

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

Randy Thomsen

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

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

### **Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Dieser Titel ist als Printversion im Buchhandel  
oder direkt bei *ibidem* ([www.ibidem-verlag.de](http://www.ibidem-verlag.de)) zu beziehen unter der

ISBN 978-3-89821-433-8.

∞

ISSN: 1614-4716

ISBN-13: 978-3-8382-5433-3

© *ibidem*-Verlag  
Stuttgart 2012

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.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in or introduced into a retrieval system, or transmitted, in any form, or by any means (electronical, mechanical, photocopying, recording or otherwise) without the prior written permission of the publisher. Any person who does any unauthorized act in relation to this publication may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.

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

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>Photoverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung dieser Studie.....	2
<b>2 Untersuchungsgebiet .....</b>	<b>5</b>
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
<b>3 Landnutzung .....</b>	<b>27</b>
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
<b>4 Theoretische Grundlagen der Fernerkundung.....</b>	<b>37</b>
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
<b>5</b>	<b>Datengrundlage und Methodik</b> .....	<b>49</b>
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
<b>6</b>	<b>Ergebnisdarstellung und Interpretation</b> .....	<b>83</b>
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
<b>7</b>	<b>Diskussion und kritische Betrachtung.....</b>	<b>105</b>
7.1	Methodik und Ergebnisse .....	105
7.2	Betrachtung der ausgewiesenen Veränderungen.....	106
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>111</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>113</b>
<b>Anhang</b> .....		<b>i</b>



## 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

## **Abkürzungsverzeichnis**

### Allgemeine Abkürzungen

PROCARYN Proyecto Cuenca Alta del Río Yaque del Norte

RD República Dominicana

### Organisationen

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

DED Deutscher Entwicklungsdienst GmbH

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

DNP Dirección Nacional de Parques Dirección

DGF General de Foresta

EDC EROS Data Center

FAO Food and Agricultural Organization of the United Nations

GTZ Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GmbH

KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau

NASA National Aeronautics and Space Administratory

SMRN Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SURENA Subsecretaría de Recursos Naturales

STBA Statistisches Bundesamt

### Fernerkundung

CCD charge coupled device

CZCS Coastal Zone Colour Scanner

ETM+ Enhanced Thematic Mapper Plus

GCP Ground Control Points

GIS Geographisches Informationssystem

Goes Geostationary Operational Environmental Satellite

GPS	Global Positioning Systems
HyMap	Hyperspektral Mapper
HRVIR	High resolution visible and infrared
IRS	Indian Remote Sensing Program
Lidar	Light detection and ranging
LISS	Linear Imaging Self-Scanning Sensor
MOS	Modulare Optoelektronische Scanner
MSS	Multispectral Scanner
Noaa	National Oceanic and Atmospheric Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
Radar	Radio detecting and ranging
RBV	Return Beam Vidicon
SPOT	Système Probatoire d'Observation de la Terre
TM	Thematic-Mapper
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
WiFS	Wide Field Sensor
WRS	Worldwide Reference System

### Spektralbereiche

MIR	mittleres Infrarot
NIR	nahes Infrarot
PAN	panchromatisch
THIR	thermales Infrarot
VIS	sichtbares Licht: Blau, Grün, Rot