Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	x
Tabellenverzeichnis.....	xiv
Akronyme.....	xvii
Kurzfassung.....	xxi
Summary.....	xxiii
1 Einleitung.....	1
1.1 Hintergrund der Arbeit.....	1
1.2 Ziele und Gliederung der Arbeit.....	5
2 Landnutzungs- und Landbedeckungswandel: Der Stand der Forschung 11	
2.1 Land als System.....	11
2.1.1 Der Forschungskontext des Landnutzungs- / Landbedeckungswandels.....	11
2.1.2 Landbedeckung, Landnutzung und Landfunktion.....	13
2.1.3 Der Weg zu einer allgemeinen Land-System Theorie.....	16
2.2 Ursachen und Auswirkungen des Landnutzungswandels.....	17
2.2.1 Ursachen von Landnutzungsänderungen.....	18
2.2.2 Auswirkungen von Landnutzungsänderungen.....	21
2.2.3 Ursachen und Auswirkungen von Landnutzungsänderungen am Beispiel von Urbanisierung und Flächeninanspruchnahme in Deutschland.....	21
2.2.4 Quantifizierung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung.....	26
2.3 Fernerkundung als Methode zur Beobachtung des Landnutzungswandels	27
2.3.1 Landnutzungsprodukte aus Satellitendaten.....	28
2.3.2 Ableitung des Versiegelungsgrades aus Fernerkundungsdaten.....	30
2.4 Modellierung von Landnutzung und Landnutzungswandel.....	31
2.4.1 Kernfragen der Landnutzungsmodellierung.....	33
2.4.2 Übersicht verschiedener Ansätze der Landnutzungsmodellierung...34	
2.4.3 Empirisch-statistische Modelle.....	36

2.4.4	Optimierungsmodelle.....	37
2.4.5	Zelluläre Automaten.....	38
2.4.6	Agenten-basierte Modelle.....	40
2.4.7	Integrative systemorientierte Modelle.....	41
2.4.8	Kopplung von Landnutzungsmodellen.....	43
2.4.9	Szenario-Entwicklung in der Landnutzungsmodellierung.....	46
2.4.10	Kalibrierung und Validierung von Landnutzungsmodellen.....	47
2.5	Anforderungen an die Landnutzungsmodellierung in NRW.....	49
3	Landnutzungswandel in Nordrhein-Westfalen.....	53
3.1	Landeskundlicher Überblick.....	53
3.1.1	Geschichte und Verwaltungsgliederung.....	53
3.1.2	Naturräumliche Gliederung.....	53
3.1.3	Demographischer Wandel.....	57
3.1.4	Wirtschaftliche Entwicklung.....	60
3.2	Änderung der Nutzung, Änderung der Landschaft.....	65
3.2.1	Historische Landnutzungsänderungen in der Region des heutigen NRW.....	65
3.2.2	Urbanisierung und Landnutzungswandel in NRW seit 1950 und aktuelle Tendenzen.....	68
4	Fernerkundungsgestütztes Monitoring von Landnutzungsänderungen in NRW.....	77
4.1	Verwendete Fernerkundungsdaten.....	77
4.2	Datenvorverarbeitung.....	79
4.3	Klassifikation der LANDSAT-Daten.....	81
4.3.1	Klassifikation der Zeitschnitte von 1975, 1984 und 2001.....	81
4.3.2	Anpassung des Klassifikationsschemas für den Zeitschnitt 2005 und Korrekturen der Klassifikationen von 1975, 1984 und 2001.....	85
4.3.3	Bestimmung des Versiegelungsgrades aus hochauflösenden Fernerkundungsdaten und dem NDVI.....	88
5	Modellverbund zur räumlich expliziten Modellierung von urban-ruralen Landnutzungsänderungen.....	95
5.1	XULU – eine einheitliche Modellierungsplattform.....	95
5.1.1	XULU-Datenhandling.....	98

5.1.2	XULU-Modelleinbettung.....	99
5.1.3	XULU-Eventmanager.....	100
5.1.4	XULU-Visualisierung.....	101
5.1.5	XULU / V.....	101
5.1.6	Modellsynchronisation.....	102
5.2	Das CLUE-s Modell zur Simulation von Landnutzungsänderungen.....	102
5.2.1	Nicht-räumliche Berechnungen: der Landnutzungsbedarf.....	104
5.2.2	Räumliche Berechnungen: logistisches Regressionsmodell zur Bestimmung von räumlich expliziten Wahrscheinlichkeitskarten... 105	
5.2.3	Räumliche Berechnungen: Nachbarschaftswahrscheinlichkeiten. .113	
5.2.4	Zeitliche Beschränkungen: die „Conversion Matrix“.....	114
5.2.5	Klassenspezifische Beschränkungen: die „Conversion Elasticity“ 116	
5.2.6	Regionale Beschränkungen: Area Restrictions und „Location Specific Preference Additions“ (LSPA).....	116
5.2.7	Berechnung der Gesamtwahrscheinlichkeit.....	117
5.2.8	Merkmale von CLUE-s.....	118
5.3	Ein zellulärer Automat (SLEUTH / UGM) zur Simulation des Siedlungswachstums.....	119
5.3.1	Eingangsdaten und Modellparameter.....	120
5.3.2	Wachstumsregeln.....	123
5.3.3	Selbstmodifikation.....	126
5.3.4	Kalibrierung.....	126
5.3.5	Merkmale von SLEUTH (UGM) und Implementierung in XULU	128
5.4	Implementierung einer Bewertung der Modellgüte.....	129
5.4.1	Multiple Resolution Comparison.....	131
5.4.2	Vergleich mit einem „Null“-Modell.....	132
5.5	Implementierung einer Strategie der Modellkopplung.....	133
6	Ergebnisse von Landnutzungsmonitoring, Modellparametrisierung und Modellbewertungen.....	137
6.1	Landnutzung und Landbedeckung in Nordrhein-Westfalen auf Basis der Satellitenbildklassifikation.....	137
6.1.1	Klassifikationsergebnisse.....	137
6.1.2	Genauigkeit der Klassifikation.....	140

6.1.3	Change Detection und Analyse der Landnutzungsänderungen.....	141
6.1.4	Regionale Betrachtungen der Landnutzungsänderungen.....	146
6.1.5	Aggregation der Landnutzungsdaten.....	152
6.2	Parametrisierung und Kalibrierung des CLUE-s Modells.....	153
6.2.1	Landnutzungsdaten.....	154
6.2.2	Antriebskräfte.....	155
6.2.3	Ergebnisse der logistischen Regressionsmodelle.....	165
6.2.4	Parametrisierung der Nachbarschaftseffekte.....	180
6.2.5	Einstellungen weiterer Modellparameter des CLUE-s Modells.....	181
6.2.6	Ergebnisse der Kalibrierung des CLUE-s Modells 1984-2001.....	183
6.3	Parametrisierung und Kalibrierung von SLEUTH (UGM).....	189
6.3.1	Modellvarianten des UGM.....	190
6.3.2	Ergebnisse der Kalibrierung des UGM 1984-2001.....	190
6.4	Kalibrierungsergebnisse der CLUE-s und UGM-Varianten im regionalen Vergleich.....	194
6.5	Ergebnisse der gekoppelten Modellierungen 1984-2001.....	196
6.6	Modell-Validierung anhand der beobachteten Landnutzungsänderungen 1975-1984.....	198
7	Szenarien des urban-ruralen Landnutzungswandels in Nordrhein-Westfalen bis 2025.....	201
7.1	Definition der Szenarien.....	201
7.2	Simulation der Landnutzung in NRW bis 2025.....	203
7.2.1	Simulation der Landnutzungsentwicklung mit dem CLUE-s Modell 2001-2025.....	203
7.2.2	Simulation der Siedlungsentwicklung mit dem UGM 2001-2025.....	205
7.2.3	Gekoppelte Simulation der Landnutzung in NRW für das Jahr 2025.....	207
7.2.4	Validierung der Landnutzungssimulation bis 2025 mit Referenzdaten aus dem Jahr 2005.....	213
8	Diskussion und Ausblick.....	217
8.1	Zusammenfassung der Landnutzungsentwicklung in NRW und der methodischen Vorgehensweise von Monitoring und Modellierung.....	217
8.2	Diskussion der Klassifikationsergebnisse und aktuelle Landnutzungstendenzen.....	219

8.2.1	Qualität der Landnutzungsklassifikationen.....	219
8.2.2	Landnutzungstrends in NRW.....	222
8.3	Diskussion der Modellierung mit CLUE-s, SLEUTH (UGM) und gekoppelten Modellen.....	223
8.3.1	Diskussion der Modellierung mit CLUE-s.....	223
8.3.2	Diskussion der Modellierung mit SLEUTH (UGM).....	225
8.3.3	Vergleichende Bewertung von CLUE-s, SLEUTH (UGM) und Varianten der Modellkopplung.....	226
8.4	Zukunft der Landnutzung in NRW.....	229
	Literaturverzeichnis.....	233
	Anhang.....	263