

Gerd Kohlhepp/Dieter Anhuf

Umweltprobleme und Umweltschutz

1. Metropolitane Umweltprobleme und Initiativen zum Umweltschutz

Die Megastadt São Paulo mit 20,5 Mio. Einwohnern, der größte industrielle Ballungsraum in Lateinamerika, liegt im Südosten Brasiliens, 80 km vom Atlantischen Ozean entfernt in einem Hochbecken etwa 800 m ü. NN. Entwässert wird dieses Hochbecken durch die beiden Flüsse Rio Tietê und Rio Pinheiros. Das Stadtgebiet von São Paulo hat eine Fläche von 1.523 km² und erstreckt sich ungefähr 60 km in Nord-Süd-Richtung und 80 km in Ost-West-Richtung. Die Metropolitanregion Grande São Paulo mit knapp 8.050 km² umfasst außer der Stadt São Paulo als Kernzone 38 weitere Municipien.

Nicht nur das schnelle Wachstum und die hohe Bevölkerungsdichte der Stadt (Coy 2001), sondern auch die Industriekonzentration mit einem Anteil von knapp 30% am industriellen Produktionswert des Landes (Kohlhepp 1997a) und die Verkehrskonzentration führen in São Paulo zu zahlreichen Umweltproblemen (Wehrhahn 1994b). Insbesondere sind hier die Belastung der Gewässer und die Verschmutzung der Luft zu nennen – neben den Entsorgungsproblemen bei Müll und Abwasser. Die Verschmutzung des Wassers des Rio Tietê und des Rio Pinheiros durch ungeklärte, vor allem häusliche und industrielle Abwässer hat diese beiden Hauptflüsse im Stadtgebiet zu reinen Abwasserkanälen mit hohen Konzentrationen an Schwermetallen degradiert und belastet mit starker Geruchsbelästigung die angrenzenden Stadtviertel. Die Industrie leidet teilweise unter Wassermangel, was bei der Standortwahl zunehmend ins Gewicht fällt.

Das Stadtklima wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Die flächenhafte Überbauung führt zur Versiegelung großer Stadtareale, die extreme Hochhauskonzentration behindert den horizontalen Luftaustausch und die "Betonwüste" mit einer nur geringen Zahl an Parks und Grünanlagen in weiten Teilen der Stadtregion bewirkt eine erhebliche Temperaturerhöhung im Vergleich zum Umland.

Bereits zu Beginn der 1990 Jahre hatte CETESB (*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*), die am besten ausgestattete Umweltbehörde Brasiliens, in São Paulo damit begonnen, Quantität, Qualität und Her-

kunft der Abwassereinleitungen insbesondere in den Rio Tietê zu analysieren, um einen Aktionsplan für die Verbesserung der Wasserqualität zu erarbeiten. Ungefähr 1.200 t organische Abfälle und 5 t nicht organische Abfälle gelangten damals täglich in den Fluss. Für die anorganischen Abfälle und etwa 1/3 der organischen Abfälle war die Industrie verantwortlich, der Rest der organischen Abfälle stammte aus den Haushalten. Quellen der Verunreinigung waren 1.250 Industriebetriebe in dem entsprechenden Einzugsgebiet, die 80-90% der nichtorganischen Einleitungen verursachten. Im August 1995 waren immerhin 1.168 Industriebetriebe an das Abwassersystem angeschlossen und die Abfallmenge der anorganischen Einleitungen konnte von 5 auf 1,5 t pro Tag gesenkt werden. Die industriellen organischen Abfälle konnten ebenfalls um die Hälfte (ca. 200 t/Tag) reduziert werden. In derselben Zeit wurden fünf neue Kläranlagen in dem Einzugsgebiet in Betrieb genommen.

Trotz dieser erfreulichen Entwicklungen liegen die Erwartungen und die Realitäten noch sehr weit auseinander. Nur die Hälfte der Stadt São Paulo ist heute mit einem Abwassersystem versehen und nur 7,5% der Abwässer werden geklärt. Für die Sanierung des Rio Tietê und des Billings-Stausees sind 2,6 Mrd. US\$ eingeplant, 1,5 Mrd. US\$ wurden bis zum letzten Jahr bereits investiert. Die dichte Bebauung entlang der Stauseen und die damit verbundenen ungeklärten Abwässer erschweren zunehmend die Entnahme von Trinkwasser aus diesen Wasserspeichern. Die Reinigung des Flussbettes und seiner Ufer in São Paulo ist ein immer noch laufendes Mammutprojekt der Stadt und der Landesregierung.

Vor 17 Jahren wurden in São Paulo nicht einmal 20% des eingesammelten Mülls behandelt, sondern einfach nur deponiert. Die tägliche Müllmenge der Stadt liegt heute bei 18.000 t. Im Jahre 2004 wurden immerhin 63% des Mülls vor- bzw. teilbehandelt.

Ein riesiges Problem ist die Luftverschmutzung in der Metropolitanregion São Paulo. Dort verkehren 25% des brasilianischen Fuhrparks (5,5 Mio.), wobei jeden Tag 500 neue Fahrzeuge hinzukommen. Auf den 15.700 Straßenkilometern São Paulos fahren 15.000 Busse und Kleinbusse, 35.000 Taxis und 500.000 Motorräder. Während die Zahl der Busfahrten zwischen 1996 und 2006 um über 30% gestiegen ist und die Luftbelastung weiter stark zunimmt, ist das völlig unzureichende Metronetz mit nur 60 km Streckenlänge in den letzten Jahren leider nicht weiter ausgebaut worden. Die Verminderung des PKW-Individualverkehrs durch Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Endnummern an festgelegten Wochentagen im

Stadtbereich ist in ihrer effektiven Wirkung auf die Luftbelastung gering. Durch die große Ringstraße (Marginal) soll der Innenstadtbereich verkehrsmäßig vom Durchgangsverkehr entlastet werden.

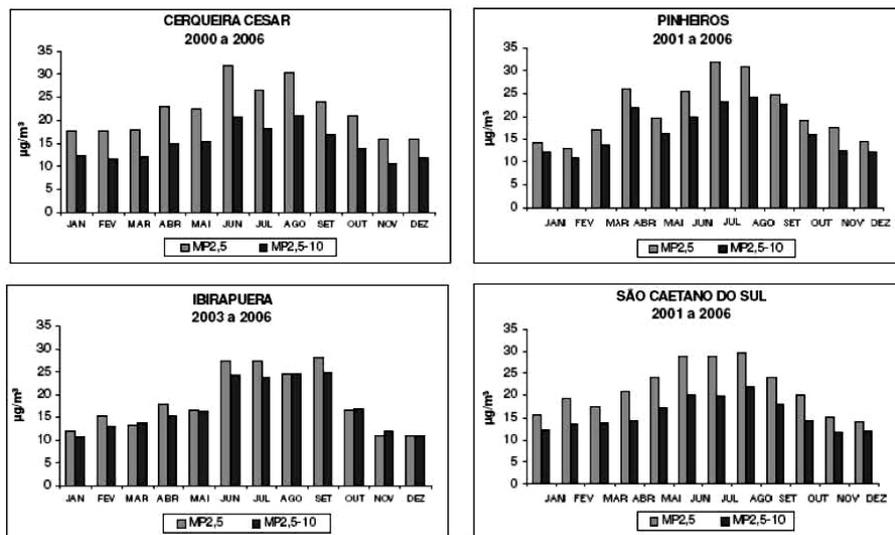
Der neue Boom der regenerierbaren Energien mit der Nutzung von Bio-kraftstoffen (Ethanol, Biodiesel) im Straßenverkehr hat – nach der Phase des *Proálcool*-Programms (1975-1989) – das Leitziel nachhaltiger Entwicklung mit der Reduzierung von CO₂ jetzt erneut in den Verkehrssektor übertragen. Heute fahren bereits fast 90% der in Brasilien seit 2003 neu zugelassenen PKW mit *Flex-fuel*-Motoren und können mit Ethanol oder Benzin (25% Ethanol-Beimischung) oder einer Mischung von beiden fahren (Kohlhepp 2008) (siehe auch den Beitrag zur Energiewirtschaft in diesem Band). Dadurch wird sich die Verminderung der CO₂-Belastung in den nächsten Jahren sicher noch verstärken.

Die wichtigsten in der Luft vorhandenen Schadstoffe sind die als Aerosole bekannten Festteilchen, die überwiegend bei Verbrennungsprozessen entstehen. Die Zunahme von Schadstoffen in der freien Atmosphäre, insbesondere der Feinstpartikel, ist dabei in den Fokus der wissenschaftlichen und auch medizinischen Diskussion gerückt. Diese Feinstpartikel werden auch als Feinstaub oder PM10 – Partikel mit einem Durchmesser von kleiner als 10 Mikrometern (µm) – bezeichnet. Partikel dieser Größe können bis tief in die Lunge gelangen und sind daher besonders gesundheitsschädlich.

In São Paulo werden rund 90% der schlechten Luftqualität durch den Straßenverkehr mit seinen häufigen Staus über viele Dutzende von Kilometern bewirkt. Durch die Beckenlage São Paulos mit fehlendem Luftaustausch und häufigen thermischen Inversionen im Winter (Juni bis August) sind Atemwegserkrankungen bei der Bevölkerung sehr häufig. So hat die Schadstoffbelastung der Luft trotz eines leichten Rückgangs zwischen 2000 und 2003 bei einzelnen Stoffen immer noch alarmierende Ausmaße. In São Paulo werden die Feinstäube in der Luft an vier Messstellen erhoben: Cerqueira César, Pinheiros, Ibirapuera und São Caetano do Sul. Die längste Zeitreihe von Messungen liegt seit 2000 für die erste Station vor. In der nachfolgenden Darstellung (siehe Grafik 1) sind die mittleren monatlichen Feinstaubkonzentrationen von jeweils zwei Größenklassen aufgeführt, wobei – zum Vergleich mit Deutschland – beide Einzelwerte addiert werden müssen. Insbesondere in den Monaten Juni bis September werden in São Paulo die Grenzwerte der EU regelmäßig überschritten, und zwar nicht nur an Einzeltagen, sondern quasi an allen Tagen der genannten Monate. Seit 2003 bis heute gab

es keine signifikanten Verbesserungen der Luftqualität in São Paulo mehr, die Feinstaubbelastung ist praktisch unverändert hoch geblieben.

Grafik 1: Mittlere Monatskonzentration der Feinstäube bis 2,5 µm und von 2,5 bis 10 µm in São Paulo in den Jahren 2000-2006



Quelle: (<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>; 29.06.2009).

Aufgrund der hohen Industriedichte sind vor allem im Bereich der ABC-Städte Santo André, São Bernardo do Campo und São Caetano do Sul sowie Diadema mit Automobil- und anderer metallverarbeitender Industrie die Emissionen am höchsten und die Lebensqualität der Einwohner wird stark beeinträchtigt.

2. Industrielle Umweltbelastung: Fallbeispiel Cubatão

In unmittelbarer Nähe der Metropolitanregion São Paulo mit der großen Ballung verarbeitender Industrien befindet sich im Küstentiefland (*Baixada Santista*) mit dem Grundstoff- und Produktionsgüterkomplex Cubatão eine der bedeutendsten industriellen Konzentrationen Brasiliens, die zeitweise bis 5% des nationalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) erzeugte. Die zunächst als günstig bezeichnete Lage außerhalb des dicht besiedelten Ballungsraums São Paulo erwies sich aber aufgrund der stark emittierenden petrochemischen, chemischen und Eisen- und Stahlindustrie sowie des direkt vor der

über 800 m aufsteigenden Gebirgsmauer der Serra do Mar gelegenen Standorts Cubatão aus Umweltgründen als höchst problematisch. Die Winde des Südost-Passats drücken die Schadstoffe an den Fußhang des Gebirges und in den Wintermonaten treten noch zusätzlich Temperaturinversionen auf.

Dies alles bewirkte aufgrund der Schwermetallemissionen in den 1980er Jahren lebensbedrohende Zustände für die lokale Bevölkerung und großflächige Entlaubung im Hangbereich der tropischen Regenwälder der Mata Atlântica. Das Absterben der Bäume führte zu ausgedehnten Hangrutschungen (Gutberlet 1991). Mit den weltweit höchsten bekannten Werten städtischer Säuglingssterblichkeit, Atemwegserkrankungen, Leukämie und Nervenkrankheiten erlangte das Arbeiterviertel Vila Parisi in Cubatão als Folge der während des brasilianischen "Wirtschaftswunders" rücksichtslosen Industrialisierung traurige Berühmtheit.

Dies bewog CETESB zu umfangreichen Kontrollmaßnahmen und strengeren Auflagen im Produktionsbereich zur Reduzierung der Schadstoffbelastung. Die Industrien haben in Cubatão zwischen 1984 und 1994 etwa 700 Mio. US\$ in die technologische Verbesserung ihrer Anlagen investiert. 2007 wurden an Schadstoffen (vor allem NO_x, SO_x) noch 3.750 t/Monat emittiert, d.h. die Emissionen wurden – trotz wohl inzwischen gestiegener Produktion – auf ein Achtel reduziert (CETESB 2008a).

Allerdings wurden in den letzten Jahren die Grenzwerte bei Feinstaub, die in São Paulo mit 150 µg/m³ Luft (Tagesmittelwert) um das Dreifache über den in der EU geltenden Werten liegen (50µg/m³, Überschreitung an maximal 35 Tagen erlaubt), häufig überschritten, in Vila Parisi im Jahre 2007 an 48 Tagen, mit Höchstwerten über 250µg. Der Grenzwert beim Jahresmittel (50µg/m³) wurde bei Feinstäuben immer deutlich übertroffen und erreichte 2007 108µg. Während bei den gesamten Stäuben die Überschreitungen der Grenzwerte in den letzten Jahren zunahmen, lagen die Werte bei SO₂ und NO₂ deutlich darunter.

Die Luftqualität, die sich seit 2004 sogar klar verschlechterte, war in Vila Parisi 2007 an 20% aller Tage ungeeignet oder schlecht. Für Cubatão bedeutet dies, dass zwar durch technische Verbesserungen Extremwerte nicht mehr vorkommen, die Bevölkerung aber im Arbeiterviertel immer noch unter der Schadstoffbelastung leidet, während sich im Zentrum der Stadt die Situation wesentlich verbessert hat. Auch am Serra-Hang ist Entlaubung nicht mehr sichtbar.

3. “Ökologische Hauptstadt” Curitiba

Im Bereich der Stadthygiene wurden in den 1990er Jahren grundlegende Verbesserungen erzielt. Seit 1995 gibt es einen nationalen Rahmenplan (*Política Nacional de Saneamento* – PNS) mit staatlichen Institutionen, der in einzelnen Bundesstaaten durch eigene Behörden und kommunale Einrichtungen, auch zivilgesellschaftliche Akteure, verstärkt wird.

Die urbane sanitäre Basisinfrastruktur, die Trinkwasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung umfasst, hat besonders in Metropolen große gesundheitliche Bedeutung. Von den 102.000 t Müll/Tag, die in Brasilien anfallen, landen 88% auf wilden Deponien. Im Gegensatz zur Mehrzahl der brasilianischen Städte, in denen kommunale Umweltinitiativen bisher nur gering entwickelt oder gar gescheitert sind, hat sich die südbrasilianische Metropole Curitiba im Bemühen um eine nachhaltige Stadtentwicklung aufgrund zahlreicher Aktivitäten und Erfolge bei der Ver- und Entsorgung zur “ökologischen Hauptstadt Brasiliens” ernannt (Zirkl 2002).

In der Stadtentwicklung, beim Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), der Abfalltrennung und -deponierung, der Wertstoffsammlung – bisher nur in 8% der Gemeinden Brasiliens – und Wiederverwertung sowie der Umweltbildung hat Curitiba *best practices*-Erfahrungen vorzuweisen. Die gelungene Umsetzung der Flächennutzungsplanung mit Verminderung der Flächenversiegelung, mit Fußgängerzonen im Stadtzentrum, verkehrsberuhigten Straßen, dem größten Radwegenetz des Landes, einem hohen Grünflächenanteil und gepflegten Parkanlagen sind Grundlagen eines ökologischen Stadtentwicklungskonzepts.

Reduzierung der Luftverschmutzung durch Verbesserung des für Brasilien musterhaften ÖPNV mit eigenen Fahrspuren für die Expressbusse und einer integrierten Verkehrsführung mit den Umlandgemeinden bei kostengünstiger Beförderung zeichnen die Stadt aus.

Bei der Abfallentsorgung wurden neue Wege gegangen. Neben einer in großen Teilen der Stadt gut funktionierenden Müllabfuhr sowie Abfallverwertung und geordneten Deponierung, vor allem auch von Sondermüll, hat die Wertstoffeffassung durch Getrenntmüllsammlung und der sogenannte *câmbio verde* Aufsehen erregt. Wertstoffe (Papier, Metalle, Glas, Kunststoffe) werden gegen Lebensmittel (Obst, Gemüse) getauscht, was die Ernährungssituation Tausender informeller Wertstoffsammler verbessert und einen Absatzanreiz für kleine landwirtschaftliche Betriebe im Grüngürtel der Stadt bewirkt (Zirkl 2007).

Die Förderung der integrierten Umweltschutz-Infrastruktur wird von gezielter Umweltbildung in Kindergärten, Schulen, der "Umwelt-Universität", Medien und öffentlichen Informationskampagnen als Teil des Stadtentwicklungskonzepts begleitet.

Im kommunalen Umweltschutz ist Curitiba in Brasilien "Modellstadt" und wurde auch international ausgezeichnet. Natürlich bestehen auch dort in manchen Bereichen Defizite (*top down*-Strategie ohne direkte Partizipation, Abwasserentsorgung) sowie innerstädtische Disparitäten in der Qualität der Stadthygiene und sicher ist auch professionelles Stadtmarketing am Bekanntheitsgrad des kommunalen Umweltschutzes beteiligt. Aufgrund günstiger naturräumlicher, wirtschaftlicher und kultureller Rahmenbedingungen sowie einer starken und interessierten Mittelschicht mit positivem Einfluss in der Kommunalpolitik und aktiver Teilnahme lokaler Nichtregierungsorganisationen (NGOs) ist das Beispiel Curitiba sicher nicht einfach auf andere Metropolen Brasiliens übertragbar, besitzt aber zu Recht eine nachhaltige Vorbildfunktion.

4. Umweltprobleme im ländlichen Raum

In Brasilien basierte die Agrarwirtschaft traditionell auf der kleinbäuerlichen Landwechselwirtschaft mit Brandrodung und meist schnellem Umtrieb sowie dem großbetrieblichen Anbau weltmarktorientierter Monokulturen mit flächenhafter Waldrodung. Beide Sektoren haben zu einer unwiederbringlichen Vernichtung der natürlichen Waldvegetation geführt.

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die wissenschaftliche Erkenntnis durchgesetzt, dass das natürliche Potenzial ökologische Grenzen der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit aufweist und die Regenerationsfähigkeit degradierter Flächen in labilen feucht-tropischen Ökosystemen sehr begrenzt ist. Trotzdem haben gerade die jüngsten Entwicklungen mit der schnellen Expansion von wirtschaftlichen Leitkulturen wie Soja und Zuckerrohr zu grundlegenden Umweltproblemen geführt. Der modernisierte Sojaanbau auf den *campos cerrados* hat dabei mit schweren Landmaschinen nicht nur die natürliche Vegetation entfernt und die Böden kompaktiert, sondern in der ersten Expansionsphase ohne Anlage von Konturdämmen starke Erosionsspuren hinterlassen. Nach mehrjährigem monokulturartigem Anbau blieb eine erhöhte agrarökologische Verwundbarkeit zurück, mit völliger Veränderung der Bodenfauna, hohem Schädlingsbefall und massivem Einsatz von Agrochemikalien (Blumenschein 2001).

Erst die Direktsaat in Verbindung mit geregelter Fruchtwechsel (Soja-Mais) verminderte die Erosionsgefahr und trug zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit durch verringerte Bodenbearbeitung bei. Pestizide und Herbizide, teilweise per Flugzeug ausgebracht, werden aber in Abhängigkeit von neu eingeführtem transgenen Saatgut verstärkt genutzt und führen zu hoher toxischer Belastung von Pflanzen, Böden und Grundwasser (siehe dazu den Beitrag zu Agrarwirtschaft und *Agrobusiness* in diesem Band). Auch bei der Anlage von gepflanzten Weiden entstanden durch Rodung der Savannenvegetation mit Bulldozern und Weidesäuberung mit Feuer und Herbiziden "Biodiversitätswüsten" (Blumenschein 2001: 131).

Der Zuckerrohranbau hat als stark expandierende Monokultur ebenfalls enorme Verluste an Biodiversität bewirkt. Die bei der Ethanolproduktion freigesetzte Schlempe – flüssige Rückstände bei der Destillation, die als Dünger ausgebracht werden – hat zur Verunreinigung des Grundwassers geführt, wird aber in den letzten Jahren zumindest nicht mehr direkt in Bäche und Flüsse eingeleitet. Die hohen CO₂-Emissionen durch das Brennen eines Teils der Biomasse vor der Ernte, die bei der betroffenen Bevölkerung zu Atemwegserkrankungen führen und als Pflanzenasche (*carvãozinho*) die Wohngebiete belasten, werden im Staat São Paulo im nächsten Jahrzehnt aufgrund der Mechanisierung der Ernte wohl größtenteils entfallen (Kohlhepp 2008).

Der großbetriebliche *cash crop*-Anbau mit Bewässerung hat in den wechselfeuchten Tropen – sowohl im Cerrado als auch besonders im Sertão Nordostbrasilien – zu extrem hohem Wasserverbrauch geführt. Konsequenzen sind Wassermangel in zahlreichen Gemeinden dieser Regionen, der durch die jüngst häufiger auftretenden unperiodischen klimatischen Trockenphasen und das damit verbundene Absinken der Pegel der Stauseen zusätzlich verstärkt wird.

5. Interessenkonflikte um Wasser im Sertão

Im Landesinnern des Nordostens, dem Sertão, haben die Konflikte um die Verfügungsgewalt der Wassernutzung Tradition. Bereits die frühere Abgrenzung des als "Polígono da seca" (Trockenheits-Vieleck) benannten Gebiets mit 890.000 km² Fläche hatte zu politischen Auseinandersetzungen um die Zuordnung zu dieser Region geführt, für die umfangreiche staatliche Mittel zur Bekämpfung der Auswirkungen der Trockenheit zur Verfügung gestellt wurden. Die vom *Ministério de Integração Nacional* im Jahre 2005 festgelegte neue räumliche Eingrenzung des Trockengebiets ("nova região

semi-árida”) erfolgte nicht nur nach den mittleren jährlichen Niederschlägen (< 800 mm), sondern schloss auch den Ariditätsindex (bis 0,5) und das Trockenheitsrisiko ein (MI 2005a; 2005b). Dadurch wurde die Zahl der betroffenen Munizipien um 9% auf 1.133 und die Gesamtfläche auf 970.000 km² in acht Staaten des Nordostens und in Minas Gerais erweitert.

Zwar gibt es etwa 70.000 kleine und mittlere private Wasserspeicher und Teiche (*açudes*) sowie Hunderte öffentlicher Staubecken und -seen, aber der Zugang zu Wasser und ein Leitungssystem zur Verteilung sind bis heute nur in beschränktem Maße vorhanden. Umfangreiche finanzielle Unterstützungen, die größtenteils über die SUDENE, die Behörde zur Regionalentwicklung des Nordostens, getätigt wurden, haben nur teilweise zu entscheidenden Verbesserungen geführt. Vielmehr hat sich eine “*indústria da seca*” entwickelt, d.h. Aktionen von Lobbyisten und Kapitalgruppen mit dem Ziel, die zur Verbesserung der Wasserversorgung immer wieder bereit gestellten Finanzmittel anderweitig zu verwenden.

Seit Jahrzehnten wird die Frage der Wasserumleitung im Nordosten diskutiert. So wurde der Plan der heutigen Regierung, Wasser des Rio São Francisco in ein zu bauendes Kanalsystem zu Bewässerungszwecken umzuleiten, zunächst positiv bewertet. Nun hatten allerdings die mit den Staudämmen Sobradinho und Itaparica verbundenen Bewässerungsprojekte gezeigt, dass wirtschaftlicher Aufschwung unter dem Druck der modernisierten Großbetriebe nur selten kleinbäuerlichen Genossenschaften zugute kam (Untied 2005). Das *Agrobusiness* hatte sich zum Anbau exportfähiger Früchte (Voth 2002), aber auch von Weintrauben und Zuckerrohr die größten Flächen gesichert (Kohlhepp 2002). Der Ethanolboom führt momentan zu einer in dieser Region ökologisch, sozial und ökonomisch unsinnigen Erweiterung von bewässerten Zuckerrohr-Anbauflächen.

Die wissenschaftliche Analyse der jetzigen Projektplanungen zur Umleitung von São Francisco-Wasser zeigt, dass eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zunächst die hydrologischen, biologischen, ökologischen (Versalzung, Desertifikation) und sozialen Folgewirkungen untersuchen müsste (SBPC 2004). Nicht mehr als 5% der Böden des semi-ariden Nordostens sind bewässerungsfähig, aber im Generalplan zur Entwicklung des Rio São Francisco-Beckens wird mehr als die siebenfache Fläche genannt. Das Großprojekt mit den beiden höchst umstrittenen Kanälen (Eixo Norte und Eixo Leste) von insgesamt 700 km Länge, Seitenkanälen, Aquädukten, Staubecken, Pumpstationen und Dämmen müsste auch mit einem regionalen Entwicklungsplan mit Nachhaltigkeitszielen verbunden werden

(CBHSF 2007). Ganz wesentlich ist die Frage, wie viel Wasser in welcher Jahreszeit durch die Hauptstränge der Kanäle ohne negative Folgen abgezweigt werden kann.

Bereits heute werden 65% des im unteren Mittellauf entnommenen Wassers für große Bewässerungsprojekte genutzt. Es besteht die Gefahr der Übernutzung der Wasserressourcen des Rio São Francisco, zumal nach dem *Plano Diretor* des *Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco* (CBHSF) zur Sicherung der Trinkwasserversorgung, für Bewässerungszwecke und zur Aufrechterhaltung der Elektrizitätsproduktion der Wasserkraftwerke am Unterlauf nur bis zu 360 m³/sec. entnommen werden dürfen und bereits die Entnahme von 335 m³/sec. für die verschiedensten Projekte bewilligt wurde. Damit wären für die Umleitung nur noch 25 m³/sec. verfügbar, was völlig unzureichend wäre (Fontes 2007). Nach der UVP (Ecology Brasil et al. 2004) sollen 63,5 m³/sec. abgeleitet werden (42,4 m³/sec. durch Eixo Norte; 21,1 m³/sec. durch Eixo Leste). Pernambuco, Paraíba, Ceará und Rio Grande do Norte zählen zu den Gewinnern des Projekts. Außer den periodischen Schwankungen der Abflussmenge des Rio São Francisco sind aber auch die Pegelschwankungen des Sobradinho-Stausees aufgrund ausgedehnter Trockenheiten zu berücksichtigen. Dort wurden zwischen November 2008 und Februar 2009 nur 14% der Speicherkapazität, 2001 sogar nur ein Minimum von 6% gemessen. 70% des umzuleitenden Wassers sind für Bewässerungszwecke vorgesehen, 26% zur städtischen Versorgung und nur 4% für Kleinbauern (KoBra 2008).

Der Großteil der regionalen ländlichen Bevölkerung, selbst der nationale Umweltrat CONAMA, das *Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco* (CBHSF), Wissenschaftler, NGOs, kirchliche Organisationen und soziale Bewegungen lehnen das Projekt ab. Sie befürchten, dass die hohen Investitionen letztlich nur Großgrundbesitzern zugute kommen und keine nachhaltige Landnutzung entsteht. Die Weltbank ist nicht bereit, sich an der Finanzierung zu beteiligen. Vier Gouverneure der acht Bundesstaaten des Nordostens sind gegen das Vorhaben, das schon aufgrund der Bauarbeiten mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden ist. Auch die *Agência Nacional de Águas* setzt auf kleine Projekte, die die Mehrheit der *Nordestinos* erreichen könnten, und auf den überfälligen Bau von Zisternen.

Der Kampf um Wasser im Sertão wird sich durch das Projekt eher noch verstärken. Bereits heute sind Aktivitäten von Kapitalgesellschaften und *Fazendeiros* im Gange, entlang der Hauptkanäle Land von Kleinbauern aufzukaufen. Gegen das Großprojekt, das hohe ökologische Risiken, nur gerin-

ge Ansätze zu nachhaltiger Nutzung und sozialer Gerechtigkeit aufweist, dessen Bauarbeiten aber bereits im Juni 2007 begonnen wurden, gibt es breit gestreute, umfangreiche Proteste der brasilianischen Zivilgesellschaft und internationaler Organisationen (Via Campesina). Gegenvorschläge der *Articulação do Semi-Arido* (ASA), in der über 700 Gruppen zusammengeschlossen sind, wurden eingereicht, aber nicht berücksichtigt. Zahlreiche Verstöße gegen bundesstaatliche Verfassungen und gegen Umweltauflagen wurden in Klagen gegen das Projekt – so auch des Verbands der brasilianischen Rechtsanwälte – benannt (KoBra 2008). Das Urteil des Obersten Gerichtshofs zu den Klagen gegen das Projekt zur Wasserumleitung steht noch aus.

6. Umweltprobleme und Umweltschutz in fragilen Biomen

Anhand dreier herausragender Biome Brasiliens sollen die umweltspezifischen Konsequenzen des anthropogenen Nutzungsdrucks auf Waldflächen sowie staatliche und private Aktivitäten zum regionalen Naturschutz aufgezeigt werden.

Die **Mata Atlântica**, die sich von Piauí bis Rio Grande do Sul erstreckt, mit tropischen Tieflandregenwäldern in der schmalen Küstenebene und Gebirgswäldern der Serra do Mar, laubwerfenden und halb-laubwerfenden tropischen Wäldern landeinwärts sowie subtropischen Wäldern und Araukarienwäldern im Hochland der Südstaaten, nahm ursprünglich eine Fläche von 1,3 Mio. km² ein. Die Ökosysteme dieses Bioms weisen eine außerordentlich hohe Biodiversität auf. Da etwa 70% der Bevölkerung Brasiliens in dieser Region leben, haben die Wirtschaftszyklen der Kolonialzeit (Brasilholz, Zucker), der bis in die 1960er Jahre andauernde Boom des Kaffeeanbaus, die kleinbäuerliche Expansion in den Hauptsiedlungsgebieten europäischer Einwanderer, die großstädtische Entwicklung und die industrielle Konzentration zur Zerstörung beigetragen (Dean 1996).

Heute sind nur noch 7,3% der natürlichen Waldflächen der Mata Atlântica vorhanden, in einigen Staaten konnten – wie in Santa Catarina mit 23% – noch größere Anteile erhalten werden (SOSMA/INPE 2008). Primärwald ist aber nur noch an unzugänglichen Steilhängen des Küstengebirges vorhanden. Die Fragmentierung vorhandener Restbestände (13%) erschwert die Initiativen zum Naturschutz.

Zwar waren schon einige Nationalparks in der Mata Atlântica relativ früh eingerichtet worden (Itatiaia 1937, Iguazu 1939, Serra dos Órgãos 1939, Tijuca 1961), aber erst Mitte der 1980er Jahre begann eine große Kampagne zur Erhaltung dieses Bioms. Der staatliche Naturschutz machte sich stärker

bemerkbar und NGOs etablierten sich mit breit gefächerten Aktivitäten, die von Aktionen zur Bildung eines Umweltbewusstseins bis zur wissenschaftlichen Forschung (ISA 2001, SOSMA/INPE 2008) und zur Bewahrung der kulturellen Identität der regionalen Bevölkerung reichten. Zu den wichtigsten zivilgesellschaftlichen Organisationen gehören die 1986 gegründete "SOS Mata Atlântica", das seit 1994 aktive "Instituto Socioambiental" sowie das Netzwerk der NGOs der Region (RMA), das seit 1992 existiert und heute über 300 Gruppen koordiniert. Auch die Einrichtung von privaten Schutzgebieten (RPPN), die eine Komplementärfunktion zum staatlichen SNUC (*Sistema Nacional de Unidades de Conservação*) einnehmen und im Jahre 2000 den Status von *Unidades de Conservação* erhielten, ist mit einer Fläche von knapp 100.000 ha von Bedeutung (Mesquita 2004).

Im Jahre 1988 wurde die Mata Atlântica zum *Patrimônio Nacional*, einige Teilregionen zum Weltnaturerbe sowie seit 1992 zum Biosphärenreservat der UNESCO erhoben. Die Welt-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992 hat sowohl die staatlichen als auch die privaten Aktionen beflügelt. Das "Pilotprogramm zum Schutz der tropischen Regenwälder Brasiliens" (PPG7) erhielt mit den Demonstrationsprojekten für lokale Akteure eine Mata Atlântica-Komponente. Die deutsch-brasilianischen Forschungsprogramme SHIFT (*Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics*) mit einem der regionalen Schwerpunkte und Mata Atlântica (siehe Beitrag zur Tropenökologischen Forschung in diesem Band) sind wesentlich an der Erforschung beteiligt.

Die anthropogenen Aktivitäten haben zu zahlreichen Konflikten mit dem Naturschutz und den Schutzkonzepten geführt, die – häufig ohne soziale Komponente – die ärmste ländliche Bevölkerung in ihrem Handlungsspielraum existenzbedrohend treffen können (Wehrhahn 1994a; Dünckmann/Wehrhahn 1998).

Lösungsansätze mit nachhaltigen Nutzungsalternativen (Fuchs 1996) werden von allen Seiten angestrebt, sind aber in einer konfliktiven Situation bei stark divergierenden Interessen der Akteure – mit großen regionalen Unterschieden – nur schwer zu vereinbaren und in ihrer Umsetzung zu begleiten. Das schnell zunehmende Umweltbewusstsein der Bevölkerung und die die staatlichen Institutionen immer wieder aufrüttelnde Tätigkeit zielorientierter NGOs können mit einem sozial gerechten Ausgleich zwischen Ökonomie und Ökologie zum Umweltschutz beitragen.

Im November 2008 hat Staatspräsident Lula ein Dekret unterzeichnet, das das "Gesetz der Mata Atlântica" nach 16-jährigen Verhandlungen im

Nationalkongress in die Praxis umsetzt, die Abholzung stoppen soll und in Kooperation mit Umweltorganisationen die Waldfläche binnen 20 Jahren von heute 7% auf 27% der ursprünglichen Fläche des Bioms erweitern will. Bei aller gebotenen Skepsis zur Größenordnung des Projekts – hoffentlich werden nicht Eukalyptus-Monokulturen als CO₂-Senken im Rahmen des *Clean Development Mechanism* (Schmitt 2005) die Basis sein – zeigt dies auch die Bedeutung, die die Zivilgesellschaft der Mata Atlântica beimisst, die als Wasserschutzgebiet und für stadtnahe Erholung und Tourismus von Bedeutung ist. Im Gegensatz dazu beweist das im April 2009 von der Regierung des Staates Santa Catarina verabschiedete Umweltgesetz, das die Schutzzonen der Galeriewälder drastisch reduzieren wird, dass auch Umweltkatastrophen mit umfangreichen Hangrutschungen wie Ende 2008 in diesem Staat nicht immer zu zukunftsfähigen umweltpolitischen Entscheidungen führen.

Die Verringerung der Umweltbelastungen an den die Mata Atlântica begleitenden, saisonal sehr stark frequentierten Stränden der brasilianischen Küste ist in den letzten Jahren in einigen Bundesstaaten aber verstärkt in Angriff genommen worden (CETESB 2008b).

Das **Pantanal**, eine tropische Schwemmlandebene in Mato Grosso und Mato Grosso do Sul sowie im Grenzgebiet mit Bolivien und Paraguay, ist mit insgesamt 130.000 km² Fläche durch natürliches Grasland, Waldinseln, Lagunen, Dammuferflüsse, Umlaufseen und eine ganz besondere Artenvielfalt von Fauna und Flora gekennzeichnet (Kohlhepp 1995). Aufgrund der einzigartigen Tierwelt (Kaiman, Riesenotter, Jaguar, Puma, Wasserschwein, Sumpfhirsch), als "Vogelparadies" (Jabiru, Hyazinthara) und durch Fischreichtum übt die Region auf den Tourismus eine besondere Anziehungskraft aus (Köhnlein 1995).

Seit den 1980er Jahren treten zunehmend Umweltprobleme auf (Coy 1991):

- Modernisierung der Rinderweidewirtschaft mit Eindeichungen, die das Abflussregime verändern, und dem Fauna und Flora schädigenden Brennen der Weiden am Ende der Trockenzeit;
- Eintrag von Agrochemikalien aus den benachbarten Soja- und Zuckerrohr-Anbaugebieten;
- Straßen- und Wegebau für Wirtschaft und Tourismus;
- Umweltbelastung durch Quecksilber-Kontamination sowie Landschaftsdegradierung der informellen Gold- und Diamantextraktion am Rande des Pantanal (Pasca 1995);

- Zerstörung der Galeriewälder mit der Folge erhöhter Erosion und Sedimentfracht;
- Ressourcenübernutzung durch Überfischung und illegale Jagd, vor allem auf Kaimane.
- Die größte Gefahr droht durch den geplanten Bau der “Hidrovia Paraguai-Paraná”, der Flussregulierung des Rio Paraguai, mit starken Auswirkungen auf Abflussregime, Reduzierung der Wasserspeicherfähigkeit des Pantanal und damit der Zerstörung der Naturlandschaft.

Wesentlichen Anteil am Naturschutz haben auch dort NGOs, die mit internationaler Unterstützung zahlreiche Aktivitäten durchführen, die die Verhinderung der Degradierung der Ökosysteme bewirken. Wissenschaftliche Grundlagen- und angewandte Forschung im Rahmen des SHIFT-Programms haben auch den Naturschutz inhaltlich gestärkt.

Die Schließung des *Garimpo* bei Poconé, der Rückgang der Kaimanjagd infolge der Einrichtung von Kaiman-Zuchtfarmen, die Renaturierung ehemaliger Weideflächen, die Förderung eines ökologisch orientierten Tourismus mit starker Betonung der Umweltbildung sowie die – bisherige – Verhinderung des Rio Paraguai-Ausbaus im Pantanal-Bereich zu einem Schifffahrtsweg sind positive Akzente für den Umweltschutz. Anbaurestriktionen bei Zuckerrohr und Verhinderung des Baus weiterer Ethanol-Destillieren im Einzugsbereich der ins Pantanal einfließenden Flüsse sind Ziele der Proteste der Umweltbewegung.

Der Nationalpark “Pantanal Matogrossense”, der im Jahr 2000 von der UNESCO zum Weltkulturerbe und Kern des Biosphärenreservats Pantanal erhoben wurde, konnte mit privaten Schutzgebieten der NGO Ecotropica auf 190.000 ha erweitert werden.

Im **Amazonasgebiet** sind die tropischen Regenwälder seit den 1970er Jahren einem enormen Erschließungsdruck und einer wirtschaftlichen “Inwertsetzung” ausgesetzt. Seit zwei Jahrzehnten werden von staatlicher und privater Seite zahlreiche Projekte zum Naturschutz durchgeführt, die bisher aber nur wenig zur Verminderung der Waldzerstörung beigetragen haben (siehe dazu den Beitrag zu Amazonien).

Unter den zahlreichen Umweltproblemen werden die ökologischen Konsequenzen der Anlage großflächiger Stauseen (Junk/Mello 1987; Goodland 1995; Fearnside 1995; 2001) in jüngster Zeit verstärkt öffentlich diskutiert:

- Überflutung großer Regenwaldflächen mit Emissionen von CO₂, Methan und SO₂ aufgrund der Zersetzung der Biomasse.

- Einflüsse auf die Wasserqualität und das aquatische Ökosystem.
- Gefahr von Erosion und Sedimentation.
- Geringe Sauerstoffverfügbarkeit im Wasser beim Abbau organischer Substanz beeinträchtigt die Fischereiwirtschaft der Flussanrainer.
- Tropenhygienisch-gesundheitliche Folgewirkungen: Wasser- und vektorgeliebte Krankheiten wie Schistosomiasis, Malaria, bakterielle Infektionen.

Die klimaökologischen Konsequenzen der Waldvernichtung werden für die zukünftige Entwicklung in Amazonien von größter Bedeutung sein.

Ungeachtet der floristischen und faunistischen Artenvielfalt der tropischen Feuchtwälder spielen diese Wälder sowohl auf regionaler Ebene eine zentrale Rolle im Wärme- und Wasserhaushalt als auch auf globaler Ebene im Kohlenstoffhaushalt (Ozanne et al. 2003). Dabei kommt dem Kronenraum (*canopy*) des Waldes eine entscheidende Bedeutung zu, da dessen Struktur und Oberflächenausprägung die Höhe der Strahlungsabsorption, der Interzeption, des Niederschlages und der Evapotranspiration beeinflussen (Rollenbeck/Anhuf 2007). Der Unterschied zwischen Primärwald und gerodeter Fläche dokumentiert sich sehr deutlich bei den Temperaturen. Sie liegen im Wald um 3-4°C unter denen in den gerodeten Flächen (Anhuf 2008). Die Konsequenz ist ein rasches Trocknen der Vegetation und eine Verschärfung der Brandgefahr. Normalerweise haben Feuer in intakten Feuchtwäldern keine Chance der Ausbreitung. Aber gerade in Trockenjahren – wie zuletzt 2005 – standen große Flächen Regenwaldes in Amazonien in Flammen.

Der brasilianische Amazonasregenwald bedeckt heute noch knapp ca. 3.350.000 km². Insgesamt 20% des globalen Süßwassers stammt aus diesem Becken. Die durchschnittliche tägliche Niederschlagsmenge des Amazonasbeckens beläuft sich auf 5,9 mm/Tag (Marengo 2004), was einer mittleren Jahressumme von ca. 2.150 mm entspricht. Von den gefallen Niederschlägen verdunsten pro Tag wieder etwa 3,5 mm, also knapp 60%. Der größte Teil dieser Verdunstung wird als Transpiration von den großen Bäumen des Canopy erbracht, die 70-80% der gesamten Evapotranspiration leisten. Der kleine Wasserkreislauf Amazoniens und das damit verbundene Regenwasserrecycling sind entscheidend für den Wassertransport innerhalb des gesamten Beckens und auch darüber hinaus. Der Wasserdampfexport fällt als Regen überall in Brasilien wie auch in den Nachbarstaaten – so beispielsweise auch in Argentinien – und versorgt auch die südostbrasilianische Küste mit

zusätzlichen Niederschlägen. So sind speziell die Regenmengen in São Paulo von diesem Wasserdampfexport abhängig.

CO₂ ist das wichtigste Treibhausgas, das durch die menschlichen Aktivitäten tagtäglich in der Atmosphäre angereichert wird. Der größte Teil dieses Anstiegs wird durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) verursacht, aber 25% des Anstiegs während der letzten 150 Jahre ist durch Landnutzungsveränderungen wie die Abholzung von Wäldern oder den Ackerbau hervorgerufen worden. Die intakten tropischen und subtropischen Wälder sind andererseits dafür verantwortlich, durch die Photosynthese große Mengen CO₂ der Atmosphäre zu entziehen. Messungen im Amazonastiefland legen nahe, dass der tropische Regenwald eine CO₂-Senke darstellt, wobei die Größenordnung der Senke im Mittel ca. 1 Gt C/Jahr beträgt (Mahli/Grace 2000). Es hat sich aber auch gezeigt, dass in trockenen Jahren, wie zuletzt 2005, die Amazonaswälder in der Bilanz mehr CO₂ durch Veratmung und Mineralisierung freisetzen als fixieren, sie also in solchen Jahren zu Kohlenstoffquellen avancieren (Phillips et al. 2009). Durch den bereits eingeleiteten globalen Klimawandel muss bis zum Jahr 2100 aufgrund der Erwärmung und des zunehmenden Trockenstresses mit einer deutlichen Reduzierung der tropischen Regenwälder, auch unabhängig von den direkten anthropogenen Eingriffen, in Amazonien gerechnet werden (Cox et al. 2000).

7. Naturschutz in Brasilien: Staatliche Strukturen und zivilgesellschaftliche Initiativen

Obwohl bereits 1934 Verordnungen zum Naturschutz auf Bundesebene erlassen wurden (*Código Florestal*, *Código das Águas*), begann die brasilianische Umweltpolitik offiziell erst 1973 mit der nach der Umweltkonferenz von Stockholm taktisch geschickten Einrichtung der Umweltbehörde SEMA, die – dem Innenministerium unterstellt – während der Militärdiktatur institutionell schwachgehalten wurde. Das 1981 installierte “Nationale System für Umwelt” (SISNAMA) schuf den Nationalen Umweltrat CONAMA, der die Leitlinien der Umweltpolitik zu formulieren hatte und seit 1986 den Umweltverträglichkeitsbericht (RIMA), eine Studie über die Auswirkungen auf die Umwelt (EIA) und eine öffentliche Anhörung der Betroffenen vorschreibt, die dann durch die zuständige regionale und nationale Umweltbehörde überprüft werden.

Im Jahre 1988 wurde mit der Redemokratisierung in der neuen brasilianischen Verfassung erstmals die Umwelt ausdrücklich erwähnt (Kohlhepp

1991). Nach Auflösung früherer Sektoralbehörden und der SEMA wurde 1989 IBAMA als neue zentrale Behörde für Umwelt und erneuerbare natürliche Ressourcen geschaffen, die für die Koordination, Ausführung und Kontrolle der nationalen Umweltpolitik zuständig ist.

Schließlich wurde unter dem Eindruck der Welt-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992, aufgrund internationaler Richtlinien zur Vergabe von Krediten für Umweltprojekte und angesichts des Drucks der nationalen Umweltbewegung im November 1992 das Umweltministerium (MMA) geschaffen und die Umweltpolitik auf Bundesebene neu organisiert (Hall 2005).

Zur Erreichung der nationalen Naturschutzziele wurde ein komplexes System sich ergänzender Kategorien von Schutzgebieten entwickelt, das hier kurz vorgestellt werden soll. Es ist in vielen Bereichen umstritten (Röper 2001), von inhaltlichen Kontroversen geprägt und provoziert durch Unschärfen der Zielsetzung und fehlende Klärung eigentumsrechtlicher Fragen zahlreiche Interessenkonflikte.

Im nationalen Schutzgebietssystem (SNUC), das Kriterien für Gründung, Einrichtung und Leitung von *Unidades de Conservação* festlegt, wird zwischen direkt und indirekt genutzten Naturschutzgebieten unterschieden, die auf Bundes-, bundesstaatlicher und kommunaler Ebene bestehen, so z.B. neben *Parque Nacional* auch *Parque Estadual* und *Parque Natural Municipal*.

1. Indirekte Ressourcennutzung = Integraler Schutz

Unbesiedelte Gebiete; Nutzung nur für wissenschaftliche und touristische Zwecke sowie zur Umwelterziehung.

- Ökologische Stationen (*Estações Ecológicas*).
- Biologische Reservate (*Reservas Biológicas*).
- Nationalparks (*Parques Nacionais*).
- Naturdenkmäler (*Monumentos Nacionais*).
- Reservate zum Schutz wildlebender Arten (*Refúgios da Vida Silvestre*).
- Auch private Schutzgebiete: RPPN.

2. Direkte Ressourcennutzung = Nachhaltige Nutzung

Verbindung von Naturschutz und nachhaltiger wirtschaftlicher Nutzung; auch in Privateigentum und teilweise besiedelt

- Landschaftsschutzgebiete (*Áreas de Proteção Ambiental – APA*).
- Nationalforste (*Florestas Nacionais*).
- Sammlerreservate (*Reservas Extrativistas*).
- Gebiete von ökologischem Interesse (*Áreas de Relevante Interesse Ecológico*).
- Wildreservate (*Reservas da Fauna*).
- Reservate zur nachhaltigen Entwicklung (*Reservas de Desenvolvimento Sustentável*).
- Privatreservate (*Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN*).

Indigene Reservate sind in diese Kategorien nicht einbezogen und stehen unter besonderem Schutz (siehe den Beitrag zu Amazonien).

Finanzielle Engpässe, Mangel an geschultem Personal und fehlende Management-Pläne erschweren die Ausführung der Konzepte der Umweltorgane. So bestehen nicht wenige Naturschutzgebiete bisher nur "auf dem Papier". Nach wie vor gibt es bei der Einrichtung von Schutzgebieten wie bei der Umsetzung von Umweltgesetzen starke Widerstände, oft mit politischer Rückendeckung. Verstöße gegen Umweltgesetze werden leider nur selten bestraft oder verhängte Geldstrafen nicht bezahlt. Korruption und die riesige Ausdehnung des Landes behindern die Überwachung.

Die Bestrebungen der Bundesstaaten nach einer Dezentralisierung der Verwaltungsstrukturen im Umweltbereich führten bei einigen Staaten – so in São Paulo – zu innovativen Ansätzen und Strukturen im Umweltsektor.

Die brasilianische Umweltpolitik entwickelte sich unter schwierigen Rahmenbedingungen in Abhängigkeit von internationalen und nationalen Zwängen, erhielt aber bei vielen Projekten auch staatliche sowie private ausländische Unterstützung, so in besonderem Maße auch durch die Deutsche Entwicklungszusammenarbeit und wissenschaftliche Kooperation (Kohlhepp 1997b) (siehe die Beiträge in diesem Band). Die Tätigkeit internationaler NGOs im Umweltbereich wird in Brasilien aber häufig kritisch hinterfragt. Angesichts der Tatsache, dass das Umweltministerium erst seit 17 Jahren besteht, sind bereits in vielen Bereichen die notwendigen Gesetze erlassen und auch nennenswerte Erfolge erzielt worden. Das gestiegene Umweltbewusstsein der Zivilgesellschaft spiegelt sich in der wichtigen Rol-

le, die NGOs und deren Netzwerke beim Aushandlungsprozess von umwelt-spezifischen Entscheidungen und der Kontrolle der Umsetzung spielen.

Literaturverzeichnis

- Anhuf, Dieter (2008): "Der Amazonas-Regenwald im zukünftigen Treibhausklima – Perspektiven eines bedrohlichen Szenariums". In: *Passauer Kontaktstudium Erdkunde*, 9, S. 51-61.
- Blumenschein, Markus (2001): *Landnutzungsveränderungen in der modernisierten Landwirtschaft in Mato Grosso, Brasilien*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 21). Tübingen: Selbstverlag des Geographischen Instituts.
- CBHSF (*Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*) (2007): *Revista do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. Salvador.
- CETESB (*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*) (2008a): *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2007*. São Paulo: CETESB.
- (2008b): *Relatório de qualidade da água no Estado de São Paulo 2007*. São Paulo: CETESB.
- Coy, Martin (1991): "Sozio-ökonomischer Wandel und Umweltprobleme in der Pantanal-Region Mato Grossos (Brasilien)". In: *Geographische Rundschau*, 43, 3, S. 174-182.
- (2001): "São Paulo. Entwicklungstrends einer brasilianischen Megastadt". In: *Geographica Helvetica*, 56, 4, S. 274-288.
- Cox, Peter M./Betts, Richard A./Jones, Chris D./Spall, Steven A./Trotterdell, Ian J. (2000): "Acceleration of Global Warming Due to Carbon-cycle Feedbacks in a Coupled Climate Model". In: *Nature*, 408, S. 184-187.
- Dean, Warren (1996): *A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica*. São Paulo.
- Dünckmann, Florian/Wehrhahn, Rainer (1998): "Naturschutz im brasilianischen Küstenregenwald. Konzepte und Konflikte". In: *Geographische Rundschau*, 50, 5, S. 299-305.
- Ecology Brasil/Agrar CET/JP Meio Ambiente (2004): *Projeto de integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional*. RIMA. Brasília: MI.
- Fearnside, Philip M. (1995): "Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as Sources of "Greenhouse" Gases". In: *Environmental Conservation*, 22, 1, S. 7-19.
- (2001): "Environmental Impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia". In: *Environmental Management*, 27, 3, S. 377-396.
- Fontes, Luiz C. da Silveira (2007): "Transposição: Água para todos ou água para poucos?" In: *Revista do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*, S. 60-73.
- Fuchs, Alexander (1996): *Lösungsansätze für den Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie im tropischen und subtropischen Regenwald am Beispiel der Mata Atlântica Brasiliens*. (Kölner Forschungen zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, 45). Köln: Selbstverlag des Instituts.
- Goodland, Robert (1995): "Ethical Priorities in Environmentally Sustainable Energy Systems: The Case of Tropical Hydropower". In: Di Lascio, Marco Alfredo et al. (Hrsg.): *Energy*

- Policy for the Sustainable Development of the Amazon Region*. Brasília: NUPLE/CEAM/UnB, S. 15-36.
- Gutberlet, Jutta (1991): *Industrieproduktion und Umweltzerstörung im Wirtschaftsraum Cubatão/São Paulo (Brasilien)*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 7). Tübingen: Selbstverlag des Geographischen Instituts.
- Hall, Anthony (Hrsg.) (2005): *Global Impact, Local Action: New Environmental Policy in Latin America*. London: University of London.
- IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*) (2001): *Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.
- ISA (*Instituto Sócioambiental*) (2001): *Dossiê Mata Atlântica 2001*. São Paulo: Iphis.
- Junk, Wolfgang J./Mello, J. A. S. Nunes de (1987): "Impactos ecológicos das represas hidrelétricas ba Bacia Amazônica Brasileira". In: Kohlhepp, Gerd/Schrader, Achim (Hrsg.): *Homem e natureza na Amazônia*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 3), S. 367-385.
- Köhnlein, Klaus (1995): "Der Pantanal-Tourismus. Chancen für eine ökologische Regionalentwicklung im nördlichen Pantanal?". In: Kohlhepp, Gerd (Hrsg.): *Mensch-Umwelt-Beziehungen in der Pantanal-Region von Mato Grosso/Brasilien*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 12), S. 31-64.
- KoBra (2008): "Rio São Francisco". In: *Brasilicum*, 174/175. Sonderheft. Freiburg: KoBra e.V.
- Kohlhepp, Gerd (1991): "Umweltpolitik zum Schutz tropischer Regenwälder in Brasilien. Rahmenbedingungen und umweltpolitische Aktivitäten". In: *KAS-Auslandsinformationen*, 7, S. 1-23.
- (1997a): "São Paulo: Größter industrieller Ballungsraum Lateinamerikas". In: *Großstädte – Der Bürger im Staat*, 47, 2, S. 137-143.
- (1997b): "Die deutsch-brasilianische wissenschaftliche Zusammenarbeit, unter besonderer Berücksichtigung der Umweltforschung". In: Boeckh, Andreas/Sevilla, Rafael (Hrsg.): *Bestandsaufnahme und Perspektiven der deutsch-brasilianischen Beziehungen*. (Biblioteca Luso-Brasileira, 3). Frankfurt am Main: Vervuert/Madrid: Iberoamericana, S. 183-207.
- (2002): "Interessenkonflikte beim Bau großer Wasserkraft- und Staudammprojekte in Brasilien". In: Meyer, Günter/Pütz, Robert/Thimm, Andreas (Hrsg.): *Wasserkonflikte in der Dritten Welt*. (Veröffentlichungen des Interdisziplinären Arbeitskreises Dritte Welt, 15). Mainz: Universität Mainz, S. 95-124.
- (2008): "Biokraftstoffe im Fokus des Agrobusiness in Brasilien. Zur aktuellen Situation der Biodiesel- und Ethanolproduktion". In: Graf, Patricia/Stehnken, Thomas (Hrsg.): *Lateinamerika. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft*. (Weltregionen im Wandel, 3). Baden-Baden: Nomos, S. 135-157.
- Kohlhepp, Gerd (Hrsg.) (1995): *Mensch-Umwelt-Beziehungen in der Pantanal-Region von Mato Grosso/ Brasilien. Beiträge zur angewandten geographischen Umweltforschung*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 12). Tübingen: Selbstverlag des Geographischen Instituts.
- Mahli, Yadvinder/Grace, John (2000): "Tropical Forests and Atmospheric Carbon Dioxide". In: *Trends in Ecology & Evolution*, 15, S. 332-337.

- Marengo, José A. (2004): "Interdecadal Variability and Trends of Rainfall Across the Amazon Basin". In: *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 1-3, S. 79-96.
- Mesquita, Carlos Alberto B. (2004): *RPPN da Mata Atlântica*. Belo Horizonte: Conservação International.
- MI (Ministério da Integração Nacional) (2005a): *Nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro*. Brasília. (<<http://www.mi.gov.br>>; 06.04.2009).
- (2005b): *Relatório final: Redelimitação do Semi-Árido Nordestino e do Polígono das Secas*. Brasília. (<<http://www.mi.gov.br>>; 05.04.2009).
- Ozanne, Claire M. P./Anhuf, Dieter/Boulter, Sarah L. et al. (2003): "Biodiversity Meets the Atmosphere: A Global Review of Forest Canopies". In: *Science*, 301, S. 183-186.
- Pasca, Dan (1995): "Die Garimpeiros von Poconé. Soziale Organisation und Umweltbelastung der informellen Goldextraktion am Rande des Pantanal". In: Kohlhepp, Gerd (Hrsg.): *Mensch-Umwelt-Beziehungen in der Pantanal-Region von Mato Grosso/Brasilien*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 12), S. 89-123.
- Phillips, Oliver L./Aragão, Luiz E. O. C./Lewis, Simon L. et al. (2009): "Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest". In: *Science*, 323, S. 1344-1347.
- Röper, Monika (2001): *Planung und Einrichtung von Naturschutzgebieten aus sozialgeographischer Perspektive. Fallbeispiele aus der Pantanal-Region (Brasilien)*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 22). Tübingen: Selbstverlag des Geographischen Instituts.
- Rollenbeck, Rütger/Anhuf, Dieter (2007): "Characteristics of the Water and Energy Balance in an Amazonian Lowland Rainforest in Venezuela and the Impact of the ENSO-cycle". In: *Journal of Hydrology*, 337, S. 377-390.
- Schmitt, Tobias (2005): "'Saubere' Entwicklung für den Süden? Der Clean Development Mechanism und seine regionalen Auswirkungen: Am Beispiel von Eukalyptusplantagen in Curvelo, Südost-Brasilien". In: Kohlhepp, Gerd (Hrsg.): *Wirtschafts- und sozialräumliche Strukturwandlungen und Interessenkonflikte in Lateinamerika*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 26), S. 349-382.
- SOSMA (SOS Mata Atlântica)/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (2008): *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Período 2000-2005*. São Paulo: SOSMA/ INPE.
- SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência) (2004): *Workshop sobre a transposição de águas do Rio São Francisco*. Recife. (<http://www.sbpce.org/docs/SBPC_Transposicao_Final.doc>; 30.03.2009).
- Untied, Bianca (2005): *Bewässerungslandwirtschaft als Strategie zur kleinbäuerlichen Existenzsicherung im Nordosten Brasiliens*. Diss. Marburg: Universität Marburg.
- Voth, Andreas (2002): "Bewässerung und Obstanbau in Nordost-Brasilien. Neue Dynamik einer Problemregion". In: *Geographische Rundschau*, 54, 11, S. 28-35.
- Wehrhahn, Rainer (1994a): *Konflikte zwischen Naturschutz und Entwicklung im Bereich des atlantischen Bundesstaats São Paulo, Brasilien. Untersuchungen zur Wahrnehmung von Umweltproblemen und zur Umsetzung von Schutzkonzepten*. (Kieler Geographische Schriften, 89). Kiel: Selbstverlag des Geographischen Instituts.
- (1994b): "São Paulo: Umweltprobleme einer Megastadt". In: *Geographische Rundschau*, 46, 6, S. 359-366.

- Zirkl, Frank (2002): "Aspekte nachhaltiger Stadtentwicklung in Curitiba. Die Rolle der Stadthygiene im Entwicklungskonzept der 'ökologischen Hauptstadt' Brasiliens". In: Bode-mer, Klaus/Dresrüsse, Günter (Hrsg.): *Nachhaltige Stadtentwicklung in Lateinamerika. Wissenschaft und Praxis im Dialog*. Hamburg: Institut für Iberoamerika-Kunde, S. 105-117.
- (2007): *Die Bedeutung der urbanen Ver- und Entsorgung für eine nachhaltige Stadtentwicklung in Brasilien. Das Fallbeispiel Curitiba*. (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung – TBGL, 31). Tübingen: Selbstverlag des Geographischen Instituts.

Internetadressen

- <<http://www.ana.gov.br>>
- <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>
- <<http://www.dsr.inpe.br>>
- <<http://www.ibama.gov.br>>
- <<http://www.mi.gov.br>>
- <<http://www.mma.gov.br/ppg7>>
- <<http://www.projetosmataatlantica.org.br>>
- <<http://www.rbma.org.br>>
- <<http://www.rma.org.br>>
- <http://www.sbpce.org/docs/SBPC_Transposicao_Final.doc>
- <<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br>>
- <<http://www.sosma.org.br>>