

### 3.15 Gefährdung der Mangrovenwälder durch Klimawandel

GESCHE KRAUSE

*Threat to mangrove forest through climate change: The earlier perception of mangrove ecosystems as ugly, impenetrable and morbid swamp areas was probably one of the reasons for the blindfold clearance of more than 30% of their original worldwide inventory. The human pressure on mangrove forests continues by conversions into shrimp farms for aquaculture, building areas, plantations, etc. Only in recent times their internal valuable resources are appreciated. In view of the large impacts by human activities it is difficult to assess possible effects of climate changes. Based on available evidence, of all the climate change outcomes, relative sea-level rise and the increase of extreme events in the atmosphere may be the greatest threat to mangroves. Both change the sediment and nutrient cycles in the mangrove forests. There is less certainty over other climate change outcomes and mangrove responses. Since the quaternary mangroves have survived large sea level and other environmental changes. However, because of the manmade alterations they are today more vulnerable than in their natural state. The discussion on the effects of the changing climate must include the possible reactions of the local population.*

Mangroven stellen bedeutende Ökosysteme im Gezeitenbereich in tropischen Ästuaren, Lagunen und Deltas dar (Abb. 3.15-1). Vereinzelt kommen sie bei günstigen Umweltbedingungen auch in den subtropischen Regionen vor. Rund 181.000 km<sup>2</sup> sind weltweit mit Mangroven bestanden (SPALDING et al. 1997). Neben ihrer Bedeutung als Nähr- und Kinderstube einer Vielzahl von Fischen, Schalentieren und als Vogelhabitat sind sie auch als Küstenschutzelement (KOCH et al. 2009) bedeutsam. Letzteres wurde durch die verheerenden Auswirkungen des Dezember-Tsu-

namis 2004 im indischen Ozean unterstrichen. Je nach regionaler und lokaler Situation tragen Mangroven wesentlich zu der Erhaltung der regionalen Biodiversität durch die Bereitstellung von Habitaten, Laichplätzen und Nährstoffen bei. Gleichzeitig leisten die Mangrovenwälder einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Lebensgrundlage der einheimischen Bevölkerung. Um viele Mangrovenwälder ranken sich traditionelle Mythen, wie z.B. um den Mangrovengeist Ataide in Nordbrasilien. Sie gelten als gefährliche unpassierbare Sumpflandschaften, die Schlangen und Krokodile be-

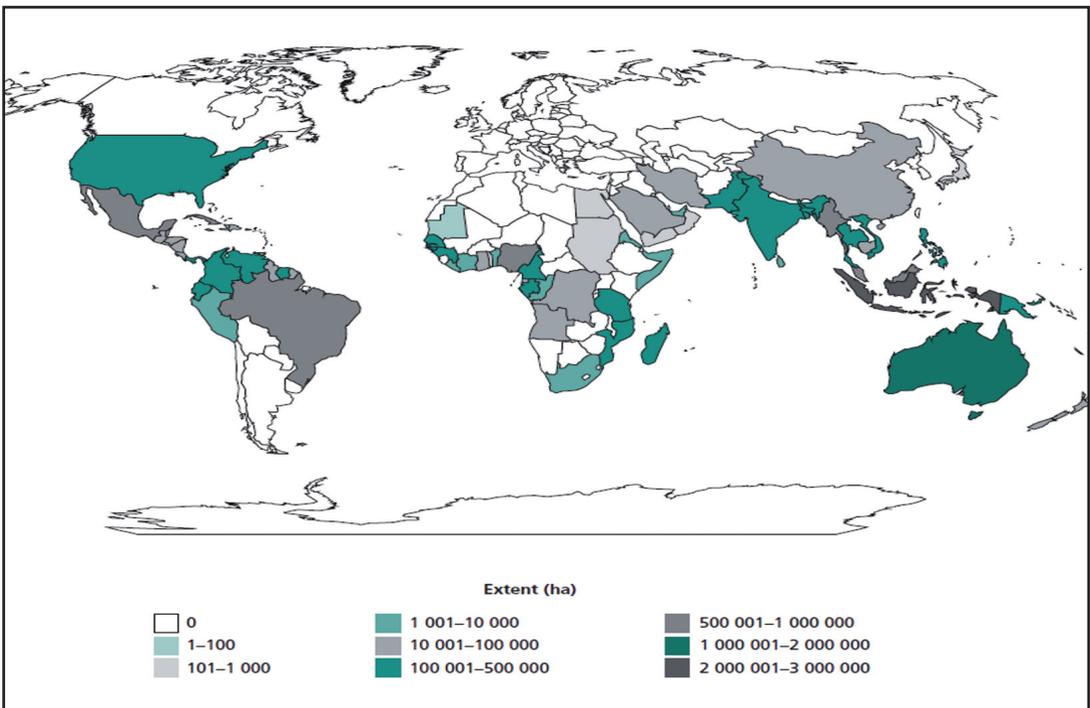


Abb. 3.15-1: Globale Verbreitung der Mangroven im Jahre 2005 (FAO 2007).

herbergen und die Brutstätte von übertragbaren Krankheiten wie z.B. Malaria sind. Selbst Charles Darwin war von diesem Ökosystem nicht gerade angetan:

*“The channel ... was bordered on each side by mangroves, which sprang like a miniature forest out of the greasy mudbanks. The bright green colour of these bushes reminded me of the rank grass in a churchyard: both are nourished by putrid exhalations; the one speaks of death past, and the other too often of death to come....”* (DARWIN 1842).

Diese eher negative Einstellung zu Mangroven hat wohl auch zu der weltweiten immensen Zerstörung der Mangrovenwälder durch die Schaffung von Aquakulturfleichen für die Garnelenzucht, die Brennholzgewinnung, Trockenlegung für Baugebiete, das Anlegen von Reis- und Kokosplantagen und die Einleitung von Abwässern aus Haushalten und Industrien beigetragen. Laut FAO (2007) betrug der Verlust von Mangroven im globalen Mittel zwischen 1980 und 2005 rund 20%. Indonesien weist eine höhere durchschnittliche Verlustrate von 31% für diesen Zeitraum auf, wobei in manchen Gebieten die Zerstörung noch erheblich höher ist (VALIELA 2001).

Erst im Lauf der letzten Jahre hat das Bewusstsein über die grundlegende bedeutsame Rolle von Mangroven für die tropischen Küstensysteme stark zugenommen.

Im Vergleich zu den Auswirkungen der massiven menschlichen Eingriffe in diesen Naturraum sind klimabedingte Auswirkungen schwer zu ermitteln. Im Folgenden wird ein Abriss über den aktuellen Stand der Kenntnis zu den möglichen Effekten des Klimawandels auf die Mangrovenökosysteme gegeben. Dies schließt hier auch die Auswirkungen auf die lokale Bevölkerung und deren mögliche Anpassungen an sich verändernde Umweltbedingungen ein.

### **Die Veränderung des Meeresspiegels**

Neben einer durchschnittlichen Wassertemperatur von mindestens 21°C im Jahresmittel gilt die relative Höhe des Meeresspiegels als der Schlüsselfaktor bei der weltweiten Verbreitung von Mangroven. Daher gehören die Auswirkungen des globalen Meeresspiegelanstieges zu den wahrscheinlichsten Bedrohungen des Klimawandels für die Mangrovegebiete. Verschiedene Klimamodelle projizieren einen beschleunigten Anstieg in den nächsten Jahrzehnten. Der relative Anstieg des Wasserstandes kann je nach der lokalen geographischen Lage und räumlichen Ausprägung variieren. Dies ist im besonderen Maße vom Niveau der Mangrovensedimente abhängig. Je stärker die Steigungsrate des lokalen Meeresspiegels, desto höher muss auch die

Sedimentationsrate im Mangrovenwald sein, um diese auszugleichen. Es gibt eine Vielzahl von ineinander greifenden Prozessen, die solch eine Sedimeterhöhung beeinflussen. So wird der Prozess der Sedimentablagerung und –Erosion überwiegend durch die geomorphologische Ausprägung des Mangrovenwaldes und durch den jeweiligen Mangrovenbaumbestand gesteuert (KRAUSE 2002). Werden feinkörnige suspendierte Sedimente durch die Gezeiten in das Mangrovensystem hineintransportiert, lagern sich diese bei Hochwasser hauptsächlich im Bereich der Mangrovenwurzeln ab. Beim Einsetzen der Ebbe wird nur ein Teil dieses Materials wieder in Suspension gebracht, da der dichte Bestand an Stelzwurzeln und Pneumatophoren (Luftwurzeln) die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb des Mangrovensystems stark bremst. Die Struktur der Mangroven fördert daher die Akkumulierung von Sediment, wobei allerdings je nach Mangrovenbaumart und Stelzwurzeltyp unterschiedliche Ablagerungsraten vorkommen (Abb.3.15-2). Bei Extremereignissen, hervorgerufen durch Stürme oder Tsunamis, wird die Sedimenthöhe durch Bodenerosion und fluviale Umlagerungsprozesse verändert (KRAUSE 2002). Bislang ist das Wissen um diese Mechanismen und deren Änderungen bei Meeresspiegelanstieg auf die Sedimentablagerungen in den Mangrovenökosystemen eher gering (NORDHAUS 2008). Kurzfristige Studien haben gezeigt, dass Mangroven durchaus in der Lage sind, mit einem steigenden Meeresspiegel Schritt zu halten. Es wurden positive Korrelationen zwischen relativem Anstieg und Sedimeterhöhung festgestellt (GILMAN et al. 2008). Dies ist jedoch in starker Abhängigkeit von den lokalen geomorphologischen Ausprägungen der Küstenlandschaft und der Verfügbarkeit von Sediment zu sehen. Die naturräumliche Lage bestimmt, wo und in welcher strukturellen und funktionellen Zusammensetzung sich Mangrovenwälder ausbilden. Die lokalen Sedimentationsprozesse, das jeweilige hydrologische Regime und die lokalen Energiebilanzen (z.B. Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung, etc.) sind ebenfalls bedeutsam für die lokale Reaktion auf Meeresspiegelschwankungen.

Drei generelle Reaktionsmöglichkeiten der Mangrovenwälder sind möglich:

- Bei gleich bleibendem Meeresspiegel bleibt auch die Position der Mangroven stabil.
- Bei sinkendem Meeresspiegel können Mangroven seewärts wandern, wie auch sich längs der Küste ausdehnen, falls dort die Bedingungen für eine Besiedlung von Mangroven vorteilhaft sind.
- Bei steigendem Meeresspiegel wandern Mangroven landeinwärts, um ihre bevorzugte Überflutungsdauer zu erhalten. Diese Migration hängt jedoch von den

gegebenen Umweltfaktoren ab, welche für die Verbreitung von Mangroven von Bedeutung sind, wie z.B. geeignetes Substrat, Dauer und Höhe der Überflutung, Konkurrenz mit anderen Pflanzengesellschaften und die Verfügbarkeit von schwimmenden Diasporen. Letzteres hängt von der jeweiligen lokalen Artenzusammensetzung wie auch vom lokalen Tidenregime (makro- vs. mikrotidale Gebiete) ab. Sind alle diese Bedingungen vorteilhaft, können Mangrovegebiete mit dem Anstieg Schritt halten, gegebenenfalls sich sogar räumlich ausdehnen. Auf der seewärtigen Seite erfolgt bei einem Anstieg des Meeresspiegels dagegen die gleichzeitige Erosion der Mangrovesedimente durch Unterspülung der Stelzwurzeln und durch Baumfall, ferner durch eine Erhöhung der Bodensalinität bei hoher und lang andauernder Überflutung.

#### Zunahme von Extremereignissen

Neben dem mittleren Anstieg des Meeresspiegels wird eine Zunahme von Extremereignissen erwartet. Zum Beispiel würden extreme Hochwasserereignisse sowohl die Lage und den Zustand von Mangrovenöko-

systemen als auch die Sicherheit der nahe gelegenen Küstensiedlungen beeinflussen. Jedoch ist das Wissen um die genauen Auswirkungen von extremen Wasserständen auf die Mangrovegebiete gering. Dies betrifft auch die Auswirkungen von Sturmereignissen.

Interpretationen von Klimamodellen durch den IPCC postulieren, dass die Intensität von tropischen Wirbelstürmen zunehmen wird, was eine Erhöhung der Windspitzengeschwindigkeit und der Niederschlagsrate zur Folge hat. D.h., es wird in Zukunft zu einer höheren Anzahl von hoch gestuften Wirbelstürmen kommen (IPCC 2007). Sturmfluthöhen werden ebenfalls steigen. Die Auswirkungen solcher Sturmereignisse auf die Mangroven sind vielfältig. Man findet beispielsweise eine unmittelbare Entblätterung und Absterben der Mangrovenbäume. Ferner werden durch Erosion und Umlagerung des Sediments toxische Bodensulfide freigesetzt, die ebenfalls zu einer signifikanten Beeinträchtigung des Mangrovenhabitates führen. Gebiete, die ein Massenabsterben von Mangroven nach einem Sturm zu verzeichnen haben, können bei mangelhafter Verfügbarkeit von Diasporen, Keimlingen und veränderten Substratbedingungen eine komplette Wandlung des Ökosystems durchleben.



**Abb. 3.15-2:** Ein typisches Mangrovenhabitat in Nordbrasilien: Niedrige Wurzeln der *Avicennia germinans* (schwarze Mangrove) im Vordergrund und hohe Stelzwurzeln der *Rhizophora mangle* (rote Mangrove) im Hintergrund (Photo: U. Saint-Paul).

Weltweit wird eine Verstärkung extremer Niederschlagsereignisse vorhergesagt (IPCC 2007). Je nach regionaler Lage kann der Niederschlag erheblich variieren (HOUGHTON et al. 2001, NORDHAUS 2008). Veränderungen im Niederschlagsmuster beeinflussen das Mangrovenwachstum wie auch deren räumliche Verbreitung. So argumentieren GILMAN et al. 2008, dass bei einer Erhöhung der Regenhäufigkeit und -intensität die Mangrovenbäume in landwärtig gelegenen Gebieten verstärkt in Konkurrenz zu den rein terrestrischen Baumarten treten, da die Salinität des Wassers abnimmt. Dies könnte zu einer Ausbreitung der Mangrovenzone in vormals unbewachsene landwärts gelegene Gebiete innerhalb der Gezeitenzone führen. Gleichzeitig könnte eine generelle Erhöhung der Wachstumsraten in den Mangroven stattfinden.

Bei einer lokalen Abnahme der Regenhäufigkeit hat dies eine Erhöhung der Bodensalinität und damit eine Verminderung des Wachstums der Mangrovenbäume zur Folge. Hieraus resultiert eine Verminderung der Produktivität dieses Ökosystems, bei dem ein Abfall in der Primärproduktion, Verminderung des Wachstums und Reduzierung der Entwicklung von Mangrovensporen einsetzen könnte. Dadurch würde sich auch die Konkurrenz der Mangrovenarten untereinander verändern, was zu einer Verringerung der Diversität in den Mangrovegebieten führen könnte. Als Folge kommt es zu einer räumlichen Reduzierung der Mangrovegebiete, da gerade die landwärts gelegenen Gebiete zu hypersalinen Ebenen konvertiert werden.

Jedoch sind diese vorausgesagten Reaktionen auf Veränderungen im Niederschlagsregime bislang noch nicht Thema einer langfristigen Studie gewesen, die mehrere Mangrovegebiete umfasst.

### **Veränderungen in der Atmosphäre und der ozeanischen Zirkulation**

Im letzten Jahrhundert wurde ein Anstieg der durchschnittlichen globalen Temperatur um rund  $0.74^{\circ}\text{C}$  registriert, wobei sich die lineare Erwärmung der letzten 50 Jahre ( $0.13^{\circ}\text{C}$  pro Jahrzehnt) nahezu verdoppelt hat (IPCC 2007). Es wird zwar angenommen, dass sich eine Erwärmung auch auf die Mangrovenökosysteme auswirkt, aber es erscheint unwahrscheinlich, dass die Toleranzgrenze für die Mangrove überschritten wird, da die Mangroven ein an der  $16^{\circ}\text{C}$  Luftisotherme gebundenes räumliches Limit aufweisen (GILMAN et al. 2008). Das Temperaturoptimum für die Photosynthese von Mangroven wird zwischen  $28\text{--}32^{\circ}\text{C}$  geschätzt – bei höheren Temperaturen ( $38\text{--}40^{\circ}\text{C}$ ) wird, in Abhängigkeit vom lokalen Einstrahlungsgrad und der täglichen und saisonalen Klimavariabilität eine Abnahme

der Photosynthese beobachtet (MEHLIG 2001). Eine Erwärmung könnte sich u.a. auf die lokalen Artensammensetzungen auswirken und zu einer Verschiebung der Zeiträume der Blüte und Keimentwicklung führen (MEHLIG 2001). Jedoch besteht die Möglichkeit, dass sich die Mangroven durch Erwärmung zukünftig in höhere Breitengrade hinein ausdehnen, falls genug Diasporen zur Verfügung stehen und die naturräumliche Ausprägung der Küste geeignet ist (GILMAN et al. 2008).

Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre hat sich um über 35% gegenüber dem vorindustriellen Wert erhöht. Als unmittelbare Folge hiervon kann eine erhöhte Produktivität einiger Mangrovenarten angenommen werden (FARNSWORTH et al. 1996, DUKE et al. 2007). Bei einer Erhöhung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration nimmt die Wassernutzungseffizienz der Mangrovenbäume zu. Dadurch können Mangroven in ariden Regionen möglicherweise profitieren und sich räumlich ausbreiten (NORDHAUS 2008).

Hierbei tritt der größte Wachstumseffekt bei niedrigem Salzgehalt des Meerwassers auf. Die Auswirkungen von erhöhten  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen auf Mangroven sind bislang nur in wenigen Studien untersucht worden, so dass weiter reichende Aussagen daher derzeit kaum möglich sind.

Ozeanische Zirkulationsmuster sind im Wandel begriffen, wobei nach aktuellen Angaben des IPCC keine klaren Angaben gemacht werden können (IPCC 2007). Änderungen in den Zirkulationsmustern der Meeresströmungen werden die Verbreitung von Diasporen und damit die genetische Struktur der Mangrovenpopulation beeinflussen. Letzteres könnte sogar zu einer Zunahme des genetischen Austausches zwischen vormals isolierten Mangrovegebieten führen. Durch den daher möglichen Anstieg der Zahl der Mangrovenbaumarten, wäre eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Mangrovenökosysteme wahrscheinlich.

Mangrovegebiete können jedoch nicht isoliert betrachtet werden. Sie stehen in wechselseitiger Beziehung zu benachbarten Ökosystemen (KOCH et al. 2009). Diese Wechselwirkungen sind bislang noch wenig untersucht worden. Eine Degradierung von benachbarten Ökosystemen durch den Klimawandel betrifft z.B. niedrig gelegene Inseln und Atolle, die mit Mangroven bestanden sind und einen Teil ihres Sedimenteintrages von den nahe gelegenen produktiven Korallenriffen beziehen. Durch die Zerstörung der Korallenriffe kommt es entlang der Insel zu niedrigeren Sedimentationsraten, die Mangroven werden weniger produktiv und sind somit auch anfälliger für die Auswirkungen eines lokalen Meeresspiegelanstieges.

## Wandel der menschlichen Nutzung

Weltweit stellen die Mangroven eine wichtige Erwerbs- und Lebensgrundlage besonders für die einheimische ländliche Bevölkerung dar. In vielen Fällen sind sie die einzige Proteinquelle der ärmsten, indigenen Bevölkerungsschichten. Die anthropogene Nutzung des Mangrovenökosystems erstreckt sich auf eine Vielzahl von Produkten. In Nordbrasilien beispielsweise richtet sich die kommerzielle Nutzung überwiegend auf den Mangrovenkrebs *Ucides cordatus*, auf die handwerkliche Fischerei und auf die Produkte der drei Hauptmangrovenarten, *Rhizophora mangle* (rote Mangrove), *Avicennia germinans* (schwarze Mangrove) und *Laguncularia racemosa* (weiße Mangrove). Der Mangrovenkrebs *U. cordatus* hat als frei verfügbares Naturprodukt eine wichtige Funktion in der Sicherung der Grundernährung der ärmsten Haushalte in Nordbrasilien. Gleichzeitig wird Mangrovenholz in der Region sowohl kommerziell als auch als Subsistenzprodukt genutzt. Die kommerzielle Nutzung erfolgt durch Ziegeleien, Bäckereien, im Gerüstbau, in der Lederfärberei und in der Weiterverarbeitung der Krebse. Die traditionelle Holznutzung erstreckt sich auf den Haus- und Zaunbau, die Konstruktion von Stellnetzgerüsten, die Holzkohleproduktion und die Segelfärberei. Eine sozioökonomisch wichtige Funktion hat das Mangrovenholz als Brennmaterial zum Kochen. Die wichtige lebenserhaltende Bedeutung der Mangroven wird durch die Aussagen der brasilianischen Mangrovenfischer unterstrichen:

»The mangrove preserves life in the village.' 'We don't have other work, we are all crab collectors.' 'It is from there, that we get our food.' 'When there is nothing, we go there. It is our money tree.« (Mangrovenfischer in Bragança-Pará, Nordbrasilien; in GLASER 2003).

Der derzeitige Wandel ihres Lebensraumes wird ausschliesslich durch die weitreichende Kommerzialisierung der Mangrovenressourcen bewirkt und stellt gerade für diese Gruppen eine unmittelbare Bedrohung dar, die mit großer Sorge betrachtet wird. So sind viele Mangrovenregionen weltweit, wie z.B. in Ecuador, Bangladesch, Indonesien oder Thailand, der massiven Konvertierung von Mangroven zu Shrimp-Aquakulturen oder Landgewinnungsmaßnahmen unterworfen (Abb. 3.15-3). Es lässt sich feststellen, dass dieser Raubbau an den Mangroven nicht zuletzt durch die mangelnde Wertschätzung der Mangroven in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung für die Bevölkerung verursacht wird. Dies liegt an der Schwierigkeit, einen Geldwert für die Vielzahl der Güter und Dienstleistungen zu nennen, die (a) oftmals nicht unmittelbar auf dem Markt gehandelt werden und (b) häufig außerhalb des Mangrovensystems geerntet, bzw. genutzt werden,

so dass der unmittelbare Bezug zu dem System fehlt. Letzteres trifft in besonderem Maße auf die exportorientierte Shrimp-Aquakultur zu (RÖNNBÄCK 2001). Die Kommerzialisierung der Shrimp-Aquakultur wird von den lukrativen Profiten auf dem Exportmarkt gesteuert und oftmals stark von den Regierungsinstitutionen und durch privatwirtschaftliche Interessen gefördert. Mit dem unmittelbaren Verlust an Mangrovenfläche geht häufig eher unbemerkt ein massiver Einschnitt an Zugangsmöglichkeiten der ärmsten Bevölkerungsschichten zu ihrem angestammten Territorium einher, da die Aquakulturanlagen weitläufig abgesperrt werden. Dadurch müssen die lokalen Bevölkerungsgruppen teilweise einen Umweg von mehreren Kilometern in Kauf nehmen, um zu ihrem Mangrovegebiet zu gelangen. Gleichzeitig kann es zu einer Versauerung der Sedimente kommen, die zu einer Aufgabe der Aquakulturanlage nach wenigen Jahren führt. Ferner findet eine Eutrophierung küstennaher Gewässer und ein Eintrag von Pharmazeutika durch die Abwässer aus der Aquakulturproduktion statt. Dies geht mit einer Verminderung der Erträge aus der Mangrovenfischerei einher. Der anthropogene Wandel und die Reduzierung der Mangrovenwälder stellt damit gerade für die ärmsten Bevölkerungsgruppen eine unmittelbare Bedrohung dar.

»Noch vor weniger als 10 Jahren war die (Mangroven)lagune voller Fische....mit einem kleinem Netz konnte man schnell so viele Fische fangen, dass das ganze Boot voll war! Heute ist die (Mangroven)lagune leer. Die grossen Fische sind alle verschwunden, und die, die wir fangen, sind winzig klein. Wir brauchen Stunden, um genug für unsere Familien zum Essen und ein wenig zum Verkaufen zu fangen, und manchmal fangen wir gar nichts. An manchen Tagen müssen wir hungern« (Miskito-Fischer in Bisuma, Nicaragua; in SANDNER LE GALL 2007)

Durch den Klimawandel werden diese Probleme in Zukunft noch verschärft werden. Ferner könnten in Gebieten, wo zukünftig weniger Niederschläge fallen und höhere Temperaturen vorherrschen, die verstärkte Entnahme von Grundwasser zur Deckung des Trinkwasserbedarfes zu einer weiteren Zunahme des Absterbens von Mangroven führen. Eine lokale Erhöhung von Niederschlägen könnte den Bau von Hochwasserabflusskanälen zur Folge haben, womit der Zufluss von sedimentreichem Flusswasser aus dem Hinterland in die Mangrove abgeschnitten wird, was zu einer Minderung der Mangrovenproduktivität führen könnte.

Eine wichtige Rolle für die zukünftige Entwicklung der Mangroven werden, neben dem Meeresspiegelanstieg, auch Extremereignisse, wie z.B. Sturmfluten oder tropische Wirbelstürme, spielen. Die natürliche

Pufferfunktion der Mangroven kann allerdings bei stark genutzten Küstengebieten nicht mehr aufrechterhalten werden (KOCH et al. 2009). Traditionell verankerte Nutzungs- und Managementstrukturen sind oftmals nicht auf diese Art des Wandels eingestellt. Obwohl in traditionellen, indigenen Gesellschaften der Zusammenhalt in der Gemeinschaft und die Wertschätzung der Umwelt oft hoch sind, hat sich gezeigt, dass die bestehenden Institutionen oftmals nicht in der Lage sind, neuen Nutzungsformen wie der Aquakultur adäquat zu begegnen (KRAUSE 2002, SANDNER LE GALL 2007), und das wird sicherlich auch auf die Auswirkungen des Klimawandels zutreffen.

Derzeit sind weltweit Bemühungen zu verzeichnen, neue Governance- und Managementansätze zu implementieren, die das Konzept des dezentralen Managements zum Schutz der Mangrovenökosysteme im Zeichen des Wandels verfolgen. Dies ist von höchster Priorität, da in fast allen Ländern Mangroven und ihren

lokalen Nutzern im Gegensatz zu anderen Berufsfeldern und Ökosystemen jegliche politische Vertretung fehlt. So haben z.B. brasilianische Krebsfischer weder Sozialrechte wie Altersversorgung oder Absicherung im Krankheitsfall noch Anrechte auf angestammte Fanggebiete oder Zugang zu Kapital und Kredit (KRAUSE 2002, GLASER 2003). Hieraus ergibt sich ein »Teufelskreis« aus Abhängigkeit von Zwischenhändlern, niedrigen Produktverkaufspreisen, Produktionssteigerungen zur Sicherung des Existenzminimums, Degradierung der Mangrovegebiete und Verfestigung von Armut für die Krebsfischer.

### Schlussbetrachtung

Mangrovenökosysteme haben nicht nur bedeutende ökologische, sondern auch wichtige wirtschaftliche und soziale Funktionen. Zu den ökologischen Auswirkungen des Klimawandels auf die Mangroven erschei-

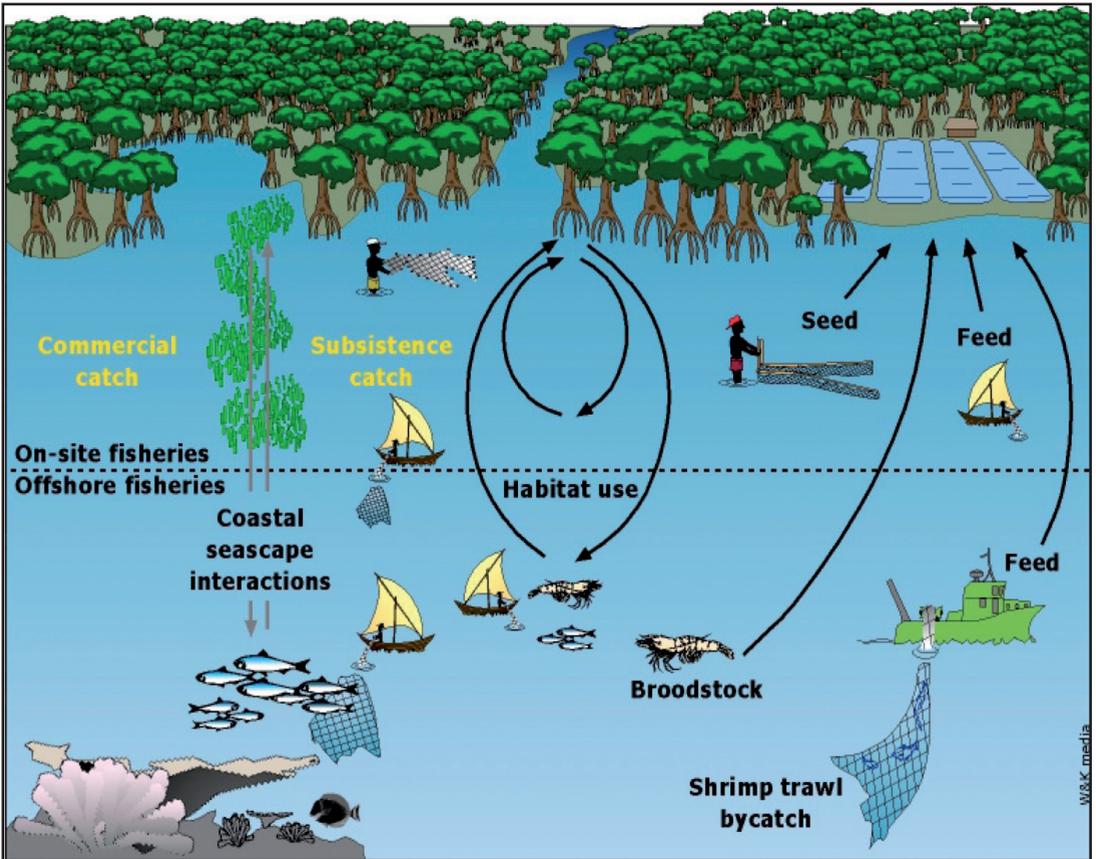


Abb. 3.15-3: Kommerzielle und Subsistenzfischerei die direkt oder indirekt durch ein intaktes Mangrovenökosystem ermöglicht wird. Schlüsselfunktionen beinhalten (1) die Rolle der Mangroven als Kinderstube für Fische und Krebstiere und als Nahrungsquelle; (2) die biophysikalischen Austauschprozesse mit den benachbarten Küstenregionen; (3) der Beitrag der Mangroven zur Bereitstellung von Saat, Juvenilen und Futter für die Aquakulturindustrie; (4) die Abhängigkeit der Aquakulturindustrie von der Mangrove bei der Bereitstellung von Saat, Juvenilen und Futter (RÖNNBÄCK 2001).

nen die unmittelbaren Auswirkungen des Meeresspiegelanstieges und die Zunahme von Wetterextremen am wahrscheinlichsten. Allerdings sind die Erkenntnisse über die möglichen Reaktionen von Mangroven auf verschiedene Umweltparameter und etwaige synergetische Effekte noch sehr begrenzt. Während der starken Meeresspiegelschwankungen im Quartär konnten die Mangrovenökosysteme fortbestehen, was ihre hohe Belastbarkeit gegenüber Umweltveränderungen in erdgeschichtlichen Zeitskalen unterstreicht. Seit einem Jahrhundert wurden diese Ökosysteme jedoch in immer stärkerem Maße durch die menschlichen Aktivitäten beeinflusst und verändert, sodass die natürliche hohe Adaptionsfähigkeit der Mangrovenwälder abgenommen hat. Auswirkungen des Klimawandels treffen heute also auf ein bereits in großen Teilen geschädigtes System.

Die aktuelle fast weltweite Degradierung und Zerstörung von Mangrovengebieten durch menschliche Aktivitäten wird mit einer zunehmenden Bedrohung der wirtschaftlichen und sozialen Funktionen der Mangroven einhergehen. Neben der Abnahme der Ressourcen aus den Mangroven gilt dies in besonderem Maße auch für den Schutz der Küste gegenüber Extremereignissen wie Sturmfluten, Tsunamis und Küstenerosion. Betroffen sind ferner die lokale Wasserqualität, die Biodiversität und die Verfügbarkeit der Mangrove als idealem Habitat und Kinderstube für zahlreiche Fischarten und als Lebensgrundlage für die ärmsten Bevölkerungsschichten.

Effektive Managementstrukturen, neue sozio-ökonomische Nutzungsmuster und Umwelterziehung sind vonnöten, um den aktuellen Trend des Mangrovenverlustes aufzuhalten und sicherzustellen, dass zukünftige Generationen auch bei einem Klimawandel die vielfältigen Güter und Dienstleistungen dieser so wertvollen natürlichen Ökosysteme nutzen können (DUKE et al. 2007). Gleichzeitig ist es nötig, alternative Erwerbsquellen zum Überleben für die Ärmsten der Küstenbevölkerung zu schaffen, da sonst der Teufelskreis von Ressourcenübernutzung und -abnahme nicht unterbrochen wird.

Bislang basieren viele Gesetze im Bereich Ressourcenmanagement auf generellen Verboten und sind ausschließlich auf Naturschutzziele angelegt. Eine Ressourcenpolitik, die an der sozialen und ökonomischen Wirklichkeit vorbeigeht, macht es den Nutzern der Mangroven jedoch oft unmöglich, Nutzungsregeln bzw. -verbote einzuhalten. Solche Fehlentwicklungen beginnen typischerweise bereits in zentralisierten Planungsprozessen, von denen Ökosystemnutzer ausgeschlossen bleiben. Eine solche ohne Nutzerkonsens konzipierte Ressourcenmanagementplanung ist früh

zum Scheitern verurteilt. Sie führt zu sozial polarisierenden Ergebnissen, die gängigen Gerechtigkeitsnormen widersprechen und zu »Grauzonen« illegaler Aktivitäten beitragen. Partizipative Planungsstrukturen können Ressourcenschutzgesetze weniger restriktiv und sozial polarisierend gestalten. Die Beteiligung einer größeren Anzahl betroffener Akteursgruppen bringt daher eine breitere Wissensbasis und mehr Effektivität für das Management dieser Ökosysteme. Dies ist gerade im Zeichen des globalen Klimawandels von hoher Priorität, um die natürliche hohe Adaptionsfähigkeit der Mangrovenwälder zu erhalten.

## Literatur

- DARWIN C. (1842): The structure and distribution of coral reefs. University of California Press (reprint). Tuscon. 432 pp.
- DUKE N.C., J.O. MEYNECKE, S. DITTMANN, A.M. ELLISON, K. ANGER, U. BERGER, S. CANNICCI, K. DIELE, K.C. EWEL, C.D. FIELD, N. KOEDAM, S.Y. LEE, C. MARCHAND, I. NORDHAUS & F. DAHDOUH-GUEBAS (2007): A World without mangroves? *Science* 317(6), 41-42.
- FAO 2007: The world's mangroves 1980-2005. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. FAO Forestry Paper 153. 77 pp.
- FARNSWORTH E. J., A. M. ELLISON & W.K. GONG (1996): Elevated CO<sub>2</sub> alters anatomy, physiology, growth and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Oecologia* 108(4), 599-609.
- GILMAN E. L., J. ELLISON, N.C. DUKE & C. FIELD (2008): Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquat. Bot.* 89, 237-250.
- GLASER M. (2003): Ecosystem, local economy and social sustainability: A case study of Caeté estuary, North Brazil. In: /Wetlands Ecology and Management/. Special Issue Amazonian Mangroves. Guest Editor R. Lara. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 11 (4): 265-272.
- HOUGHTON J., Y. DING, D. GRIGGS, M. NOGUER, P. VAN DER LINDEN, X. DAI, K. MASKELL & C. JOHNSON (Hrsg.) (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 881 pp.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., MARQUIS, M., AVERYT, K., TIGNOR, M. M. B. & H. L. MILLER (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- KRAUSE G. (2002): Coastal Morphology, Mangrove Ecosystem and Society in North Brazil - Elements determin-

- ing Options and Resilience. PhD-Thesis, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 40 pp.
- KOCH E.W., BARBIER, E.B., SILLIMAN, B.R., REED, D.J., PERILLO, G.M.E., HACKER, S.D., GRANEK, E.F., PRIMAVERA, J., MUTHINGA, N., POLASKY, S., HALPERN, B.S., KENNEDY, C.J., KAPPEL, C.V. & E. WOLANSKI (2009): Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Front Ecol Environ* 7(1):29-37.
- MEHLIG U. (2001): Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil. *ZMT Contributions* 14. Center for Tropical Marine Ecology (ZMT), Bremen. 155 pp.
- NORDHAUS I. (2008): Global climate and regional environmental change affecting coastal ecosystems: 2. Ecology and Resources of Mangrove Forests. In: R.K. DATTA (Hrsg.), *Coastal Ecosystems – Hazards, Management and Rehabilitation*. Centre for Science and Technology of the Non-Aligned and Other Developing Countries (NAM S&T Centre), Daya Publishing House, Delhi, 78-99.
- RÖNNBÄCK P. (2001): Mangroves and Seafood Production: the Ecological Economics of Sustainability. PhD-Thesis, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 33 pp.
- SANDNER LE GALL, V. (2007): Indigenes Management mariner Ressourcen in Zentralamerika: Der Wandel von Nutzungsmustern und Institutionen in den autonomen Regionen der Kuna (Panama) und Miskito (Nicaragua). *Kieler Geographische Schriften* 116, 390 pp.
- SPALDING M.D., F. BLASCO & C. D. FIELD (1997): *World Mangrove Atlas*. ISME, Okinawa, Japan. 187 pp.
- VALIELA I., J.L. BOWEN & J.K. YORK (2001): Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51, 807-815.

*Dr. Gesche Krause  
Leibniz-Zentrum für Marine  
Tropenökologie (ZMT) GmbH  
Fahrenheitstr. 6 - 28359 Bremen  
gesche.krause@zmt-bremen.de*