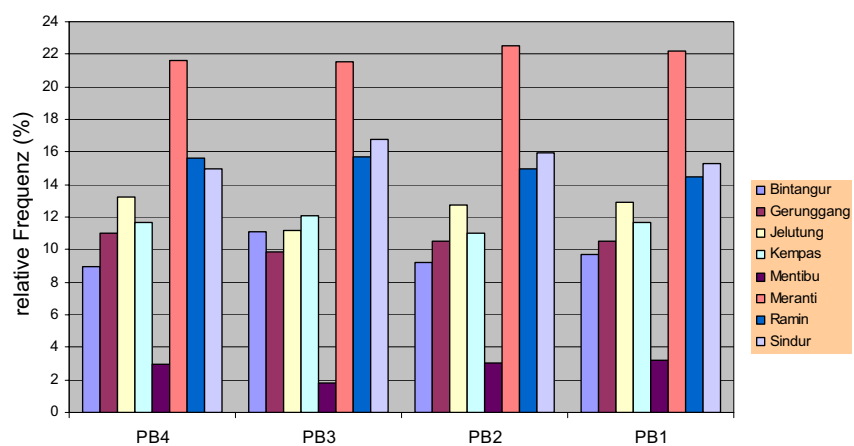


Abbildung 4 - 31: Graphische Darstellung der prozentualen relativen Frequenz der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4

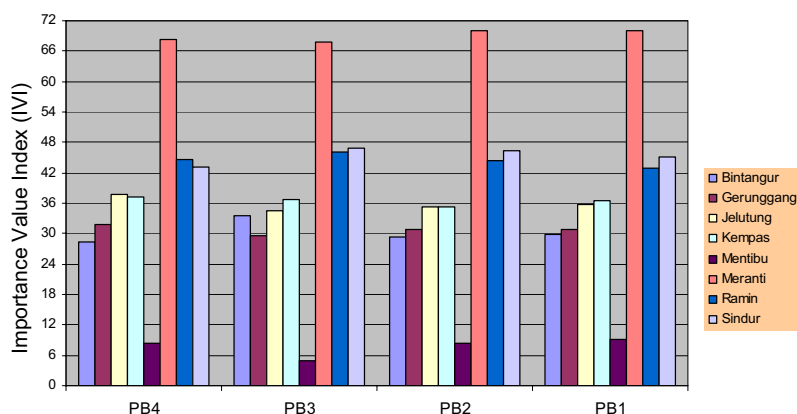


Abbildung 4 - 32: Darstellung der IVI-Verteilung der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4

Abbildung 4-33 zeigt die Grundflächen, die die verschiedenen Hauptbaumarten einnehmen, in den ausgewählten Plots (PB1 – PB4) im Reservat Muara Kendawangan. Abbildung 4-34 stellt die Häufigkeit der Hauptbaumarten N/ha dar.

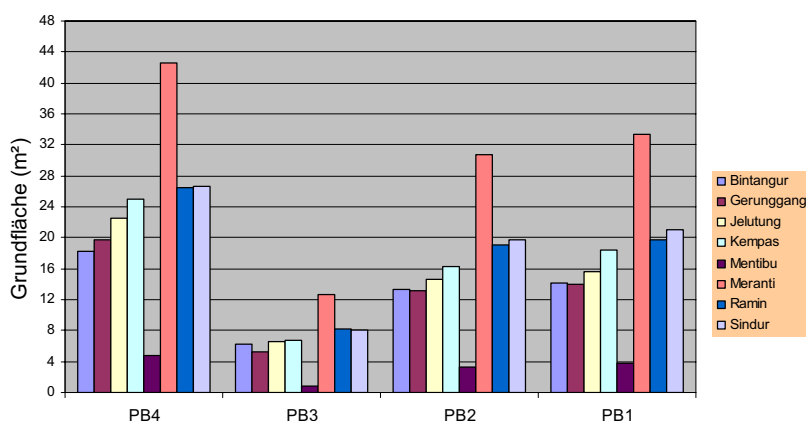


Abbildung 4 - 33: Darstellung der Grundflächeverteilung der Hauptbaumarten in den Plots PB1 – PB4

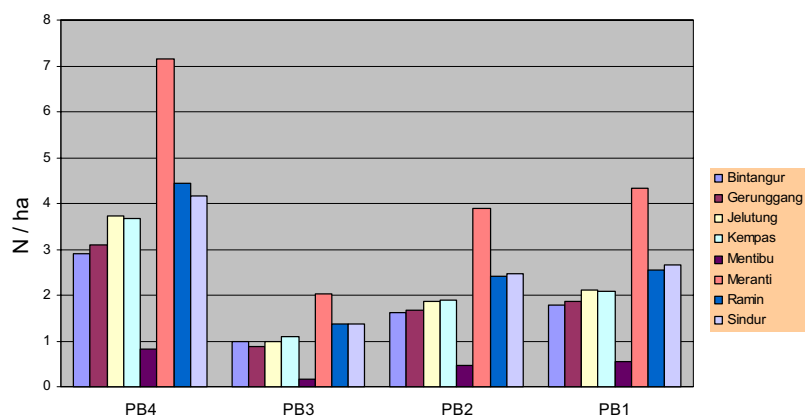


Abbildung 4 - 34: Darstellung der Häufigkeit der Hauptbaumarten N/ha in den Plots PB1 – PB4)

4.3.4. Zusammenführung der Klassifizierungsergebnisse mit den terrestrischen Vegetationsaufnahmen

Die Zusammenführung von Geodaten unterschiedlicher Art und Herkunft wird über ein Geographisches Informationssystem realisiert. Folgende Daten wurden in die Geodatenbank aufgenommen:

- Tabellarische Daten aus terrestrischer Vegetationsaufnahme. Diese Informationen bestehen aus Stammhöhe, Durchmesser, Grundfläche, vorhandene Baumarten sowie Koordinaten der Mittelpunkte der betroffenen Hauptbaumarten in den kleinen Plots (20 m x 20 m) in der Strecke, Plot und Strecken-Nr., Volumen und IVI (*Important Value Index*) für jede Baumart.
- Klassifizierungsergebnisse aus der Satellitenaufnahme. Diese Informationen bestehen aus Dichte - Klassen, Flächengröße für jede Dichte - Klassen und die räumliche Verteilung der untersuchten Hauptbaumarten.
- Zusätzliche Informationen für das Reservat: land system, Landbedeckung, Bodenpotential, Gefährdungsstufe für Waldbrände, geschützte Tierarten und Siedlungswirkung.

Aus den Abbildungen 4-35 und 4-36 erhält man Informationen über den Zusammenhang zwischen raumbezogenen Daten aus den Klassifizierungsergebnissen, die aus verschiedenen Quellen überlagert wurden, und nicht-raumbezogenen Daten (z.B. tabellarische Daten, statistische Berechnung) als GIS-Datenbanken. Die detaillierten Informationen werden auf Karten (Karte 1 - 3) und Anhänge (Anhang 1 bis 6) dargestellt.

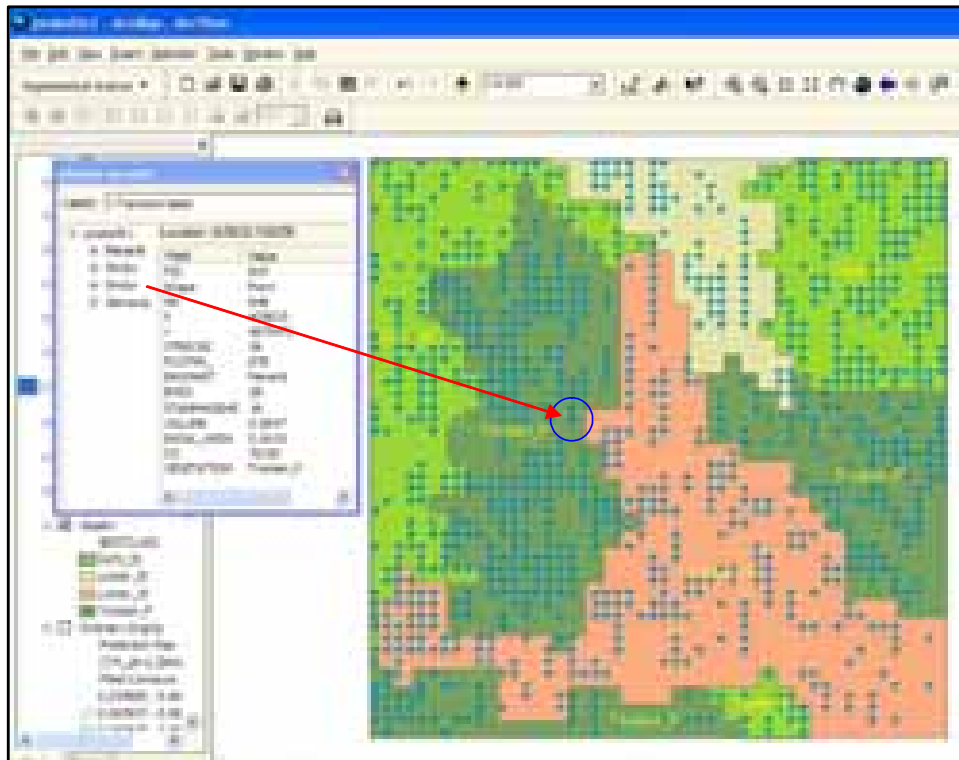


Abbildung 4 - 35: Kartierung der terrestrischen Vegetationsaufnahme im Zusammenhang mit Klassifizierungsergebnissen der Satellitendatenaufnahme im Plot PB1

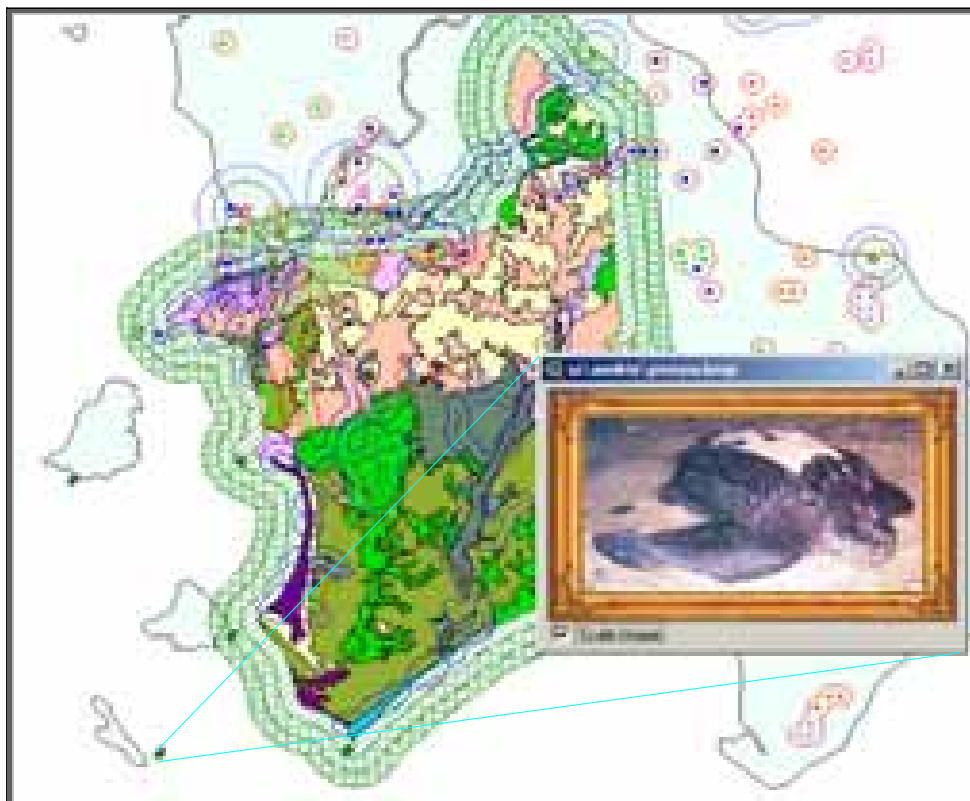


Abbildung 4 - 36: Möglichkeit zur Kartierung der geschützten Tierarten im Zusammenhang mit Landbedeckung, land system, Verdichtung der Bevölkerung und Gefährdungsrisiko für Waldbrand im Reservat Muara Kendawangan (siehe Karte 1,2 und 3)

Der Zusammenhang der Klassifizierungsergebnisse aus der Satellitenfernerkundungsdaten und der terrestrischen Vegetationsaufnahme wurde mit 3 verschiedenen statistischen Methoden überprüft (Abbildung 4-37). Als unabhängige Variable wurde die terrestrische Vegetationsaufnahme (TVA) berechnet, während die Satellitenfernerkundungsdaten (SFD) als abhängige Variable betrachtet wurden.

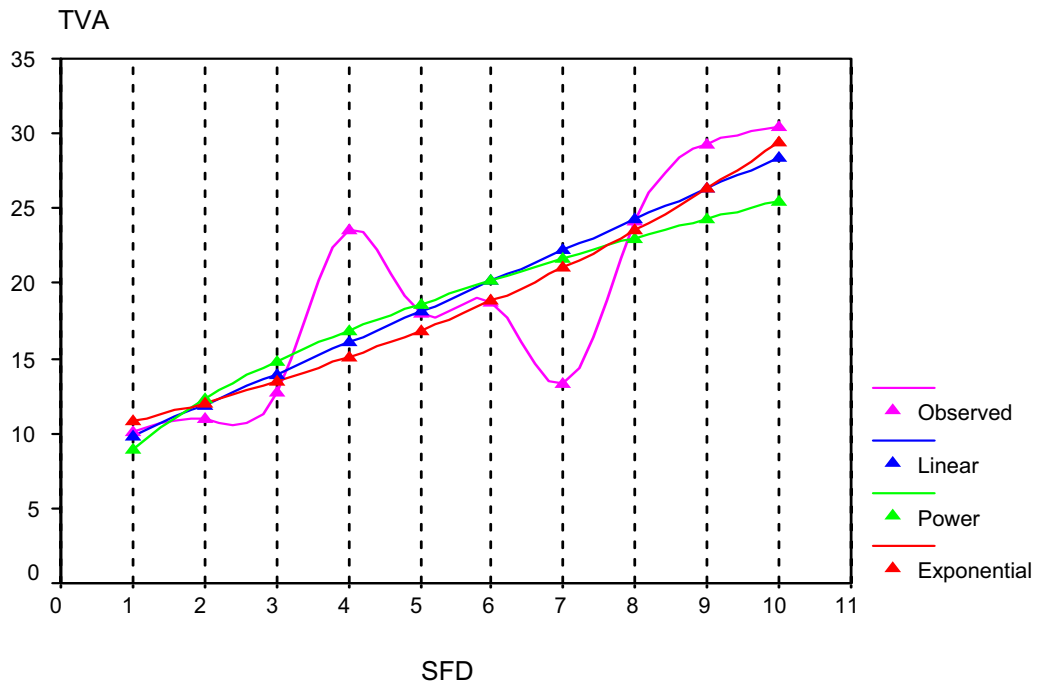


Abbildung 4 - 37: Eine graphische Darstellung für die Beziehungen zwischen terrestrischer Vegetationsaufnahme (TVA) und Satellitenfernerkundungsdaten (SFD) nach 3 verschiedenen Vergleichsansatzmethoden

In der oben gezeigten Darstellung wurden die 3 verschiedenen Ansätze zum Vergleich der Untersuchungsdaten sowie ihrer Trends dargestellt. Dabei wurde Beziehung gezeigt, dass die lineare Methode das beste Resultat ($R_{sq} = 0.813$) im Vergleich zu den anderen Ansatzmethoden, nämlich Power und Exponential, hervorbringt. Das bedeutet eine Übereinstimmung der Daten der TVA und der SFD von bis zu 81,3%. Das heißt, es liegt in diesem Fall eine signifikante Beziehung zwischen TVA und SFD vor. Tabelle 4-18 zeigt die Testergebnisse der Regressionsanalyse für die drei verschiedenen Ansatzmethoden.

Tabelle 4 - 18: Testergebnisse der Regressionsanalyse zwischen der terrestrischen Vegetationsaufnahme (TVA) und den Satellitenfernerkundungsdaten (SFD) nach 3 verschiedenen Ansatzmethoden

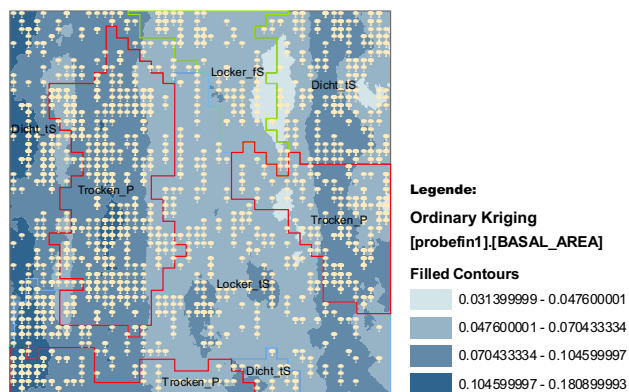
Abh.var.	Methode	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1
SFD	Linear	.813	8	18.12	.001	7.7920	2.0635
SFD	Power	.787	8	16.53	.001	3.6002	.4542
SFD	Exponential	.593	8	18.30	.015	2.6235	.1117

Quelle: Output der Regressionsanalyse von der SFD und der TVA

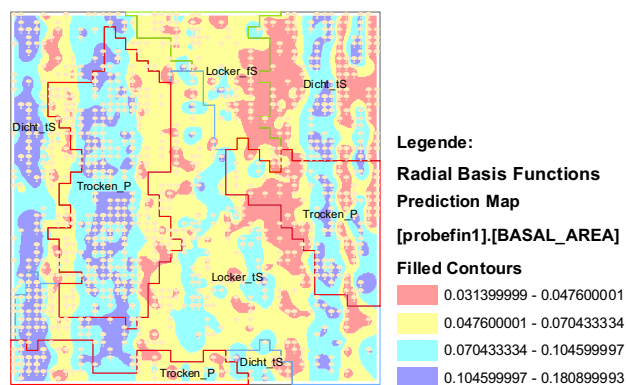
4.3.5. Verbesserungsmöglichkeit der Leistung eines Satellitengetragenen Inventursystems

Ein wichtiges Ziel der Arbeit war auch die Auslotung von Rationalisierungsmöglichkeiten für die terrestrische Vegetationsaufnahme. Dazu wurde in den 4 Vollaufnahmen a 100 ha eine Stichprobenerhebung mit unterschiedlich grossen Umfängen simuliert (siehe Kapitel 3.3.3.4.). Die statistische Auswertung der Stichprobenergebnisse wurde nach drei verschiedenen Ansätzen, nämlich *Ordinary Kriging*, *Radial Basic Functions* (RBF) und *Inverse Distance Weighting* (IDW) durchgeführt.

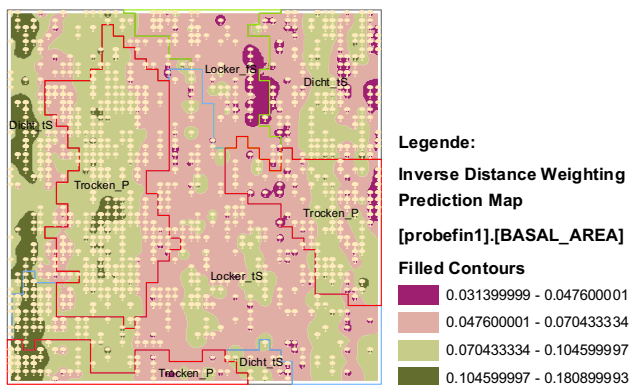
Als Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen werden in der Abbildung (4-38) die Interpretationsergebnisse aus der Überlagerung der terrestrischen Vollaufnahme (also für eine Datenerhebungsintensität von 100%) und der Klassifizierungsergebnisse der Satellitendaten nach drei verschiedenen Ansatzmethoden dargestellt.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 4 - 38: Die Interpretationsergebnisse nach den 3 angewendeten Methoden *Ordinary Kriging* (a), *Inverse Distance Weigth* (b) und *Radial Basic Function* (c) für den Plot PB1 mit einer Größe von 100 ha

Insgesamt wurden die Interpolationen für 2.998 vermessene Hauptbaumarten mit einer Grundfläche von $186,146 \text{ m}^2$ im Plot PB1 angewendet und berechnet. Durch die folgenden Kreuztabellen (Tabelle 4-19, 4-20 und 4-21) wurde ihre Genauigkeit überprüft.

Tabelle 4 - 19: Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode *Ordinary Kriging* auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	13,7	9,1	1,5	3,4	27,7	49,5
Locker_fS	0,2	6,8	1,0	0,0	8,0	85,0
Locker_tS	8,3	20,4	0,2	1,1	30,0	0,7
Trocken_P	19,8	12,3	0,4	1,8	34,3	5,2
Summe (ha)	42	48,6	3,1	6,3	100	
%	32,6	14,0	6,5	28,6		

Tabelle 4 - 20: Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode IDW auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	15,2	9,9	11,1	3,5	39,7	38,3
Locker_fS	0,4	6,4	1,3	0,0	8,1	79,0
Locker_tS	9,5	8,7	0,7	1,1	20,0	3,5
Trocken_P	13,7	11,4	1,1	6,0	32,2	18,6
Summe (ha)	38,8	36,4	14,2	10,6	100	
%	39,2	17,6	4,9	56,6		

Tabelle 4 - 21: Kreuztabelle für die Interpolationsergebnisse mit Ansatzmethode RBF auf 100% Intensität der Erhebung (Plot PB1)

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	10,2	7,7	5,1	4,7	27,7	36,8
Locker_fS	0,5	5,6	2,0	0,0	8,1	69,1
Locker_tS	9,5	16,1	2,6	1,8	30,0	8,7
Trocken_P	14,8	12,2	3,1	4,1	34,2	12,0
Summe (ha)	35	41,6	12,8	10,6	100	
%	29,1	13,5	20,3	38,7		

In den oben gezeigten Kreuztabellen erzielte die Ansatzmethode Ordinary Kriging (Mittelwert der Genauigkeit = 35,1%) bessere Ergebnisse als die anderen Ansatzmethoden IDW (Mittelwert der Genauigkeit = 34,9%) und RBF (Mittelwert der Genauigkeit = 31,1%). Die beste Verteilung der Dichte - Klassen wurde durch diese Simulationsergebnisse für die Dichte - Klassen Dicht_tS und Locker_fS gezeigt. Zum Vergleich der obigen Informationen werden die gleichen Verfahren danach für alle Plots (PB1, PB2, PB3 und PB4) mit Datenerhebungsintensitäten 10%, 5% und 1% simuliert.

4.3.5.1. Simulation für den Plot PB1

Die Abbildung 4-39 zeigt die Simulationsergebnisse für unterschiedliche Stichprobenumfänge für den Plot PB1.

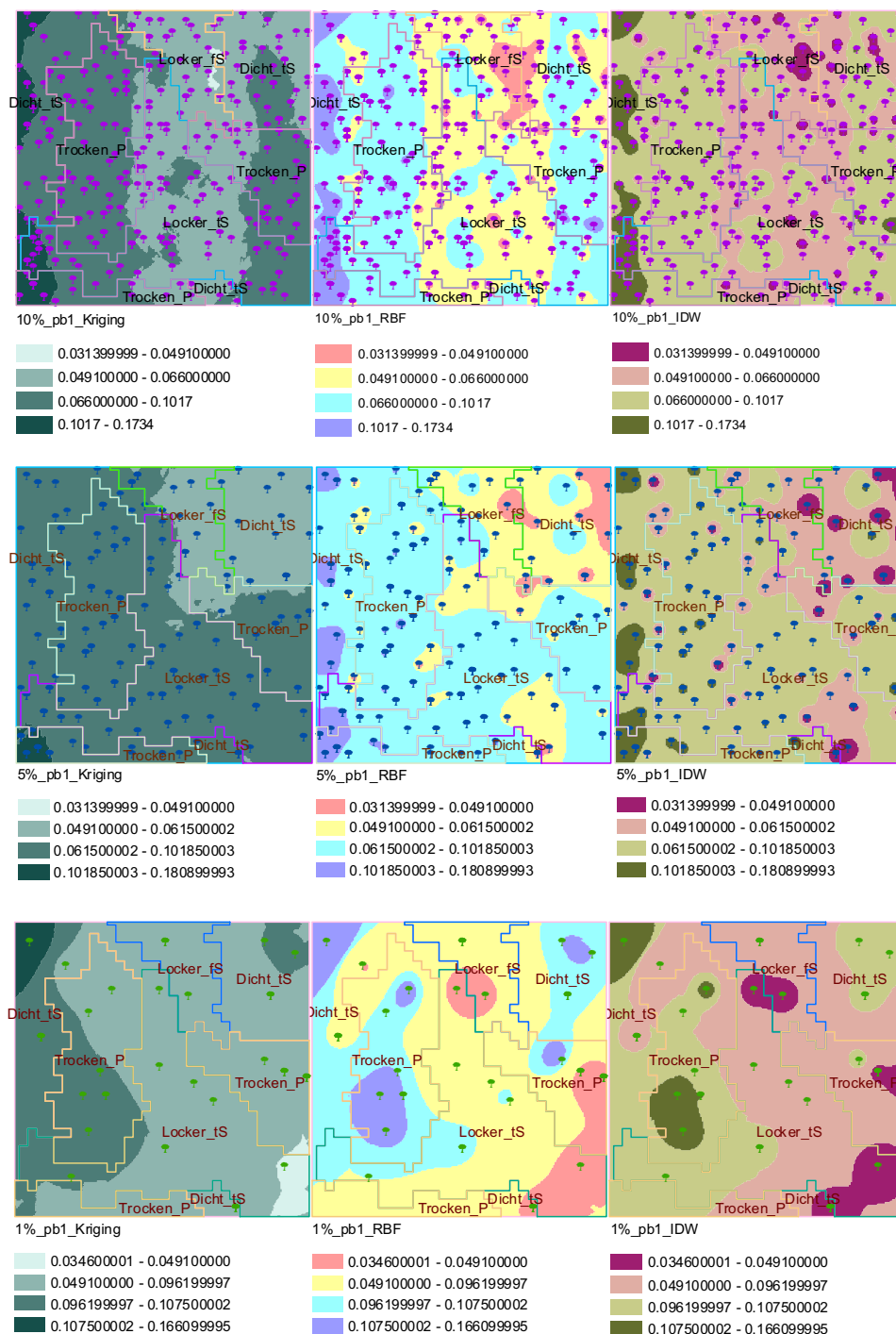


Abbildung 4 - 39: Darstellungsmittel der Ansatzmethoden *Ordinary Kriging*, *Radial Basic Functions* und *Inverse Distance Weigthing* mit Erhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1% im Plot PB1

Ausführliche Daten zu den ermittelten Verteilungen der Dichte - Klassen durch die drei obigen Ansatzmethoden für Probeintensität 10% werden in den folgenden Tabellen (4-22, 4-23, 4-24) aufgeführt.

Tabelle 4 - 22: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	2,8	9,5	0,1	15,3	27,7	10,1
Locker_fS	0,0	7,4	0,3	0,4	8,1	91,4
Locker_tS	1,3	15,9	0,0	12,8	30,0	0,0
Trocken_P	1,4	6,6	0,0	26,2	34,2	76,6
Summe (ha)	5,5	39,4	0,4	54,7	100	
%	50,9	18,8	0,0	47,9		

Tabelle 4 - 23: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	3,9	8,6	1,5	13,7	27,7	14,1
Locker_fS	0,0	6,1	1,2	0,8	8,1	75,3
Locker_tS	1,3	15,2	0,8	12,7	30,0	2,7
Trocken_P	2,1	9,4	0,7	22,0	34,2	64,3
Summe (ha)	7,3	39,3	4,2	49,2	100	
%	53,4	15,5	19,0	44,7		

Tabelle 4 - 24: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	4,1	7,9	2,1	13,6	27,7	14,8
Locker_fS	0,0	5,0	2,0	1,0	8,0	62,5
Locker_tS	1,3	15,9	0,9	11,9	30,0	3,0
Trocken_P	2,3	9,4	0,7	21,9	34,3	63,8
Summe (ha)	7,7	38,2	5,7	48,4	100	
%	53,2	13,1	15,8	45,2		

In den Kreuztabellen für die Probefläche PB I (Tabelle 4-22, 4-23 und 4-24) wurde gezeigt, dass die Ansatzmethode Ordinary Kriging für eine Intensität von 10% bessere Ergebnisse für die Genauigkeit als die anderen Ansätze (IDW und RBF) liefert. Die beste Verteilung für die Dichte - Klassen hat in diesem Fall ist die Dichte - Klassen Locker_fS (mittlere Dichte in feuchtem Gebiet im Sekundärwald) mit einer Genauigkeit von 91,4% und 76,6% für die Dichte - Klassen Trocken_P (trockenes Gebiet im Restprimärwald). Dem gegenüber haben die anderen Methoden für die beiden Dichte - Klassen weniger Genauigkeit gezeigt; die Unterschiede sind klar verteilt (IDW ist 75,3% und 64,3; RBF ist 62,5% und 63,8%). Nach der allgemeinen Verteilung in diesen Verfahren ist die Mittelwertgenauigkeit der Dichte - Klassen der Methode Ordinary Kriging (44,5%) besser als die anderen Ansätze (IDW 39,1%; RBF 36,0%).

Die Verteilungen der Dichte - Klassen aus dem Simulationsergebnis für die Intensität 5% im Plot PB1 (Abbildung 4-40) ergibt ähnliche Ergebnisse für die drei Ansatzmethoden. Die Methode Ordinary Kriging zeigt die besten Ergebnisse mit einer Genauigkeit von 82,3% bis 90,4%. Die folgenden Kreuztabellen (4-25, 4-26, 4-27) stellen die tabellarischen Informationen über die Genauigkeit für die Probeintensität 5% im Plot PB1 dar.

Tabelle 4 - 25: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht tS	Locker fS	Locker tS	Trocken_P		
Dicht tS	0,0	12,1	0,0	15,7	27,8	0,0
Locker fS	0,0	6,5	0,0	1,4	7,9	82,3
Locker tS	0,1	1,1	0,0	28,9	30,1	0,0
Trocken_P	1,0	2,3	0,0	30,9	34,2	90,4
Summe (ha)	1,1	22	0,0	76,9	100	
%	0,0	29,5	0,0	40,2		

Tabelle 4 - 26: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht tS	Locker fS	Locker tS	Trocken_P		
Dicht tS	3,3	8,4	3,4	12,6	27,7	11,9
Locker fS	0,0	5,0	0,7	2,4	8,1	61,7
Locker tS	0,9	5,8	0,8	22,5	30,0	2,7
Trocken_P	2,0	4,0	0,6	27,6	34,2	80,7
Summe (ha)	6,2	23,2	5,5	65,1	100	
%	53,2	21,6	14,5	42,4		

Tabelle 4 - 27: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht tS	Locker fS	Locker tS	Trocken_P		
Dicht tS	2,8	8,7	3,0	13,2	27,7	10,1
Locker fS	0,0	5,5	1,0	1,6	8,1	67,9
Locker tS	0,8	6,8	0,2	22,2	30,0	0,7
Trocken_P	1,4	4,2	0,3	28,3	34,2	82,7
Summe (ha)	5	25,2	4,5	65,3	100	
%	56,0	21,8	4,4	43,3		

Bei der Verteilung der Dichte - Klassen für die Probeintensität 1% war die Ansatzmethode IDW (Durchschnittsgenauigkeit 46,7%) besser als die Ansatzmethoden vom Kriging (Durchschnittsgenauigkeit 37,3%) und RBF (Durchschnittsgenauigkeit 35,4%). Bei Betrachtung der Klassentrennung erweist sich die Genauigkeit für die

Dichte - Klassen Locker_fS und Locker_tS eindeutig als hoch, im Gegensatz dazu für die Dichte - Klassen Trocken_P und Dicht_tS als schwach. Ausführliche Informationen werden in den folgenden Tabellen (4-28, 4-29 und 4-30) geliefert.

Tabelle 4 - 28: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	2,3	14,1	0,0	11,3	27,7	8,3
Locker_fS	0,0	8,1	0,0	0,0	8,1	100,0
Locker_tS	0,0	23,9	2,2	4,0	30,1	7,3
Trocken_P	0,0	22,5	0,2	11,5	34,2	33,6
Summe (ha)	2,3	68,6	2,4	26,8	100,1	
%	100,0	11,8	91,7	42,9		

Tabelle 4 - 29: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	2,3	12,9	0,5	11,9	27,6	8,3
Locker_fS	0,0	6,9	1,1	0,0	8,0	86,3
Locker_tS	0,0	11,2	17,2	8,0	36,4	47,3
Trocken_P	3,7	10,6	1,2	12,7	28,2	45,0
Summe (ha)	6	41,6	20,0	32,6	100,2	
%	38,3	16,6	86,0	39,0		

Tabelle 4 - 30: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB1

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte				Summe (ha)	%
	Dicht_tS	Locker_fS	Locker_tS	Trocken_P		
Dicht_tS	3,4	11,4	0,4	12,6	27,8	12,2
Locker_fS	0,0	6,8	1,2	0,0	8,0	85,0
Locker_tS	0,0	19,0	5,7	5,3	30,0	19,0
Trocken_P	5,0	17,4	3,1	8,7	34,2	25,4
Summe (ha)	8,4	54,6	10,4	26,6	100	
%	40,5	12,5	54,8	32,7		

4.3.5.2. Simulation für den Plot PB2

Die Simulationen für den Plot PB2 mit 5 verschiedenen Dichte - Klassen wurden mit drei verschiedenen Ansatzmethoden sowie auch für 3 verschiedene Probeintensitäten durchgeführt. Folgende Abbildung (4-40) zeigt die Ergebnisse, die mit den Interpolationsmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF erhalten wurden.

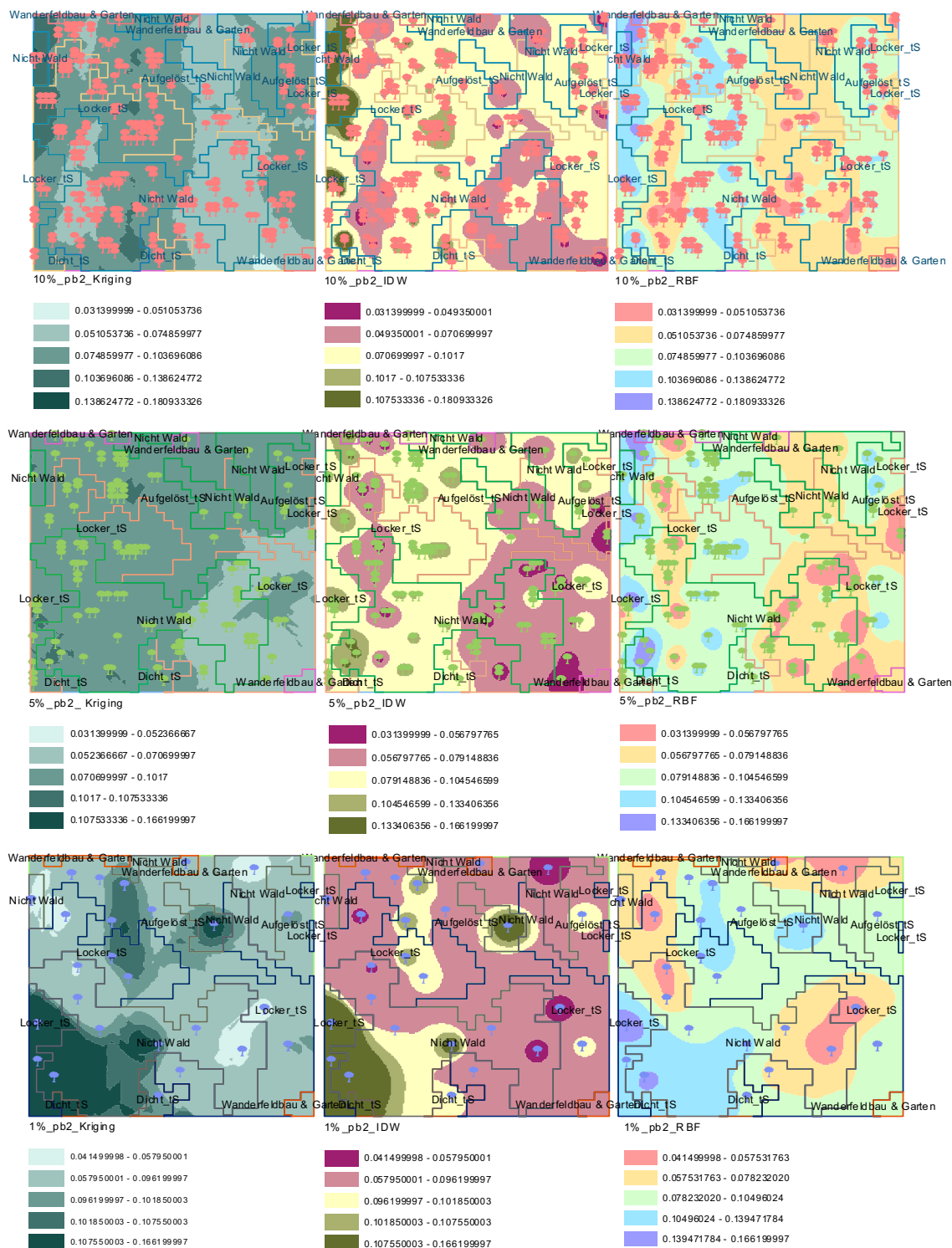


Abbildung 4 - 40: Die Ansatzmethoden *Ordinary Kriging*, *Radial Basic Functions* und *Inverse Distance Weigthing* für eine Datenerhebungsintensität von 10%, 5% und 1% im Plot PB 2

Aus den Tabellen 4-31, 4-32 und 4-33 geht hervor, dass sich die Dichte - Klassen Wanderfeldbau u. Waldgarten, Nicht Wald und Locker_tS bei einer Datenerhebungsintensität von 10% mit den Ansatzmethoden Kriging, IDW und RBF

besser trennen lassen als die Dichte - Klassen. Aufgelöst_tS und Dicht_tS. Die Methode Ordinary Kriging ist in diesen Fällen die bessere Methode (Durchschnittsgenauigkeit 20,12 %) als die anderen Methoden (IDW 16,87 % und RBF 15,65 %). Dieses Ergebnis ähnelt dem für den Plot PB1 gezeigten Resultat. In den folgenden Kreuztabellen werden die ausführlichen Informationen über die Verteilungen der Dichte - Klassen im Plot PB2 sowie die angewendeten Ansatzmethoden für eine Datenerhebungsintensität von 10% dargestellt.

Tabelle 4 - 31: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	0.0	0.0	1.2	6.6	16.50	24.30	0.00
Dicht tS	0.0	0.0	0.1	0.1	2.40	2.60	0.00
Locker tS	0.4	0.0	1.9	8.6	22.20	33.10	5.74
Nicht Wald	0.1	0.1	2.8	17.9	17.00	37.90	47.23
Wanderfeld	0.0	0.0	0.1	1.0	1.00	2.10	47.62
Summe (ha)	0.50	0.10	6.10	34.20	59.10	100.00	
%	0.00	0.00	31.15	52.34	1.69		

Tabelle 4 - 32: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	0.5	0.9	1.9	4.0	13.90	21.20	2.36
Dicht tS	0.0	0.1	0.7	0.2	1.80	2.80	0.04
Locker tS	0.1	2.1	7.5	7.9	15.00	32.60	23.01
Nicht Wald	0.8	2.0	1.5	16.8	20.10	41.20	40.78
Wanderfeld	0.3	0.2	0.1	1.2	0.40	2.20	18.18
Summe (ha)	1.70	5.30	11.70	30.10	51.20	100.00	
%	29.41	1.89	64.10	55.81	0.78		

Tabelle 4 - 33: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	1.0	0.5	3.7	9.4	9.10	23.70	4.22
Dicht tS	0.0	0.0	0.6	0.3	1.60	2.50	0.00
Locker tS	0.9	0.4	4.6	10.7	16.70	33.30	13.81
Nicht Wald	3.3	0.7	4.2	15.8	14.40	38.40	41.15
Wanderfeld	0.3	0.2	0.1	1.1	0.40	2.10	19.05
Summe (ha)	5.50	1.80	13.20	37.30	42.20	100.00	
%	18.18	0.00	34.85	42.36	0.95		

Die Interpolationsergebnisse der verwendete Ansatzmethoden Kriging, IDW und RBF für die Probeintensität 5% im Plot PB2 ergeben eine bessere Genauigkeit der Methode Ordinary Kriging (bis zu 63,64 %) im Vergleich zu den anderen Methoden

(IDW und RBF), deren Genauigkeit nur 37,50 % für RBF und 43,34 % für IDW erreicht. Die Verteilungen der Dichte - Klassen waren besser für die Dichte - Klassen Nicht Wald sowie Wanderfeldbau u. Waldgarten (ein ähnliches Ergebnis wie bei der Prüfung für eine Datenerhebungsintensität von 10%). Im Folgenden geben die Kreuztabellen (4-34, 4-35, 4-36) ausführliche Informationen für die Ansatzmethoden für eine Datenerhebungsintensität von 5%.

Tabelle 4 - 34: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	0.0	0.0	0.5	1.7	21.70	23.90	0.00
Dicht tS	0.0	0.0	0.0	0.0	2.50	2.50	0.00
Locker tS	0.0	0.0	0.3	10.0	22.80	33.10	0.91
Nicht Wald	0.0	0.0	0.9	8.2	29.20	38.30	21.41
Wanderfeld	0.0	0.0	0.0	0.8	1.40	2.20	63.64
Summe (ha)	0.00	0.00	1.70	20.70	77.60	100.00	
%	0.00	0.00	17.65	39.61	1.80		

Tabelle 4 - 35: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	0.9	0.0	2.0	5.8	15.10	23.80	3.78
Dicht tS	0.0	0.0	0.1	0.3	2.10	2.50	0.00
Locker tS	2.3	0.2	1.9	14.1	14.70	33.20	5.72
Nicht Wald	1.3	0.4	2.0	16.6	18.00	38.30	43.34
Wanderfeld	0.1	0.1	0.2	1.3	0.50	2.20	22.73
Summe (ha)	4.60	0.70	6.20	38.10	50.40	100.00	
%	19.57	0.00	30.65	43.57	0.99		

Tabelle 4 - 36: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst tS	Dicht tS	Locker tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst tS	1.6	0.5	2.7	7.8	11.20	23.80	6.72
Dicht tS	0.0	0.0	0.1	0.3	2.10	2.50	0.00
Locker tS	4.0	0.4	3.6	11.7	13.40	33.10	10.88
Nicht Wald	3.7	0.7	3.1	14.4	16.50	38.40	37.50
Wanderfeld	0.1	0.2	0.1	1.4	0.40	2.20	18.18
Summe (ha)	9.40	1.80	9.60	35.60	43.60	100.00	
%	17.02	0.00	37.50	40.45	0.92		

Aus der Darstellung der geprüften Ansatzmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF für die geringste Probeintensität 1% ergibt sich ein anderes Resultat als für die mittlere und höchste Intensität (5% und 10%). In diesem Falls ist die bessere Ansatzmethode RBF (mit Maximalgenauigkeit 54,55 %). Die Ansatzmethode RBF hat

die Trennbarkeit der Dichte - Klassen Wanderfeldbau u. Waldgarten sowie Nicht Wald besser verdeutlicht. Die Trennbarkeit bei den Ansatzmethoden IDW und Kriging ist nur besser für die Dichte - Klassen Nicht Wald, ansonsten sind diese beiden Methoden unterlegen und zeigen nur geringe Genauigkeit. Die folgenden Kreuztabellen (4-37, 4-38, 4-39) geben eine ausführliche Darstellung der Genauigkeit.

Tabelle 4 - 37: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Dicht_tS	Locker_tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst_tS	0.6	0.1	2.2	17.8	3.20	23.90	2.51
Dicht_tS	0.0	0.5	0.4	0.5	1.00	2.40	0.21
Locker_tS	1.3	3.6	2.0	22.6	3.70	33.20	6.02
Nicht Wald	3.8	8.0	4.6	19.3	2.60	38.30	50.39
Wanderfeld	0.0	0.0	0.0	2.1	0.10	2.20	4.55
Summe (ha)	5.70	12.20	9.20	62.30	10.60	100.00	
%	10.53	4.10	21.74	30.98	0.94		

Tabelle 4 - 38: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Dicht_tS	Locker_tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst_tS	0.1	0.0	0.9	19.4	3.40	23.80	0.42
Dicht_tS	0.0	0.5	0.0	0.8	1.20	2.50	0.20
Locker_tS	1.1	3.3	0.8	24.4	3.60	33.20	2.41
Nicht Wald	2.0	5.4	2.6	22.2	6.10	38.30	57.96
Wanderfeld	0.0	0.0	0.0	2.2	0.00	2.20	0.00
Summe (ha)	3.20	9.20	4.30	69.00	14.30	100.00	
%	3.13	5.43	18.60	32.17	0.00		

Tabelle 4 - 39: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 2

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte					Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Dicht_tS	Locker_tS	Nicht Wald	Wanderfeld		
Aufgelöst_tS	0.5	0.0	2.0	5.6	15.70	23.80	2.10
Dicht_tS	0.0	0.0	1.0	0.1	1.50	2.60	0.00
Locker_tS	1.8	0.9	4.4	8.2	17.80	33.10	13.29
Nicht Wald	4.5	0.4	11.9	11.6	9.90	38.30	30.29
Wanderfeld	0.2	0.0	0.0	0.8	1.20	2.20	54.55
Summe (ha)	7.00	1.30	19.30	26.30	46.10	100.00	
%	7.14	0.00	22.80	44.11	2.60		

4.3.5.3. Simulation für den Plot PB3

Die folgenden Darstellungen (Abbildung 4-41) zeigen die Simulationsergebnisse der drei verschiedenen Ansatzmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF für die Datenerhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1%.

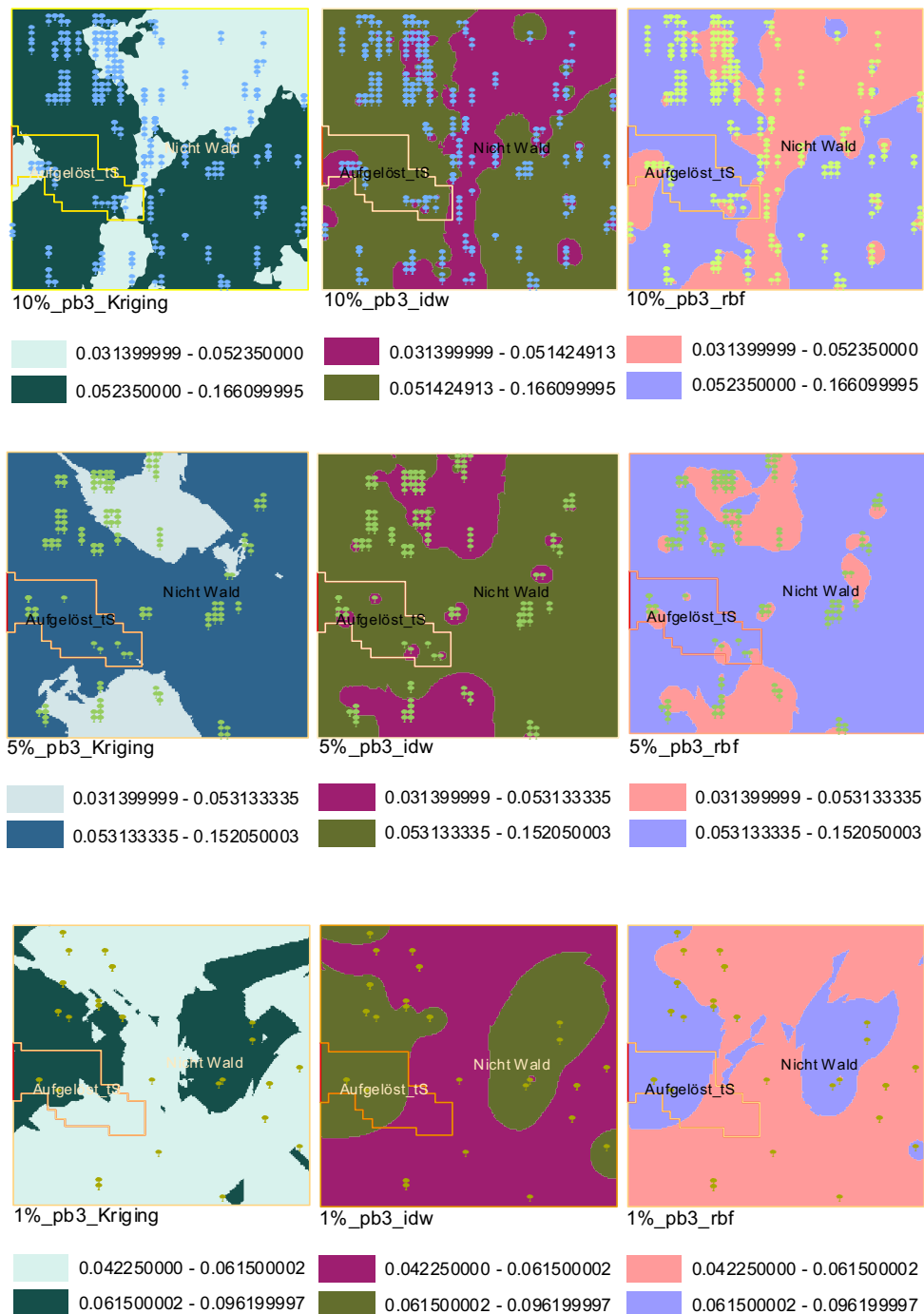


Abbildung 4 - 41: Die Ansatzmethoden *Ordinary Kriging*, *Radial Basic Functions* und *Inverse Distance Weighing* für die Datenerhebungsintensitäten von 10%, 5% und 1% im Plot PB 3

Die obige Abbildung zeigt die mit 3 Ansatzmethoden (Kriging, IDW und RBF) gewonnenen Interpolationsergebnisse für Plot PB3, der nur zwei verschiedene Dichte - Klassen beinhaltet, für die 3 verschiedenen Intensitäten der Erhebungsdaten (10%, 5% und 1%). Diese beiden Dichte - Klassen sind Aufgelöst und Nicht Wald. Bezogen auf den durchschnittlichen Mittelwert wurde die Verteilung für die Dichte - Klassen Nicht

Wald (mit einer Genauigkeit von 62,69%) eindeutig besser als Aufgelöst_tS (Genauigkeit 20,93%) gezeigt. Obwohl Mittelwerte der Genauigkeit für jede Ansätze einem ähnlichen Ergebnis unterscheidet (zwischen 40,91% und 43,56%). Die folgenden Kreuztabellen (Tabelle 4-40, 4-41, 4-42) zeigen die ausführliche Verteilung für die Intensität der Erhebung 10% im Plot PB3.

Tabelle 4 - 40: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	2.10	6.50	8.60	24.42
Nicht Wald	34.10	57.30	91.40	62.69
Summe (ha)	36.20	63.80	100.00	
%	5.80	89.81		

Tabelle 4 - 41: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	1.40	7.20	8.60	16.28
Nicht Wald	31.50	59.90	91.40	65.54
Summe (ha)	32.90	67.10	100.00	
%	4.26	89.27		

Tabelle 4 - 42: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	1.90	6.70	8.60	22.09
Nicht Wald	36.70	54.70	91.40	59.85
Summe (ha)	38.60	61.40	100.00	
%	4.92	89.09		

Für eine Datenerhebungsintensität von 5% unterschied sich die Verteilung der Dichte - Klassen nur gering voneinander. Allerdings hat die Methode *Radial Basic Functions* einen höheren Mittelwert der Genauigkeit (45,13%) als die anderen Methoden (Kriging 38,73%, IDW 43,29%). In den drei angewendeten Ansätzen wurde die Dichte - Klassen Nicht Wald besser (Durchschnitt des Mittelwertes 78,96%) als Aufgelöst_tS (Durchschnitt des Mittelwertes 5,81%) erkannt. In folgenden Kreuztabellen (4-43, 4-44, 4-45) werden die Verteilungen der Dichte - Klassen ausführlich dargestellt.

Tabelle 4 - 43: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	0.00	8.60	8.60	0.00
Nicht Wald	20.60	70.80	91.40	77.46
Summe (ha)	20.60	79.40	100.00	
%	0.00	89.17		

Tabelle 4 - 44: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	0.70	7.90	8.60	8.14
Nicht Wald	19.70	71.70	91.40	78.45
Summe (ha)	20.40	79.60	100.00	
%	3.43	90.08		

Tabelle 4 - 45: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	0.80	7.80	8.60	9.30
Nicht Wald	17.40	74.00	91.40	80.96
Summe (ha)	18.20	81.80	100.00	
%	4.40	90.46		

Die Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% entspricht in ihrer Genauigkeit ungefähr der für eine Datenerhebungsintensität von 10% (die Methode Ordinary Kriging ist am besten geeignet, dann gefolgt von RBF und IDW), obwohl die Genauigkeit der Datenerhebungsintensität von 1% geringer als der Intensität 10% ($I_{1\%} = 1,81\%$ und $I_{10\%} = 32,51\%$). Die Verteilung der Dichte - Klassen zeigt, dass die Methode Kriging (Durchschnittliche Genauigkeit = 34,79%) besser als die anderen Methoden (IDW=30,84% und RBF=31,88%) ist. Folgende Kreuztabellen 4-46, 4-47, 4-48 zeigen die Verteilungen der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% im Plot PB3.

Tabelle 4 - 46: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	3.50	5.10	8.60	40.70
Nicht Wald	65.00	26.40	91.40	28.88
Summe (ha)	68.50	31.50	100.00	
%	5.11	83.81		

Tabelle 4 - 47: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	2.50	6.10	8.60	29.07
Nicht Wald	61.60	29.80	91.40	32.60
Summe (ha)	64.10	35.90	100.00	
%	3.90	83.01		

Tabelle 4 - 48: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 3

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Aufgelöst_tS	Nicht Wald		
Aufgelöst_tS	3.30	5.30	8.60	38.37
Nicht Wald	68.20	23.20	91.40	25.38
Summe (ha)	71.50	28.50	100.00	
%	4.62	81.40		

4.3.5.4. Simulation für den Plot PB4

Die Simulationsergebnisse für den Plot PB4 beinhalten die Dichte - Klassen Dicht_fS und Feuchtgebiet_P, geprüft mit den Ansatzmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF. Die folgende Abbildung 4-42 stellt die Interpretationsergebnisse im Zusammenhang mit der Klassifizierung der Satellitendaten vor.

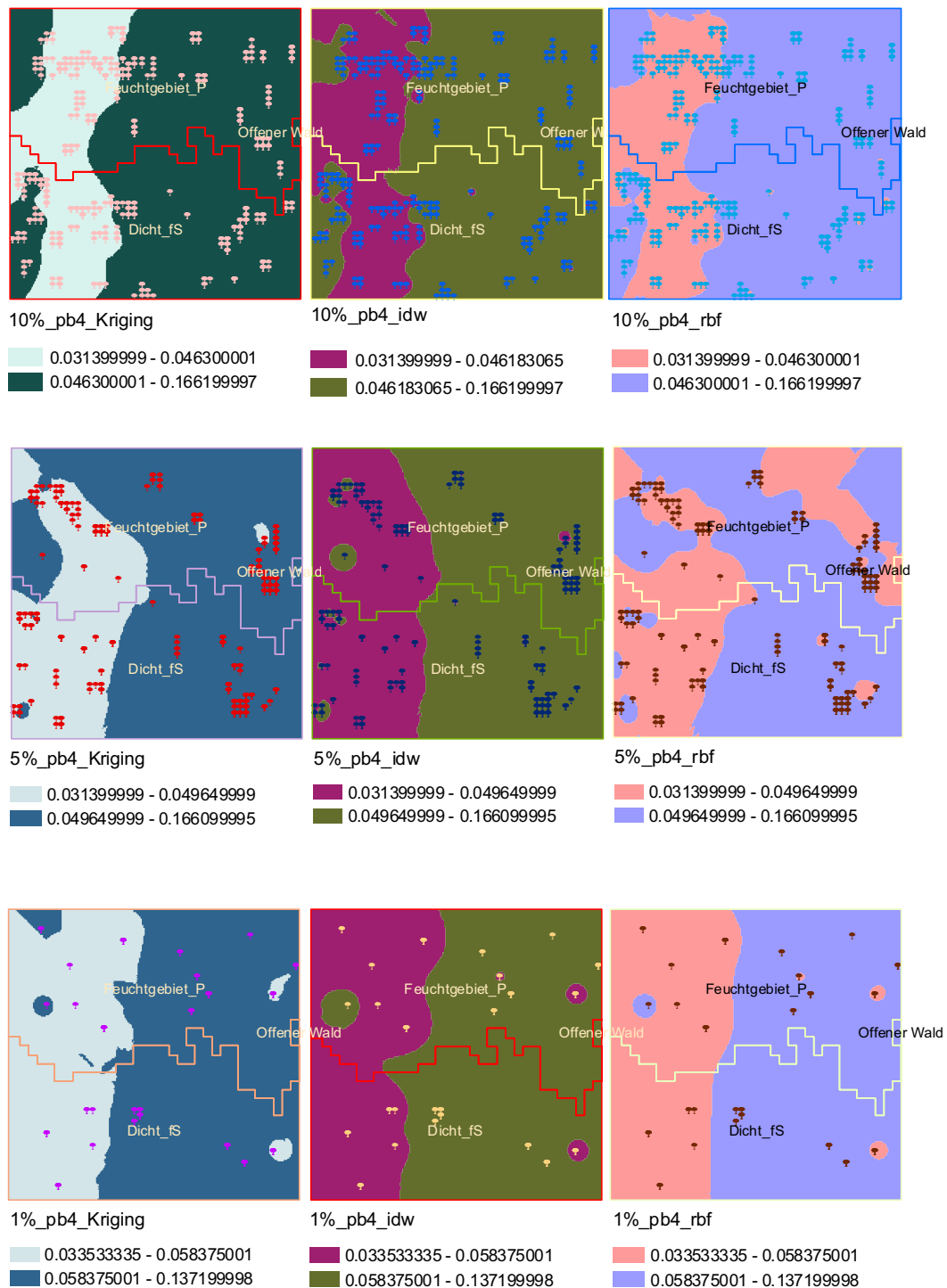


Abbildung 4 - 42: Die Ansatzmethoden *Ordinary Kriging*, *Radial Basic Functions* und *Inverse Distance Weighing* für eine Datenerhebungsintensität von 10%, 5% und 1% im Plot PB 4

Für die Intensität 10% zeigt das Ergebnis der Ansatzmethode *Ordinary Kriging* (Durchschnittsgenauigkeit 50,81%) bessere Werte als die andere Methoden (IDW = 48,61% und RBF = 47,51%). Die Trennbarkeit der Dichte - Klassen ist in diesem Plot eindeutig von hoher Genauigkeit. Insbesondere für die Dichte - Klassen Feuchtgebiet_P ist die Trennbarkeit ausgezeichnet (bis zu 76,46 % Genauigkeit). Die ausführlichen

Informationen der verwendeten Ansatzmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF für die Probeintensität 10% werden in den folgenden Kreuztabellen dargestellt (Tabellen 4-49, 4-50, 4-51).

Tabelle 4 - 49: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	11.80	35.10	46.90	25.16
Feucht_P	12.50	40.60	53.10	76.46
Summe (ha)	24.30	75.70	100.00	
%	48.56	53.63		

Tabelle 4 - 50: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	11.50	35.40	46.90	24.52
Feucht_P	14.50	38.60	53.10	72.69
Summe (ha)	26.00	74.00	100.00	
%	44.23	52.16		

Tabelle 4 - 51: Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 10% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	12.20	34.80	47.00	25.96
Feucht_P	16.40	36.60	53.00	69.06
Summe (ha)	28.60	71.40	100.00	
%	42.66	51.26		

Für die Probeintensität 5% wurde ein ähnliches Ergebnis wie für die Probeintensität 10% erhalten, wobei die Ansatzmethode Ordinary Kriging (Durchschnittsgenauigkeit 55,02%) die besten Ergebnisse im Vergleich mit den anderen Methoden (IDW 50,15% und RBF 47,47%) erzielte. Im Folgenden werden die Kreuztabellen (Tabellen 4-52, 4-53, 4-54) für die Probeintensität 5% im Plot PB4 dargestellt.

Tabelle 4 - 52 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	16.10	30.80	46.90	34.33
Feucht_P	12.90	40.20	53.10	75.71
Summe (ha)	29.00	71.00	100.00	
%	55.52	56.62		

Tabelle 4 - 53 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	17.10	29.80	46.90	36.46
Feucht_P	19.20	33.90	53.10	63.84
Summe (ha)	36.30	63.70	100.00	
%	47.11	53.22		

Tabelle 4 - 54 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 5% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	16.00	30.90	46.90	34.12
Feucht_P	20.80	32.30	53.10	60.83
Summe (ha)	36.80	63.20	100.00	
%	43.48	51.11		

Bei der Probeintensität 1% ergab die Simulation ein ähnliches Ergebnis wie bei den Probeintensitäten 10% und 5% für die drei Ansatzmethoden Ordinary Kriging, IDW und RBF. Die Ansatzmethode Ordinary Kriging (Durchschnittsgenauigkeit 47,42%) schnitt besser ab als die anderen Ansatzmethoden (IDW 46,73% und RBF 46,39%). Die folgenden Kreuztabellen (4-55, 4-56, 4-57) zeigen die ausführlichen Informationen.

Tabelle 4 - 55 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode Ordinary Kriging im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	16.30	30.60	46.90	34.75
Feucht_P	21.20	31.90	53.10	60.08
Summe (ha)	37.50	62.50	100.00	
%	43.47	51.04		

Tabelle 4 - 56 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode IDW im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	15.30	31.60	46.90	32.62
Feucht_P	20.80	32.30	53.10	60.83
Summe (ha)	36.10	63.90	100.00	
%	42.38	50.55		

Tabelle 4 - 57 Verteilung der Dichte - Klassen für eine Datenerhebungsintensität von 1% nach der Ansatzmethode RBF im Plot PB 4

Klassendichte	Interpretierte Klassendichte		Summe (ha)	%
	Dicht_fS	Feucht_P		
Dicht_fS	16.40	30.50	46.90	34.97
Feucht_P	22.40	30.70	53.10	57.82
Summe (ha)	38.80	61.20	100.00	
%	42.27	50.16		

Auf die möglichen Schlussfolgerungen aus den Stichprobensimulationen wird in der Diskussion näher eingegangen (Kapitel 5.2.5.)

4.3.6. Sozial-ökonomische Daten

Die sozial-ökonomischen Daten des Distrikts Kendawangan, nämlich die Gebietsgröße, Bevölkerungszahl sowie die Bevölkerungsdichte werden in der Tabelle 4-58 gezeigt.

Tabelle 4 - 58: Sozial-ökonomische Daten

Subdistrikt	Gebietsgröße (km ²)	Bevölkerungszahl	Bevölkerungsdichte (km ²)
Kendawangan Kiri	1.329,43	8.151	6
Banjarsari	524,40	2.751	5
Kendawangan Kanan	1.248,42	2.764	2
Pangkalan Batu	960,39	1.890	2
Bangkal Serai	399,29	5.741	2
Air Hitam Besar	1.397,17	7.183	5
Summe	5.859,10	28.480	5

Tabelle 4-59 gibt Auskunft über regionale Einkommensverhältnisse und Wachstum im Distrikt Kendawangan.

Tabelle 4 - 59: Regionale Einkommensverhältnisse und Wachstum

Jahr	PDRB		Bevölkerung	
	Einkommen (Mio.Rp.)	Wachstum (%)	Summe (Mio.)	Wachstum (%)
1993	35470,64	-	20,38	-
1994	39492,94	11,34	20,66	1,4
1995	44773,51	13,37	20,94	1,35
1996	48928,59	9,28	21,23	1,37
1997	53284,36	8,9	21,5	1,29

Bemerkungen:

PDRB: Regional Product Domestic Brutto

1 EURO entspricht ca. 10.000 Indonesiens Rupiah

Die folgende Tabelle 4-60 stellt die Bevölkerungszahlen in den verschiedenen Subdistrikten der Stadtverwaltung Ketapang in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien, in den Jahren 1990, 1998 und 1999 dar und gibt dazu das prozentuale Wachstum an.

Tabelle 4 - 60: Bevölkerungszahlen und prozentuales Wachstum in den verschiedene Subdistrikten der Stadtverwaltung Ketapang

Distrikt	Bevölkerungszahlen			Wachstum (%)
	1990	1998	1999	
Kendawangan	19.498	23.641	28.480	4,85
Manis Mata	14.327	16.592	16.897	2,08
Marau	14.940	27.718	28.229	8,28
Jelai Hulu	12.110	12.900	12.999	0,89
Tumbang Titi	17.747	33.998	34.625	8,71
Matan Hilir Selatan	44.567	50.364	50.680	1,62
Matan Hilir Utara	57.303	68.328	69.823	2,50
Nanga Tayap	18.205	22.921	22.922	2,92
Sandai	23.840	28.300	28.547	2,28
Sungai Laur	10.121	12.240	12.301	2,47
Simpang Hulu	23.943	27.388	27.841	1,90
Sukadana	13.601	16.035	16.130	2,15
Simpang Hilir	18.570	20.974	21.021	1,56
Telok Batang	23.455	26.508	26.913	1,73
P.Maya Karimata	14.150	15.103	15.229	0,92

4.3.7. Veränderungsprozesses im Reservat Muara Kendawangan

Der Vergleich der Klassifizierung der Satellitendaten vom 1995, 1998 und 2000 zur Ermittlung des Veränderungsprozesses im Gebiet des Reservats wurde mit der *Post-Classification Comparison Change Detection* durchgeführt. Die folgenden Tabellen zeigen die Veränderungen in der Walddichte (Diche-Klassen 1 – 12) für Muara Kendawangan (Tabelle 4-61, 4-62).

Tabelle 4 - 61: Veränderung der Dichte - Klassen zwischen den beiden Jahren 1995 und 1998 im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan

1995	Satellitenaufnahme 1998												Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1724	365	789	185	516	74	115	210	74	113	56	50	4271
2	601	8402	502	315	1122	201	951	742	812	486	645	702	15481
3	189	605	331	124	312	114	12	154	34	111	158	114	2258
4	45	50	14	2493	52	10	321	65	20	11	12	32	3125
5	12	12	82	31	7728	25	102	21	34	18	29	21	8115
6	114	12	13	18	23	109	12	14	28	23	15	31	412
7	2	4	15	121	231	13	3854	322	421	1215	214	1633	8045
8	150	215	2	24	2854	12	42	1989	11	44	18	71	5432
9	11	111	62	16	2034	225	58	25	11837	54	121	25	14579
10	6	158	24	18	4752	134	124	31	554	47086	4554	6100	63541
11	3	13	1	142	2712	42	47	24	121	71	348	25	3549
12	75	12	18	2	2554	3	125	458	6647	116	3834	36	13879
Gesamt	2932	9959	1853	3489	25522	962	5763	4055	20593	49348	10004	9619	
Veränderung (%)	41	16	82	29	70	89	33	51	43	5	97	100	

Tabelle 4 - 62: Veränderung der Dichte - Klassen zwischen Jahren 1995 und 2000 im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan

1995	Satellitenaufnahme 2000												Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1903	265	635	185	311	121	650	210	74	619	56	89	5118
2	601	8405	55	454	325	444	568	684	1625	910	1365	2641	18077
3	112	266	910	124	312	114	136	154	534	511	658	514	4345
4	32	35	12	1518	52	258	321	165	123	11	212	112	2851
5	12	12	56	22	7599	25	0	21	34	18	29	21	7849
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	125	4	12	132	231	0	3692	318	312	215	24	355	5420
8	65	126	2	247	245	0	42	1965	11	44	37	71	3855
9	11	684	35	55	625	0	58	25	16580	805	825	183	19886
10	6	112	24	57	454	0	124	31	554	46128	4686	5858	58034
11	3	24	87	23	244	0	47	24	121	71	87	0	731
12	62	26	25	23	124	0	125	458	625	16	725	36	16775
Gesamt	2932	9959	1853	3489	25522	962	5763	4055	20593	49348	10004	9619	
Veränderung (%)	35	16	51	56	70	100	36	52	19	7	99	100	

Die gefundenen Veränderungen werden in Kapitel 5.2.3. beschrieben und diskutiert.

4.3.8. Erstellung der Risikokarte

Das Risiko für die Waldbrände im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan wurde in 4 verschiedene Risiken eingestuft:

- Stufe I : geringes Risiko für möglichen Waldbrand in der Zukunft. Diese Stufe betrifft 811 Ha im Gebiet.
- Stufe II: mittleres Risiko für möglichen Waldbrand in der Zukunft. Diese Stufe betrifft

16.910 Ha im Gebiet.

- Stufe III: hohes Risiko für möglichen Waldbrand in der Zukunft. Diese Stufe betrifft 73.253 Ha im Gebiet.
- Stufe IV: sehr hohes Risiko für möglichen Waldbrand in der Zukunft. Diese Stufe betrifft 54.727 Ha im Gebiet.

Folgende Tabelle 4-64 stellt die Verteilung des Feuerrisikos als mögliche betroffene Waldbrände in der Zukunft dar.

Als weiterer Risikofaktor wird die Zugänglichkeit des Gebietes für die lokale Bevölkerung und die damit verbundenen Nutzungsmöglichkeiten der Wälder angesehen. Insbesondere entlang der Wasserstrassen wird angenommen, dass der Wald bis zu 1500 m Entfernung vom Flusslauf einer größeren Gefährdung unterliegt. Insgesamt 55.133 ha des Untersuchungsgebietes im Bereich dieser Einflußzonen.

Zusätzlich wird angenommen, dass im Umkreis von Siedlungen durch die zunehmende Verdichtung der Bevölkerung (siehe Kapitel 3.3.5. und 3.3.6.) eine potentiell höhere Gefährdung durch anthropogene Einflüsse für die Wälder besteht. Dies trifft vor allem auf die 5 wichtigste Dörfer im Distrikt Kendawangan zu: Kendawangan Kanan, Mangkul, Banjarsari, Bangkal Sari und Trans-Banjarsari. Diese Dörfer stehen auf entlang der Flüsse Kendawangan und Membuluh.

Als Beispiel für eine Risikokarte wird im Folgenden die Einschätzung des Risikos für künftige Waldbrände dargestellt (Abbildung 4-43), Sämtliche anderen Risikokarten sind im Anhang (Karte 1, 2, 3) dokumentiert.

RISIKOKARTE IM RESERVAT MUARA KENDAWANGAN

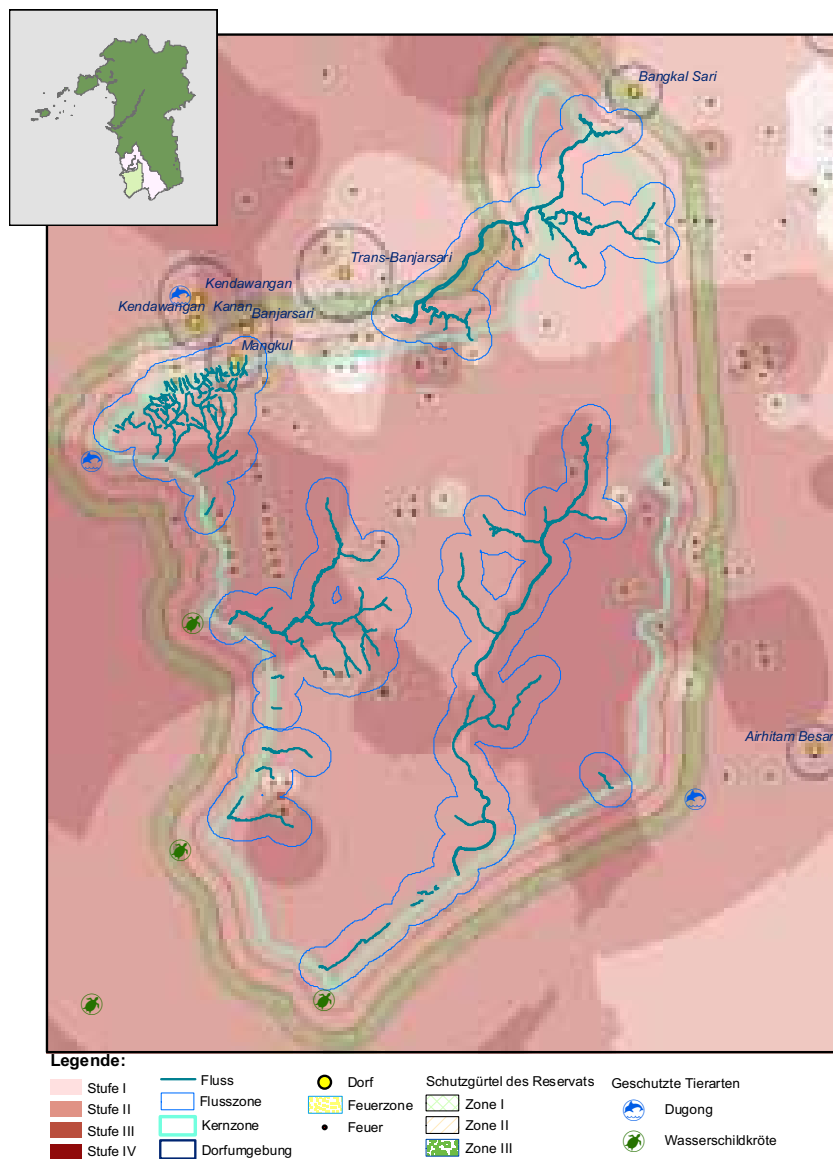


Abbildung 4 - 43: Prognosekarte für Waldbrandrisiko im Reservat Muara Kendawangan

5. DISKUSSION

5.1. Diskussion Material und Methode

In dieser Untersuchung wurde eine Klassifizierungstechnik zur Landevaluierung des Gebietes entwickelt, wobei die wichtigsten Landschaftsinformationen sowie die limitierenden Faktoren sich an der Klassifizierungstechnik nach FAO (1986) orientieren. Dies ist wichtig, weil die bisherige Landevaluierung im Gebiet ebenfalls der FAO-Kriterien (1986) durchgeführt wurde. Diese vorhandenen Daten sind allerdings ungenau und inzwischen veraltet, da sie lange nicht aktualisiert wurden. Die vorliegende Untersuchung liefert auf Basis der alten FAO-Daten aktuelle und vor allem wesentlich detailliertere Ergebnisse. Im Unterschied zum groben FAO-Verfahren von 1986 wurden jetzt Zusammenhänge zwischen einzelnen Teilbereichen wie z.B. Vegetation, Boden, Klima und sozioökonomischen Aspekten mit Hilfe des GIS in einem integrierenden Ansatz zusammengeführt.

Am Beispiel des Untersuchungsgebiets wurden räumliche Aspekte und andere Landschaftsinformationen wie land system, Landbedeckung, Landnutzung, Landeignung und Bodenpotential berücksichtigt. Des Weiteren wurden ökologische (Artendiversität etc.) und sozio-ökonomische Faktoren mit einbezogen sowie dem Einfluß natürlicher Katastrophen (z.B. Waldbrände) Rechnung getragen. Die Einschätzung der FAO (1984), dass die Landevaluierung die regionalen Voraussetzungen bzw. Aspekte wie Technologie und Management der Landnutzungstypen berücksichtigen sollte, wird durch die vorliegende Arbeit bestätigt. Es ist gelungen, die unterschiedlichen Einflussfaktoren gleichermaßen zu berücksichtigen.

Die vorliegende Dissertation verfolgt einen Ansatz der anwendungsorientierten Ökosystemforschung (siehe dazu Schönthaler und Köppel 1999) und erweitert diesen um sozio-ökonomische Faktoren und landschaftsbezogene Informationen. So war es möglich auf Basis eines integrierten Modells ein satellitengetragenes Inventursystem zur Erfassung und Beobachtung der Entwicklung des tropischen Regenwaldes in der Provinz West-Kalimantan zu entwickeln.

5.2. Diskussion Ergebnisse

In dem Gebiet des Reservates Muara Kendawangan kommen sowohl verschiedene geschützte Tierarten, als auch hochwertige Kapitalholzarten vor. Dadurch ist dieses Gebiet in mehrfacher Hinsicht sehr wertvoll, gleichzeitig aber auch durch anthropogene Störungen gefährdet, welche eine Kette von Degradierungsprozessen

nach sich ziehen. Vor allem die Eigenschaften der Böden können sich unter tropischen Klimabedingungen schnell zum Negativen verändern.

Es konnte gezeigt werden, dass die limitierenden Faktoren für die Ausübung von Landwirtschaft immer größer werden.

Von 1995 bis 2000 hat sich das Gebiet durch Degradierung stark verändert (29.696 ha). Die Hauptursache sind die illegalen Holzfällarbeiten der Bevölkerung und Waldbrände. Allein in der Folge einer Überflutung im Jahr 1998 wurden knapp 80% dichter Sekundärwaldfläche weiter aufgelockert und degradiert (siehe S.123) was aus den Untersuchungsdaten dieses Zeitraums hervorgeht.

5.2.1. Interpretation und Ausblick

Die angewandte Landevaluierung unterteilt das Bodenpotential, die Landeignung und Landbedeckung in 3 verschiedene Klassen und 3 Subklassen (siehe Tabelle 4-2). Die Einstufung sollte auch Grundlage für die Ableitung Schutz- und Pflegemaßnahmen für das Gebiet sein.

In dieser Untersuchung wurden 10 verschiedene land systems, 11 Landbedeckungen und 11 grobe Kategorien der Dichte - Klassen für die Hauptbaumarten für die Beschreibung des Geländes im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan definiert. Nach GIS Analysen können aus den land systems, der Landbedeckung, der Landeignung und dem Bodenpotential im Untersuchungsgebiet 2 wichtige Aussagen abgeleitet werden:

- (1) Die Bodenpotentialbewertungen für die land systems Puting, Kajapah, Kahayan, Beliti, Serimbang, Segintung, Honja und Palakunai entsprechen weitgehend auch der tatsächlichen Eignung der Gebiete für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung.
- (2) Insbesondere im Bereich Sumpfwald, nämlich in den land systems Klaru und Mendawai ist die Beziehung zwischen Bodenpotentialwerten und der Landeignung so eindeutig wie unter Punkt 1 beschrieben. Die Bodenpotentialwerte wurden noch in die Klasse B (Subklassen B1 und B2) eingestuft, jedoch gibt es gemäß den Landeignungswerten keine Möglichkeit, diese Gebiete zu bepflanzen (siehe Tabelle 4-3). In Bezug auf die Bodenbeschaffenheit (Textur (t)) und Bodenfruchtbarkeit (n) sind diese Gebiete nur eingeschränkt bewirtschaftungsfähig. Diese limitierenden Faktoren werden bei der Gesamtbewertung des Bodenpotentials zwar berücksichtigt, trotzdem wären diese Bereiche potentiell für den Ackerbau geeignet. Dass eine Bewirtschaftung aber ausgeschlossen ist, liegt an dem

Vorhandensein von toxischen chemischen Elementen im Boden (Pyrit (FeS_2) und Aluminium (Al)).

Schon Ilham (1997) bestätigt, dass im Bereich des Bodentyps Organosol im Sumpfwald des indonesischen Teils Borneos (Kalimantan), önnen waldbauliche Pflanzen wegen des im Boden enthaltenen Aluminium gar nicht oder nur schwer überleben können.

Balitra Banjarbaru (2003) hat die sumpfige Ebene im indonesischen Teils Borneos (Kalimantan) in 3 verschiedene physiographische Typen unterteilt: Alluvium, Torfgebiet und Strand. Insbesondere im Strandbereich enthält der Boden meist Pyrit (FeS_2).

Zurzeit gibt es für das Reservat Muara Kendawangan keine weiteren Informationen über den Chemikaliengehalt der Böden (Balitra Banjarbaru, 2003). Für die genaue Beschreibung des Reservates Muara Kendawangan bzw. die typischen Eigenschaften des Gebietes sind weiterführende Forschungen notwendig.

5.2.2. Klimafaktoren und mögliche Naturkatastrophen

Der Niederschlag ist einer der wichtigsten Faktoren für die Landeignung und das Bodenpotential. Der Niederschlag hat eine lineare Beziehung mit der Wolkenbedeckung. Je größer die Wolkenbedeckung, desto höher der Niederschlag. Diese Faktoren haben auch Einfluss auf die Intensität der Sonnenschein und die Feuchtigkeit, welche sich auf das Vorkommen von Waldkrankheiten auswirken. Als Kriterien zur Landevaluierung benötigt man für die Basisanalyse die Klimafaktoren Temperatur, Trockensaison und Niederschlag (CSR/FAO Staff, 1983). Diese wurden in dieser Untersuchung genutzt. Außerdem gilt der Niederschlag in diesem Fall als die Wasserversorgung für die Pflanzen. Er beeinflusst auch die Schwankungen der Landeignung, insbesondere das vegetative und generative Wachstum (Trojer, 1976). Das Gebiet weist hohe Niederschläge (3.336 mm im Jahr) und Feuchtigkeit (85,55%) auf. Flora und Fauna sind auf diese hohe Wasserversorgung eingestellt. Insbesondere die regenabhängige Landwirtschaft ist betroffen: Bei schlechter Wasserversorgung durch geringen Niederschlag kommt es zu Wasserstress für die Reispflanzen, welche dann schwach und welk werden. Dies ist selbstverständlich sehr schlecht für die Physiologie der Pflanzen (FAO, 1983).

Die anderen Faktoren welche vom Niederschlag abhängen sind die Temperatur (durchschnittlich $26,81^\circ\text{C}$) und die Sonnenbedeckung (durchschnittlich 67,91%). Sie beziehen sich im Tropenwald auf die Albedo (das Rückstrahlvermögen) als Indikator für

am Boden absorbierte Energiemenge. Je größer die Albedo (geringe Abschöpfung), desto dürre der Gelände. D.h. weniger Materialien bedecken den Boden, damit wird die Rückstrahlung größer als die Abschöpfung. Wenn die Abschöpfung der Sonnenenergie zu gering ist, bedeutet dies auch weniger Evaporation im Boden und damit eine weitere Abnahme der Temperatur.

Als mögliche Naturkatastrophen im Reservat Muara Kendawangan kommen vor allem zwei mögliche Ursachen in Frage. Diese sind Waldbrand und Überflutung.

Typisch für die Waldbrände im tropischen Regenwald ist, dass die Glut noch lange im Tiefboden aktiv bleibt, auch wenn oberflächlich nichts mehr brennt. Dies ist wegen der Bodentypen mit einer dicken Torfschicht und organischem Material als Decklage möglich. FAO (2001) berichtete, dass eine ähnliche Waldbrandursache auch in der Feuchtgebieten Heidewald und degradierter Torf- und Sumpfwald im Bereich Peninsular Malaysia gefunden wurde.

Mögliche Überflutungsgebiete befinden sich in den Tälern des Hügelgeländes, Flussmündungen in den offenen Wäldern an den Ufern, ehemaligen Kahlschlägen und „illegal logging“-Flächen. Insbesondere die land systems PLN, SGT und SRM sowie ab und zu PTG sind am häufigsten von Überflutungen betroffen (siehe Abbildung 4-1). Dies ist ein Grund für die geringen Zuwächse und das langsame Wachstum der Hauptbaumarten in diesen Gebieten. .

Besonders hoch gefährdet sind aufgrund der limitierenden Faktoren, der Prognosekarte für Waldbrände und anthropogener Einflüsse die land systems Segintung (SGT) und Serimbang (SRM). Diese beiden haben Bodeneigenschaften bzw. limitierende Faktoren (Überflutung (i), Textur (t), Bodentiefe (d), Drainage (w) und Bodenfruchtbarkeit (n)), die sehr schwer einschränkend wirken und gleichzeitig wenig Möglichkeiten für Meliorationsmassnahmen bieten.

5.2.3. Satellitendatenauswertung und Veränderungsprozess im Gebiet

In Bezug auf die Zielsetzung der Arbeit spielen die Auswertung der Satellitendaten, das Arbeitsverfahren und die Vorbereitungen vor der Segmentierung und Klassifizierung zum Aufbau der GIS Datenbanken, die Rektifizierung und Korrekturen, Subsets, Szenenaufbau als Bildkomposit zur natürlichen Darstellung sowie Visualisierung sind eine wichtige Rolle für die Ergebnisse. Was in diese Untersuchung insbesondere hervorgebracht hat, ist das Verbesserungsmodell für die Visualisierung. Dies ist hilfreich und ausgezeichnet zur besseren Interpretation der Daten. Allerdings besteht eine Abhängigkeit vom Bearbeiter oder Interpreten. Geschultes Personal, die

Anwendung von dokumentierten Interpretationsschlüsseln und die Erfahrung der Interpreten einschliesslich der Kenntnis des Gebietes sind wichtige Faktoren für gute Interpretationsergebnisse.

Die mittlere Auflösung der Satellitendaten Landsat ETM eignet sich besonders für die Auswertungen zum Zweck der Flächensegmentierung.

Eines des wichtigen Ergebnisses der Untersuchung ist die Dokumentation der Flächenveränderungen über 5 Jahre im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan. In folgender Abbildung (5-1) werden die Veränderungen in den Jahren 1995, 1998 und 2000 dargestellt.

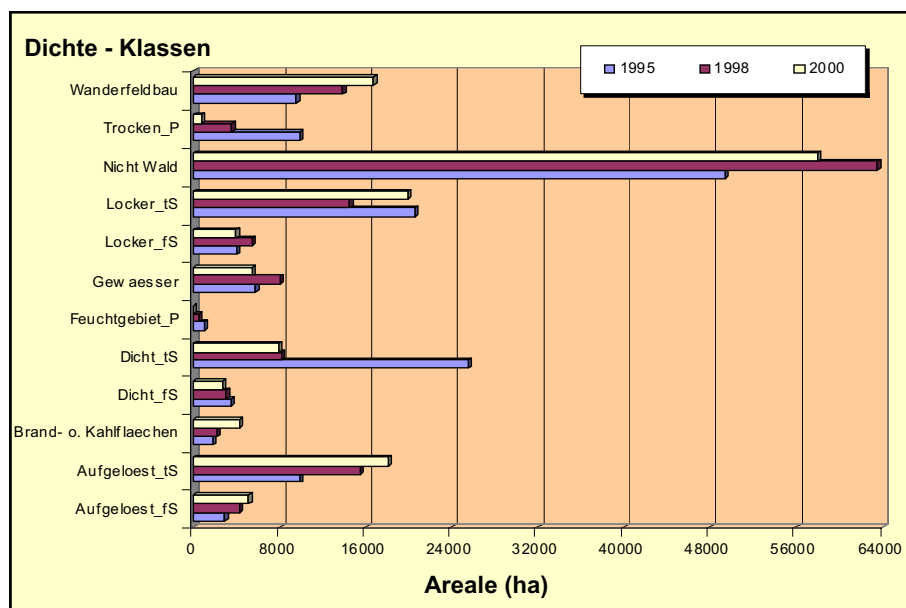


Abbildung 5 - 1: Darstellung des Veränderungsprozesses im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Ausführliche Darstellungen der Klassifizierungsergebnisse der Satellitendaten sowie des räumlichen Veränderungsprozesses im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan finden sich im Anhang (8-4 und 8-5). Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass das Gebiet bis zum Jahr 2000 einer permanenten Veränderung und Degradierung unterliegt. Die Dichte - Klassen der Hauptbaumarten Dicht_tS und Trocken_P sind besonders stark gefährdet, obwohl gleichzeitig auch ein Sukzessionsprozess stattfindet (Aufgelöst_tS, Aufgelöst_fS und Wanderfeldbau).

Tabelle 5 - 1: Veränderungsprozess im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan von 1995 bis 2000 (in ha)

Klassendichte ¹⁾	Areale 1995	Areale 1998	Areale 2000	Veränderungen 1995-1998	Veränderungen 1998-2000	Veränderungen 1995-2000
Aufgeloest_fS	2.932	4.271	5.118	1.339	847	2.186
Aufgeloest_tS	9.959	15.481	18.077	5.522	2.596	8.118
Brand- o. Kahlflaechen	1.853	2.258	4.345	405	2.087	2.492
Dicht_fS	3.489	3.125	2.851	- 364	- 274	- 638
Dicht_tS	25.522	8.115	7.849	- 17.407	- 266	- 17.673
Feuchtgebiet_P	962	412	-	- 550	- 412	- 962
Gewaesser	5.763	8.045	5.420	2.282	- 2.625	- 343
Locker_fS	4.055	5.432	3.955	1.377	- 1.477	- 100
Locker_tS	20.593	14.579	19.886	- 6.014	5.307	- 707
Nicht Wald	49.348	63.541	58.034	14.193	- 5.507	8.686
Trocken_P	10.004	3.549	731	- 6.455	- 2.818	- 9.273
Wanderfeldbau	9.619	13.878	16.775	4.259	2.897	7.156

Bemerkung: - Positive Zahl (+) auf die Veränderung entspricht eine ermögliche Sukzession, ansonst ist das eine Degradierung von Bedeutung (-)

¹⁾ Abkürzungen für die Dichte - Klassen haben die gleiche Bedeutung wie besprochene Kapitel 3.3.3.3. (siehe Tabelle 3-1).

Im Zeitraum von 1995 – 1998 wurde eine Vegetationsfläche von 30.790 ha degradiert und 29.377 ha neu von Vegetation bewachsen. Zwischen 1998 und 2000 wurde eine Größe von 29.696 ha degradiert und 26.146 ha wieder mit Vegetation bedeckt.

Es liesse sich aus den Zahlen schliessen, dass die Dynamik in dem Gebiet weniger problematisch ist, da die degradierten Flächen schnell wieder durch natürliche Sukzession wieder begrünt und auch wieder bewaldet werden. Qualitativ ist die neue Sekundärvegetation aber deutlich schlechter. Es dominiert Alang-alang-Gras (*Imperata cylindrica*), ausdauernde Kräuter und Pionierbaumarten (Sukzessionsphase 3 nach Burschel und Huss, 1997). Ob jemals, und wenn wie klangt es dauert, bis nach Waldbränden oder Kahlschlägen sich eine dem Primärwald vergleichbare Waldformation wieder entwickeln kann, ist sehr fraglich.

Besonders problematisch ist die Verbreitung des schon erwähnten Alang-alang-Grases Friday, Drilling und Garrity (1999) beschreiben das flächenhafte Auftreten dieser Spezies im tropischen Regenwald nach Waldbränden oder Kahlschlag. Die arttypische Verbreitung des Grases durch Wurzelsprosse sowie durch Wind, Vögel und Tiere begründet seine Dominanz auf freien Flächen. Als sogenannten Feuer-klimax-vegetation kann Alang-alang-Gras sehr beständig mit geringem Bodennährstoff überlebt und hemmt gleichzeitig das Wachstum einiger Baumarten durch Allelopathie-Stoffe.

Die Eindämmung der Alang-alang Gras Ausbreitung kann nur über die Vermeidung von Kahlflächen erreicht werden oder durch schnellen Kronenschluss von Pionierbaumarten.

Die Degradierung des Gebietes wird auch deutlich durch einen Vergleich der Durchmesser- und Verteilung der Hauptbaumarten in den terrestrisch aufgenommenen Probeplots (Abbildung 5-1) zu verschiedenen Zeitpunkten. .

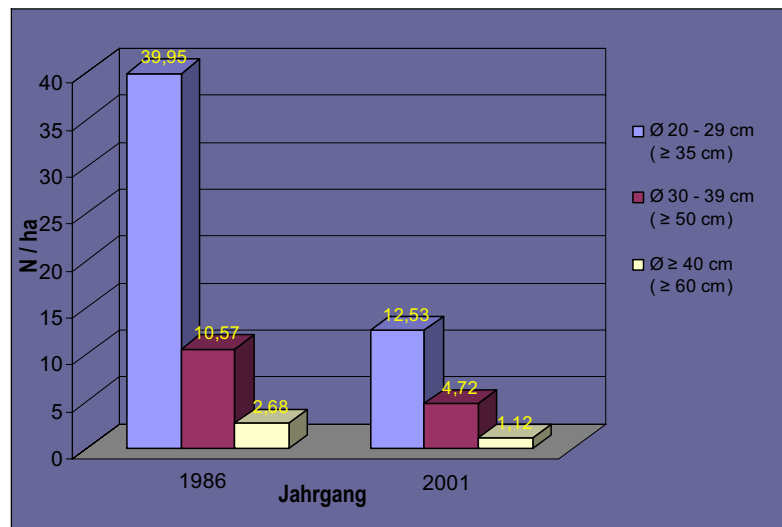


Abbildung 5 - 2: Durchmesser- und Verteilung der Hauptbaumarten 1986 und 2001

5.2.4. Terrestrische Vegetationsaufnahme

▪ Inventurverfahren

Im Abschnitt 4.3.2 wurden die Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen von Plot PB1 bis Plot PB4 dargestellt. Die Zahl der zu den Hauptbaumarten gehörenden Bäume beträgt 19 Bäume für den Plot PB1, 16 Bäume für den Plot PB2, 8 Bäume für den Plot PB3 und 30 Bäume für den Plot PB4. Der Plot PB4 hatte die höchste Zahl im Vergleich mit den anderen Plots; der durchschnittliche Durchmesser ist in diesem Plot dagegen aber der kleinste (27,3 cm). Aus diesen Merkmalen kann man für den vorkommenden Waldzustand im Bereich schließen, dass im Plot PB4 junge und relativ gleichaltrige Bestände vorkommen. Voraussichtliche Ursache ist die Sukzession der Vegetation im Gelände als Folge früherer Waldbrände (vor etwa 25 – 30 Jahren).

In den Tabellen 4-8, 4-9, 4-10 und 4-11 findet sich als häufigste Baumart (N/ha) die Hauptbaumart Meranti (*Shorea* sp.) mit 21% von der gesamten Population im Plot PB1, 25% im Plot PB2 und PB3 sowie 23,3% für den Plot PB4, gefolgt von den Hauptbaumarten Ramin (*Gonystylus bancanus*), Sindur (*Sindora* spp.), Jelutung (*Dyera costulata*) und Kempas (*Koompassia malaccensis*).

▪ Artendiversität, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung von der Hauptbaumarten

Aufgrund der Art der Vegetationsaufnahme bzw. Dichte, Dominanz und Frequenz der Vegetation sowie IVI-Berechnung, Artenreichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung von Hauptbaumarten gelten diese Ergebnisse nur unter der Voraussetzung, dass sie nicht übertragbar auf die gesamte Diversität der Vegetation im Reservat Muara Kendawangan sind. Sie sind nur verwendbar für die Verbreitung der als kommerzielle Baumarten bekannten Hauptbaumarten im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan Indonesien. Die Übertragbarkeit bezieht sich daher auf die Voraussetzung, dass eine Ähnlichkeit der räumlichen Bedingungen (z.B. die schwere Zugänglichkeit zu Ortschaften des Gebietes, Eigenschaften der Vegetation, Beschaffungsdaten wie Inventurverfahren, Landeignung, land system, Vielfalt der Vegetation, verfügbaren Materialien, etc.) gegeben ist.

Die vorhandenen Hauptbaumarten im Gelände, aus denen die IVI-Berechnung abgeleitet wurde, zeigen in allen Plots (PB1 bis PB4) eine ähnliche Verteilung. Die Baumart Meranti (*Shorea* sp.) ist sehr dominant auf dem Gebiet. Die Dominanz von Meranti kann auch mit dem Diversitätsindex von Shannon gezeigt werden. In Abbildung 5-3 wird die Gesamtheit der Hauptbaumarten im Gebiet dargestellt.

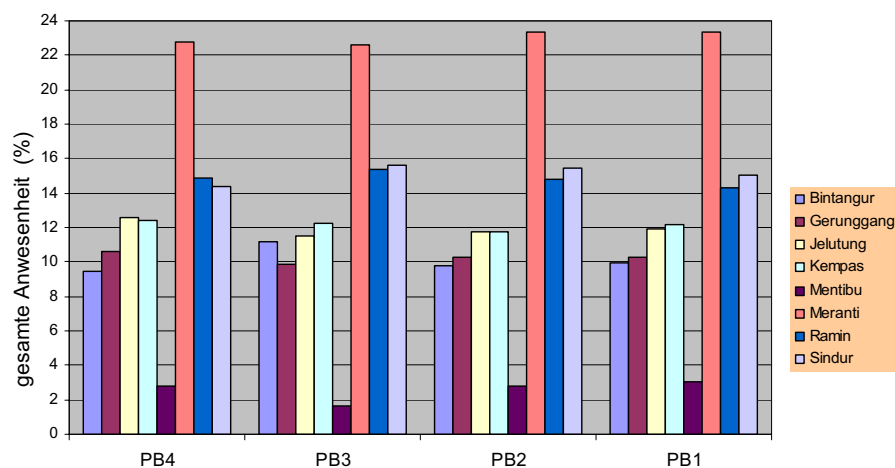


Abbildung 5 - 3: Darstellung zur Beweis für die gesamte Anwesenheit (%) der Hauptbaumarten in den Probeflächen Plot PB1 bis PB4 im Reservat Muara Kendawangan

Die Berechnung zu den vorkommenden Hauptbaumarten bzw. Dichte, Dominanz und Frequenz in der folgenden Tabelle (5–2) zeigt die höchste Dominanz für den Baumart Meranti im Gebiet.

Tabelle 5 - 2: Berechnung der Durchschnittswerte der gesamten Probefläche für Dichte, Dominanz und Frequenz

Hauptbaumart	Durchschnitt					
	Dichte	rel. Dichte	Dominanz	rel. Dom.	Frequenz	rel. Freq.
Bintangur	1.82	10.17	0.13	10.38	0.05	9.73
Gerunggang	1.88	10.23	0.13	10.09	0.06	10.47
Jelutung	2.17	11.72	0.15	11.64	0.07	12.52
Kempas	2.18	11.92	0.17	12.88	0.06	11.61
Mentibu	0.51	2.65	0.03	2.30	0.02	2.76
Meranti	4.35	23.70	0.30	23.41	0.12	21.96
Ramin	2.70	14.83	0.18	14.49	0.08	15.19
Sindur	2.66	14.79	0.19	14.81	0.09	15.75

Aus der Häufigkeit der Baumart Meranti auf dem gesamten Gebiet ist daher zu erklären, dass diese Gattung (lat. *Shorea*) bis zu 60 einzelne Spezies umfasst, während in der die anderen Baumarten in der Tabelle einzelne Arten darstellen. Allein aufgrund ihrer Häufigkeit und ihrem kommerziellen Wert ist die Baumart Meranti am stärksten gefährdet.

Für die Ermittlung der Artendiversität der Vegetation wurde der Shannon-Wiener-Index verwendet. Damit kann die Anzahl der Arten definiert werden. Aber es reicht nicht für die Beschreibung der Vegetation aus, weil für manche Situation nicht genügend Information zur Diversität der Vegetation herausgefunden wurde. Die Formel berücksichtigt nicht die Anzahl der Dominanz, sondern nur die relative Abundanz mit einem Index zwischen 0,0 und 1,0. In der vorliegenden Untersuchung zur Artendiversität der Vegetation kommen die Hauptbaumarten in den Plots PB1 und PB4 auf den gleichen hohen Wert für die Biodiversität (Shannonindex = 1,98). Obwohl die beiden Plots den gleichen Indexwert für die Artendiversität besitzen, zeigt sich im Feld aber in Wahrheit ein unterschiedlicher Wert für die gesamten Hauptbaumarten (PB1 = 1.792; PB4 = 2.998), weshalb für die weitere Ermittlung über relative Dominanz oder Häufigkeit, die relative Dichte und relative Frequenz sowie die IVI-Index und die Anwesenheit der Arten benötigt werden (Anhang 8-2). Im Plot PB4 kommen drei wichtige Hauptbaumarten vor: Meranti (*Shorea* sp.) mit einem Anteil von 22,80%, Ramin (*Gonystylus bancanus*) mit 14,89% und Sindur (*Sindora* sp.) mit 14,40%. Eine ähnliche Situation ergibt sich auch für die Plots PB3, PB2 und PB1: Hauptbaumarten (Meranti, Ramin und Sindur) haben im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten das größte Vorkommen.

Die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten (*Evenness Index*) im Gelände schwankt zwischen den Werten 0,94 und 0,95. Je höher die Gleichmäßigkeit, desto häufiger tritt eine maximal mögliche und proportionale Diversität auf.

5.2.5. Verbesserung der Leistung eines Satellitengetragenen Inventursystems

Die Nutzung der zusätzlichen Informationen von GIS bzw. der Fernerkundungsdaten dient der Flächeneinteilung zum Zweck der Sicherung der Leistungsverbesserung (Cochran, 1972). In dieser vorliegenden Untersuchung wurde eine Stratifizierung mit Hilfe der Klassifizierungsergebnisse von Satellitendaten durchgeführt, wodurch die verschiedenen Dichte - Klassen der Vegetation definiert wurden.

Eine Möglichkeit zur Leistungsverbesserung des satellitengetragenen Inventursystems besteht in der Veränderung der Datenerhebungsintensität der terrestrischen Vegetationsaufnahme. In dieser Untersuchung wird letzteres simuliert.

Die Simulationsergebnisse, die im Subkapitel 4.2.4 besprochen wurden, wurden mit 3 verschiedenen Ansatzmethoden, *Ordinary Kriging*, RBF und IDW geprüft. Die Abbildung 5–4 zeigt eine Vergleichsdarstellung für die Genauigkeit der angewendeten Ansatzmethoden zur Leistungsverbesserung eines satellitengetragenen Inventursystems im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien.

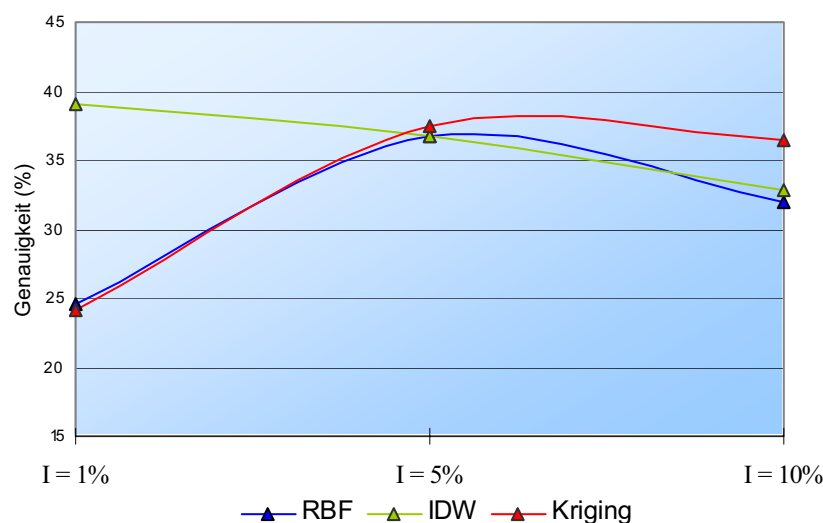


Abbildung 5 - 4: Vergleichsdarstellung der Genauigkeit für die angewendete Ansatzmethoden auf drei verschiedene Datenerhebungsintensität (I) zur Verbesserung der Leistung eines satellitengetragenen Inventursystems im Reservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan Indonesien

Aus der obigen Darstellung geht hervor, dass die Ansatzmethode IDW für eine Datenerhebungsintensität von 1% ein besseres Ergebnis erzielt als die anderen Methoden. Letztere, nämlich Ordinary Kriging und RBF, erweisen sich bei Intensitäten von 5% und 10% als die geeigneteren Methoden.

Eine Intensität von 1% der terrestrischen Datenaufnahme ist geeignet für eine Inventur zur langfristigen Planung in allgeimen Forstbetrieb im Indonesien (z.B. über einen Zeitraum von 20-Jahren der Forstplanung im Forstkonzession). Für die mittelfristigen Planungen kommen Datenerhebungsintensitäten von 5% und 10% in Frage.

5.3. Auswertung der sozialen und ökonomischen Daten

Die Auswertung der sozialen und ökonomischen Daten im Zusammenhang mit der Entwicklung von Schutzmaßnahmen für das Reservat Muara Kendawangan ist wichtig und sogar notwendig, weil die meisten Siedlungen ganz direkt am Rand des Untersuchungsgebietes sowie entlang der Flüsse Membuluh, Kendawangan und Air Hitam Besar liegen. Diese Flüsse sind besonders wichtig für die Ortschaften für alle Input-Output-Aktivitäten zum Austausch von Ressourcen des Gebietes innerhalb der Stadtverwaltung Ketapang bzw. des Distrikts Kendawangan und nach außerhalb.

In Abschnitt 4.3.6 zeigt die Information über die Bevölkerung in der Umgebung des Gebietes in den verschiedenen Subdistrikten, dass sich die Bevölkerung vom Dorf Kendawangan Kiri, Banjarsari, und Air Hitam Besar stark verdichtet. Dies gilt auch für das wirtschaftliche Einkommen und Wachstum der Bevölkerung. Dadurch muss die Verwaltung des Reservats Muara Kendawangan hier besonders auf mögliche Störungen achten.

Im Gelände mit Ackerbau oder Wanderfeldbau findet man typischerweise rechteckige/quadratische Felder bzw. regelmäßige Mosaike mit Pflanzenwachstum unterschiedlichen Alters, je nach Stadium des Regenerierungsprozesses. Im Feld sieht man das Gelände mit Wiese/Busch in Verbindung mit 1- bis 3-jährigem noch genutztem oder neuem Ackerbau, mit verschiedenem An- oder Jungwuchs. Stangenholz, Dickungen und hin und wieder Baumholz wachsen je nach ihren gesellschaftlichen Schichten an der Grenze der Felder. Diese schließen sowohl kleine Plots der intensiven Landwirtschaft als auch Baumgarten (Waldgarten) ein.

Die Siedlungen, die innerhalb des Reservates Muara Kendawangan liegen, konnten eindeutig festgelegt werden. Die Bewohner haben meistens zwei Berufe; sie sind Wanderfeldbauern und Fischer. Deshalb halten sie sich im Reservat nur als nomadisierende Bewohner auf, möglicherweise nur in der Wartezeit zwischen der Reife des Reisgetreides und der Fischfangsaison.

Wie für andere nomadische Siedler in der Nähe des Strandes, ist für ihre soziologische Verbreitungsstruktur typisch, dass sie am inneren Flussbereich, wegen

der Reife und Fangbedingungen nicht so weit vom Strand, ansässig sind. Solche Siedlungsstrukturen umfassen im land system Puting und Klaru eine Fläche von 78 ha im Bereich des Reservats Muara Kendawangan.

5.4. Zonierung und Risikokarte

Die folgenden Maßnahmen sollten in den drei verschiedenen Schutzgürteln des Reservats eingehalten werden:

- (1) Zone I enthält als absolute Schutzzone forstliche Schutzbepflanzung, um das Gebiet insbesondere für die Bodenerhaltung, Vielfalt der Vegetation und alle existierenden geschützten Tierarten zu sichern.
- (2) Zone II vertägt neben der Bepflanzung mit Bäumen auch Pflanzungen in Form des Waldfeldbaus (*Agroforestry*). Die Gewichtung der forstlichen zu sozial-ökonomischen Maßnahmen beträgt 75% zu 25%.
- (3) Zone III entspricht bezüglich der Maßnahmen Zone II. Jedoch kommt Sozialforstwirtschaft (*Socialforestry*) dazu. Die Gewichtung der forstlichen zu sozial-ökonomischen Maßnahme ist in Zone III 50% zu 50%. Eine Bepflanzungsmaßnahme zur Erzeugung von Brennholz wird in dieser Zone gefördert.

Die Risikokarten aus dieser Untersuchung sind Grundlagen für ein integriertes GIS-Verfahren mittels satellitengetragenen Inventursystems zur Erfassung und Beobachtung des tropischen Regenwaldes in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien. Künftige Flächenveränderung, die Diversität der Vegetation bzw. der Hauptbaumarten, die anthropogene Einflüsse wie auch die künftige Naturkatastrophen können kontinuierlich aktualisiert werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit hat das Ziel, ein satellitengetragenes Inventursystem zu entwickeln, um die Veränderungen der Waldbedeckung im Naturreservats Muara Kendawangan flächendeckend zu erfassen und darzustellen sowie raumbezogene Analysen über den Zusammenhang zwischen Bevölkerungssituation und Flächenveränderung durchzuführen.

Zur nachhaltigen Sicherung des Naturreservates Kendawangan sind mindestens 2 wichtige Aspekte von besonderer Bedeutung:

1. Das zielgerichtete Management des Reservates, um die bisherige Degradierung zu verlangsamen und Störungen zu vermeiden, insbesondere bezüglich der Landespflege, sozial-ökonomischer und waldbaulicher Aspekte sowie der Landdegradierung, Verminderung der biologischen Vielfalt, Naturkatastrophen, Holzfällarbeiten und Veränderung des Landes durch Verstädterung inner- und Außerhalb des Gebietes. Diese Untersuchung ist ein Beispiel dafür, wie eine integrierte und multidisziplinäre Überwachung des Gebietes durchgeführt werden kann. Sie betrachtet das Gebiet aus verschiedenen Perspektiven und bezieht diverse Aspekte, die naturgegeben voneinander abhängig sind, in die Untersuchung ein.
2. Eine Politik und eine Strategie zur Lenkung des anthropogenen Einflusses sind wichtig wegen des Wachstums der Bevölkerung und der Verstädterung in der Umgebung des Gebietes.

Die vorliegende Untersuchung zur Landevaluierung berücksichtigt Faktoren wie land system, Landbedeckung, Bodenpotential, Landeignung sowie „Hot Spot“-Waldbrand-Informationen, die angesichts der Umweltbedingungen, denen das Reservat Muara Kendawangan unterliegt, besonders wichtig sind. Auf diese Weise konnten die notwendigen Basisinformationen Daten für dieses Gebiet gewonnen werden.

Gleichzeitig wird in der Arbeit die Fernerkundung in Verbindung mit terrestrischen Inventuren als Mittel für ein Monitoringsystem optimiert. Die Verbesserungsmöglichkeit hinsichtlich der Effizienz und Leistungssteigerung der Erfassung des Zustandes des tropischen Regenwaldes wurden verschiedene Simulationen durchgeführt. Diese haben Möglichkeiten zu einer Verringerung der Intensität der terrestrischen Aufnahmen aufgezeigt. Allerdings beziehen sich die Aufnahmen in dieser Arbeit exemplarisch auf die sogenannten Hauptbaumarten, eine Erweiterung der Erhebungen auf die gesamte Biodiversität wäre künftig empfehlenswert.

Als Endresultat dieser Untersuchung wurden schließlich die Karten für das potentielle Risiko von Störungen des Gebietes durch menschliche und natürliche Einflüsse erstellt. Dazu werden die Aspekte Ökologie bzw. die Diversität der Vegetation und ihre Dynamik, anthropogene Einflüsse, land system, Bodenpotential, Landeignung, Landbedeckung, ‚Hot-Spots‘-Waldbrand-Information und Fernerkundung berücksichtigt.

Aus durchgeführten Untersuchungen können die folgenden Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Der Aufbau eines Geografischen Informationssystems auf der Basis von Fernerkundungsdaten erleichtert ein integriertes Umweltmonitoring unter Berücksichtigung verschiedenster Informationen.
- Die Degradierung im Naturreservat Muara Kendawangan von 1995 bis 2000/2001 wurde in Bezug auf ihre Ursachen untersucht. Im Wesentlichen sind Überflutung, Waldbrand und menschliche Einflüsse für die Degradierung grosser Flächen verantwortlich.
- Die Ergebnisse der Landevaluierung für land system, Landbedeckung, Landeignung und Bodenpotential erbrachten Kennwerte, mit deren Hilfe Prioritäten für das Management, Hinweise für Massnahmen und nachhaltige Entwicklung abgeleitet werden können.
- Besonders gefährdet für Naturkatastrophen wie Überflutung und Waldbrand sind die land systems Segitung (SGT) und Serimbang (SRM).
- Aufgrund der Komplexität der Störungsursachen muss das Gebiet mittels multi- und interdisziplinärer Untersuchungsansätze weiter erforscht werden

Aus den Aspekten Satellitendatenauswertung, Veränderungsprozess und Artendiversität im Reservat Muara Kendawangan leiten sich diese Folgerungen ab:

- Als positive Erkenntnis wurde aus den Untersuchungen abgeleitet, dass die natürliche Sukzession auf degradierten Flächen sehr schnell und dynamisch ist, wenn auch zumindest zeitweise mit einem Verlust der Biodiversität einhergeht.
- Der Baumarten der Gattung *Shorea* oder *Meranti* sind aufgrund ihrer Häufigkeit und ihres kommerziellen Wertes am stärksten gefährdet und Grund für anthropogene Einflüsse im Primärwald.

Aus den Simulationen zur Verbesserung der Leistung eines satellitengetragenen Inventursystems geht hervor, dass die Ansatzmethode Ordinary Kriging besser für die Datenerhebungsintensitäten 5% und 10% ist im Vergleich mit den anderen Methoden. Ordinary Kriging wird daher empfohlen für die Erhebung der Hauptbaumarten zur

mittleren Planung von 5 bis 10 Jahren. Eine Empfehlung für die langfristige Planung wird in diesem Fall nur für die Ansatzmethode IDW gegeben.

Soziale und ökonomische Aspekte wurden als Störungsmöglichkeiten im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan für die Dörfer Kendawangan Kiri (als Distriktverwaltung), Banjarsari (des Dorfs für Transmigration) und Air Hitam Besar erkannt.

Schließlich ist eine Übertragungsmöglichkeit der Methoden und Ergebnisse dieser Untersuchung auf andere Gebiete nur unter der Voraussetzungen möglich, dass ähnliche Rahmenbedingungen wie gleiche Bodeneigenschaften, satellitengetragenes Inventursystem, soziale und ökonomische Struktur vorhanden sind.

7. LITERATUR

- ALBERTZ, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. 2. Aufl. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- ALBRECHT, H., 1990. Naturwaldreservaten in Bayern: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Schriftenreihe, Band 1. 221 S.
- ANONYM, 1987. Bodenpotential- und Landeignungskarte (Vergrößerungskarte vom USDA beim RePPPProT). Intitut für Bodenuntersuchung Bogor, Indonesien.
- ANONYM, 1990. Das indonesische Regierungsgesetz nach Naturschutz und Ökosystem. Ministerium/ Sekretäre der indonesischen Regierung.
- ANONYM, 1999. Das indonesische Regierungsgesetz zur Dezentralisation. Gesetz Nr.: 22, 25 und 28 Jahrgang 1999. Citra Umbara Verlag, Bandung, Indonesien.
- ANONYM, 1999. Tropical forest mapping and monitoring in Malaysia. Background paper presented at Global Obsevation of Forest Cover Workshop (GOPC). 15-17 March 1999, Washington DC, USA.
- ANONYM, 2000. Distrikt in der Zahl. Distrikt Kendawangan 1999: In Zusammenarbeit zwischen Entwicklungsplanungsdienst der Stadtverwaltung (BAPPEDA) Ketapang und Statistische Zentraldienst Ketapang, Stadtverwaltung Ketapang, Indonesien. (Indonesischer Version).
- ANONYM, 2000. Stadtverwaltung in der Zahl. Stadtverwaltung Ketapang 1999: In Zusammenarbeit zwischen Entwicklungsplanungsdienst der Stadtverwaltung (BAPPEDA) Ketapang und Statistische Zentraldienst Ketapang, Stadtverwaltung Ketapang, Indonesien. (Indonesischer Version).
- ANONYM, 2003. Forest Watch Indonesia (FWI). Datei von der Nichtregierungsorganisation (NRO) im Indonesien. (Indonesischer Version)
- ANONYM, 2004. Schätzung und Beobachtungen der Entwicklung der Landnutzung u. – bedeckung bezüglich der betroffenen Waldbrände auf indonesische Insel Sumatera (indonesich). National Institute of Aeronautics and Space Remote Sensing Affairs. Website:
http://www.lapanrs.com/SMBA/smba.php?hal=3&data_id=rk_bl_20040200_sum
http://www.lapanrs.com/SMBA/rk_bl20021200all_files/dgr_jns_lhn_bkr_sum.htm
- ARMY MAP SERVICE, 1967. Joint Operations Graphic Ground (JOG). Washington DC.
- AUHAGEN, A., ERMER, K. und MOHRMANN, R. (Hrsg.), 2002. Landschaftsplanung in der Praxis. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart (Hohenheim) pp. 387-391.

- BAATZ, M. und SCHÄPE, A., 1999. Object-Oriented and Multi-scale Image Analysis in semantic Networks. In: Proceeding of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing August 16th – 20th 1999. Entschede, ITC.
- BALDENHOFER, 2004. Lexikon der Fernerkundung.
Web-site: <http://www.fe-lexikon.info/pages/lexikon-f.htm#fernerkundung>
- BALITRA BANJARBARU, 2003. Charakteristikum und Aussicht zur Entwicklung des sumpfigen Gebiets. Institut für Agrarwirtschaft im Sumpfgebiet, Banjarbaru. Indonesien. Website:
<http://www.balittra.net/berita/menu.php?pilih=hasil&hasil=lahan>
- BECHER, G., 1986. Ergebnisse und methodisch-theoretische Überlegungen zur immissionsökologischen Waldzustandserfassung (IWE)-dargestellt am Beispiel Hamburgs. Forstarchiv 57:167-174.
- BECHER, G., 1999. Waldzustandsanalyse mit Multivarianten Verfahren. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- BERAU FOREST MANAGEMENT PROJECT, 2001. Mapping vegetation and forest types using Landsat TM in the Labanan concession of PT. Inhutani I Province East Kalimantan 16p.
- BICK, H., 1989. Grundzüge der Ökologie (3.Auflage). Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena Lübeck Ulm pp. 55-62 (368 S.)
- BLASCHKE, T. 1999. Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- BODECHTEL, J. 1999. Einsatz von modernen, kombinierten Methoden zur Ökosystem-Analyse. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd.17 ,Fernerkundung und Ökosystem-Analyse, S15-25. München.
- BRUNIG, E.F. 1974. Ecological studies in the Kerangas Forest of Sarawak and Brunei. Borneo Literature Bureau for Sarawak Forest Department. 237 p.
- BUHMANN, E., BACHHUBER, R. und SCHALLER, J. (Hrsg.), 1996. ArcView. GIS-Arbeitsbuch. Wichmann Verlag, Karlsruhe. S.10.
- BURLEY, J. 1991. A floral inventory of West Kalimantan. Rproject proposal.
- BURNHAM, C.P., 1984. Soils. In Tropical rain forest of the Far East (ed.T.C.Whitmore), pp.137-152. Oxford University Press.
- BURROUGH, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment. Clarendon Press Oxford, New York.
- BURSCHEL, P UND HUSS, J. 1997. Grundriß des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2.neubearbeitete und erweiterte Aufgabe. Parey Buchverlag Berlin. pp 33 -41. (488 S).

- CENTER FOR SOIL AND AGROCLIMATE RESEARCH, 1992. Untersuchungsbericht: Potenzial und Landeignung für Orange-pflanzung im Nord Sumatera, Riau, Süd Sulawesi und West Kalimantan, Bogor, Indonesien (Indonesischer Version).
- CENTER FOR SOIL AND AGROCLIMATE RESEARCH, 1994. Landeignung zur Agrar- und Forstpflanzung. Bericht nr.7 Projekt zur Planung und Evaluierung der Ressourcen auf Sekundärgebiet. Teil C. (Indonesischer Version)
- CHOMITZ, K.M. und GRIFFITHS, C., 1996. Deforestation, shifting cultivation and tree crops in Indonesia. LEEC Paper DP 93-01, London Environmental Economics Centre.
- CSR/FAO STAFF, 1983. Reconnaissance Land Resource Survey. Maßstab 1:250.000 Atlas Format Procedures. Zentral Bodenuntersuchung Bogor, Indonesien.
- BIRKNER, H.-J., 1995. Fernerkundung, digitale Verarbeitung und GIS. In Buziek, G (Hrsg.): GIS in Forschung und Praxis. Verlag Konrad Wittwer. S.93-109.
- DEFINIENS IMAGING, 2001. eCognition: the Revolutionary Technology for the Analysis of All Satellite and Aerial Images. München, Germany.
- DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, 1990. Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung – Sondergutachten, Stuttgart.
- DOVE, M.R. 1993. Smallholder Rubber and Swidden Agriculture in Borneo: A Sustainable Adaptation to the Ecology and Economy of the Tropical Forest. *Economic Botany* 47(2) pp. 136-147.
- DOVE, M.R., 1985. The agroecological mythology of the Javanese, and the Political on Indonesia. 1-36 pp.
- F.A.O, 1983. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Soil bulletin Nr. 52, F.A.O Rome, pp.237.
- FAHRMEIR, L., HAMERLE, A., 1984. statistische Multivarianten Verfahren. Walter de Gruyter Verlag, Berlin-New York.
- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soil Bulletin no.32, Rome; and ILRI Publication no.22, Wageningen.
- FAO, 1984. Crop Water Requirement. FAO. Irrigation and Drainage. Paper no.24.
- FAO, 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. Soils Bulletin 55, Rome, Italy: FAO. 231 pp. S590 .F68 no. 55
- FAO, 2001. Global Forest Fire Assesment 1990-2000. FAO Corporate Document Repository. Forest Resource Assesment Working Paper. Website: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/AD653E/ad653e46.htm
- FISHER, P.F. and S.PATHIRANA, 1993. The Ordering of Multitemporal Fuzzy Land-Cover Information Derived from Landsat MSS Data. *Geocarto International* 3, 5-14.

- FLETCHER, J.R. and R.G. GIBB, 1990. Land Resource Survey Handbook for Soil Conservation Planning in Indonesia. DSIR Land Resources Scientific Report 11th. Ministry of Forestry, Indonesia. 130 p.
- FORSTMINISTERIUM DER REPUBLIK INDONESIA (MoFEC), 2000. Forest Concessionaires Existence Last Ten Years. Directorate of Production Forest Utilization (D-PFU).
Website: http://www.dephut.go.id/informasi/ph/rekap_hph.htm
- FORSTMINISTERIUM DER REPUBLIK INDONESIA (MoFEC), 1992. Fostleitfaden im Indonesien. Jakarta, Indonesia. 416 S.
- GASTELLU-ETCHEGORRY, J.P. 1988. Remote Sensing With SPOT An Assesment of SPOT Capability ini Indonesia, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- GOODCHILD, M.F., 1994. Intergrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modelling: metodological issues. In: Journal of Vegetation Science 5, 615-626.
- GÖPFERT, W., 1991. Raumbezogene Informationssysteme. Grundlagen der integrierten Verarbeitung von Punkt-, Vektor- und Rasterdaten, Anwendungen in Kartographie, Fernerkundung und Umweltplanung. 2.Auflage. Wichman Verlag. 318 S.
- GUNAWAN, T., 1995. Angewandte Fernerkundung für Öko- und Wasserscheideverwaltung. Institut für Fernerkundung, Post-Graduate-Programm der Gadjah-Mada-Universität Yogyakarta, Indonesien. 230 S.
- GUNAWAN, U., 2001. Landverbrennung erhält nicht zum besseren Boden (Pembakaran tak bikin lahan lebih subur – *indonesisch*. Kommentar in der Zeitung Banjarmasin Post am 03.09.2001. Website:
<http://www.indomedia.com/bpost/092001/3/kasel/lbm3.htm>
- GÜNTHER, O., et.al., 1991.(Hrsg.). Konzeption und Einsatz von Umweltinformationssystemen. Proceeding. 493 S.
- HARDJOWIGENO S. 1985a. Bodenbildung und -klassifizierung (Genesis dan Klasifikasi tanah). Institut für Bodenkunde. Fakultät für Agrarwissenschaft Bogor, Indonesien. 115 S.
- HARDJOWIGENO S. 1985b.. Bodenklassifizierung – Bodenuntersuchung und Landevaluierung für Bodenpotential. Bodeeigenschaften und Landevaluierung (Klasifikasi lahan - survai tanah dan evaluasi kemampuan lahan. Sifat-sifat dan klasifikasi tanah) Fakultät für Agrarwissenschaft Bogor, Indonesien.(150 p.und 128 p.).
- HARTONO, D., 1994. Fernerkundung für Vegetation, Puspics, Fakultät für Geographie, Gadjah-Mada-Universität Yogyakarta, Indonesien. (Indonesisch Version). 163 S.
- HASSAN, HA. 1994. Multiple Resource Inventory and Monitoring of Tropical Forest. ASEAN Institute of Forest Management. 142 p.

- HAUSHERR, H., JUNGMEIER, M., 1999. Ökosystem-Monitoring im Nationalpark Hohe Tauern – Spezielle Aspekte des räumlichen und zeitlichen Erhebungs-Designs. In: Blaschke, T. (Hrsg.), 1999. Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. Wichmann-Verlag. pp. 39-53 (278 S.)
- HILDEBRANDT, G. , 1996. Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann Verlag, Heidelberg. 676S.
- HOFFMANN, B., 2001. Untersuchungen zum Monitoring von Naturwäldern mit Hilfe von Geo-Informationssystemen, modernen Luftbilddauswertungsverfahren und Geostatistik. Diss.Forstwiss.Universität Göttingen. Cuvillier Verlag. 140S.
- HOSENFELD, F., 1999. Die Bedeutung von Informationssystemen für eine fachübergreifende ökologische Planung. Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. Wichmann Verlag, Heidelberg. S. 143-151.
- HOWARD, J.A., 1991. Remote Sensing of Forest Resources. Theory and Application. John Wiley and Sons, New York.
- HOWARD, J.A., 1996. Remote Sensing of Forest Resources. Theory and Application (Indonesian Edition). Translation Copyright © 1996, by Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia. 580 S.
- HUIZING, H., 1995. Land Resource Evaluation (LRE). Land Ecology Department, ITC, Enschede, The Netherlands. Workshop for Land Resource Evaluation in Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia (1997). 42 P.
- IFFN, 1996. Integrated Forest Fire Management Project in East Kalimantan. IFFN No. 14 - January 1996, p. 29-30)
Website: http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/country/id/id_3.htm
- ILHAM, W., 1993. Fallstudie: Brennholznutzung der Bevölkerung im Dorf Karang Sari (Transmigrationsprojekt) in der Stadtverwaltung Banjar, Provinz Südkalimantan, Indonesien. Lambung-Mangkurat-Universität Banjarmasin, Provinz Süd-Kalimantan, Indonesien. 43 S. (Leitfaden zur Lehrveranstaltung Econometrics, nicht publiziert).
- ILHAM, W, 1996. Forstbetrieb als wichtige Faktor zu der Kapitaleinkommen der Provinz Südkalimantan – Indonesien. Forschungsprojekt für Asian-Development-Bank im Östbereich der indonesischen Regierung. 80 S. (nicht publiziert).
- ILHAM, W, 1997. Datenerfassung für Vegetationsbedeckung und Landeignung mit Hilfe von Fernerkundung und GIS in der Forstplantagkonzessionär (HPHTI) Menara Hutan Buana GmbH Provinz Südkalimantan, Indonesien (Magisterarbeit). 135 S.
- JENSEN, J.R., 1986. Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective 1st Edition. Department of Geography University of California. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey.
- JENSEN, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective 2nd Edition. Department of Geography University of California. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey.

- JESSEL, B. und TOBIAS, K., 2002. Ökologischerorientierte Planung. Verlag Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. pp. 243-251 (470 S.)
- JOHNSTON, K. et.al. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI, 380 New York Street. USA.
- FRIDAY, K.S., DRILLING, M.E., & GARRITY, D. 1999. *Imperata Grassland Rehabilitation Using Agroforestry and Assisted Natural Regeneration*. International Center for Research in Agroforestry, Southeast Asian Regional Research Programme, Bogor, Indonesia. 167 pp
- KOCH, B.: 2002. Landschaftsanalyse auf neuen Wegen. Waldumbau im globalen Wandel. Forstwissenschaftliche Tagung in Göttingen. 9-11 Oktober 2002. S.27-30.
- KRAMER, H und AKÇA, A., 1995. Leitfaden zur Waldmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 266 S.
- KUCERA, K.P. 1988. Guidelines for Soil and Terrain Field Descriptions in Integrated Watershed Management Studies for Indonesia using USDA System. Konto River Project ATA 206 Phase III. Project Communication No.6. 113S.
- KUHN, G., (1998). Erprobung von Fernerkundungsmethoden für das vegetationsökologische Monitoring am Beispiel des Wurzacher Riedes. Diss. An der TU München, Zauner-Verlag Dachau.
- LILLESAND, M.T; KIEFER, R., 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons, Inc. (*Indonesian Edition*) 725 S.
- LIU, J. und TAYLOR, W.W., 2002. Integrating Landscape into Natural Resource Management. Studies in Landscape Ecology. Cambridge University Press.
- LÖFFLER, H., 1998. GIS in Land- und Forstwirtschaft. Moderne Technologie in traditionellen Disziplinen. ERSI Aktuell (Extra). Nr.1, März 1998.
- MAAS, D., 1999. Umweltmonitoring – Biomonitoring: Begriffsdefinitionen. Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. H. Wichmann Verlag, Heidelberg. S.47-53.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MANTEL, S., 1999. Soil and terrain survey methods and database development for forest concession (Draft 17.05.1999).
- MATTIKALLI, N.M., 1995. Integration of remotely-sensed raster data with a vector-based geographical information system for land-use change detection. International Journal of Remote Sensing 16(15), 2813-2828.
- MEINEL, G., KNAPP, C. und E.M. TITTEL (1997). Bestimmung von Flächennutzungsänderungen mittels Satellitenbilddaten – Methodische Untersuchungen am Beispiel der Stadt-Umland-Regionen Dresden und Leipzig. Schriftenreihe des Instituts für ökologische Raumentwicklung, Band 21.

- MORRISON, F.D., 1976. Multivariate Statistical Methods. Second Edition, McGraw-Hill International Book Company, New York.
- MUCHONEY, D.M. and B.N. HAACK, 1994. Change Detection for Monitoring Forest Defoliation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60(10), 1243-1251.
- MÜNCH, D., 1993. Bestandesdynamik in Naturwaldreservaten - eine Dauerbeobachtung in Luftbildzeitreihen – Diss. Forstwiss. Universität Freiburg. 111 S.
- PAGE, B. und HILTY, L.M. (Grsg.), 1995. Umweltinformatik als Teilgebiet der Angewandten Informatik. Umweltinformatik. Handbuch der Informatik. 2.Auflage. Oldenbourg. pp.15-56. (360 S.).
- PERSSON, R. and JANZ, K., 1997. Forest and tress resources. Proceedings of the XI World Forestry Congress 13-22 October 1997. Antalya Vol.1. pp 17-29.
- RePPProT, 1987. Regional Physical Planning Programme for Transmigration. Review Phase I Result Studies for East and South Kalimantan. Land Resources Development Centre ODA England and Departemen Transmigrasi Indonesia.
- RePPProT, 1989. Regional Physical Planning Programme for Transmigration. Review Phase I Result Studies for Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara and Maluku. Land Resources Development Centre ODA England and Departemen Transmigrasi Indonesia.
- ROSSITER, D.G. 1994. Lecture Note Land Evaluation. Cornell University College of Agriculture & Life Science. Departement of Soil & Atmospheric Science. SCAS Teaching Series T94-1.
- RÜCKER, G., SIEGERT, F und HOFFMANN, A.A., 2001. Kartierung der Feuerschäden von 1998 in den tropischen Regenwäldern Ost-Kalimantans, Indonesien. Website: http://www.agit.at/papers/2001/ruecker2_EAR.pdf
- SALLET, E. 2002. Fachwörterbuch Fernerkundung und Geoinformation. Englisch-Deutsch. Wichmann Verlag. 350 S.
- SCHÖNTHALER, K. & KÖPPEL, J. (1999): Modellhafte Umsetzung der ökosystemaren Umweltbeobachtung in der Rhön - Bestandteil des Konzeptes Ökologische Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder. In: BLASCHKE (Hrsg.) (1999): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung - GIS und Fernerkundung als Werkzeug einer nachhaltigen Entwicklung, Heidelberg: 23-37.
- SCHOLLES, F., 1997. Abschätzen, Einschätzen und Bewerten in der UVP. Weiterentwicklung der Umweltverträglichkeitsprüfung vor dem Hintergrund der neueren Rechtslage sowie des Einsatzes rechnergestützter Werkzeuge, Dortmund.
- SCHOLLES, F., 1999. Gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen. Planungsmethoden. Institut für Landesplanung und Raumforschung (ILR), Universität Hannover.
- SCHULTE-BISPING, H, BREDEMEIER, M. und BEESE, F.O., 2001. Nachhaltigkeit der Regelungsfunktion von Waldökosystemen: Bodeneigenschaften und

- Stoffhaushalt. Forschungszentrum Waldökosysteme der Universität Göttingen. Magazine Forst und Holz Nr. 15, 10 August 2001. pp.479-488.
- SIEGERT, F und HOFFMANN, A.A., 2000. The 1999 Forest Fires in East-Kalimantan (Indonesia): A quantitative evaluation using high resolution, multitemporal ERS-2 SAR Images and NOAA-AVHRR Hot Spot data. Remote Sensing of Environment., pp.64-77.
- SIMON, H. 1988. Einführung zur Forstwissenschaft. Abt. Drückerei der forstlichen Fakultät im Universität Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesien. 117 S.
- SIMON, H. 1994. Entwicklungsplan zur Sozial-Forstpolitik. Manajemen-Regime Serien. Yayasan Pusat Studi Sumberdaya Hutan, Yogyakarta, Indonesien.
- SITORUS, SRP. 1995. Evaluierung der Landressourcen. TARSITO Verlag Bandung, Indonesien.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy. Agricultural Handbook 436. US Depart. Of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington, DC.
- STEINLIN, H.-J. 1997. Monitoring the worlds tropical forests. Unasilva 1982. pp 2-8.
- STIBIG, H.-J. and ACHARD, F. 1998. TREES II-Present Activities for Global and Regional Tropical Forest Cover Monitoring: Example of South East Asia. Data Management and Modelling Using Remote Sensing and GIS for Tropical Forest Land Inventory. Rodeo International Publishers, Jakarta. pp 73-81.
- STÖKER, 1981. Zu einigen theoretischen und methodischen Aspekten der Bioindikation. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 21, S.187-209.
- SUKARDJO, S. 1984. The present status of mangrove forest ecosystem of Segara Anakan Cilacap, Java. In: Schadwick, A.C and S.L.Sutton (eds.), Tropical Rainforest: The Leeds Symp., 53-70. Spec.Publ. of the Leeds Philos and Lit. Soc. UK.
- SUMADI, P., 1999. Zusammenfassung des Niederschlags auf Station 285 im Jahr 1979 – 1998. Meteorologische Station Rahadi Oesman, Stadtverwaltung Ketapang, Provinz West-Kalimantan, Indonesien, pp.3-16. 50 S.
- SWAIN, P.H. and DAVIS, S.M., 1978. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- TOUBER, L., 1989. Inventory and Evaluation of Tropical Land: Guidelines for a Common Methodology. The Tropenbos Foundation – III (series; 4).
- TROJER, H. 1976. Weather Classification and Plant Weather Relationship. Food and Agriculture Organization. Working Paper No.11. Soil Research Institute, Bogor.
- TYRIE, G.R. and GUNAWAN, A. 1998. The Environmental Framework as a basis for Forest Management Planning, 1998.
- van DIEPEN, C.A., van KEULEN, H., WOLF, J., and BERKHOUT, J.A.A. 1991. Land evaluation: from intuition to quantification, in Advances In Soil Science, Stewart, B.A., Editor. New York: Springer. p. 139-204.

- WULDER, M. and S. FRANKLIN, 2003. Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London, 519p.
- YOSRI M. und YONG, M, 2001. Siri Haiwan: Penyu Belimbing. Web-Site:
<http://w3.spacity.com/yosri/HaiwanPenyuBelimbing.htm>
- YOUNG, A. 1974. The Appraisal of Land Resources. In „Spatial Aspect of Development“ Edited by B.S. Hoyle, John Wiley, Chichester.
- ZUNDEL, R., 1987. Naturschutz und Landschaftspflege. Der Forstbetriebsdienst, Band 3. BLV Verlagsgesellschaft München.

8. ANHANG

Anhang 8 - 1: Klimadaten über die Stadtverwaltung Ketapang im Jahr 1990 – 2000 in der Provinz West Kalimantan, Indonesien

1990		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.10	23.70	24.10	24.00	24.30	23.30	23.10	22.30	23.00	23.30	23.80	23.90
	Maks	29.90	30.20	30.90	31.10	32.00	31.70	30.40	31.30	31.00	31.30	31.10	30.10
	Mittelwert	26.70	26.40	27.10	26.90	27.40	27.10	26.30	26.70	26.70	26.50	26.90	26.50
Sonnenbedeckung		54.70	48.75	68.68	59.00	78.10	52.30	79.80	82.00	80.10	72.10	68.20	54.10
Niederschlag (Summe)		197.90	582.70	252.30	332.20	245.80	176.50	159.60	3.70	44.90	326.50	333.60	432.70
Feuchtigkeit		86.90	87.60	85.80	87.10	85.50	83.20	86.00	85.00	84.50	86.70	83.50	89.30

1991		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.10	24.70	23.70	24.10	24.30	23.80	22.60	22.70	22.70	23.20	23.50	23.80
	Maks	30.30	30.50	30.90	31.40	32.00	31.70	31.90	31.90	32.10	31.20	30.50	29.90
	Mittelwert	26.70	27.20	26.80	27.10	27.30	27.40	26.50	26.60	26.70	26.40	26.40	26.30
Sonnenbedeckung		52.20	70.90	65.60	72.70	71.80	76.70	87.90	88.80	71.60	54.20	61.30	44.50
Niederschlag (Summe)		214.10	147.80	514.00	184.50	295.40	113.10	4.40	6.00	4.00	59.50	452.80	730.60
Feuchtigkeit		88.10	84.30	87.00	86.50	87.20	85.20	82.20	81.80	81.00	86.00	87.10	88.50

1992		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	23.70	23.90	24.20	24.10	23.60	23.60	22.50	22.70	23.10	23.30	23.50	23.40
	Maks	30.80	30.80	30.70	31.90	31.80	31.80	30.90	31.40	31.10	31.20	30.20	30.20
	Mittelwert	26.60	28.40	26.80	27.30	27.00	27.00	26.70	26.60	26.40	26.90	26.30	26.30
Sonnenbedeckung		68.40	61.50	576.00	68.60	73.40	73.40	75.80	82.20	64.80	75.70	57.80	54.50
Niederschlag (Summe)		552.30	224.30	334.70	225.20	172.40	172.40	153.30	61.10	324.00	374.50	668.10	522.90
Feuchtigkeit		86.30	86.10	88.00	87.30	87.30	84.50	84.50	84.20	86.60	86.00	1.50	88.20

1993		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	23.90	24.00	23.60	23.70	24.20	23.90	22.80	22.80	23.20	23.50	24.00	24.30
	Maks	30.20	30.90	30.60	31.40	31.70	31.50	31.60	31.90	31.30	31.50	30.80	30.70
	Mittelwert	26.60	26.60	26.40	27.00	27.20	27.00	26.70	26.70	26.60	26.70	26.70	26.90
Sonnenbedeckung		75.50	80.40	59.70	62.40	64.90	69.80	77.80	84.30	60.20	68.00	59.80	55.60
Niederschlag (Summe)		493.20	240.60	540.70	194.50	401.20	269.40	37.30	1.00	172.70	258.90	408.10	373.90
Feuchtigkeit		82.20	84.00	87.90	87.00	88.20	87.20	83.70	83.30	84.50	85.90	89.10	86.70

Fortsetzung des Anhangs 8 – 1

1994		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	23.90	23.90	23.80	24.10	23.90	23.60	22.30	22.60	21.90	23.00	23.50	24.20
	Maks	30.50	31.00	30.50	31.60	31.70	31.33	31.30	31.70	31.80	31.30	30.60	29.90
	Mittelwert	26.80	26.90	26.50	27.10	27.10	26.70	26.20	26.50	26.10	26.40	26.20	26.40
Sonnenbedeckung		64.90	66.10	45.70	68.50	73.20	68.70	91.70	88.70	68.80	49.30	57.00	47.60
Niederschlag (Summe)		356.00	168.00	389.50	258.50	312.40	190.60	-	10.10	-	120.40	722.20	781.60
Feuchtigkeit		85.80	87.90	89.10	86.80	87.60	86.70	84.80	84.50	83.10	84.80	89.10	87.30

1995		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.00	23.60	24.30	24.30	24.60	24.20	23.50	23.90	23.50	23.70	24.20	24.30
	Maks	30.40	30.20	31.10	31.30	31.80	32.10	31.20	31.00	31.30	31.10	30.40	29.90
	Mittelwert	26.70	26.30	27.10	27.20	27.50	27.40	26.50	26.70	26.70	26.60	26.80	26.60
Sonnenbedeckung		57.70	42.70	66.30	65.40	59.90	69.30	66.00	51.70	60.30	61.30	83.60	51.10
Niederschlag (Summe)		475.70	321.20	182.40	547.90	328.70	141.30	368.80	182.00	117.70	237.80	508.70	525.90
Feuchtigkeit		88.60	88.90	86.20	87.60	88.00	87.80	87.40	87.50	86.70	87.20	87.50	88.40

1996		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.50	24.30	24.40	24.30	24.10	23.80	23.00	23.10	23.60	23.90	23.90	24.30
	Maks	29.60	29.80	30.50	31.50	32.70	31.50	31.10	31.10	31.30	30.70	30.60	30.10
	Mittelwert	26.60	26.60	26.80	27.30	27.40	26.90	26.50	26.20	26.80	26.40	26.70	26.80
Sonnenbedeckung		65.10	63.10	62.60	69.20	86.60	61.00	72.90	68.00	68.00	52.70	63.80	44.80
Niederschlag (Summe)		195.20	222.90	264.90	178.50	23.30	301.90	159.30	240.80	215.80	475.10	392.60	300.30
Feuchtigkeit		87.50	87.20	70.50	85.60	83.50	87.00	85.90	86.30	85.40	88.50	90.00	89.20

1997		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.90	24.40	24.20	23.80	24.20	23.70	22.70	22.40	22.30	23.30	23.50	24.00
	Maks	30.40	30.50	31.40	30.90	31.60	32.10	31.10	31.80	30.70	30.70	31.00	30.90
	Mittelwert	27.30	27.10	27.10	26.70	27.30	27.30	26.30	26.50	25.90	26.30	26.70	26.90
Sonnenbedeckung		65.40	66.20	77.50	59.70	70.40	84.00	83.30	90.50	13.50	7.40	36.90	48.30
Niederschlag (Summe)		178.70	135.90	157.90	371.40	236.50	47.50	125.30	-	1.80	56.60	185.70	637.90
Feuchtigkeit		82.40	84.70	85.30	88.60	88.50	86.10	86.40	84.80	82.20	85.60	86.40	87.60

Fortsetzung des Anhangs 8 – 1

1998		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.50	24.50	24.70	25.00	25.00	24.40	24.10	23.90	24.40	23.30	24.20	23.70
	Maks	31.40	31.40	31.50	31.60	32.10	31.80	31.40	31.60	31.60	30.10	31.10	30.20
	Mittelwert	27.30	27.70	27.70	27.80	27.80	27.50	27.00	26.70	27.20	26.90	27.10	26.20
Sonnenbedeckung		62.00	58.50	48.50	55.90	57.60	68.60	63.40	56.50	62.20	50.70	58.50	43.80
Niederschlag (Summe)		469.00	518.50	652.50	436.30	290.20	382.80	314.40	305.60	237.00	455.90	202.80	517.30
Feuchtigkeit		88.10	87.70	88.20	88.20	87.90	85.70	86.20	87.50	85.90	88.50	84.80	88.80
1999		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	24.20	24.50	24.00	24.10	23.70	23.30	22.80	22.80	22.80	23.80	23.30	25.00
	Maks	29.40	30.70	30.90	31.60	31.40	31.90	30.80	30.80	31.00	30.50	30.30	30.20
	Mittelwert	26.60	27.20	26.90	27.30	26.90	26.90	26.10	26.20	26.20	26.40	26.60	26.90
Sonnenbedeckung		38.60	65.50	53.20	72.60	59.70	84.50	76.10	70.70	67.00	55.80	56.80	52.90
Niederschlag (Summe)		423.50	290.30	183.10	170.10	235.80	78.10	224.00	227.60	431.80	621.70	454.50	346.60
Feuchtigkeit		88.20	84.80	86.60	85.50	87.40	84.00	85.90	87.00	83.20	88.10	88.30	87.00
2000		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Dez
Temperatur	Min	23.90	24.10	24.40	23.90	24.30	23.30	22.40	23.10	23.80	24.20	24.20	24.30
	Maks	30.00	30.30	31.00	31.30	32.30	31.30	31.60	30.90	31.80	30.70	30.60	30.60
	Mittelwert	26.40	26.90	27.30	26.90	27.70	26.70	26.80	26.30	27.00	26.80	26.90	26.90
Sonnenbedeckung		44.40	56.40	60.30	60.40	78.70	65.40	80.50	73.60	69.00	55.70	50.40	56.60
Niederschlag (Summe)		262.00	188.40	157.10	204.30	123.40	163.30	103.90	355.40	194.80	251.50	514.30	366.90
Feuchtigkeit		87.40	86.20	84.90	87.20	83.90	85.10	82.80	85.40	85.00	87.20	86.40	87.50

Anhang 8 - 2: Umrechnung über die ökologische Faktoren nach der Anwesenheit (%) und ihre Eigenschaften im Naturreservat Muara Kendawangan Provinz West-Kalimantan Indonesien

Baumarten	N	V	GF	D	Drel	Dom.	Dom.rel	Freq.	Freq.rel	IVI	Anwesh. (%)
PBIV											
Bintangur	291	269.6216	18.283	2.910	9.706	0.183	9.822	0.085	9.810	29.34	9.78
Gerunggang	309	269.1139	19.695	3.090	10.307	0.197	10.581	0.094	10.921	31.81	10.60
Jelutung	372	300.1039	22.594	3.720	12.408	0.226	12.138	0.113	13.096	37.64	12.55
Kempas	367	346.5939	25.041	3.670	12.241	0.250	13.452	0.100	11.522	37.22	12.41
Mentibu	83	61.8950	4.764	0.830	2.769	0.048	2.559	0.025	2.915	8.24	2.75
Meranti	715	609.4722	42.629	7.150	23.849	0.426	22.901	0.185	21.425	68.18	22.73
Ramin	445	358.8047	26.485	4.450	14.843	0.265	14.228	0.134	15.456	44.53	14.84
Sindur	416	370.1990	26.655	4.160	13.876	0.267	14.319	0.128	14.854	43.05	14.35
Total	2998	2.585.8042	186.146	29.980	100.000	1.861	100.000	0.864	100.000	300.00	
Durchschnitt	374.8	323.23	23.27	3.75		0.23		0.11			
PBIII											
Bintangur	99	83.5822	6.169	0.990	11.136	0.062	11.340	0.030	11.061	33.54	11.18
Gerunggang	89	65.9891	5.276	0.890	10.011	0.053	9.697	0.026	9.865	29.57	9.86
Jelutung	100	87.6668	6.596	1.000	11.249	0.066	12.124	0.030	11.211	34.58	11.53
Kempas	109	89.1194	6.735	1.090	12.261	0.067	12.379	0.032	12.108	36.75	12.25
Mentibu	16	9.5782	0.774	0.160	1.800	0.008	1.423	0.005	1.794	5.02	1.67
Meranti	203	175.4444	12.691	2.030	22.835	0.127	23.328	0.058	21.525	67.69	22.56
Ramin	137	103.3718	8.172	1.370	15.411	0.082	15.022	0.042	15.695	46.13	15.38
Sindur	136	105.3273	7.990	1.360	15.298	0.080	14.687	0.045	16.741	46.73	15.58
Total	889	720.0791	54.404	8.890	100.000	0.544	100.000	0.268	100.000	300.00	
Durchschnitt	111.1	90.01	6.80	1.11		0.07		0.03			
PBII											
Bintangur	161	207.5597	13.354	1.610	9.908	0.134	10.258	0.048	9.202	29.37	9.79
Gerunggang	167	182.5455	13.123	1.670	10.277	0.131	10.081	0.055	10.506	30.86	10.29
Jelutung	186	192.3478	14.572	1.860	11.446	0.146	11.194	0.066	12.730	35.37	11.79
Kempas	188	225.5993	16.317	1.880	11.569	0.163	12.534	0.058	11.043	35.15	11.72
Mentibu	47	43.0999	3.308	0.470	2.892	0.033	2.541	0.016	3.067	8.50	2.83
Meranti	390	470.0803	30.710	3.900	24.000	0.307	23.590	0.118	22.546	70.14	23.38
Ramin	240	263.9300	19.005	2.400	14.769	0.190	14.599	0.078	14.954	44.32	14.77
Sindur	246	284.3295	19.791	2.460	15.138	0.198	15.203	0.083	15.951	46.29	15.43
Total	1625	1.869.4920	130.179	16.250	100.000	1.302	100.000	0.522	100.000	300.00	
Durchschnitt	203.1	233.69	16.27	2.03		0.16		0.07			
PBI											
Bintangur	178	217.4649	14.144	1.780	9.933	0.141	10.090	0.056	9.731	29.75	9.92
Gerunggang	185	193.7163	13.999	1.850	10.324	0.140	9.987	0.061	10.490	30.80	10.27
Jelutung	211	206.0072	15.589	2.110	11.775	0.156	11.121	0.075	12.905	35.80	11.93
Kempas	208	256.2402	18.428	2.080	11.607	0.184	13.146	0.068	11.663	36.42	12.14
Mentibu	56	48.5654	3.749	0.560	3.125	0.037	2.674	0.019	3.244	9.04	3.01
Meranti	432	509.7305	33.397	4.320	24.107	0.334	23.825	0.128	22.153	70.09	23.36
Ramin	256	274.2499	19.782	2.560	14.286	0.198	14.112	0.084	14.493	42.89	14.30
Sindur	266	302.5872	21.088	2.660	14.844	0.211	15.044	0.089	15.321	45.21	15.07
Total	1792	2.008.5614	140.176	17.920	100.000	1.402	100.000	0.580	100.000	300.00	
Durchschnitt	224.0	251.07	17.52	2.24		0.18		0.07			

Abkürzungen:

GF: Grundfläche

D: Dichte

D rel.: Relative Dichte

Dom.: Dominanz

Dom.rel.: Relative Dominanz

Freq.: Frequenzen

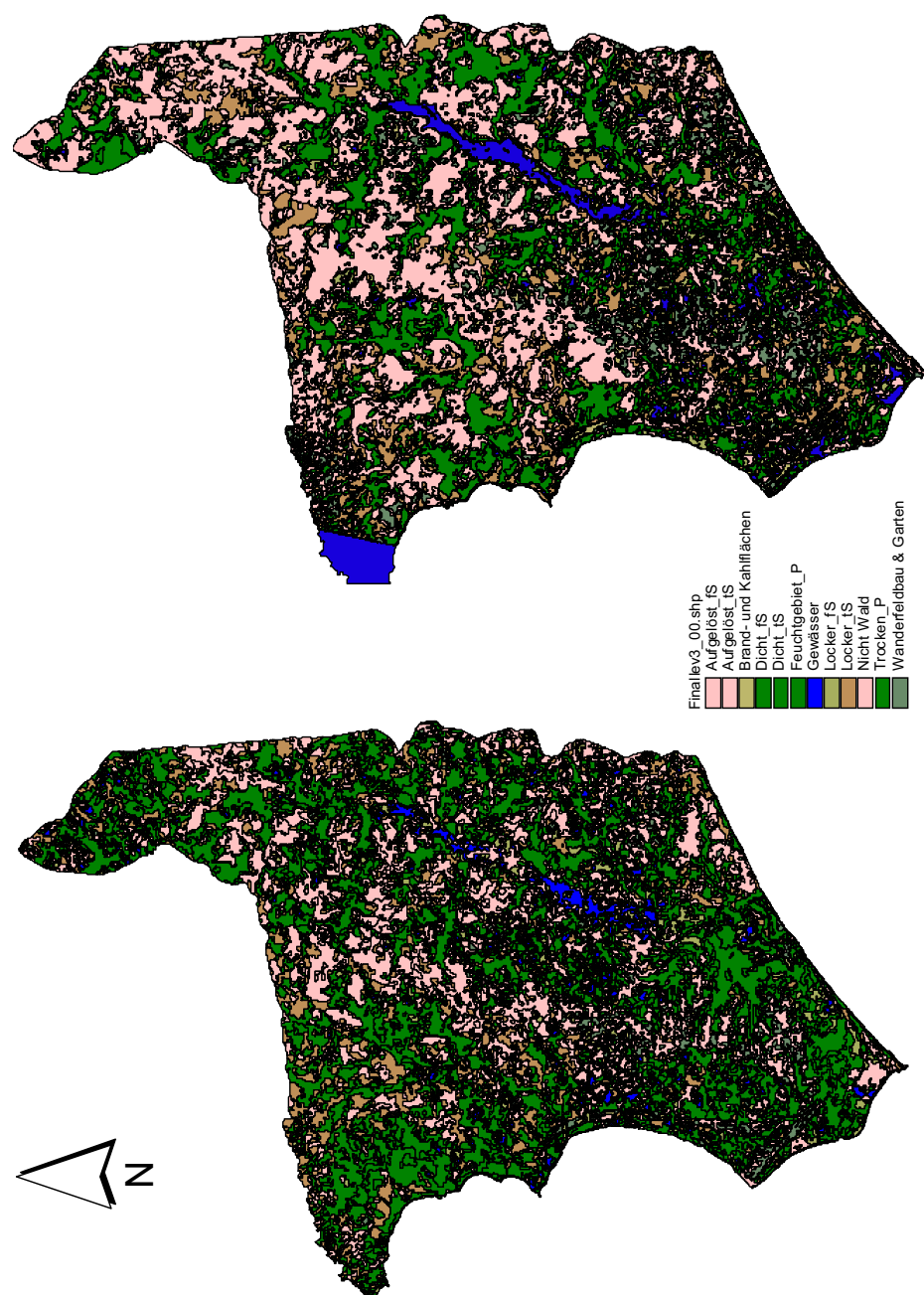
Freq.rel.: Relative Frequenzen

Anwesh. Anwesenheit eines Artes

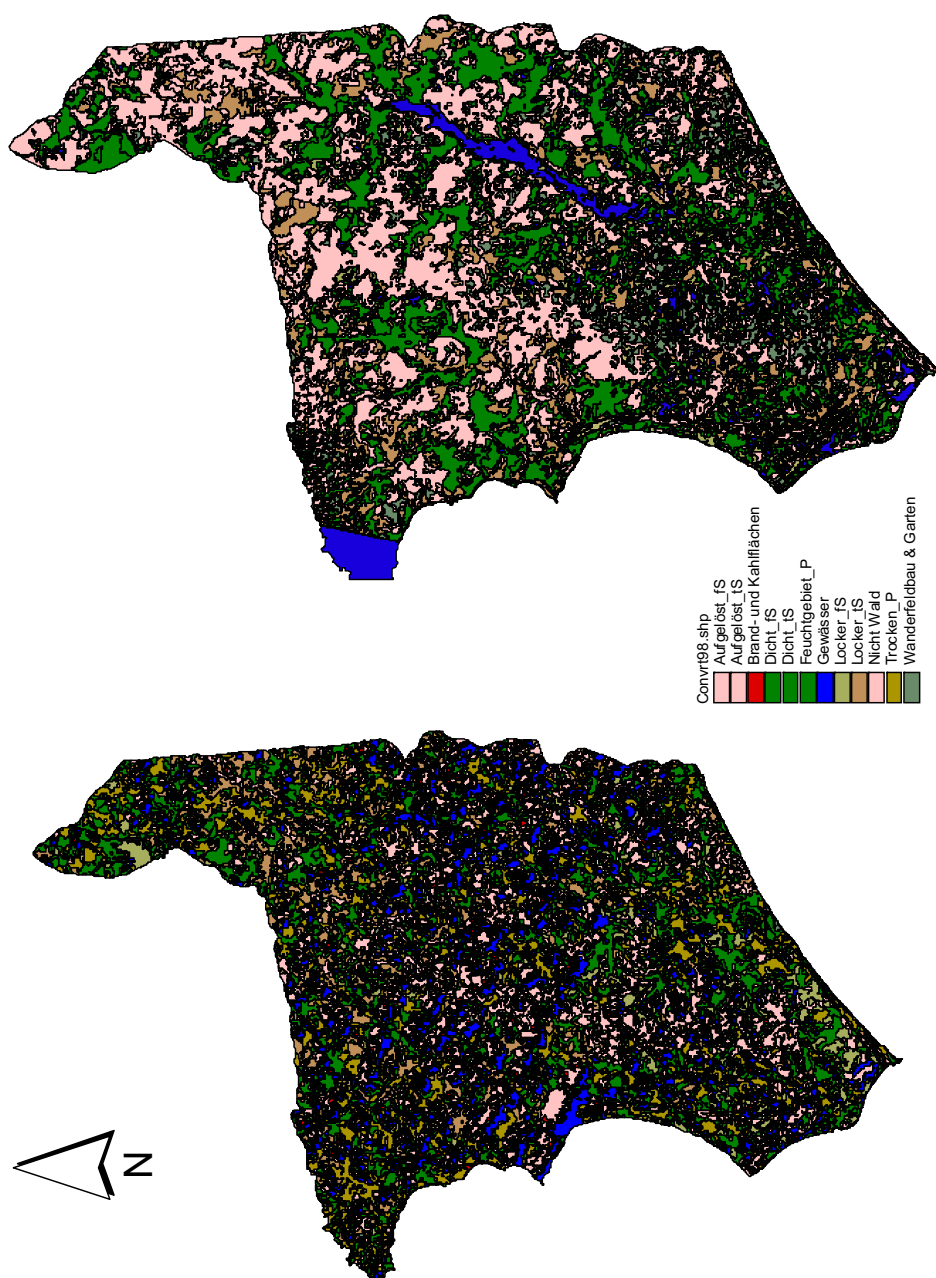
IVI: Importance Value Index

Anhang 8 - 3: Umrechnung über die Artendiversität, -reichtum und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Hauptbaumarten

Baumarten	N	V	p_i	$p_i (\ln p_i)^2$	$- [p_i (\ln p_i)]$	Index			
						Shannon	Evenness	Margalef	Menhinick
PBIV									
Bintangur	291	269.6216	0.10	0.53	0.23				
Gerunggang	309	269.1139	0.10	0.53	0.23				
Jelutung	372	300.1039	0.12	0.54	0.26				
Kempas	367	346.5939	0.12	0.54	0.26				
Mentibu	83	61.8950	0.03	0.36	0.10				
Meranti	715	609.4722	0.24	0.49	0.34				
Ramin	445	358.8047	0.15	0.54	0.28				
Sindur	416	370.1990	0.14	0.54	0.27				
Total	2998	2,585.8042	1.00	4.07		1.98	0.95	0.87	0.15
PBIII									
Bintangur	99	83.5822	0.11	0.54	0.24				
Gerunggang	89	65.9891	0.10	0.53	0.23				
Jelutung	100	87.6668	0.11	0.54	0.25				
Kempas	109	89.1194	0.12	0.54	0.26				
Mentibu	16	9.5782	0.02	0.29	0.07				
Meranti	203	175.4444	0.23	0.50	0.34				
Ramin	137	103.3718	0.15	0.54	0.29				
Sindur	136	105.3273	0.15	0.54	0.29				
Total	889	720.0791	1.00	4.01		1.96	0.94	1.03	0.27
PBII									
Bintangur	161	207.5597	0.10	0.53	0.23				
Gerunggang	167	182.5455	0.10	0.53	0.23				
Jelutung	186	192.3478	0.11	0.54	0.25				
Kempas	188	225.5993	0.12	0.54	0.25				
Mentibu	47	43.0999	0.03	0.36	0.10				
Meranti	390	470.0803	0.24	0.49	0.34				
Ramin	240	263.9300	0.15	0.54	0.28				
Sindur	246	284.3295	0.15	0.54	0.29				
Total	1625	1,869.4920	1.00	4.07		1.97	0.95	0.95	0.20
PBI									
Bintangur	178	217.4649	0.10	0.53	0.23				
Gerunggang	185	193.7163	0.10	0.53	0.23				
Jelutung	211	206.0072	0.12	0.54	0.25				
Kempas	208	256.2402	0.12	0.54	0.25				
Mentibu	56	48.5654	0.03	0.38	0.11				
Meranti	432	509.7305	0.24	0.49	0.34				
Ramin	256	274.2499	0.14	0.54	0.28				
Sindur	266	302.5872	0.15	0.54	0.28				
Total	1792	2,008.5614	1.00	4.08		1.98	0.95	0.93	0.19



Anhang 8 - 4: Darstellung über den Veränderungsprozess zwischen Jahr 1998 (link) und 2000 (recht) im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien



Anhang 8 - 5: Darstellung über den Veränderungsprozess zwischen Jahr 1995 (link) und 2000 (recht) im Gebiet des Reservats Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan, Indonesien

Anhang 8 - 6: Rekapitulation für Bodeneigenschaften, land system, Landbedeckung, Landeignung und Bodenpotential im Naturreservat Muara Kendawangan in der Provinz West-Kalimantan Indonesien

Landtyp	"Land system"	Areale (Ha)	Allgemeine Darstellung	LANDFORM				Bildung/Lhytologie	SOIL ASSOCIATION		KLIMADATEN			
				Neigung	Relief	Höhe	Tal		Bodentyp	Textur (oben/unten)	Niederschlag	Period. Feuchtzeit	Period. Trockenzeit	Temperatur (Grad Celsius)
STRAND	Puting (PTG)	3.216	am Strand und inzwisch. Das Tal	<2	2 - 10	<50	25 - 100	neues meeres Sediment (Strandsand, Kieselstein)	Psammaquents Tropaquents Topopsamments	Grob/Grob Fein/Fein Fein/Fein	1600-3200	1 - 10	0 - 4	23 - 31
TIDE- SUMPFWALD	Kajapah (KJP)	2.873	Tidal Auenwald (Mangrove) unter <i>Rhizophora</i> sp. & <i>Nypa</i> sp .	<2	<2	kein	kein	neues meeres Sediment (salzartig)	Sulfaquents Hydraquents	Fein/Fein Fein/Fein	1600-3900	0 - 12	0 - 4	23 - 31
ALLUVIAL- EBENE	Kahayan (KHY)	2.422	Dataran pantai/sungai yang tergenang	<2	2 - 10	kein	kein	neues meeres Sediment (salzartig) neues Torf-Sediment vom Fluß	Tropaquepts Fluvaquents Trophemists	Fein/Fein Fein/Fein Torf	1600-3900	0 - 12	0 - 4	23 - 31
SUMPFWALD	Klaru (KLR)	43.660	Überschwemmende Ebene	<2	<2	kein	kein	neues Fluß-Sediment Torf (peat)	Fluvaquents Tropaquents Trophemists	Fein/Fein Fein/Fein Torf	1700-3500	0 - 12	0 - 4	23 - 31
	Mendawai (MDW)	8.130	Sumpfwald (nur oberflächlich)	<2	<2	kein	kein	Torf	Trophemists Troposapists Tropaquents	Torf/Fein Torf/Fein Fein/Fein	1700-3900	0 - 12	0 - 4	23 - 31
TAL- ALLUVIAL	Beliti (BLI)	3.481	Überschwemmende Sumpfebene vom engen Tal	<2	<2	kein	25-200	neues Torf-Sediment vom Fluß	Fluvaquents Tropaquepis	Fein/Fein Fein/Fein	1700-3500	1 - 12	0 - 4	23 - 31
	Serimbang (SRM)	25.684	Tal mit Torf ohne Terrasse	<2	<2	kein	25-200	Torf Jung-Alluvium	Trophemists Tropaquents	Torf/Grob Fein/Fein	2300-3200	5 - 9	0 - 1	23 - 31
TERRASSE	Segintung (SGT)	47.315	Überschwemmende Sand mit Terrasse	<2	2 - 10	501-2000	25-200	All-Alluvium (sand)	Placaquods Tropopsamments	Grob/Grob Grob/Grob	2200-3200	4 - 9	0 - 1	23 - 31
EBENE	Honja (HJA)	5.801	Karstebene auf kleinem Hügel	16-25	11 - 50	< 50	25-200	Dolerit, Fundamental (Basal)	Tropudults	zieml.Fein/zieml.Fein	1700-4400	2 - 12	0 - 2	22 - 30
HÜGEL	Pakalnai (PLN)	3.127	Unregelmäßige Steinhügel (kein Sediment)	41 - 60	51 - 300	< 50	25-200	Dolerit	Dystropepts Tropudults	zieml.Grob/zieml.Fein zieml.Fein/zieml.Fein	1700-4400	2 - 12	0 - 7	22 - 30

Quelle:

1. National Landuse, Landstatus and Landsystem Map of Indonesia (1986, 1990)
2. General Landform Map (RBI), Bakosurtanal Indonesia (1990)
3. Regional Landuse Map from Province West Kalimantan, Indonesia (1990)
4. Überschneidung aus der Klassifizierungsergebnisse vom Landsat TM 1995, 1998 und 2000

Abkürzungen:

- N : Nicht geeignet für die geprüfte Pflanzen
S : Geeignet für die geprüfte Pflanzen

Fortsetzung des Anhangs 8 – 6

[illegible]

Fortsetzung des Anhangs 8 – 6

Grundwasser g	Limitierende Faktoren										Total Bewertung	Bodenpotential (Land capability)	Land- eignung
	Wasserquelle p	Überflutung i	Klima c	Tekstur t	Bodentiefe d	Drainage w	Fertilität n	Höhe l	Neigung s	Fragment. f			
2	2	2	2	4	4	4	4	2	3	3	32	B3	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	24	B1	1
2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	2	20	A3	5
2	2	2	2	4	2	2	4	2	3	3	28	B2	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	24	B1	0
2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	20	A3	2
3	3	3	2	4	4	4	4	2	3	3	35	C1	0
2	2	3	2	4	4	4	4	2	3	3	33	B3	0
2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	20	A3	6
2	2	3	2	1	1	1	1	2	3	3	21	A3	0