

## **Teil II:**

# **Syndrombasierte Analyse der globalen Entwaldungsproblematik**



## 4 „Entwaldung“ - ein Kernproblem des Globalen Wandels

Viele Studien im Kontext des GW haben in der letzten Zeit auf die wachsende Bedeutung der durch menschliche Landnutzung verursachten Änderung der Landbedeckung für globale Transformationsprozesse hingewiesen (z. B. Turner et al. 1993; CIESIN 1992; FAO 1997, 1999; WBGU 1994 ff; etc.). Im Rahmen des Ende 1999 erschienenen *Global Environmental Outlook, GEO 2000*, der Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP 1999), werden diese Prozesse, speziell die globale Entwaldung und die damit eng verknüpfte Desertifikation, als eines der wichtigsten Probleme des 21. Jahrhunderts genannt. Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung dieser Prozesse ist die Gründung des *Land Use and Land Cover Change Programms*<sup>24</sup> (LUCC). Zum Verständnis der gegenwärtigen und zukünftigen Rolle von Landnutzungsänderungen ist ein reines Messen der Änderung jedoch nicht ausreichend. Ein hinreichendes Verständnis der Triebkräfte und Mechanismen ist für die Erklärung der ablaufenden Prozesse, sowie für Vorhersagen von Verläufen und Auswirkungen, dringend erforderlich (Lambin & Ehrlich 1997).

Eine der bedeutensten Landnutzungsänderungsprozesse stellt die globale Entwaldung dar. Bis heute sind weltweit fast 50 % der Waldfläche verlorengegangen. Ein großer Teil dieser Verluste ist erst in den letzten 3 Dekaden aufgetreten. Nur noch etwa 40 % der heutigen Waldfläche ist ungestörter Primärwald. Durch menschliche Aktivitäten sind auch weiterhin viele Wälder gefährdet. Diese Gefährdung wird durch die große Aufmerksamkeit, die dieses Thema derzeit in der wissenschaftlichen Diskussion erhält, verdeutlicht. Seit der Rio-Konferenz 1992 sind die globalen Waldverluste zu einem der Schlüsselthemen der Forschung zum GW geworden<sup>25</sup>. In der Forschungslandschaft besteht Konsens darüber, dass die für die globalen biogeochemischen Stoffkreisläufe und die Biodiversität immens wichtigen Waldökosysteme durch menschliches Handeln in ihrem Bestehen und in ihrer Funktionalität stark bedroht sind. Die vielfältig gearteten anthropogenen Bedrohungen können in ihren komplexen Ursache-Wirkungsbeziehungen durch das Syndromkonzept beschrieben werden.

### 4.1 Die Wälder der Erde

Die Bedeutung der Wälder zeichnet sich in den verschiedensten Arten und Weisen als wichtig für das menschliche Leben und Überleben aus. Vor allem die globale Klimafunktion der Waldökosysteme und ihre Rolle in der Erhaltung der globalen Biodiversität nehmen in der aktuellen Debatte zur globalen Entwaldungsproblematik eine besondere Rolle ein (WBGU 2000; EK 1994). Die im Folgenden beschriebene generelle Situation der globalen Waldökosysteme dient der Verdeutlichung der beobachteten Prozesse, ihrer Interaktionen sowie ihrer notwendigen syndromaren Abgrenzung und Zuordnung.

---

<sup>24</sup> gemeinsames IGBP und IHDP Kernprojekt

<sup>25</sup> Siehe auch die periodischen Veröffentlichungen von WRI, FAO, WBGU, World Watch Institute, World Conservation Monitoring Centre, WWF, oder auch die Berichte der Enquête-Kommission (EK 1990, 1994).

Die globale Waldbedeckung wird in immer stärkerem Maße vom Menschen bestimmt. Bei Einführung des Ackerbaus vor etwa 10 000 Jahren waren nach Schätzungen etwa 6.2 Mrd. ha der Erde bewaldet (Burschel 1995; WRI 1997). Die heutige Waldfläche wird mit etwa 3.45 Mrd. ha angegeben, was einem Rückgang der Waldflächen von 40 % auf 27 % der eisfreien Landoberfläche entspricht. Etwa die Hälfte der derzeitigen Waldbedeckung entfällt auf die tropischen Wälder (1.76 Mrd. ha), die andere Hälfte auf die borealen (0.93 Mrd. ha) und die Wälder der gemäßigten Zone (0.75 Mrd. ha; alle Zahlen aus FAO 1999). Die Wälder der gemäßigten Zone beinhalten die Hartlaubgehölze, die immergrünen Wälder der gemäßigten Zone und die nemoralen Laubwälder. Die globale Verteilung der heutigen und der historischen Waldressourcen ist in Abbildung 8 dargestellt.

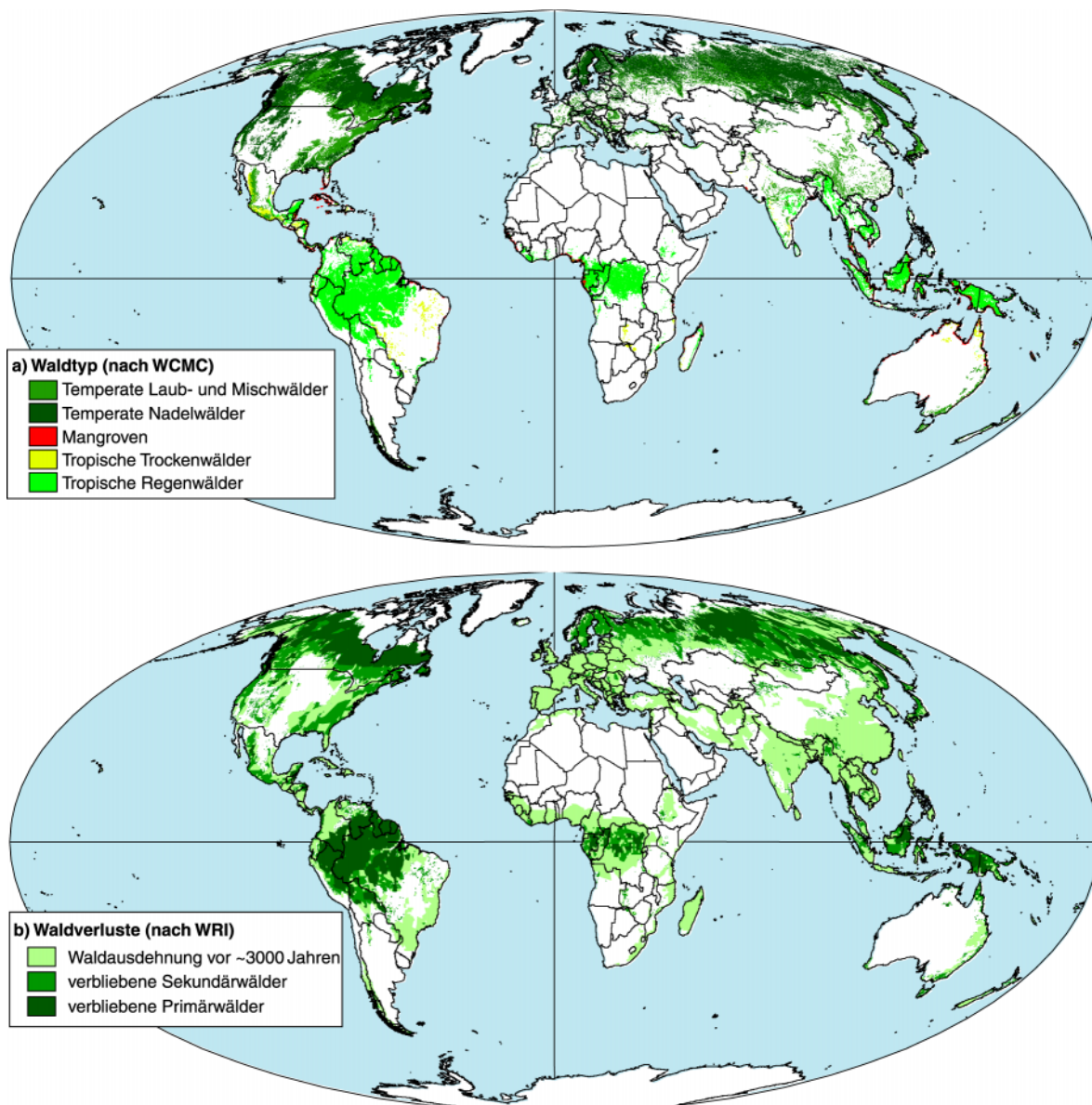


Abbildung 8: Generalisierte Karte der Verteilung der a) Waldtypen (nach Iremonger et al 1997) und b) Waldverluste (WRI 1997; alle Karten in Mollweide Projektion).

Die globalen Waldreserven verteilen sich heute zum größten Teil (60 %) auf folgende 7 Länder: Russland (22.1 %), Brasilien (15.9 %), Kanada (7.1 %), USA (6.2 %), China (3.9 %),

Indonesien (3.2 %) und die Dem. Rep. Kongo (ehem. Zaire; 3.1 %). Diese Schätzungen der Waldfläche (FAO 1999) beinhalten neben den unberührten Primärwäldern auch durch den Menschen modifizierte Wälder („halb-natürliche“ Wälder) und anthropogene Forste (Plantagen), die durch künstliche Aufforstung oder Wiederbewaldung erzeugt wurden.

Nach Angaben der FAO (1997) kann in West- und Nordeuropa nur weniger als 1 % der Waldfläche als ungestörter Primärwald (siehe auch Abbildung 8b) angesehen werden. Diese Flächen befinden sich hauptsächlich in Skandinavien sowie in kleinen Regionen in Griechenland, der Schweiz und Österreich. In Osteuropa sind größere Flächen Primärwalds in Weißrussland, sowie kleinere in Polen und Kroatien zu finden. In Gesamteuropa kann nur etwa 5 % der Waldfläche als relativ ungestört angesehen werden.

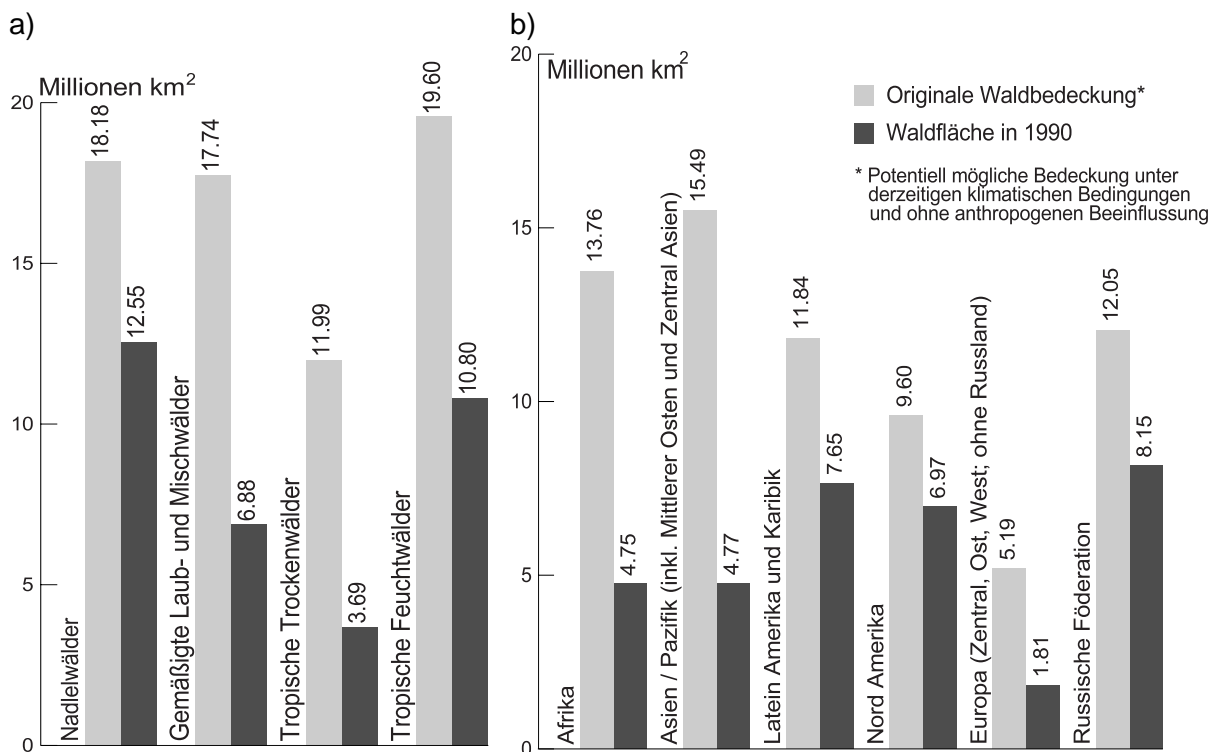


Abbildung 9: Historische Waldverluste a) nach Waldtypen; b) nach Regionen (WWF 1998).

Ausgehend von der Maximalwaldbedeckung sind die größten Verluste in den Wäldern der gemäßigten Zone und der tropischen Feucht- und Trockenwälder, zu finden. Der WWF (1998) gibt die historischen Waldverluste mit etwa 60 % im Bereich der gemäßigten Laub- und Mischwälder, etwa 30 % bei Nadelwäldern, etwa 45 % in den tropischen Feuchtwäldern sowie fast 70 % in den tropischen Trockenwäldern an (Abbildung 9a).

#### 4.1.1 Waldflächenänderung in neuerer Zeit

In den letzten 30 Jahren ist die globale Waldbedeckung um 13 % zurückgegangen (WWF 1998). Wie aus Abbildung 10 zu ersehen ist, ereignete sich der Großteil dieses Rückgangs in den tropischen Regionen der Welt. Der schnellste Rückgang an Waldbedeckung ereignete sich in Latein Amerika, gefolgt von Asien und Afrika. Im Zeitraum zwischen 1980 und 1995 ist die globale Waldbedeckung um etwa 180 Mio. ha zurückgegangen (FAO 1999). Vor allem in den Entwicklungsländern wurden etwa 200 Mio. ha Wald, hauptsächlich für land-

wirtschaftliche Nutzung, vernichtet. Dies stellt eine Entwicklung dar, die auch viele Industrienationen in ihrer früheren Entwicklungsphase durchlaufen haben, was an den heutigen, verglichen mit der historischen Waldbedeckung, nur sehr spärlichen Überresten der europäischen Wälder deutlich wird (Abbildung 9b). In den Industrienationen ist zwischen 1980 und 1995 ein flächenmäßiges Waldwachstum durch Aufforstungen und Flächenstilllegungen in der Landwirtschaft zu verzeichnen (FAO 1997). Neueste Forschungsergebnisse (Nepstad et al. 1999) deuten jedoch darauf hin, dass die derzeitig verfügbaren Daten über Waldflächenveränderungen, resultierend aus Statistiken und Fernerkundungsmethoden, stark fehlerbehaftet sein können. Noch bestehende Wälder können nur sehr schwer von degradierten Waldflächen oder von in landwirtschaftliche Nutzfläche umgewandelten Flächen unterschieden werden.

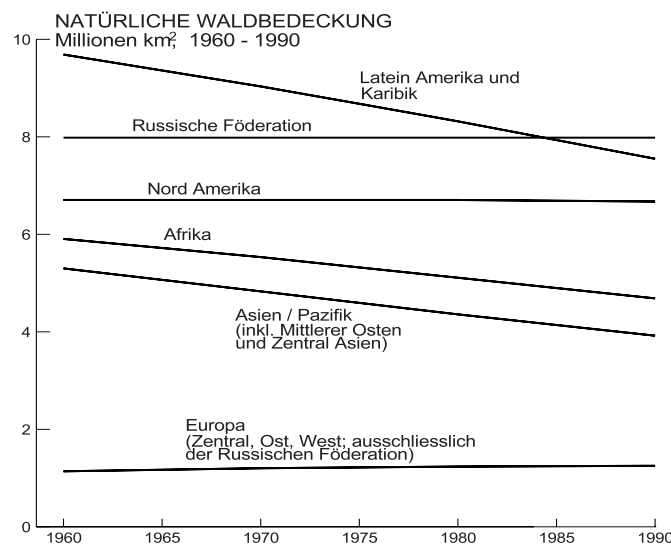


Abbildung 10: Rückgang der natürlichen Waldbedeckung von 1960 - 1990 (WWF 1998).

Ein Teil der globalen Waldverluste wurde durch die Steigerung des Verbrauch an Holzprodukten von ~900 Mio. m<sup>3</sup> in 1970 auf fast 3 400 Mio. m<sup>3</sup> in 1994 (FAO 1999) verursacht. Etwas mehr als die Hälfte davon wurde als Brennholz verbraucht, der Rest ging in verschiedenste industrielle Nutzungen. Das Wachstum des Brennholzanteils war in diesem Zeitraum mit 60 % schneller als das des industriellen Rundholzanteils mit 15 %. Der Maximalwert der industriellen Rundholzproduktion von 1 720 Mio. m<sup>3</sup> wurde im Jahr 1990 erreicht. Der Rückgang ist vor allem auf die 50 % ige Senkung des Holzeinschlags in der Russischen Föderation, bezogen auf die Produktion von 1990, zurückzuführen. Aus den FAO-Statistiken (FAO 1999) sind die fast identischen Wachstumsraten des Brennholzverbrauchs und des Bevölkerungswachstums in den Entwicklungsländern hervorzuheben. Zwischen 1970 und 1994 fiel die Hälfte des Weltbrennholzverbrauchs in Asien an. Der Anteil von Afrika stieg in diesem Zeitraum, verursacht durch das hohe Bevölkerungswachstum, von 1/5 auf > 1/4 des Weltbrennholzverbrauchs an. Insgesamt stieg der Anteil der Entwicklungsländer am globalen Brennholzverbrauch von 84 % im Jahr 1970 auf 90 % im Jahr 1994 an.

Der Verbrauch und die Produktion von Brennholz, industriellem Rund- und Schnittholz stiegen allerdings, sowohl in den entwickelten Ländern als auch in Entwicklungsländern, langsamer an als das Bruttosozialprodukt (BSP). Für die Holzplatten- und Zellstoffproduktion

in den Entwicklungsländern wird jedoch ein sehr viel schnelleres Anwachsen als das des BSP und der Bevölkerung beobachtet (FAO 1997). Während, mit Ausnahme von Zellstoff und Papier, ein genereller Rückgang des Holzkonsums in Europa sowie in Nord- und Zentralamerika feststellbar ist, kommt es vor allem in Asien und zum Teil auch in Afrika zu einem starken Zuwachs Holzkonsums (FAO 1999).

## 4.2 Bedeutung der Wälder

Die Wälder haben eine wichtig Bedeutung für das menschliche Leben und Überleben. Eine Sammlung von Funktionen und Diensten von Waldökosystemen ist in Tabelle 6 gegeben. Vor allem die globale Klimafunktion der Waldökosystemen und ihre Rolle in der Erhaltung der globalen Biodiversität nehmen in der aktuellen Debatte zur globalen Entwaldungsproblematik eine besondere Rolle ein (EK 1990, 1994; WBGU 2000). Exemplarisch werden im Folgenden zwei der wichtigsten Funktionen von Waldökosystemen für das Erdsystem näher betrachtet: Die Rolle von Wäldern im globalen Klimageschehen (im Wesentlichen über den Kohlenstoffkreislauf) sowie als Orte hoher Biodiversität.

Tabelle 6: Die Bedeutung des Ökosystems Wald für der Menschen<sup>26</sup>.

<b>FUNKTION FÜR DEN MENSCHEN</b>	<b>DIENSTE DES WALDES</b>
<b>Lebensraum für indigene Völker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung von Lebensraum für indigene Völker</li> </ul>
<b>Versorgungssystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der landwirtschaftlichen Produktivität und Nachhaltigkeit</li> <li>• Bereitstellung von Holzprodukten: Bauholz; Möbel; Papier; Brennholz; Holzkohle</li> <li>• Bereitstellung von Nichtholzprodukten: Nahrungsmittel; Wildfleisch; Arzneimittel; Farbstoffe; Gummi; Öle; Harze</li> </ul>
<b>Klimaregulation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenstoffspeicher</li> <li>• Temperatenausgleich über Albedoänderung</li> <li>• Luftfilter</li> <li>• Regelung der regionalen Niederschlagsverteilung</li> <li>• Mikroklima</li> </ul>
<b>Schutzsystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boden- und Erosionsschutz</li> <li>• Bekämpfung von Desertifikation und Ressourcen-degradation in ariden und semi-ariden Gebieten</li> <li>• Lawinenschutz</li> <li>• Wasserspeicher und Süßwasserquelle</li> <li>• Regulierung von Abfluss in Einzugsgebieten</li> <li>• Schutz von Küstenregionen und Küstenfischerei</li> </ul>

<sup>26</sup> Der Inhalt dieser Tabelle stellt einen Zusammenstellung der wichtigsten Funktionen und Leistungen von Wälder aus FAO (1997, 1999), WBGU (1994) und EK (1994) dar. Die aufgeführten Punkte sind nicht überschneidungsfrei; vor allem die Erhaltung von Biodiversität trägt direkt und indirekt zur Erhaltung der anderen Dienste, wie z. B. der Bereitstellung von Arzneimitteln, bei.

<b>ERHALTUNG DER BIODIVERSITÄT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebens- und Entwicklungsraum für Arten</li> <li>• Erhalt der genetischen Vielfalt</li> </ul>
<b>ERHOLUNGSFUNKTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung von Schatten, Wohlbehagen, Erholung</li> <li>• Bereitstellung von „Natur“ als Gegensatz zur technologisch geprägten Alltagssituation</li> </ul>

#### 4.2.1 Globale Klimafunktion der Wälder

Durch die Photosynthese entziehen Pflanzen beim Aufbau von Biomasse der Atmosphäre CO<sub>2</sub>, welches nach dem Absterben durch mikrobielle Umwandlung wieder in den Atmosphärenkreislauf zurück gelangt. Dabei kann ein Teil des Kohlenstoffs (C) über längere Zeiträume im Boden gelagert werden. Auf Grund des relativ langen Zeitraumes zwischen Biomasseaufbau und Absterben von Bäumen, spielen Wälder eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf der Erde. Die langfristige C-Entnahme wird zusätzlich durch die langsamen Zersetzungs Vorgänge in den Waldböden der mittleren und nördlichen Breiten verstärkt.

Nach Schätzungen belaufen sich die Kohlenstoffvorräte in der gesamten Biosphäre auf etwa 1 800 Gt C, mit etwa 1 200 Gt C in den Böden. Der Anteil der Atmosphäre beträgt gegenwärtig etwa 750 Gt C, wobei die jährliche Aufnahme der terrestrischen Biosphäre mit 60 Gt C in etwa der jährlichen Freisetzung aus der terrestrischen Biosphäre durch Verrottung organischer Substanz entspricht (EK 1994). Dies verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen Entwaldung und der Veränderung des Kohlenstoffkreislaufs. Allein die jährliche Tropenwaldvernichtung trägt nach Schätzungen mit etwa  $1.6 \pm 1$  Gt C netto in die Atmosphäre bei (EK 1994). Ein Teil dieses Kohlenstoffs wird allerdings wieder durch den Zuwachs der Wälder in den gemäßigten Zonen gebunden. Die FAO (1997) schreibt 23 % der CO<sub>2</sub> Emissionen der tropischen Entwaldung und der Walddegradation zu. Allgemein können die tropischen Wälder auf Grund von Entwaldung und Degradation als eine C-Quelle angesehen werden, während die Wälder der gemäßigten Zone und die borealen Wälder auf Grund ihres geringen Anstiegs in Fläche und Biomasse als C-Senke fungieren. Dieser Senkeneffekt wird noch durch das zusätzliche Wachstum, und damit einer erhöhten C-Bindung, der Wälder der gemäßigten Zone durch die CO<sub>2</sub> Düngung und Stickstoffdeposition verstärkt (FAO 1997). Allerdings weisen neuere Untersuchungen darauf hin, dass eine vermehrte Stickstoffzufuhr in Zukunft nicht mehr zu einer weiteren Förderung des Baumwachstums führen wird (Nadelhoffer et al. 1999), sondern im Boden verbleibt und auch in das Grundwasser gelangen kann. Die Aufnahmekapazität der Wälder als C-Senke scheint damit an eine Grenze gekommen zu sein. Nach einer Schätzung des *Intergovernmental Panels on Climate Change* (IPCC 1996) könnten etwa 12 - 15 % der bis zum Jahr 2050 projizierten CO<sub>2</sub> Emissionen aus fossilem Brennstoffverbrauch durch die Verlangsamung der Entwaldung bei gleichzeitiger Förderung von Waldregeneration und Ausweitung von Anpflanzungen (Plantagen, Agroforestry) ausgeglichen werden. Der Ersetzung von fossilen Brennstoffen durch nachwachsende Ressourcen (Holz) wird derzeit das größte langfristige Potential zur Vermeidung von Treibhausgasfreisetzung zugeschrieben. Die tropischen Wälder stellen nach den Berechnungen das größte Potential zur C-Bindung dar. Sie könnten hauptsächlich durch Regeneration und reduzierte Entwaldung bis zu 80 % der zusätzlichen



C-Senke in den Wäldern der Erde zur Verfügung stellen. Das tropische Amerika hat, laut FAO (1997), gefolgt von Asien und dem tropischen Afrika das größte Potential zur Steigerung der C-Bindung. Treten die prognostizierten Klimaänderungen ein, wird sich das allerdings negativ auf die C-Aufnahme auswirken, da die Verbreitungsgebiete der meisten Baumarten zu langsam wandern um weiterhin an klimatisch optimalen Standorten zu sein. Dies wird sich negativ auf die Produktivität der Baumarten auswirken und damit auch die C-Aufnahme stark beeinträchtigen (Mellilo et al. 1993).

Neben ihrer globalen Klimarelevanz zeichnen sich Wälder auch durch eine große regionale Klimarelevanz aus. Dieser lokale Einfluss der Waldökosysteme auf das Klimageschehen liegt vor allem in ihrer Rolle für den Wasserkreislauf. Über die Steigerung der Verdunstungsrate tragen Wälder zur Wolkenbildung und zur Entstehung von Niederschlägen bei. Dadurch wirken Wälder auch als ein Regulator des Temperatur- und Feuchteregimes und Vermindern das Auftreten von regionalen klimatischen Extremereignissen.

#### 4.2.2 Biodiversitätsfunktion der Wälder

Wälder spielen eine wichtige Rolle für die Erhaltung der globalen Biodiversität. Es gibt keine einheitliche Definition von biologischer Diversität oder Biodiversität. Es lassen sich jedoch grob zwei verschiedene Kategorien der Begriffsdefinition identifizieren. In der ersten Kategorie wird der Aspekt der Artenvielfalt betont. Hier wird vor allem die Anzahl unterschiedlicher Arten an einem Ort als Ausdruck der Biodiversität verstanden. Dieses Verständnis leitet sich aus der Geschichte der Biologie ab, in der die Entdeckung und Beschreibung neuer Arten lange Zeit Hauptziel der Disziplin war. Heute ist dieses Begriffsbild der Biodiversität vor allem über die öffentliche Debatte zum Artensterben geprägt. Die zweite Kategorie beschäftigt sich mit dem Begriff aus Sicht seiner ökosystemaren Bedeutung. Hier wird vor allem die Bedeutung der Biodiversität für die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen betont. Im Allgemeinen kann Biodiversität als die Variabilität zwischen lebenden Organismen und den Komplexen von denen sie Teil sind, einschließlich der Diversität innerhalb und zwischen Arten und von Ökosystemen, definiert werden. Einige internationale Organisationen wie z. B. UNEP, IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*), beziehen auch die kulturelle Diversität mit in das Begriffsbild der Biodiversität ein (Heywood & Watson 1995). Hier wird vor allem auf die Bedeutung und Rolle der indigenen Völker hingewiesen.

Die globale Bedeutung der Biosphäre und ihrer Elemente tritt in den letzten Jahren verstärkt in das öffentliche Interesse. Vor allem die Versuche einer Monetarisierung von Naturgütern und Ökosystemen, ihrer Leistungen und Werte (Funtowics & Ravetz 1994; Gowdy 1997; Costanza et al. 1997; Attfeld 1998; Seidl & Gowdy 1999; etc.), haben eine kontroverse Debatte über das grundlegende Verständnis von Natur und Systemleistungen der Biosphäre ausgelöst. Diese Reflektion über Lebensstile und vor allem auch über die, im Allgemeinen immer noch gängige, ökonomische Praxis, Natur rein als ein „open access“-Gut anzusehen, dessen intrinsischer Wert mit „Null“ angesetzt wird, zeigen eine langsame Veränderung des Wertesystems auf. Grundsätzlich scheint ein angenommener Wert der Biosphäre von

~ 33 Billionen ( $10^{12}$ ) US \$<sup>27</sup> (Costanza et al. 1997), trotz aller Unwägbarkeiten und Subjektivität der Bewertung besser, als der bisher in der Ökonomie verwendete Wert von „Null“.

Nach Schätzungen stellen Wälder den Lebensraum für etwa 2/3 aller Arten auf der Erde bereit (WRI 1997; FAO 1999; WCMC 1994). Die tropischen Regenwälder, die nur etwa 7 % der Landoberfläche bedecken, beherbergen wahrscheinlich die Hälfte aller bekannten Pflanzen- und Tierarten. Andere Waldtypen, wie Trockenwälder oder die Wälder der gemäßigten Zone, geben Lebensraum für Pflanzen und Tiere von aktuell oder potentiell hohem ökonomischen und ökologischem Wert, die wichtige Beiträge zur Funktion dieser Ökosysteme liefern. Der beispiellose Umfang sowie die hohe Rate der anthropogenen Waldveränderungen in diesem Jahrhundert bedrohen diese waldbasierte Biodiversität. Die Degradation oder Zerstörung von Waldökosystemen hat bereits zum Aussterben von Arten und zur Reduzierung der genetischen Variation innerhalb von Arten, letztere hervorgerufen durch Populationsverkleinerungen, geführt. Zwar ist das genaue Ausmaß dieser Verluste und der exakte Umfang der Schädigung der Biodiversität unbekannt, dennoch gibt es Anhaltspunkte dafür, dass durch anthropogenen Einfluss, zumindest im Bereich der Wirbeltiere und Pflanzen, eine deutliche Beschleunigung des Artensterbens stattgefunden hat.

In den letzten Jahren wurde vor allem auch den Nichtholzprodukten aus den Tropischen Wäldern verstärkte Aufmerksamkeit gezollt (FAO 1999). Gerade die mögliche ökonomische Nutzung der „Genbank“ Regenwald für die Pharmaindustrie wird verstärkt in den Vordergrund gestellt. Ein Beispiel hierfür ist die Zusammenarbeit von Costa Rica mit multinationalen Pharmakonzernen zum Erhalt und der Erschließung der genetischen Ressourcen der tropischen Feuchtwälder.

### 4.3 Bisherige Forschungsansätze zur Analyse der Entwaldung

Die bisherigen Ansätze zur Analyse- und Modellierung der globalen Entwaldungsproblematik lassen sich grob in zwei unterschiedliche Kategorien einordnen: Untersuchungen mit der globalen Situation als Hauptfokus oder regionale und lokale Untersuchungen.

Die globalen Ansätze sind von deskriptiver Natur und fassen Fakten und Ursachen der Entwaldung für den Globus, Kontinentalregionen oder Ökozonen zusammen. Sie basieren hauptsächlich auf Länderstatistiken und Experteneinschätzungen. In diese Kategorie fallen auch die jährlichen Berichte der *World Commission on Forests and Sustainable Development* (Krishnaswamy & Hanson 1999), des *United Nations Environmental Programme* (UNEP 1999), der *Food and Agricultural Organisation* der UN (FAO 1997, 1999), der Weltbank (World Bank 1999) oder von Nichtregierungsorganisationen (NRO) aus dem Umweltbereich, wie *Greenpeace* 1998), dem *World Resources Institute* (WRI 1996, 2000), dem *World Watch Institute* (Brown et al. 1999) oder dem *World Wide Fund for Nature* (WWF 1998). Neben dem Fehlen einer detaillierten räumlichen Auflösung werden in diesen Studien

---

<sup>27</sup> Costanza et al. schätzen den Wert der gesamten Biosphäre auf 16 – 54 Billionen ( $10^{12}$ ) US\$ pro Jahr mit einem Mittelwert von  $33 \times 10^{12}$  US\$. Auf Grund der Unsicherheiten und unbekanntem Größen stellt dieser Wert eine Minimalabschätzung dar. Zum Vergleich wird das globale BSP mit  $\sim 18 \times 10^{12}$  US\$ pro Jahr angegeben.

auch keine Verbindungen zwischen den verschiedenen Akteuren und spezifischen Formen der Entwaldung hergestellt. Die bisher einzige Ausnahme liefert die globale Expertenbefragung der *Forests Frontier Initiative* (Bryant et al. 1997) des WRI. Hier werden zum ersten Mal räumlich explizite Einschätzungen der Gefährdungslage von Primärwäldern getroffen. Der Hauptnachteil dieser Untersuchung liegt, neben der Beschränkung auf Primärwälder, in der fehlenden Unterscheidung zwischen verschiedenen Kausalbeziehungen die zu einer Gefährdung der Wälder führen. Die derzeitige Aktivität dieser Gruppe um Bryant ist die *Global Forest Watch Initiative* (GFW 2000), in der länderweite Waldzustandskarten auf Basis von Fernerkundungsdaten erstellt werden.

Die zweite große Gruppe von Entwaldungsstudien wird durch die Vielzahl der verschiedenen lokalen und regionalen Fallstudien gebildet (z. B.: Miller 1991; Diem 1993; Heilig 1994; Verissimo et al. 1992, 1995; Wunder 1997; Walker & Homma 1996; Mertens & Lambin 1997; Lambin & Mertens 1997; Rudel & Roper 1997; Parayil & Tong 1998; Stone 1998; Nepstad et al. 1999; etc.). Diese Fallstudien lassen sich weiter in einen Bevölkerungsansatz, in dem die Gründe der Entwaldung hauptsächlich in einem durch Armut und Bevölkerungswachstum getriebenen Agrarlandbedarf gesehen werden, und einem Marktansatz, in dem Faktoren wie Preise, Erschließungskosten und Besitzrechte die dominierende Rolle spielen, unterteilen. Die Mehrzahl der Fallstudien unterscheidet jedoch nicht zwischen verschiedenen handelnden Akteuren oder Quellen der Entwaldung. Im Allgemeinen werden die beschriebenen Gründe der Entwaldung jeweils in einem situationsbezogenen Kontext bewertet. So kann in einer Studie das „Fehlen von wohldefinierten Besitzrechten“ als Hauptgrund für die Entwaldung gesehen werden, während eine andere Studie die „Staatliche Entwicklungspolitik“ als Hauptverursacher ausmacht. Auf den ersten Blick erscheint es schwierig diese beiden hypothetischen Studien miteinander zu vergleichen. Schaut man aber genauer hin, so ist zu erkennen, dass beide Aussagen unter der Symptomüberschrift *Politikversagen* zusammengefasst werden können. Die Mehrzahl dieser Studien ist auf die „proximate causes“ für Entwaldung ausgerichtet. Eine Erforschung der unterliegenden Prozesse, die zur Entwaldung und Waldschädigung führen, wird nur sehr selten erfolgreich versucht. Die fehlenden kausalen und temporalen Verknüpfungen der verschiedenen spezifischen Entwaldungsmuster untereinander und zu anderen Entwicklungen des GW zeigen die unzureichende Natur vieler dieser Studien auf.

Eine Auswertung der relevanten Literatur zur globalen Entwaldungs- und Waldschädigungsproblematik zeigt, dass die Entwicklung durch einige wenige typische Muster bestimmt wird. Diese Einschätzung wird auch von der FAO (1997) geteilt. Diese Muster bestehen aus sozioökonomischen und naturräumlichen Phänomenen, die ein komplexes dynamisches System von Zivilisation-Natur-Interaktionen bilden. Um diese globalen Ursache-Wirkungsmuster der Entwaldung zu untersuchen, erscheinen die bisherigen, vorwiegend disziplinär ausgerichteten Forschungen in diesem Gebiet als wenig geeignet. Ein erster Versuch einer integrierten Abschätzung des Entwaldungsproblems unter Anwendung der Syndromanalyse wird hier vorgestellt.