

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der räumlichen Analyse der globalen Entwaldungsproblematik. Die an diesem Kernproblem des GW beteiligten Muster nicht-nachhaltiger Zivilisations-Natur-Interaktionen wurden mit Hilfe eines neuentwickelten Konzepts zur transdisziplinären, qualitativen Analyse des GW untersucht. Das Konzept beruht auf der Zerlegung der komplexen Dynamik des GW in Muster problematischer Zivilisations-Natur-Interaktionen, den Syndromen, durch einen iterativen Prozess von Beobachtung, Daten- und systemtheoretischen Analysen und GIS-gestützter Modellierung. Die Syndrome charakterisieren potentiell gefährliche Entwicklungen der Zivilisation-Natur-Interaktion und stellen eine Grundlage zur Indizierung von Nicht-Nachhaltigkeit dar - für eine nachhaltige Entwicklung ist die weitreichende Abwesenheit von Syndromen erforderlich. Die Muster definieren sich als charakteristische Konstellationen von dynamisch interagierenden sozio-ökonomischen und naturräumlichen Phänomenen, den Symptomen. Die Beschreibung der Wirkungsmechanismen sowie die Verteilung des räumlichen Auftretens der an der Entwaldung beteiligten Syndrommuster wurde unter Verwendung von Konzepten der Fuzzy-Logik in GIS-gestützten Analysen der Entwaldungsmuster vorgenommen.

Im ersten Kapitel dieser Dissertation wurde ein Überblick über die Bedeutung des GW und seiner verschiedenen Dimensionen gegeben. Diese Zusammenstellung der verschiedenen Entwicklungen in der Zivilisation-Natur-Koevolution verdeutlicht die Sektoren übergreifende Natur des GW, die über aktuell im Blick der öffentlichen Debatte stehenden Problematiken wie Klimawandel und Globalisierung hinausgehen. Es wird deutlich, dass die Menschheit mit ihrem Handeln in das Erdsystem eingreift und entscheidende Mechanismen beeinflusst. Aus den sich abzeichnenden Problemen der Auswirkungen der Systemveränderungen und der damit einher gehenden Verschärfung der globalen Entwicklungsdisparitäten erwächst die Notwendigkeit einer möglichen nachhaltigen Entwicklung der Zivilisation-Natur-Koevolution. Als Schlussfolgerung ergibt sich die zwingende Notwendigkeit für einen Disziplinen und Sphären übergreifenden Untersuchungsansatz zur Beschreibung der komplexen Natur des GW und der Zivilisation-Natur-Koevolution im Hinblick auf eine „Nachhaltige Entwicklung“.

Das zweite Kapitel der Arbeit gibt einen Überblick über bisherige Ansätze zur Beschreibung der naturräumlichen und sozioökonomischen Prozesse im Zivilisation-Natur-System. Diese verschiedenen Herangehensweisen sind teils zu stark disziplinär verhaftet oder unzureichend in ihrer räumlichen oder kausalen Auflösung um adäquate Verständnis- und Lösungsansätze der Problematik bieten zu können. Es zeigt sich deutlich die Notwendigkeit für einen integrativen, Disziplinen und Sphären übergreifenden Systemansatz auf einer Ebene mittlerer funktionaler Detaillierung. Forderungen an diesen Ansatz sind vor allem die Möglichkeit der Integration bestehenden System- und Fallstudienwissens in ein umsetzbares Konzept zur Analyse problematischer Entwicklungen im Zivilisation-Natur-System. Sowohl quantitatives als auch qualitatives Wissen um potentiell schädigende Prozesse und Interaktionen müssen in einem funktional aggregierenden Ansatz integriert werden.

Im dritten Kapitel wird dann das Syndromkonzept als der in dieser Arbeit verwendete Ansatz zur Annäherung an dieses Ziel vorgestellt. Die Elemente des Syndromkonzepts werden im Hinblick auf ihre Verwendung für eine GIS-gestützte, qualitative räumlich Analyse potentiell nicht-nachhaltiger Entwicklungsmuster definiert. In der Syndromanalyse erfolgt die geographische Analyse der Ursache-Wirkungsschemata unter Integration von GIS mit Konzepten der Fuzzy-Logik. Über die Analyse von Fallstudien, Theorien und Expertenwissen wird ein syndromspezifisches Beziehungsgeflecht erstellt. Ausgehend von dieser systemischen Darstellung werden die naturräumlichen und sozioökonomischen Bedingungen unter denen der Syndrommechanismus aktiv sein kann bestimmt, die Disposition einer Region gegenüber einem Syndrom. Dieser Indikator kann als ein Frühwarnsystem für das Einsetzen einer nicht-nachhaltigen Entwicklung genutzt werden. Basierend auf den konstituierenden Elementen des Kernmechanismus eines Syndroms wird ein Indikator für die Intensität des aktiven Syndroms abgeleitet. Dieser Indikator bewertet die kritischen Zustände in der dynamischen Evolution der nicht-nachhaltigen Entwicklungsmuster der Zivilisation-Natur-Interaktion.

Im anwendungsorientierten, zweiten Teil der Dissertation wird in Kapitel 4 zuerst eine Zusammenschau der wichtigsten Funktionen und Entwicklungen der globalen Waldökosysteme gegeben. Dieser Überblick fasst die verschiedenen Daten und Sichtweisen der relevanten Quellen zum Thema Wald und seinen Funktionen, vor allem zur Kohlenstoffspeicherfunktion und zum Erhalt der biologischen Diversität, zusammen. Die zeitliche und räumliche Dimension der Entwaldung wird einordnend vorgestellt und ein Überblick über bisherige Untersuchungsansätze zum Themengebiet der Entwaldung und Waldschädigung gegeben.

In Kapitel 5 erfolgt eine umfassende qualitative Analyse der globalen Entwaldungsproblematik mit Hilfe einer sektoral orientierten Anwendung des Syndromkonzepts. Entwaldung und Waldschädigung werden durch eine kleine Anzahl verschiedener Ursache-Wirkungsmuster verursacht, deren Hauptmechanismen durch den Raubbau an natürlichen Ökosystemen (RAUBBAU-SYNDROM), die landwirtschaftliche Übernutzung marginaler Standorte (SAHEL-SYNDROM) und die nicht-nachhaltige industrielle Bewirtschaftung von Böden und Gewässern (DUST-BOWL-SYNDROM) beschrieben werden. Neben den Hauptsyndromen sind weitere Muster zu einem kleineren Teil an der globalen Entwaldungsproblematik beteiligt, z. B. die Erschließung und Schädigung von Naturräumen für Erholungszwecke (MASSENTOURISMUS-SYNDROM), die Umweltschädigung durch zielgerichtete Naturraumgestaltung im Rahmen von Großprojekten wie Dämmen (ARALSEE-SYNDROM), die Umweltdegradation durch Abbau nicht-erneuerbarer Ressourcen (KATANGA-SYNDROM) oder die Umweltdegradation durch weiträumige diffuse Verteilung von meist langlebigen Wirkstoffen (HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM) wie im Fall des „Sauren Regens“.

Die vorgenommenen Dispositionsabschätzungen der Hauptsyndrome der Entwaldung erlauben eine qualitative Einordnung der Vulnerabilität oder Anfälligkeit einer Region gegenüber einem bestimmten Syndrom, was Aussagen über die Gefährdungen dieser Regionen unter sich ändernden naturräumlichen oder sozioökonomischen Gegebenheiten im Zusammenhang mit den einzelnen Syndrommustern erlaubt. Die Intensitätsberechnungen der

Hauptsyndrome der Entwaldung ermöglichte eine räumliche Analyse des aktuellen Auftretens der Entwaldungskausalmuster. Damit konnten die verschiedenen regionalen sozio-ökonomischen Ursache-Wirkungszusammenhänge identifiziert und verortet werden die zur Degradation des Ökosystems „Wald“ beitragen.

Mit Hilfe der gekoppelten Syndrom-Dispositionen und -Intensitäten konnte in Kapitel 6 eine in ihrer funktionalen und räumlichen Auflösung bisher einmalige Abschätzung der aktuellen Schädigung und zukünftigen Gefährdung für die globalen Waldökosysteme gegeben werden. Die hier entwickelten Schädigungs- und Gefährdungsindikatoren stellen eine der bisher umfassendsten qualitativen Abschätzung der anthropogen bedingten Gefährdung der globalen Waldökosysteme dar. Die Vorteile gegenüber bisherigen Ansätzen liegen in der Gültigkeit für alle Waldtypen, Sekundär- wie Primärwäldern, in der Einbeziehung mehrerer nicht-nachhaltiger anthropogener Nutzungsformen, sowie in der Berücksichtigung von synergistischen Effekten über die verschiedenen Kopplungsmechanismen zwischen den Syndromen. Mit Hilfe dieser syndrombasierten Indikatoren konnten räumlich aufgelöste Schädigungs- und Gefährdungsabschätzungen für die Waldbestände abgegeben werden, die in guter Übereinstimmung zu den verschiedenen bisherigen globalen Abschätzungen und regionalen Fallstudien stehen. Ein Vorteil der syndrombasierten Abschätzungen gegenüber den bisher verfügbaren Betrachtungen liegt in der Möglichkeit, die Beiträge zur Gefährdung nach ihren verschiedenen Mustern separieren zu können, was eine wichtige Voraussetzung zur Entwicklung erfolgsversprechender Politikoptionen darstellt. Aus den einzelnen am Kernproblem „Entwaldung“ beteiligten syndromaren Beziehungsgeflechten können nun wirksame Handlungsoptionen für die politischen Entscheidungsträger abgeleitet werden, wie die nicht-nachhaltigen sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Folgen der Entwaldung zu vermeiden sind oder doch gemindert werden können.

Im Anhang der Arbeit erfolgt eine kurze Einleitung in die Konzepte der Fuzzy-Logik. Diese Methode stellt einen wesentlichen systematischen Baustein der Syndromanalyse und insbesondere der Diagnose typischer nicht-nachhaltiger Kausalmechanismen der Mensch-Umwelt-Beziehungen dar. Speziell die im Zusammenhang mit der Dispositions- und Intensitätsbestimmung für ein Syndrom verwendete Fuzzy-Mengen-Theorie und die Fuzzy-Verschneidungs-Operatoren werden näher erläutert.

7.1 Ausblick

Wie sich in der Auswertung der syndrombasierten Waldgefährdungsindikatoren gezeigt hat besteht ein Bedarf der Verbesserung der einzelnen Syndrom-Dispositionen und Intensitäten. Vor allem der Mangel an zeitlich vergleichbarem Datenmaterial hat zu Problemen bei der Berechnung der einzelnen Elemente geführt. Aus umfangreicheren Zeitreihen könnte das dynamische Verhalten der Muster besser abgeleitet werden.

Ein nächster Schritt in der Verbesserung der Einschätzung der Gefährdungslage kann über eine ausführliche Syndromdiagnose der bisher nur kurz beschriebenen Syndrome (ARAL-SEE-SYNDROM, MASSENTOURISMUS-SYNDROM, HOHER-SCHORNSTEIN-SYNDROM, KATANGA-SYNDROM) erfolgen. Dadurch würden die Komponenten dieser Syndrome auch räumlichen in

der aggregierten Bewertung repräsentiert und weitere Dimensionen und Aspekte der globalen Entwaldungsproblematik in den Resultaten abgebildet werden können.

Durch aus Qualitativen Differentialgleichungssystemen erzeugten Prognosen für die möglichen Entwicklungspfade einzelner Syndrome kann die temporale Dynamik der nicht-nachhaltigen Entwicklungsmuster untersucht werden. Die Ergebnisse einer solchen Modellierung können, neben einem Beitrag zur Syndromvalidierung, vor allem für Aussagen über den zukünftigen Verlauf der Waldgefährdung verwendet werden. Erste Ansätze in diese Richtung haben sich als erfolgreich erwiesen (siehe Petschel-Held et al 1999a).

Die für 2000 / 2001 von WCMC und FAO geplante Verbesserung der Waldbestandsdaten für eine neue, besser aufgelöste und aktualisierte Karte der globalen Waldökosysteme wird eine verbesserte Syndromanalyse der Entwaldung erlauben.