

**Erdsicht - Einblicke in geographische
und geoinformationstechnische Arbeitsweisen**

Schriftenreihe des geographischen Instituts der Universität Göttingen,
Abteilung Kartographie, GIS und Fernerkundung

Herausgegeben von Prof. Dr. Martin Kappas



Randy Thomsen

***Change Detection –*
fernerkundungsgestützte Methoden zur
Ableitung des Landnutzungswandels
in den Tropen
(Fallbeispiel Dominikanische Republik)**



Randy Thomsen

Change Detection –
fernerkundungsgestützte Methoden zur
Ableitung des Landnutzungswandels
in den Tropen
(Fallbeispiel Dominikanische
Republik)

ERDSICHT - EINBLICKE IN GEOGRAPHISCHE UND GEOINFORMATIONSTECHNISCHE ARBEITSWEISEN

Schriftenreihe des Geographischen Instituts der Universität Göttingen,
Abteilung Kartographie, GIS und Fernerkundung

Herausgegeben von Prof. Dr. Martin Kappas

ISSN 1614-4716

- 1 *Claudia Sültmann*
GIS- und Satellitenbildgestützte Landnutzungsklassifikation mit
Change detection im Westen der Côte d'Ivoire
ISBN 3-89821-356-0
- 2 *Katharina Feiden*
GIS - gestützte Analyse der zeitlichen und räumlichen Verteilung
der Niederschlagsjahressummen (1961 - 1990) in der
Dominikanischen Republik
Charakteristika und Trends
ISBN 3-89821-368-4
- 3 *Nicole Erler*
GIS- und fernerkundungsgestützte Bewertung von „Natural Hazards“ im
oberen Einzugsgebiet des Rio Yaque del Norte (Dominikanische Republik)
ISBN 3-89821-409-5
- 4 *Martin Kappas, Frank Schöggel*
Bodenerosion in der Dominikanischen Republik
Eine vergleichende Studie zum Bodenabtrag auf Agrarflächen mit und ohne
Erosionsschutzmassnahmen
ISBN 3-89821-423-0
- 5 *Randy Thomsen*
Change Detection – fernerkundungsgestützte Methoden zur Ableitung des
Landnutzungswandels in den Tropen (Fallbeispiel Dominikanische Republik)
ISBN 3-89821-433-8

Randy Thomsen

**CHANGE DETECTION –
FERNERKUNDUNGSGESTÜTZTE METHODEN
ZUR ABLEITUNG DES
LANDNUTZUNGSWANDELS IN DEN TROPEN
(FALLBEISPIEL DOMINIKANISCHE REPUBLIK)**

ibidem-Verlag
Stuttgart

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.

∞

© *ibidem*-Verlag
Stuttgart 2005
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und elektronische Speicherformen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort des Herausgebers:

Die Reihe „Erdsicht – Einblicke in geographische und geoinformationstechnische Arbeitsweisen“ soll Forschungsergebnisse und Arbeiten im Bereich der Erdsystemforschung vorstellen. Die Betrachtung der Erde als System ist als Inhalt heutiger und zukünftiger geowissenschaftlicher Gemeinschaftsforschung dringend gefordert. Die Herausforderungen liegen zum einen in der Erforschung der grundlegenden Erdsystemprozesse sowie in der Erforschung der vielfältigen Interaktionen zwischen den verschiedenen Teilbereichen des Systems Erde. Hierzu zählen Wechselwirkungen zwischen fester Erde und Atmosphäre, zwischen der Landoberfläche und der Hydrosphäre oder zwischen Biosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre. Der Mensch steht dabei mit seinen zentralen Nutzungsansprüchen (Ernährung – agrare Landnutzung – Ressourcennutzung) im Mittelpunkt eines vielfach vernetzten Erdsystems. Der Mensch verändert Landschaften und Atmosphäre und greift somit in alle Skalenbereiche des Erdsystems ein. Insofern müssen diese Veränderungen beobachtet und bewertet werden, damit Konzepte für ein nachhaltiges Erdsystemmanagement auf den unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen entwickelt werden können. Die neuen Geoinformationstechniken (Geographische Informationssysteme – GIS; luft- und satellitengestützte Fernerkundungssysteme) helfen dabei das System Erde zu beobachten und zu begreifen. Ohne diese Techniken ist eine ganzheitliche Betrachtung der Erde und eine flächenhafte Bereitstellung von Informationen über das Erdsystem nicht möglich.

Die vorliegende Arbeit von Frau Randy Thomsen entstand am Geographischen Institut der Universität Göttingen in der Abteilung Kartographie, GIS & Fernerkundung (Prof. Dr. M. Kappas) und beschäftigt sich mit dem Nachweis zeitlichen Landnutzungswandels in den Bergregionen der Dominikanischen Republik. Neben umfangreichen Feldarbeiten vor Ort, bilden Daten von Fernerkundungssatelliten (Landsat, Ikonos) die Grundlage zur Bewertung des Landschaftswandels. Frau Thomsen bearbeitet im Bereich der Fernerkundung das schwierige Gebiet der „Change Detection“. Satellitenbilddaten unterschiedlicher Aufnahmezeiten werden

genutzt, um den Wandel in der Landnutzung quantitativ zu belegen. Dabei kommt es zu vielseitigen Problemen, da Satellitendaten unterschiedlicher Aufnahmezeiten nicht ohne weiteres verglichen werden können, da jeweils andere Aufnahmebedingungen (Bewölkung, Wasserdampfgehalt der Atmosphäre, phänologische Veränderungen im Jahresverlauf etc.) vorherrschen. Es müssen aufwendige Vorverarbeitungen der Satellitendaten durchgeführt werden, bevor es zu abgesicherten Aussagen zum Landschaftswandel kommt. Die vorliegende Studie ist somit als Grundlagenarbeit im Bereich „Change Detection“ zu bewerten.

Martin Kappas

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Photoverzeichnis	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XIV
1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung dieser Studie	2
2 Untersuchungsgebiet	5
2.1 Geographische Lage	5
2.2 Geologie und naturräumliche Gliederung	6
2.2.1 <i>Geologie und naturräumliche Gliederung der Dominikanischen Republik..</i>	<i>6</i>
2.2.2 <i>Das Einzugsgebiet des Río Yaque del Norte</i>	<i>9</i>
2.3 Klima der Dominikanischen Republik	12
2.3.1 <i>Klimafaktoren</i>	<i>13</i>
2.3.1.1 Temperatur	13
2.3.1.2 Niederschlag	13
2.3.2 <i>Tropische Wirbelstürme</i>	<i>15</i>
2.3.3 <i>Das lokale Klima des Untersuchungsgebietes</i>	<i>17</i>
2.4 Natürliche Vegetation.....	19
2.5 Kulturpflanzen	21
3 Landnutzung	27
3.1 Exkurs: Entwicklung der Landnutzung seit der Kolonialzeit.....	27
3.1.1 <i>Historische Einflussfaktoren auf Landwirtschaft und Besiedlung</i>	<i>27</i>
3.1.2 <i>Kommerzialisierung der Landwirtschaft</i>	<i>28</i>
3.2 Deforestation	30
3.3 Aktuelle Probleme der Landnutzung in der Dominikanischen Republik.....	32
3.4 Landnutzung im Untersuchungsgebiet	35
4 Theoretische Grundlagen der Fernerkundung.....	37
4.1 Definition.....	37
4.2 Aufnahmetechnik und Aufnahmeparameter.....	37
4.3 Spektralbereiche und Spektralverhalten	39

4.4	Satellitensysteme	42
4.4.1	<i>Bedeutende Satellitensysteme</i>	42
4.4.2	<i>Landsat</i>	43
4.5	Change Detection	46
5	Datengrundlage und Methodik	49
5.1	Datengrundlage.....	49
5.2	Geländearbeit/Aufnahme von Trainingsgebieten.....	51
5.2.1	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	51
5.2.2	<i>Auswahl der Trainingsgebiete</i>	52
5.3	Datenbearbeitung.....	53
5.3.1	<i>Datenvorverarbeitung (Preprocessing)</i>	54
5.3.1.1	Bildverbesserung	54
5.3.1.2	Geometrische Entzerrung (Georeferenzierung).....	55
5.3.1.3	Erstellung einer Wolkenmaske	57
5.3.1.4	Definition des Untersuchungsgebietes	57
5.3.2	<i>NDVI</i>	59
5.3.3	<i>Klassifikation</i>	60
5.3.3.1	Unüberwachte Klassifikation	60
5.3.3.2	Überwachte Klassifikation	62
5.3.3.2.1	Interaktive Festlegung der Trainingsgebiete	63
5.3.3.2.2	Auswahl der Eingangskanäle für die überwachte Klassifikation	71
5.3.4	<i>Verbesserung der Klassifikationsergebnisse</i>	75
5.3.5	<i>Bestimmung der Klassifikationsgenauigkeit</i>	76
5.3.6	<i>Wald-/Nicht-Wald Klassifikation</i>	78
5.4	Change Detection	79
5.5	Zusammenfassung der Arbeitsschritte	81
6	Ergebnisdarstellung und Interpretation	83
6.1	Ergebnisse der unüberwachten Klassifikation.....	83
6.2	Ergebnisse der überwachten Klassifikation.....	84
6.3	Verifizierung der Klassifikationsergebnisse.....	86
6.3.1	<i>Betrachtung der Trennbarkeit der einzelnen Klassen</i>	87
6.3.1.1	Unüberwachte Klassifikation	87
6.3.1.2	Überwachte Klassifikation	88
6.3.2	<i>Betrachtung der Klassifikationsgenauigkeit</i>	91

6.3.2.1	Klassifikationsgenauigkeit der unüberwachten Klassifikation.....	92
6.3.2.2	Klassifikationsgenauigkeit der überwachten Klassifikation.....	94
6.4	Ergebnisse der <i>Change Detection</i>	100
7	Diskussion und kritische Betrachtung.....	105
7.1	Methodik und Ergebnisse	105
7.2	Betrachtung der ausgewiesenen Veränderungen	106
8	Zusammenfassung und Ausblick	111
9	Literatur	113
Anhang.....		i

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Die Dominikanische Republik.....	5
Abb. 2:	Zeiträume der Entstehung der geologischen Einheiten der Dominikanischen Republik.....	7
Abb. 3:	Die Gebirgszüge der Dominikanischen Republik und ihre höchsten Erhebungen	8
Abb. 4:	Die geologischen Einheiten des Untersuchungsgebietes.....	10
Abb. 5:	Isothermen der Monate Januar und August in der Dominikanischen Republik .	13
Abb. 6:	Durchschnittliche Jahressummen der Niederschläge in der Dominikanischen Republik.....	14
Abb. 7:	Schematisierter Vertikalschnitt durch einen tropischen Wirbelsturm	15
Abb. 8:	Jahresverlauf der monatlichen Mittelwerte von Niederschlag, Evaporation und Temperatur in den Jahren 1968-1988 an der Station Las Taveras (300m ü. NN) ..	18
Abb. 9:	Jahresverlauf der monatlichen Mittelwerte von Niederschlag, Evaporation und Temperatur in den Jahren 1968-1988 an der Station Jarabacoa (529m ü. NN)..	18
Abb. 10:	Vegetationsformationen der Dominikanischen Republik.....	19
Abb. 11:	Abnahme der Waldfläche in der Dominikanischen Republik (in Prozent)	30
Abb. 12:	Deckung des nationalen Energiebedarfs nach unterschiedlichen Energieträgern. .	31
Abb. 13:	Spektrale Charakteristik von a) Energiequellen, b) atmosphärischer Transmission und c) verschiedenen Fernerkundungssystemen	40
Abb. 14:	Spektrale Reflexion von Vegetation, Boden und Wasser.....	41
Abb. 15:	Schematische Darstellung der Aufnahme mit dem MSS-System der Landsat-Satelliten.....	45
Abb. 16:	Subset der Landsat-7-Szene vom 25.09.2000 mit Markierung des Untersuchungsgebietes, Kanalkombination 3-2-1.....	50
Abb. 17:	Subset der Landsat-5-Szene vom 20.01.1986 mit Markierung des Untersuchungsgebietes, Kanalkombination 3-2-1.....	50
Abb. 18:	Untersuchungsgebiet der Landsat-7-Szene vom 25.09.2000 in der Kanalkombination 5-4-3.....	58
Abb. 19:	Untersuchungsgebiet der Landsat-5-Szene vom 20.01.1986 in der Kanalkombination 5-4-3.....	58
Abb. 20:	Mittlere Grauwerte der Trainingsgebiete der überwachten Klassifikation 2000.	73

Abb. 21: Mittlere Grauwerte der Trainingsgebiete der überwachten Klassifikation 1986.	74
Abb. 22: Zusammenfassende Darstellung der methodischen Arbeitsschritte.....	81
Abb. 23: Ergebnis der unüberwachten Klassifikation der Landsat-7-Szene vom 25.09.2000 nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.	83
Abb. 24: Ergebnis der unüberwachten Klassifikation der Landsat-5-Szene vom 20.01.1986 nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.	84
Abb. 25: Ergebnis der überwachten Klassifikation der Landsat-7-Szene vom 25.09.2000 nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.	85
Abb. 26: Ergebnis der überwachten Klassifikation der Landsat-5-Szene vom 20.01.1986 nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.	86
Abb. 27: Landnutzungsveränderung im Untersuchungsgebiet im Zeitraum von 1996-2000.	101

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Hangneigungsstufen im oberen Einzugsgebiet des Río Yaque del Norte.	11
Tab. 2:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Kaffee.....	22
Tab. 3:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Tabak.	23
Tab. 4:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Banane.	24
Tab. 5:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Bohne.	25
Tab. 6:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Mais.	25
Tab. 7:	Ökophysiologische Anbaubedingungen von Maniok.	26
Tab. 8:	Betriebsgrößenstruktur im Agrarsektor, Veränderung 1971-1981.	33
Tab. 9:	Betriebsgrößenstruktur im Untersuchungsgebiet.....	36
Tab. 10:	Eigenschaften von LANDSAT 1-3.....	43
Tab. 11:	Eigenschaften von LANDSAT 4-5.....	44
Tab. 12:	Eigenschaften von LANDSAT 7.....	44
Tab. 13:	Anwendungspotential der TM- und ETM+-Kanäle.....	46
Tab. 14:	Datengrundlage.	49
Tab. 15:	Visuell unterscheidbare Eigenschaften der Trainingsklassen 2000 (Kanalkombi- nation 5-4-3).....	70
Tab. 16:	Visuell unterscheidbare Eigenschaften der Trainingsklassen 1986 (Kanalkombi- nation 5-4-3).....	70
Tab. 17:	Trainingsklassen für die überwachte Klassifikation 2000.	71
Tab. 18:	Trainingsklassen für die überwachte Klassifikation 1986.	71
Tab. 19:	Ergebnis der unüberwachten Klassifikation 2000.	83
Tab. 20:	Ergebnis der unüberwachten Klassifikation 1986.	84
Tab. 21:	Ergebnis der überwachten Klassifikation 2000.	85
Tab. 22:	Ergebnis der überwachten Klassifikation 1986.	86
Tab. 23:	Trennbarkeit der spektralen Signaturen (nach <i>Bhattacharrya Distance</i>) der definierten Trainingsgebiete der überwachten Klassifikation 2000 mit acht Eingangskanälen	89
Tab. 24:	Trennbarkeit der spektralen Signaturen (nach <i>Bhattacharrya Distance</i>) der defi- nierten Trainingsgebiete der überwachten Klassifikation 1986 mit acht Ein- gangskanälen.....	90
Tab. 25:	<i>Confusion Matrix</i> der unüberwachten Klassifikation der 2000er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.	92

Tab. 26:	Genauigkeitsauswertung der unüberwachten Klassifikation der 2000er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	92
Tab. 27:	<i>Confusion Matrix</i> der unüberwachten Klassifikation der 1986er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	93
Tab. 28:	Genauigkeitsauswertung der unüberwachten Klassifikation der 1986er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	93
Tab. 29:	<i>Confusion Matrix</i> der überwachten Klassifikation der 2000er-Szene (Trainingsgebiete).....	95
Tab. 30:	Genauigkeitsauswertung der überwachten Klassifikation der 2000er-Szene (Trainingsgebiete)	95
Tab. 31:	<i>Confusion Matrix</i> der überwachten Klassifikation der 1986er-Szene (Trainingsgebiete).....	95
Tab. 32:	Genauigkeitsauswertung der überwachten Klassifikation der 1986er-Szene (Trainingsgebiete)	96
Tab. 33:	<i>Confusion Matrix</i> der überwachten Klassifikation der 2000er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	97
Tab. 34:	Genauigkeitsauswertung der überwachten Klassifikation der 2000er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	97
Tab. 35:	<i>Confusion Matrix</i> der überwachten Klassifikation der 1986er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	98
Tab. 36:	Genauigkeitsauswertung der überwachten Klassifikation der 1986er-Szene (<i>Accuracy Assessment</i>) nach Anwendung des SIEVE-Filters mit der Polygongröße 4.....	98
Tab. 37:	Darstellung der <i>Change Detection Matrix</i>	102
Tab. 38:	Veränderung der Landnutzung nach Klassen.	102
Tab. 39:	Flächenanteile der verschiedenen Klassen.....	103
Tab. 40:	<i>Per-Category</i> Kappa-Koeffizient.....	104

Photoverzeichnis

Photo 1: Geschlossener Wald, südwestlich von La Ciénaga.....	65
Photo 2: Tayota.....	67
Photo 3: Kaffee.....	68
Photo 4: Banane, im Unterwuchs Yams.....	68
Photo 5: Ananas.....	68
Photo 6: Kaffee ohne Schattenbäume, im Hintergrund Weideflächen, südl.von Manabao.	69