

Methodische Untersuchungen zur raumbezogenen Modellierung und Prognose von Landnutzungsveränderungen

„Beispiel eines 60 000 ha großen Gebietes
in dem Längstal der VIII Region, Chile“

Dr. Victor Sandoval V.

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Austral de Chile
vsandova@uach.cl

Zusammenfassung

Die Verdrängung von Wäldern und landwirtschaftlichen Flächen durch forstliche Plantagen hat im südlichen Zentralchile im Verlauf der vergangenen 30 Jahren stetig zugenommen. In der VIII Region lag die Veränderungsrate der Landnutzung auf landwirtschaftlichen Flächen zugunsten von Plantagen für den Zeitraum 1994 -1998 bei 50.000 ha. Dies entspricht 2,4 % der Fläche der Region. Die kartographische Information, welche die chilenische Waldkartierung von 1994-1997 und deren Aktualisierung von 1998 zu diesem Thema liefern, erlaubt erstmals die Messung und Analyse der stattgefundenen Veränderungen in der Landnutzung (CONAF, 1999). Eine erschöpfende Nutzung der vorliegenden Information war allerdings bisher nicht möglich, da ein theoretischer Rahmen sowie methodische Ansätze zur Interpretation der abgelaufenen Prozesse in dieser Region fehlten.

Vor diesem Hintergrund wurde in der VIII Region, der Region des Bio Bio, für ein Pilotgebiet von 60.000 ha ein methodischer Leitfaden zur Modellierung und Prognose der Landnutzungsveränderungen erstellt und ein empirisches, räumlich-statistisches Modell auf der Basis von Fernerkundung, geographischem Informationssystem und statistischen Techniken aufgebaut.

1 Prognosen der Landnutzungsveränderungen mit Hilfe räumlich-statistischer Modelle

Räumlich-statistische Modelle lassen sich aus einer Kombination von kartographischen Techniken, geographischen Informationssystemen und Multivarianzmodellen ableiten. Sie werden hauptsächlich zur Erkennung der räumlichen Verteilung von Landnutzungsveränderungen und deren Prognose eingesetzt (LAMBIN,1997; NUALCHAWEE et al , 1981; ONGSAMWANG, 1993; COST, 1983). Die Modellierung basiert auf der Hypothese, daß Landwirte ihren Wald eher in landwirtschaftliche Flächen umwandeln,

wenn Absatzmärkte leicht zugänglich sind und die Boden- sowie Klimaverhältnisse dies erlauben (CHOMITZ et al., 1996; NILSSON, 1997; CHRISMAN, 1997, POWER , 1983).

Die wichtigsten Variablen dieser Modelle sind: Entfernung zu Märkten, Transportinfrastruktur, Topographie, Bodenfruchtbarkeit, Zersplitterung der Waldfläche, etc. Einige neuere Modelle haben auch sozioökonomische Variablen aus Volkszählungen mit einbezogen. Die meisten Modelle verbinden den Zustand der unabhängigen Variablen zum Anfangszeitpunkt mit der Wahrscheinlichkeit, daß sich die entsprechende Landnutzungsart zwischen Beginn und Ende des gewählten Zeitraums verändert. Es müssen also für diese Art von Modellen Methoden gefunden werden, die den Vergleich kartographischer Daten von zwei Zeitpunkten innerhalb eines gegebenen Zeitraums erlauben.

Eine wichtige Begrenzung der Möglichkeiten eines solchen Modells wird deutlich, sobald Einfluß-Variablen einbezogen werden sollen, die nicht leicht zu geokodieren sind. Hierzu zählen z.B. Preisniveaus und Einkommensverhältnisse. Mit der Zunahme der Möglichkeiten auch sozioökonomische Informationen zu geokodieren, könnte dieser Nachteil in Zukunft wenigstens teilweise behoben werden (LAMBIN, 1997; KAIMOVITZ et al., 1998).

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsmaterial

Im Rahmen der kartographischen Aktualisierung der VIII Region wurden zuerst digitalisierte Farbe-Luftbildern in Maßstab 1:115 000 zur Aktualisierung des Waldkartenwerks von 1994 herangezogen. Für einen Kartierungs- maßstabs von 1:50 000 wurden hier zufriedenstellende Ergebnisse erzielt (CONAF, 1999). Aufgrund dieser Erfahrung konnten die im Rahmen des Aktualisierungsprojekts angefertigten Luftbilder auch dieser Arbeit zu Grunde gelegt werden. Das kartographische Material für die vorliegende Studie beinhaltet:

- Luftbildaufnahmen (Papier und Filmabzüge , 1994 und 1998)

- Thematische und topographische Karten (Eigentumsgrenzen, Landnutzung der Jahre 1994–1998, Bodenkapazität, Exposition , Hangneigung, Höhe)

Die Studie soll am Beispiel eines 60 000 ha großen Gebietes in der Längstal der VIII Region und in einem Zeitraum von 1994 –1998 durchgeführt werden. Besondere Aufmerksamkeit soll dabei dem Prozeß der Verdrängung von landwirtschaftlichen Flächen zugunsten von Plantagen geschenkt werden.

2.2 Methodik

Zur Interpretation von Landnutzungsänderungen stehen hauptsächlich zwei theoretische Ansätze zur Verfügung (TURNER et al., 1989; PEARCE u. MORAN, 1995; LAMBIN, 1997; BAKER, 1989). Dies sind:

- Die Landschaftsmodellierung und
- Der Bodenertrag

Der erste Ansatz setzt eine detaillierte Untersuchung der räumlichen Ausgangssituation im Jahr, sowie der Endsituation im Jahr für einen festgelegten Zeitraum voraus. Das zweite Konzept basiert auf einer allgemeinen Erklärung der Bodennutzungsdynamik anhand von ökonomischen und politischen Variablen (PARKS, 1990). Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen Methoden der Modellierung und Prognose von Landnutzungsänderungen anhand empirischer, räumlich-statistischer Modelle (ERSM), welche auf einer Kombination von Fernerkundung, Geo-Informationssysteme und mathematisch-statistischer Methoden basieren.

Die wichtigsten Veränderungen von terrestrischen Ökosystemen lassen sich in drei große Kategorien einteilen (LAMBIN, 1997): Umwandlung, Degradierung und Intensivierung der Bodennutzung. Das Vorkommen von jeder dieser Veränderungstypen hängt von einer Anzahl von Faktoren ab. Hierzu zählen u.a. das Bevölkerungswachstum, die regionalen und überregionalen ökonomischen Bedingungen, die politischen Maßnahmen bezüglich des ruralen Sektors sowie die physischen Eigenschaften und Vegetationsbedingungen des Gebiets (KAIMOWITZ u. ANGELSEN, 1998).

In Anlehnung an die physische Analyse der Landschaft, wurde in dieser Arbeit ein ERSM (empirischer, räumlich-statistischer Modelle) entworfen, welches für den Zeitraum 1998-2002 den Veränderungsprozeß modellieren und die Wahrscheinlichkeit der Umwandlung einer beliebigen Fläche in eine Plantage prognostizieren soll. Abweichend von den Modellen zu Landnutzungsveränderungen, die auf der Markovkette beruhen (BAKER, 1989), ist das Ziel der hier angewandten Methode, die Wahrscheinlichkeit herzuleiten, mit der eine Fläche aufgeforstet werden könnte. Es wird dabei vorausgesetzt, daß sich die Wahrscheinlichkeit in Bezug auf die Kalibrierungsperiode von 1994 bis 1998 konstant bleibt. Es wird also von einem zeitlich und statisch homogenen Veränderungsprozeß ausgegangen. Selbst dann, wenn die den Veränderungsprozeß steuernden Faktoren dynamisch sind und langfristig von politischen, sozialen und wirtschaftlichen Aspekten abhängen, behält die Annahme der Konstanz für kurzfristige Vorhersagen seine Gültigkeit.

Zu Definition der Beziehungen zwischen den physischen Eigenschaften der Landschaft und dem Nutzungsveränderungsprozeß wurde ein Zeitraum von 5 Jahren (1994 – 1998) zur Kalibrierung des Modells gewählt. Die Veränderungen wurden dann ebenfalls für eine Periode von 5 Jahren (1998 – 2002) prognostiziert.

Die unterschiedlichen Arbeitsschritte bei der Erstellung des empirischer, räumlich-statistischer Modelle lassen sich in drei in einandergreifende Module gliedern (Abb.2.1):

Modul 1: Raumbezogene Daten und Monitoring

Beinhaltet das Zusammentragen von thematischen und beschreibenden Kartenmaterialien des Untersuchungsgebiets für zwei oder mehr Zeitpunkte.

Modul 2: Integration und geographische Verarbeitung der Information

Das sind alle Arbeitsschritte der Kombination und Bewertung der primären Information des 1. Moduls eingeschlossen. Ziel dieses 2. Moduls ist die Gliederung des physischen Umfelds, wodurch eine Darstellung von Ausmaß und Richtung des Veränderungsprozesses im Untersuchungsgebiet möglich wird.

Modul 3: Festlegung der Wahrscheinlichkeitsmatrix für Veränderungsprozesse

Bezieht sich auf die Phase der Berechnung und statistischen Auswertung des Modells. Dies schließt die Festlegung der Wahrscheinlichkeit der Veränderungen für die einzelnen Sektoren des Untersuchungsgebiets ein. Ergebnis ist eine Karte in der die jeweilige Veränderungswahrscheinlichkeit für die nähere Zukunft, in diesem Fall den Zeitraum 1998 – 2002, sektionsweise verzeichnet ist.

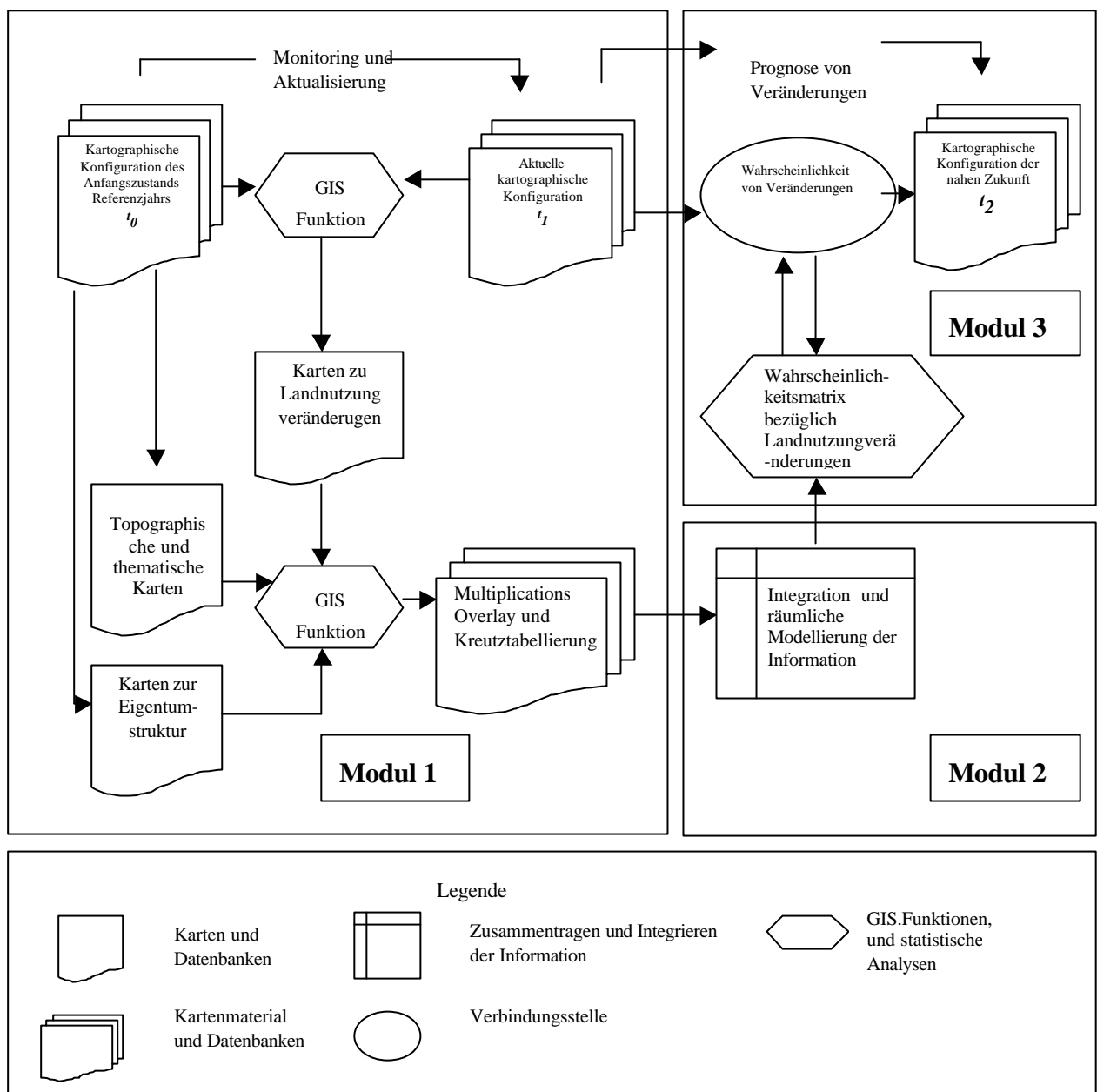


Abbildung 2.1 Flußdiagramm und Module des empirischer, räumlich-statistischer Modelle (ERSM)

3 Ergebnisse

3.1 Umfang der Veränderungen

Die Veränderungen in der Landnutzungsstruktur des Untersuchungsgebiets im Zeitraum von 1994 bis 1998 werden in Tabelle 3.1 dargestellt. Die größte Bewegung fand innerhalb der Forstplantagen statt. So nahm die Fläche der Unterkategorie junge Plantagen um rund 6313 ha zu, während die Altholzbestände um eine Fläche von 3911 ha verringert vorkamen. Anteilig an der Gesamtfläche von 1994 sind dies + 10,3 % bzw. – 6,4 %. Außerdem ist aber auch eine Abnahme der Fläche in den Nutzungskategorien Landwirtschaft und Weide zu verzeichnen. Diese beträgt 1263 bzw. 1709 ha oder -2,1% und - 2,8 %.

Tabelle 3.1 Veränderungen in der Landnutzung im Zeitraum 1994 – 1998

Landnutzung	Fläche 1998 (ha)	Fläche 1994 (ha)	Diferenz (ha)	% (von 1994)
Ortschaften	75,9	75,9	0	0,0
Landwirtschaft	33937,5	35200,5	-1263	-2,1
Weide	2824,1	4533,2	-1709,1	-2,8
Matorral	7709,8	7158,7	551,1	0,9
Plantage (alt)	9265	13176,8	-3911,8	-6,4
Plantage (jung)	6357	43,7	6313,3	10,3
Naturwald	165,9	90,3	75,6	0,1
Binnengewässer	1019,8	1075,7	-55,9	-0,1
Gesamt	61355,0	61354,8	0,2	

Den dargestellten Ergebnissen ist zu entnehmen, daß die Veränderungen im Zeitraum 1994 bis 1998 ganz besonders die Nutzungskategorien Plantagen, Weiden und Landwirtschaft betreffen. In geringem Maße verringerte sich auch die Fläche der Matorrales.

3.2 Richtung der Veränderungen der aktuellen Landnutzung

Der Flächenausgleich anhand der Veränderungsmatrix für den Zeitraum 1994 bis 1998 (Tab. 3.2 und 3.3) ermöglicht die Quantifizierung des Flächenübergangs zwischen den unterschiedlichen Nutzungskategorien. Die Zahlen zeigen, daß die Flächenzunahme in der Nutzungskategorie Plantagen, Unterkategorie junge Bestände, hauptsächlich auf Kosten der Fläche der Unterkategorie Altholzbestände und der Kategorie Weiden stattfand. 4185 ha oder 65 % der Fläche der Kategorie Altholzbestände im Jahr 1998 und 1655 ha (27 %) Weiden sind zu den jungen Plantagen hinzugekommen. Aus den Kategorien Landwirtschaft und Matorrales waren es nur 347 ha (oder 6 % der 1998 aufgeforsteten Fläche). Weiter ist der Veränderungsmatrix zu entnehmen, daß 95 % der veränderten Fläche in der Nutzungskategorie Weiden in die Kategorie forstliche Plantagen übergehen und daß eine Fläche von 901 ha aus der Kategorie Landwirtschaft in die Kategorie Matorrales wechselte. Letzterer Prozeß wird als erste Phase einer Umwandlung in Plantagen bewertet.

Tabelle 3.2 Kreuztabelle zwischen Landnutzungsklassen der Jahre 1994 und 1998 in ha

Landnutzung 1994	Landnutzung 1998								
	Ortschaften und Industrie	Landwirtschaft	Weide	Matorrales	Plantagen alt	Plantagen jung	Naturwald	Binnengewässer	Gesamt 1994
Ortschaften	76	0	0	0	0	0	0	0	76
Landwirtschaft	0	33938	0	901	152	210	0	0	35201
Weiden	0	0	2824	0	10	1699	0	0	4533
Matorrales	0	0	0	6809	110	164	76	0	7159
Plantagen alt	0	0	0	0	8992	4185	0	0	13177
Plantagen jung	0	0	0	0	0	44	0	0	44
Naturwald	0	0	0	0	0	0	90	0	90
Binnengewässer	0	0	0	0	0	56	0	1020	1076
Gesamt 1998	76	33938	2824	7710	9265	6357	166	1020	61355

Tabelle 3.3 Kreuztabelle zwischen Landnutzungsklassen der Jahren 1995 und 1998(%)

Landnutzung 1994	Landnutzung 1998								
	Ortschaften	Landwirtschaft	Weide	Matorrales	Plantagen (alt)	Plantagen (jung)	Naturwald	Binnengewässer	Veränderungen von der Klasse 1994-1998
Ortschaften	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Landwirtschaft	0,0	96,4	0,0	2,6	0,4	0,6	0,0	0,0	-3,6

Weide	0,0	0,0	62,3	0,0	0,2	37,5	0,0	0,0	-37,7
Matorrales	0,0	0,0	0,0	95,1	1,5	2,3	1,1	0,0	4,9
Plantagen alt	0,0	0,0	0,0	0,0	68,2	31,8	0,0	0,0	31,8
Plantagen jung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Naturwald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Binnengewässer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	94,8	5,2

Der in der Matrix beschriebene Flächenfluß kann graphisch folgendermaßen dargestellt werden:

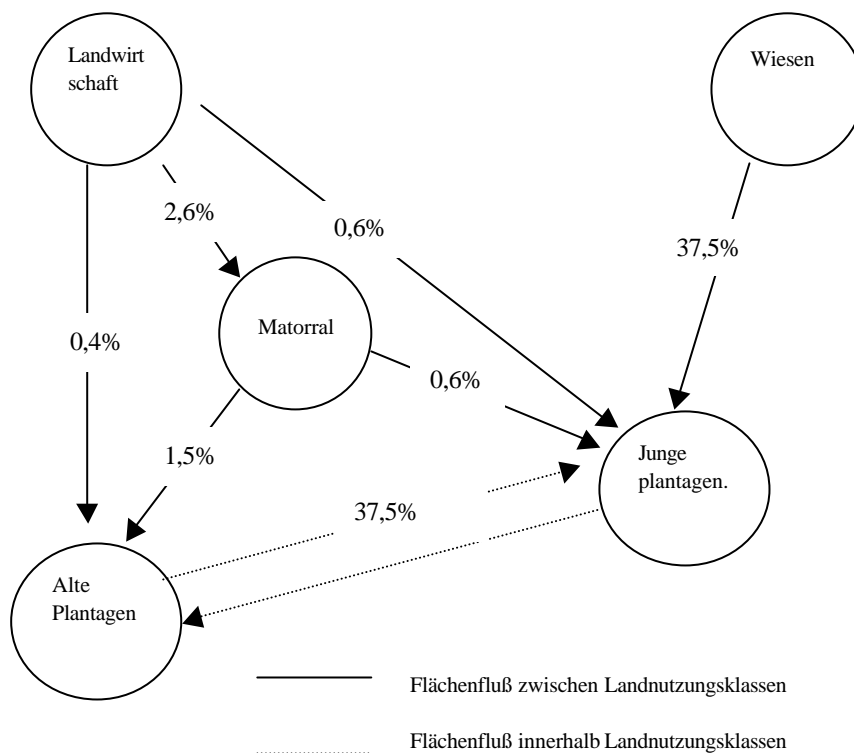


Abbildung 3.1 Veränderung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet.

3.3 Modellierung der Veränderung in der Landnutzung

Für das Untersuchungsgebiet wurden durch digitale Verschneidung der Karten Beziehungen zwischen der Lage der Landnutzungsveränderungen und der Kombination Umweltvariablen, potentielle Landnutzung und aktuelle Landnutzung sowie einer thematischen Variablen, Eigentumsgröße, aufgedeckt.

Die Bedeutung der Einflussfaktoren auf der Nutzungsveränderungsprozess wurde anhand der Anpassung einer logistischen Funktion geprüft. In dem angepaßten Modell wurde die unabhängige, *dichotome* Variable durch die Ereignisse „auftreten von Landnutzungsveränderungen“ (1) und „nicht auftreten von Landnutzungsveränderungen“ (0) in den einzelnen homogenen Flächeneinheiten definiert. Die Ergebnisse der angepaßten Regression und Korrelations-koeffizient nach Pearson werden in 3.4 vorgestellt.

Tabelle 3.4 Modell der logistischen Regression und Korrelations-koeffizient nach Pearson

Einflußfaktoren	Parameter der Logistischen Regression				Korrelations-koeffizient nach Pearson
	Variables Independientes	Parámetros del Modelo	Wald Chi Cuadrado	Chi Cuadrado	
Aktuelle Landnutzung	Weide s	2.2402	576.72	945.1**	0,56**
	Landwirtschaft	0.2515	5.49	5.51	0,36
	Matorrales	-	-	-	-
Potentielle Landnutzung	klasse I	1.2492	18.7	18.24	0,27
	klasse II	1.6474	202.92	290.3**	0,57**
	klasse IV	-	-	-	-
Eigentumsgröße	100 ha	-	-	-	-
	100-300 ha	0.5077	14.28	16.96	0.20
	> 300 ha	1.1359	105.5	154.5**	0.60**
Entfernungsklasse zu Wegen	1000m	-	-	-	0,30
	2000m	-	-	-	0,29
	>2000m	1.4864	26.89	50.94	0,38
Entfernung zu Plantagen	1000m	-0.2054	6.02	4.86	0,40
	2000m	-	-	-	-
	>2000m	-0.9476	-29.35	32.5	0,36
Expositionsclassen	N	2.1527	--	-	0,28
	O	2.6165	19.88	16.59	0,10
	S	2.87	24.09	14.66	0,03
	W	2.4531	12.62	6.99	0,02
Hangneigungsklasse	0-15%	-	-	-	-
	15-30 %	-0.3113	10.41	11.083	0,21
	>30%	-	-	-	-

Der Tabelle 3.4 ist zu entnehmen, daß die unabhängigen Variablen Parzellengröße, „aktuelle Landnutzung und potentielle Landnutzung den beobachteten Veränderungsprozeß signifikant beeinflußt haben. Ein geringerer Einfluß ist bei den

Variablen Exposition, Hangneigungsklasse und Entfernung zu Plantagen zu beobachten. Die Ergebnisse der Modellierung stimmen mit denen der graphischen Analyse, sowie mit den Ergebnissen der Korrelation überein. Erneut wird hier also der Zusammenhang zwischen dem Veränderungsprozeß und den thematischen und umweltbedingten Variablen aktuelle Landnutzung, potentielle Landnutzung, und Parzellengröße deutlich.

- a) Die als Weiden klassifizierten Flächen werden sukzessive in Plantagen umgewandelt. Dies zeigt die hohe χ^2 - wert bei der logistischen Regression.
- b) Die Veränderung der Landnutzung kommt sowohl absolut als auch relativ am häufigsten in Parzellen größer 300 ha vor.
- c) Die Klasse 2 der potentiellen Landnutzung steht, wie schon in den Vorjahren, in Beziehung zum Vorkommen von Plantagen. Es wird belegt, daß im Untersuchungszeitraum (1994-1998) Veränderungen der Landnutzung zugunsten von Plantagen hauptsächlich auf Böden der Kategorie 2 auftreten.

3.5 Veränderungswahrscheinlichkeit der Landnutzung

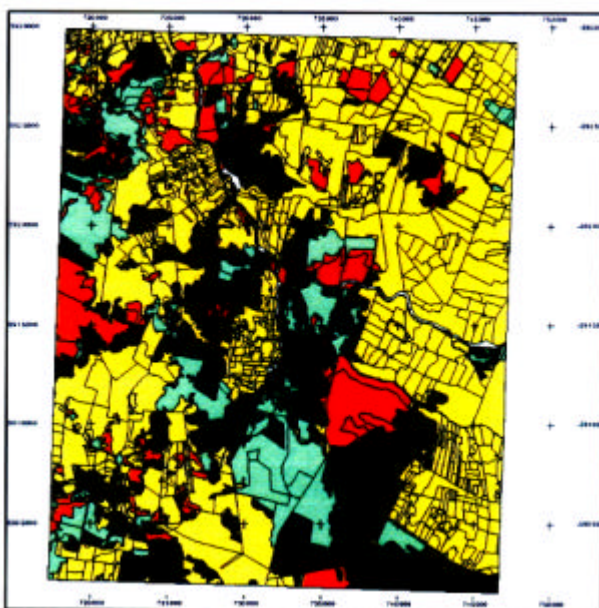
Die Wahrscheinlichkeit für die Umwandlung landwirtschaftlicher Flächen, Weiden oder Maccien in Plantagen wurde anhand der Veränderungsrate im Untersuchungsgebiets und im Zeitraum 1994-1998 bestimmt.

Die Wahrscheinlichkeit für die Landnutzungsveränderung zugunsten von Plantagen innerhalb einer homogenen Einheit entspricht dem tatsächlichen Veränderungskoeffizienten der nahen Vergangenheit (1994-1998). Die Einheiten sind homogener bzgl. der thematischen Einflussfaktoren Parzellengröße , aktuellen Landnutzungskategorie und potentielle Landnutzung des Bodens. Die Veränderungswahrscheinlichkeiten für die unterschiedlichen Kombinationen der Umweltattribute werden in Tabelle 3.5 dargestellt.

Tabelle 3.5 Veränderungswahrscheinlichkeiten (%)

Eigentumsgröße (ha)	Potentielle Landnutzungsklassen	Veränderungswahrscheinlichkeiten (%)		
		Wiesen	Maccien	Landwirtschaft
100	1,0	28,2	1,7	0,2
	2,0	42,4	0,4	0,3
	>2	0,0	0,0	0,0
100-300	1,0	26,2	5,3	0,9
	2,0	40,9	5,3	0,8
	>2	0,0	0,0	0,0
>300	1,0	35,9	8,3	2,4
	2,0	45,2	5,0	20,5
	>2	5,2	6,1	45,3

Um die kartographische Darstellung der modellierten Wahrscheinlichkeiten für Parzellen und homogene Einheiten zu erleichtern, wurden für die Veränderungswahrscheinlichkeit für den Zeitraum 1998-2002 in 4 Stufen definiert: Hohe, mittlere, niedrige und keine Wahrscheinlichkeit. Die Flexibilität bei der graphischen Ausführung des angepassten Vektormodells erlaubt eine Modifikation der Wahrscheinlichkeitsstufen gemäß den spezifischen Zielen und Restriktionen einer Studie und des empirischen Informationsvolumens über die Untersuchungsfläche.



Stufen		Wahrscheinlichkeit
Hohe,	1	>15 %
Mittlere	2	>5 % und <15%
niedrige	3	>05 und <5 %
null	4	= 0%

Abbildung .Räumliche Lage der homogene Einheiten mit unterschiedlicher Veränderungs wahrscheinlichkeit für die Zeitraum 1999-2002 (Rot =1, Grün =2, Scharwz =3, Gelb =4)

4 Folgerungen

Der Einflußfaktor Eigentumsgröße gibt die Konzentration des Landes in großen Forstfirmen der VIII Region wieder. Diese Flächenkonzentration in Großbetrieben ist typisch für den chilenischen Forstsektor und eine Folge der Entwicklung der Forstwirtschaft in Chile (DONOSO, 1983). Letztere basiert auf den Grundsätzen der Selbstversorgung mit Rohstoffen, der Optimierung von waldbaulichen Maßnahmen wie Ästung und Durchforstungen sowie der Minimierung von Transportkosten für Rohstoffe zu den Zellulosewerken (MENESES 1999). Nur ein großer Landeigentum ermöglicht die Kontrolle der genannten Variablen und erlaubt eine ökonomische Optimierung der forstlichen Produktion im großen Stil . Den Einfluß, welchen die Forstkonsortien in der VIII Region auf die Verteilung und Struktur des Eigentums ausüben, ist zweifelsohne auf die Holzproduktion in Plantagen gerichtet.

Was der Einflußfaktor, potentielle Landnutzung , betrifft, zeigt die Information einen klaren Zusammenhang zwischen der Verteilung von Vorkommen forstlicher Plantagen und Böden der potentiellen Nutzungsklasse 2 .

Schließlich zeigt Veränderung in der aktuellen Landnutzung eine Tendenz zur Abnahme von Weiden und landwirtschaftlichen Flächen zugunsten von Plantagen. Diese Bewegung erklären MENESES (1999) und PEARCE (1995) aus ökonomischer Sicht mit der Bodenrentabilität. Die technologische Intensivierung in der Landwirtschaft und Viehhaltung erlaubt ihre Konzentrierung auf geringerer Fläche und gibt so hauptsächlich Weideland für eine Aufforstung frei. Ähnlich ist die Situation für landwirtschaftliche Flächen. Formal läßt sich die Expansion der Plantagen in der Region anhand eines Modells zur Bodenrentabilität erklären.

Die ersten Erfahrungen, die in dieser Untersuchung zum Thema der Landnutzungsveränderungen eines begrenzten Gebietes mit spezifischen Problemen

gemacht wurden, lassen einige Empfehlungen zur Optimierung des Analyseprozesses und der Entwicklung von Prognosemodellen in zukünftigen Untersuchungen zu:

- a) Das Fehlen von historischem Kartenmaterial oder Satellitenbildern in vielen Regionen Südchiles schränkt die Möglichkeiten der Modellierung nach dem hier präsentierten Beispiel ein. Dies führt dazu, daß auch in Zukunft die Verwendung von Luftbilder zur Aufstellung von Zeitreihen unerläßlich sein wird. Angesichts des durchschnittlichen Maßstabs der unterschiedlichen photographischen Flächenabdeckungen von 1:20.000 – 1:60.000 ist dies für regionale und großflächige Untersuchungen sehr kostspielig. Es ist daher sinnvoll weiterhin an Methoden zu arbeiten, welche die Aufnahme des Veränderungsprozesses der Landnutzung auf der Basis von mehrphasigen Modellen (photogrammetrisch-terrestrisch) erlauben
- b) Forschungsbedarf besteht außerdem bei der Identifizierung von ökonomischen georeferenzierbaren Einflußgrößen oder Deskriptoren, die mit dem Veränderungsprozeß der Landnutzung in Zusammenhang stehen. Auch die Untersuchung von Auswirkung und Wechselwirkungen derartiger Einflußfaktoren, sowie deren Integration in ein räumliches Modell aller forst- und landwirtschaftlichen Aktivitäten der Region, ist von Bedeutung.
- c) Zur Festigung des Wissenstandes über Flächenbewegungen auf unterschiedlichen geopolitischen Organisationsebenen einer Region (Region, Provinz, Kommune, etc.) ist die Festlegung einer angemessenen räumlichen und zeitlichen Skala (zeitliche Frequenz des Monitoring und Maßstab der kartographischen Darstellung) notwendig. Sie könnte Aufschluß über die unterschiedlichen Veränderungsprozesse und ihre Wechselwirkungen mit den ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen geben.

Schließlich ist es wichtig, die Phasen der kartographischen Analyse und der Prognose der Landnutzungsveränderungen zu automatisieren. Eine Möglichkeit hierfür wäre die Programmierung eines Abfragesystems auf der Basis von miteinander verbundenen Datenbanken, die sowohl Umweltattribute als auch alphanumerische georeferenzierte Information (sozioökonomische, humane und historische Aspekte) enthalten. Die

Konzeption und Programmierung eines graphisch-alphanumerischen Abfragesystems zur Untersuchung eines solchen Prozesses muß eine anwenderfreundliche graphische Zwischenphase enthalten, um eine interdisziplinäre Analyse zu ermöglichen.

Eine Analyse, die diese Variablen berücksichtigt, durchläuft die einzelnen Ebenen von der Region bis zur Parzelle und liefert eine Übersicht über die wichtigsten Faktoren des räumlichen Prozesses eines Gebiets. Schematisch dargestellt setzt sich ein Modell aus den wichtigsten Elementen zusammen, die den Prozeß der Landnutzungsveränderung beeinflussen und berücksichtigt folgende Arbeitsschritte

5 Literaturverzeichnis

BAKER, W. L., 1989 . A review of models of landscape change. Landscape Ecology vol. 2 no.2 pp. 111-133 (1989)

CONAF. 1999. Catastro y evaluacion de recursos vegetacionales de Chile , Informe Nacional , Marzo 1999,

COST, N. ; KNIGHT 1983 . Forest Classification considerations for monitoring changes and trends, in Renewables Resource Inventories for Monitoring Changes and Trends, An International Conference , Corvallis , Oregon , USA. Pp 157-161.

CHOMITZ, K ; GRAY, D. 1996. Roads, Lands marketz and deforestation, a spatial model of land use en Belize . World Bank Economic Review 10. 487-512.

CHRISMAN , N. 1997. Exploring Geographic Information System , Edit. John Wiley & Sons. Inc. New York. P. 296.

DONOSO, C 1993, Bosques templados de Chile y Argentina, , Variacion , Estructura y Dinamica, Editorial Universitaria , Santiago de Chile

KAIMOWITZ, D AND ANGELSEN, A. 1998. Economic Models of Tropical deforestation. A Review, Center for International Forestry Research, Malaysia

LAMBIN, E. 1997. Modelling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions , Progress in Physical Geography 21,3 (1997) pp. 375-393.

- MENESES , M 1999.** Cambio en el uso del suelo en las regiones VIII y X , Cuadernos del Instituto de Manejo Forestal , Facultad de ciencias forestales, Universidad Austral de Chile, 20 S.
- NUALCHAWEE, K. , MILLER, L. , WILLIAMS, D. 1981.** Spatial inventory and modelling forest land cover of northern Thailand. Report 4177 College Station Texas University.
- NILSSON, M. 1997.** Estimation Of Forest Variables Using Satellite Imagen Data and Airborne Lidar, Doctoral Thesis , Swedish University of Agricultural Sciences.
- ONGSAMWANG, S. 1993 .** Forest Inventory , remote Sensing and GIS for Forest Management in Thailand , Berliner Geographischen Studien . S 272.
- PEARCE,D. ; MORAN ,D. 1995.** The economic value of biodiversity. IUCN.Earthscan Publication Ltd. , London
- PEARCE, D AND BROWN,K. 1994** Saving the world's tropical forest. In brown , K.
- TURNER, M.; CONSTANZA, R. ; SKLAR, F. 1989.**Methods to evaluate the performance of spatial simulation models. Ecological Modelling 48 (1989) pp.1-8.
- TURNER, M. ; GARDNER, R. 1990.**Quantitative Methodes in Landscape Ecology, Springer - Verlag. S 536
- TURNER,M..G.1987.** Landscape Heterogeneity and Disturbance, Ecological Studies. Editor. Monica Turner. New York Springer – Verlag 239 S.