

GIS-gestützte Analyse globaler Muster anthropogener Waldschädigung

Eine sektorale Anwendung des Syndromkonzepts.

von Martin Andreas Cassel-Gintz

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Telegrafenberg

14412 Potsdam

Dissertation zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“

am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin

Abgabe: 4. Dezember 2000

Disputation: 30. Januar 2001

Erstgutachter: Prof. Dr. Fred Scholz
Freie Universität Berlin

Zweitgutachter: Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber
Universität Potsdam und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Die vorliegende Dissertation wurde unter Betreuung von Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber (Universität Potsdam und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung), den Mitgliedern der QUESTIONS-Arbeitsgruppe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, und Prof. Dr. Fred Scholz (Freie Universität Berlin) angefertigt. Sie ist nach den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung verfasst.

Kurzzusammenfassung

Die globalen Waldökosysteme spielen eine wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf und in der Erhaltung der biologischen Vielfalt. Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der räumlichen Analyse der globalen Entwaldungsproblematik. Da diese Problematik auf komplexe Weise mit weiteren Kernproblemen der globalen Entwicklung verknüpft und damit nicht isoliert zu behandeln ist, wird ein neuer, transdisziplinärer Ansatz zur Analyse nicht-nachhaltiger Zivilisation-Natur-Interaktionsmuster des Globalen Wandels (GW) genutzt. Der Ansatz beruht auf der Zerlegung der komplexen Dynamik des GW in Muster problematischer Zivilisations-Natur-Interaktionen („Syndrome“) durch einen iterativen Prozess von Beobachtung, Daten- und systemtheoretischen Analysen sowie GIS-gestützter Modellierung. Die Syndrome stellen eine Grundlage zur Indizierung von Nicht-Nachhaltigkeit dar - für eine nachhaltige Entwicklung ist die weitreichende Abwesenheit von Syndromen erforderlich. Sie umfassen die wesentlichen Kernprobleme des GW und sind als charakteristische Konstellationen von dynamisch interagierenden sozioökonomischen und naturräumlichen Phänomenen („Symptome“ des GW) definiert. Diese Ursache-Wirkungsschemata aus Symptomen und Wechselwirkungen sind von Beginn an als komplexe Phänomene über die einzelnen Sphären des Erd-Systems hinweg formuliert. Dieser neue Beschreibungsansatz für GW-Prozesse wird unter Verwendung von Konzepten der Fuzzy-Logik und GIS-gestützten Analysen zur Identifikation und Verortung der kausalen Wirkungsmechanismen der Entwaldungsmuster angewandt.

Zivilisatorische Aktivitäten haben große Waldverluste verursacht und bedrohen die wichtige Rolle der verbliebenen Waldökosysteme (C-Speicher, Erhalt der Biodiversität) im Erd-System. Entwaldung und Waldschädigung werden durch eine kleine Anzahl verschiedener Ursache-Wirkungsmuster verursacht. Die Haupt-Syndrome der Entwaldung sind:

- Raubbau an natürlichen Ökosystemen: Das RAUBBAU-SYNDROM. Beispiele sind die Übernutzung von Wäldern für die Holz- und Papierindustrie, sowie für die Brennholz- und Holzkohlegewinnung.
- Landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte: DAS SAHEL-SYNDROM. Ein Beispiel ist der Brandrodungswanderfeldbau durch Kleinbauern in Entwicklungsländern.
- Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern: Das DUST-BOWL-SYNDROM. Beispiele sind die Konversion von Wäldern für Rinderfarmen oder „cash-crop“-Landwirtschaft.

Neben den Hauptsyndromen sind weitere Muster zu einem kleineren Teil an der globalen Entwaldungsproblematik beteiligt. Diese Syndrome umfassen z. B. die Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke, die Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten wie Dämmen, die Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen oder die Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen wie im Fall des „Sauren Regens“.

Die geographische Analyse eines Syndroms erfolgt in mehreren Schritten unter Integration von GIS mit Konzepten der Fuzzy-Logik und des „*Qualitative Reasonings*“. Im ersten Schritt wird durch die Analyse von Fallstudien, Theorien und Expertenwissen ein syndromspezifisches Beziehungsgeflecht erstellt. Ausgehend von dieser systemischen Darstellung werden die naturräumlichen und sozioökonomischen Bedingungen, unter denen der Syndrommechanismus aktiv sein kann, bestimmt. Diese Abschätzung wird als die Disposition einer Region gegenüber einem Syndrom bezeichnet. Der so erzeugte Indikator kann als ein Frühwarnsystem für das Einsetzen einer nicht-nachhaltigen Entwicklung genutzt werden. Basierend auf den das Syndrom konstituierenden Elementen wird ein Indikator für die Intensität des aktiven Syndroms abgeleitet.

Für die Hauptsyndrome der Entwaldung werden vollständige Syndromanalysen durchgeführt, auf deren Basis erstmals weltweit die regionale Schädigung und Gefährdung der Wälder durch die systematische Untersuchung der unterliegenden globalen Ursache-Wirkungsmuster qualitativ bestimmt werden konnte. Vor allem die Gefährdung durch eine mögliche Kopplung zwischen noch nicht aktiven, aber durch bereits ablaufende Prozesse exponierten Degradationsmustern, wird hier erstmalig systematisch untersucht und stellt eines der herausragenden Ergebnisse dieser Arbeit dar.

Abstract

The global forest ecosystems play an important role in the global carbon cycle and in the preservation of biological diversity. The dissertation presents a qualitative analysis of non-sustainable civilisation-nature interaction patterns relevant for global deforestation and forest degradation. Since this problem is closely linked to other core problems of Global Change (GC), e.g. Soil Degradation, World Food security, Climate Change, etc., it is not to be tackled separately. Therefore a novel transdisciplinary approach to analyse non-sustainable civilisation nature interactions in the context of GC is utilised in the investigation. The approach rests on the decomposition of the intricate dynamics of GC into patterns of problematic civilisation nature interactions ("Syndromes") by an iterative process of observations, data and system theoretical analysis, and GIS based modelling attempts. These Syndromes characterise endangering and risky developments of civilisation nature interaction and represent a baseline for measuring and indicating 'non-sustainability' - in order to have a sustainable development it is necessary to have a far-reaching absence of Syndromes. The patterns are defined as characteristic constellations of interacting socio-economic and physical phenomena ("Symptomes" of GC), which build complex dynamical systems of civilisation-nature interaction. The cause-effect schemes of Symptomes and their interrelations are constituted as complex phenomena resulting from interactions over the different spheres of the Earth System. The approach is illustrated by a detailed analysis of those civilisation nature interaction patterns relevant for global deforestation.

Human activities cause a wide extent of deforestation and threaten the important role of the remaining global forest within the earth system. Global deforestation and forest degradation is made up by a limited number of cause effect patterns observed in different parts of the world. The main syndromes identified causing large scale deforestation are:

- The overexploitation of natural ecosystems - the OVEREXPLOITATION SYNDROME. Examples of this pattern are the exploitation of forests for timber or fuelwood and charcoal.
- The rural poverty driven overuse of natural resources - the SAHEL SYNDROME. Examples are the exploitation of forests via slash and burn cultivation by smallholders, particular in tropical developing countries.
- Non-sustainable agro-industrial use of soils and bodies of water - the DUST BOWL SYNDROME. Examples are the conversion of forest for large cattle farming or cash crop agriculture.

Besides these mayor cause-effect schemes of global deforestation, there are several other Syndromes that contribute on a minor scale, e.g. the development and destruction of nature for recreational ends (MASS TOURISM SYNDROME), the environmental damage of natural landscapes as a result of large-scale projects like dams (ARAL SEA SYNDROME), the environmental degradation related to mining and extraction of non-renewable resources (KATANGA SYNDROME) or the environmental degradation through large-scale diffusion of long-lived substances (SMOKESTACK SYNDROME) as in the case of acid rain.

The geographical analysis of a Syndrome is performed in several steps integrating GIS with concepts of fuzzy logic and qualitative reasoning. In the first step a syndrome specific network of interactions is formulated by analysing case studies, theories and expert assessments. Based on this systemic representation the natural and socio-economic conditions under which the syndrome specific mechanisms can be active are identified. This evaluation is called the disposition of a region towards a specific Syndrome. The resulting indicator can be used as an early warning indicator for the possible germination of a non-sustainable development. Based on the constituting elements of the Syndrome, a complex indicator for the intensity of the active Syndrome is derived in the next step of the analysis. This indicator assesses the critical states in the dynamical evolution of the non-sustainable patterns of civilisation nature interaction.

Complete Syndrome analyses are performed for the main Syndromes of deforestation. The resulting spatial distribution of the combined dispositions and intensities of the different Syndromes present a unique global assessment describing the current damage and future regional threats to forests by their underlying global cause-effect patterns of civilisation-nature interaction. Specially the assessment of the threat by coupling of momentarily active and potentially active cause-effect patterns provides a previously not achieved systematic insight into the complex interaction of different patterns of global deforestation and forest degradation.

Was ist **Geographie**?

Geographie *erfasst und erklärt die Grundlagen der Erde und die vielfältigen sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen. Sie fragt nach den Kräften und Wechselwirkungen, welche die natürliche Gestaltung der Erdoberfläche, die verschiedenen Lebensformen des Menschen und die Dynamik ökologischer und ökonomischer Systeme bestimmen.*

Geographie *analysiert die gegenseitigen Abhängigkeiten von Mensch und Umwelt und die Folgen für die weitere Entwicklung der Städte und der freien Landschaft. Sie sucht Wege zur Verbesserung dieser spannungsreichen Beziehung.*

Geographie *verbindet den naturwissenschaftlichen mit dem sozialwissenschaftlichen Blick! Ihr Horizont ist deshalb weit, und sie kann übergreifende Zusammenhänge in einer komplexen Welt erfassen.*

Aus der Homepage des Geographischen Instituts der Universität Hannover.
http://www.geog.uni-hannover.de/Geographie/was_ist_geographie_.html

Vorwort

Die vorliegende Dissertation ist inhaltlich in zwei Teile gegliedert. Im ersten, methodischen Teil wird das Syndromkonzept, ein neuartiges Konzept zur Beschreibung und Modellierung der dynamischen Prozesse des Globalen Wandels (GW), vorgestellt. Dieser methodische Ansatz wurde, ausgehend von einer Idee des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU), unter meiner Mitarbeit im Laufe der letzten 6 Jahre in der interdisziplinären Projektgruppe QUESTIONS¹ am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelt. Diese sechsköpfige Projektgruppe setzt sich im Kern aus Natur- und Sozialwissenschaftlern sowie einem Geographen, dem Verfasser dieser Dissertation, zusammen. Vor diesem Hintergrund stellt der erste Teil der Dissertation die Resultate unserer gemeinsamen Forschungsarbeit der letzten 6 Jahre vor, zu denen auch ich entscheidend beigetragen habe.

Im zweiten Teil der Arbeit, meiner eigenen originären Forschung, wird basierend auf Syndromanalysen der wichtigsten an der globalen Entwaldungsproblematik beteiligten Ursache-Wirkungsmuster eine Einschätzung der Schädigungs- und Gefährdungssituation von Waldökosystemen vorgenommen. Diese sektorale Anwendung des Syndromkonzepts erfolgt mit Hilfe Geographischer Informationssysteme (GIS) und Methoden der Fuzzy-Logik. Die einzelnen an der globalen Entwaldungsproblematik beteiligten Syndrome werden hinsichtlich ihrer gegenwärtigen räumlichen Verteilung beschrieben sowie eine Abschätzung ihrer Intensität vorgenommen. Das wissenschaftliche Hauptresultat der Dissertation stellt hierbei die erstmalige Erzeugung von syndrombasierten, aggregierten und räumlich aufgelösten globalen Schädigungs- und Gefährdungsindikatoren für Waldökosysteme dar, wobei vor allem die systematische Untersuchung der möglichen Kopplungen zwischen derzeit aktiven Ursache-Wirkungsmustern und der durch sie ausgelösten weiteren Syndrommechanismen hervorzuheben ist.

¹ QUESTIONS: “Qualitative Dynamics of Syndromes and Transition to Sustainability”.

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung

Abstract

Teil I: Das Syndromkonzept

1	Einleitung	1
1.1	<i>Projektgenese</i>	1
1.2	<i>Der Globale Wandel</i>	2
1.3	<i>Die Notwendigkeit für einen neuen Zugang zur Analyse der Prozesse des Globalen Wandels</i>	9
1.4	<i>Nachhaltige Entwicklung</i>	12
2	Modellierungsansätze zur Analyse Globaler Umweltveränderungen	17
2.1	<i>Globale Ansätze</i>	19
2.2	<i>Regionale Ansätze</i>	25
2.3	<i>Lokale Ansätze</i>	28
2.4	<i>Defizite der bisherigen Herangehensweisen</i>	31
3	Das Syndromkonzept	33
3.1	<i>Grundlegende Elemente des Syndromkonzepts</i>	36
3.1.1	<i>Symptome des GW</i>	38
3.1.2	<i>Wechselwirkungen zwischen Symptomen</i>	40
3.1.3	<i>Syndrome als funktionale Muster des Globalen Wandels</i>	42
3.2	<i>Die Syndromanalyse</i>	47
3.2.1	<i>Konzepte zur Syndromdiagnose</i>	47
3.2.2	<i>Syndromkopplungen</i>	52
	Teil II: Syndrombasierte Analyse der globalen Entwaldungsproblematik	57
4	„Entwaldung“ - ein Kernproblem des Globalen Wandels	57
4.1	<i>Die Wälder der Erde</i>	57
4.1.1	<i>Waldflächenänderung in neuerer Zeit</i>	59
4.2	<i>Bedeutung der Wälder</i>	61
4.2.1	<i>Globale Klimafunktion der Wälder</i>	62
4.2.2	<i>Biodiversitätsfunktion der Wälder</i>	63
4.3	<i>Bisherige Forschungsansätze zur Analyse der Entwaldung</i>	64
5	Syndromanalyse der globalen Entwaldungsproblematik	66
5.1	<i>Raubbau an natürlichen Ökosystemen - Das RAUBBAU-SYNDROM</i>	66
5.1.1	<i>Allgemeine Charakterisierung des Syndroms</i>	66
5.1.2	<i>Der Mechanismus des RAUBBAU-SYNDROMS</i>	69
5.1.3	<i>Disposition von Waldökosystemen für das RAUBBAU-SYNDROM</i>	80
5.1.4	<i>Abschätzung der Intensität des RAUBBAU-SYNDROMS</i>	87

5.2	<i>Landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte - Das SAHEL-SYNDROM</i>	95
5.2.1	Allgemeine Charakterisierung des Syndroms.....	95
5.2.2	Der Mechanismus des SAHEL-SYNDROMS	95
5.2.3	Bedeutung des Syndroms für die globale Entwaldungsproblematik	100
5.2.4	Disposition des SAHEL-SYNDROMS	101
5.2.5	Intensität des SAHEL-SYNDROM	109
5.3	<i>Nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern - Das DUST-BOWL-SYNDROM</i>	118
5.3.1	Allgemeine Charakterisierung des Syndroms.....	118
5.3.2	Der Mechanismus des DUST-BOWL-SYNDROMS	119
5.3.3	Dispositionsmessung	122
5.3.4	Intensitätsbestimmung	125
5.4	<i>Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke - Das MASSENTOURISMUS-SYNDROM</i>	128
5.5	<i>Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten - Das ARAL-SEE-SYNDROM</i>	128
5.6	<i>Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen - Das HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM</i>	130
5.7	<i>Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen - Das KATANGA-SYNDROM</i> ...	131
6	Aggregierte Gefährdung der Waldökosysteme	132
6.1	<i>Analyse der Syndrommechanismen</i>	132
6.2	<i>Syndrombasierte aggregierte Gefährdungsindikatoren</i>	134
6.2.1	Die aggregierte Gesamtgefährdung der Waldökosysteme.....	134
6.2.2	Abschätzung der aktuellen Schädigung und Gefährdung der Waldökosysteme.....	135
6.2.3	Abschätzung der zukünftigen Gefährdung von Waldökosystemen durch Kopplungsmechanismen.....	144
7	Zusammenfassung	150
7.1	<i>Ausblick</i>	152
	Anhang I	154
	Literatur	160
	Danksagung	
	Lebenslauf	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitreihe der atmosphärischen CO ₂ und CH ₄ Konzentrationen sowie der Abweichung von der mittleren Ortstemperatur über die letzten 400 000 Jahre.....	4
Abbildung 2: Zustand der anthropogenen Bodendegradation - GLASOD.	4
Abbildung 3: Prognostiziertes Bevölkerungswachstum nach Regionen bis 2050.....	7
Abbildung 4: Pro Kopf Einkommen nach Regionen in PPP \$ 1970 - 91.....	9
Abbildung 5: Ursache-Wirkungsketten.	11
Abbildung 6: Herangehensweise zur Identifikation und der Syndrome des GW.....	37
Abbildung 7: Zuordnungsmatrix für Beiträge von Syndromen zu Kernproblemen des GW.....	45
Abbildung 8: Generalisierte Karte der Verteilung der a) Waldtypen und b) Waldverluste	58
Abbildung 9: Historische Waldverluste a) nach Waldtypen; b) nach Regionen.	59
Abbildung 10: Rückgang der natürlichen Waldbedeckung von 1960 - 1990.	60
Abbildung 11: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht des Raubbau-Syndroms.....	71
Abbildung 12: Das RAUBBAU-SYNDROM als auslösendes Element für das SAHEL-SYNDROM und das DUST-BOWL-SYNDROM.	79
Abbildung 13: Fuzzyfizierung von Dispositionsvariablen im RAUBBAU-SYNDROM.....	83
Abbildung 14: Darstellung der Verknüpfung mit einem min-max-Kompensations-Operator K_{γ}	84
Abbildung 15: Fuzzy-Logischer Bewertungsbaum für das RAUBBAU-SYNDROM.	84
Abbildung 16: Disposition gegenüber dem RAUBBAU-SYNDROMS.....	85
Abbildung 17: Graphik zur Abschätzung des Grades u der Waldnutzung zur Holzgewinnung ohne Konversion der Waldfläche am Beispiel Brasiliens.	89
Abbildung 18: Vorherrschende Typen des RAUBBAU-SYNDROMS in länderweiter Darstellung.	89
Abbildung 19: Fuzzyfizierung von Variablen.	91
Abbildung 20: Globale Verteilung des Symptoms <i>Übernutzung biologischer Ressourcen</i>	91
Abbildung 21: Fuzzyfizierung von Variablen.	92
Abbildung 22: Indikator für <i>Politikversagen</i> im Hinblick auf den Schutz Waldressourcen.	93
Abbildung 23: Intensität des RAUBBAU-SYNDROMS.	94
Abbildung 24: Kernmechanismus des SAHEL-SYNDROMS.	96
Abbildung 25: Fuzzyfizierung der Ausgangsvariablen.	105
Abbildung 26: Fuzzyfizierung der Ausgangsvariablen.	106
Abbildung 27: Bewertungsbaum der SAHEL-SYNDROM Disposition.....	107
Abbildung 28: Disposition gegenüber dem SAHEL-SYNDROMS.	108
Abbildung 29: Fuzzyfizierung der Elemente der SAHEL-SYNDROM Intensität.....	114
Abbildung 30: Intensität des SAHEL-SYNDROMS für den Zeitraum von 1985 - 1992.	115
Abbildung 31: SAHEL-SYNDROM Konsistenzabschätzung.	115
Abbildung 32: Kern des DUST-BOWL-SYNDROMS.....	121
Abbildung 33: Fuzzyfizierung der Ausgangsvariablen.	123
Abbildung 34: Bewertungsbaum zur Erzeugung einer DUST-BOWL-SYNDROM Disposition.	124
Abbildung 35: Disposition gegenüber dem DUST-BOWL-SYNDROM.....	124
Abbildung 36: Bewertungsbaum zur Bestimmung der Intensität des DUST-BOWL-SYNDROMS.....	126
Abbildung 37: Intensität des DUST-BOWL-SYNDROMS.	127

Abbildung 38: <i>GI</i> - indirekter Gesamtgefährdungsindikator durch die Hauptsyndrome der Entwaldung. .	135
Abbildung 40: Datenunsicherheit in der Aussage der aggregierten Waldgefährdungsindikatoren.	136
Abbildung 42: <i>AGI</i> - aktueller Schädigungs- und Gefährdungsindikator in Bezug auf die globalen Waldgebiete; a) untere Abschätzung; b) obere Abschätzung.	137
Abbildung 44: Prozentuale Gefährdung der globalen Primärwälder.	139
Abbildung 46: Abschätzung der zukünftigen Gefährdung für Waldökosysteme durch Syndromkopplung. a) <i>UGIK</i> - untere Abschätzung; b) <i>OGIK</i> - obere Abschätzung.	147
Abbildung 48: Zugehörigkeitsfunktionen.....	155
Abbildung 49: Trapezförmige Zugehörigkeitsfunktion für die Menge der „warmen Tage“.	156
Abbildung 50: Venn-Diagramm für einfache boolesche Verschneidungsoperationen.	156
Abbildung 51: Nicht-kompensatorische min-max-Operatoren.	157
Abbildung 52: UND-Verknüpfung nach Lukasiewicz (\wedge).	158
Abbildung 53: Darstellung des γ -Operators.	159
Abbildung 54: Darstellung eines min-max-Kompensationsoperator.....	159

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von „ <i>Integrated Assessment</i> “ Modellen	18
Tabelle 2: Definitionen der Grundbegriffe des Syndromkonzepts	37
Tabelle 3: Globale Symptom-Sammlung	39
Tabelle 4: Wechselwirkungen zwischen Symptomen und deren Symbolisierung.....	41
Tabelle 5: Liste der Syndrome des Globalen Wandels.....	44
Tabelle 6: Die Bedeutung des Ökosystems Wald für der Menschen.	61

Danksagung

Meine Dankbarkeit gilt zuerst meiner Frau Dorothea, für ihr Verständnis, ihre Geduld, ihre Unterstützung und ihre Liebe, ohne die es mir nicht möglich gewesen wäre diese Dissertation zu beenden.

Mein Dank gilt vor allem auch meinen Kollegen in der QUESTIONS-Arbeitsgruppe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Dr. Gerhard Petschel-Held, Dr. Matthias Lüdeke, Dr. Fritz Reusswig und Oliver Moldenhauer für ihre Unterstützung, Betreuung und die sehr gute kollegiale Zusammenarbeit. Die Forschungs- und Arbeitserfahrung in unserem transdisziplinären Team stellt eine wertvolle Erfahrung und gute Erinnerung für meinen weiteren Weg dar. Ohne die gute Zusammenarbeit wäre es nicht möglich gewesen, die Idee des Syndromkonzepts gemeinsam auszuarbeiten und umzusetzen, was letztlich auch zur Entstehung dieser Dissertation geführt hat.

Weiterhin danke ich Dr. Jürgen Kropp und Dr. Arthur Block für fruchtbare Diskussionen und moralische Unterstützung. Den Mitgliedern des WBGU und der Geschäftsstelle des WBGU danke ich für die gute und fruchtbare Zusammenarbeit über die letzten Jahre, die auch zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen hat.

„*Last but not least*“ gilt mein Dank meinen beiden Gutachtern, Herrn Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber, dem „geistigen Vater“ des Syndromkonzepts, für seine Unterstützung und wegweisenden Gedanken, die es mir überhaupt erst ermöglichten diese Dissertation zu erstellen, sowie Herrn Prof. Dr. Fred Scholz, für seine vielfältigen Kommentare und Anregungen zu dieser Arbeit. Ohne sie hätte der geographischen Blickwinkel dieser Arbeit leicht zu kurz kommen können.

Berlin, den 04.12.2000

Martin Cassel-Gintz

Lebenslauf

Martin Andreas Cassel-Gintz, geb. Cassel

geboren am 03.02.1965 in Kusel (Rheinland-Pfalz)

Familienstand: verheiratet

Eltern: Dr. Hans-Martin Cassel und Ute Cassel, geb. Bergmann

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schule:

1971-1975 Grundschule Kusel

1975-1977 Realschule Kusel (gemeinsame Eingangsstufe)

1977-1984 Gymnasium Kusel (Abitur)

Juli 1984 bis Oktober 1985: Wehrdienstleistender

Studium:

1985 - 1988: Maschinenbaustudium an der Universität Kaiserslautern

1988 - 1990: Geographiestudium an der FU Berlin.
18.04.1990 Vordiplom in Geographie; Nebenfächer Statistik und Physik

1990 - 1991: Studium im Austauschprogramm mit der Wilfrid Laurier University (WLU),
Waterloo, Ontario, Kanada. (Stipendiat im IAS-Programm des DAAD)

1991 - 1993: Graduate Student im Fach Geographie an der Wilfrid Laurier University,
Waterloo mit 2 jährigem Vollstipendium der Wilfrid Laurier University.

Mai 1993: Abschluß: Master of Arts in Geography; Thesis-Thema: *Voronoi Diagrams
as a Visualization Technique for Spatial Autocorrelation in Point Data Sets*

Beruf:

1993 - 1995: Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich „Stadtforschung und
Geoinformatik“ am Institut für Geographische Wissenschaften der Freien
Universität Berlin.

1995 - 1997: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Potsdam-Institut für Klimafolgen-
forschung (PIK), Abteilung Integrierte Systemanalyse, im BMBF-Projekt:
„GIS-gestützte Analyse der Syndrome des Globalen Wandels“.

Seit 1998: Promotionsstelle am PIK, Abteilung Integrierte Systemanalyse.

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Berlin, den 04.12.2000

Martin Andreas Cassel-Gintz