

4.9 Sind die Mangrovenwälder durch Klimawandel gefährdet?

ULRICH SAINT-PAUL

Sind die Mangrovenwälder durch Klimawandel gefährdet? Mangroven sind tropische Wälder der Gezeitenzone und Ästuare. Die dortigen Umweltbedingungen haben zu speziellen Anpassungen der Mangrovenbäume geführt. Im Vergleich zu tropischen Regenwäldern sind Mangroven artenarm, bieten aber einer Vielzahl von Tieren Lebensraum. Sie werden auch von der lokalen Bevölkerung als Quelle für Nahrung, Brennholz, Medizin etc. genutzt, und zahlreiche Meerestiere, die weltweit auf den Tellern landen, verbringen Teile ihrer Lebenszeit in Mangroven. Seit Jahrzehnten werden Mangrovenflächen mit einer Rate vernichtet, die weit über die der anderen tropischen Wälder liegt. Zusätzliche ist die Mangrove stark durch die Folgen des Klimawandels gefährdet. Die Küsten verlieren dadurch ihren Schutz vor Extremereignissen wie Tsunamis und Sturmfluten. Verstärkte Bemühungen um Wiederaufforstung könnten dem entgegenwirken.

Are mangroves threatened by climate change? Mangroves are tropical forests that grow in coastal tidal zones and estuaries. They are adapted to life in harsh coastal conditions. Compared to tropical rain forests, species diversity of mangroves is low. However, a multitude of animals depend on mangroves as a habitat. The locals use mangroves as a source for food, timber, firewood, and medicine. A significant number of animals spend part of their life cycle inside the mangroves before they get captured. For decades mangroves have been destroyed at a much higher rate than tropical rain forests. In addition, mangroves are endangered by global change. Mangroves can and have played important roles in absorbing and attenuating wave energy. This could be compensated for by rehabilitation measures.

Mangroven sind Wälder in der Gezeitenzone tropischer und subtropischer Küsten auf der Grenzlinie zwischen Land und Meer. Sie benötigen eine mittlere jährliche Wassertemperatur von über 20°C, deshalb fehlen Mangroven im Bereich kalter Meeresströmungen, wie etwa an der Südwestküste Afrikas und Südamerikas. Mangroven wurzeln in schlammigen, sauerstoffarmen Böden und sind dem Gezeitenwechsel mit hohen Salzgehaltsschwankungen und starken Winden ausgesetzt. Nur wenige andere Pflanzen haben sich im Laufe der Evolution dahingehend entwickelt, dass sie die Bedingungen des Brackwassers tolerieren. Sie können das Salz teilweise über ihre Blätter absondern

bzw. in Vakuolen unschädlich machen. Die Bäume vermehren sich durch Keimlinge (Propagule), die aus ihren Früchten entstehen und schwimmen können, bis sie selbst wurzeln (SAINT-PAUL & SCHNACK 2008).

Weltweit wird der Mangrovenbestand auf 140.000 km² geschätzt, nahezu die Hälfte (46%) befinden sich in Süd- und Südostasien (Abb. 4.9-1). Die Länder mit den größten Mangrovenbeständen sind Indonesien (20%), Brasilien und Australien (je 7%) sowie Mexiko und Nigeria (je 5%) (SPALDING et al. 2010, GIRI et al. 2011).

Mangroven sind außerordentlich nützlich, da sie in der Küstenregion viele wichtige Schutzfunktionen übernehmen. Einerseits stabilisieren sie die Küste,

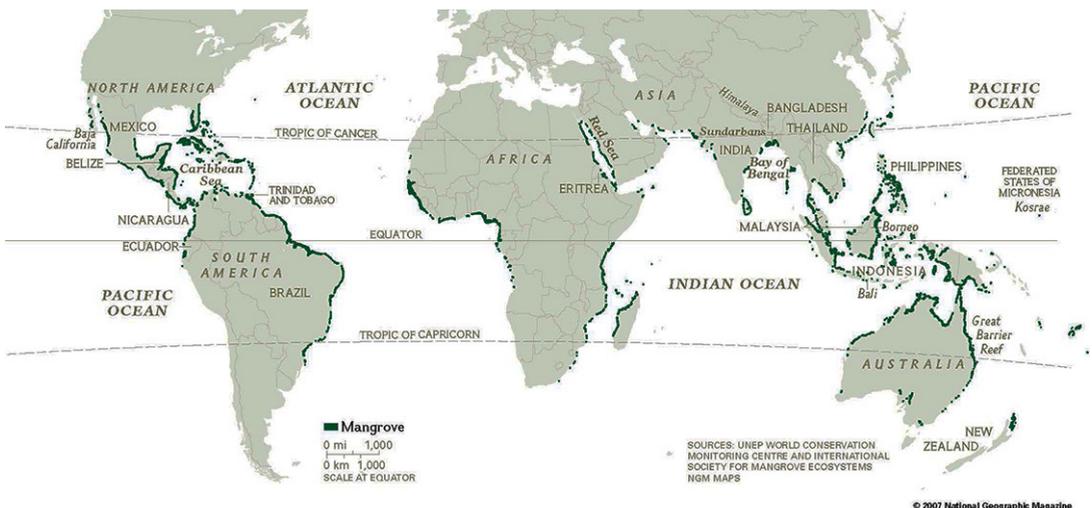


Abb. 4.9-1: Mangrovenwälder säumen tropische Küsten (grün gekennzeichnete Flächen) beidseits des Äquators im Bereich zwischen dem Wendekreis des Krebses und des Steinbocks (nach GIRI et al. 2011).

verhindern den Abtrag des Bodens (Erosion) und beugen Überschwemmungen vor. Zudem bremsen sie die Wucht der anrollenden Wellen und bewahren so das Hinterland vor größeren Schäden. Sie sind eine wichtige Ressource für die einheimische Bevölkerung, die Holz für den Hausbau und als Brennstoff, sowie Früchte und Heilpflanzen aus den Mangroven gewinnt. Traditionell leben die Bewohner der Küste von der Fischerei und sind deshalb auch indirekt von den Mangroven als Kinderstube für viele Fische, Weichtiere, Krebstiere und Insekten abhängig.

Mangroven und biologische Vielfalt

Die Entwicklung menschlicher Gesellschaften ging mit einer Zerstörung natürlicher Ökosysteme und schnellem Aussterben von Arten einher, dies hat auch vor den Mangroven nicht halt gemacht, deren biologische Vielfalt sich in einem schlechten Zustand befindet. Weltweit sind die Mangroven durch Abholzungen für die Anlage von Aquakulturanlagen für die Garnelenzucht, die Brennholzgewinnung, Schaffung von Bauland etc. gefährdet. Aber auch die Erdölförderung bedroht die Mangrovenwälder (Abb. 4.9-2). Für Bohranlagen, Camps, Brunnen und Straßen wird rücksichtslos gerodet. Fischbestände, wichtige Lebensgrundlage der lokalen Bevölkerung werden dezimiert. Laut FAO (2007) betrug der mittlere Mangrovenverlust zwischen 1980 und 2005 rund 20%, so dass in 26 von 120 Ländern die Mangrovenbestände als ernsthaft gefährdet gelten.

Rund 70 Bäume, Sträucher, Palmen und Farne aus 20 Familien bilden die eigentliche Mangrove. Die östliche Mangrove (Südostasien, Ostafrika) ist wesentlich artenreicher als die westliche (Westafrika, Amerika). In allen Regionen sind Arten der Gattungen *Rhizophora* und *Avicennia* vertreten aber auch die Gattungen *Bruquiera* und *Sonneratia* sind häufig. Generell ist aber ein Mangrovenwald ein relativ artenarmer Tropenwald, vergleicht man ihn z.B. mit dem Regenwald



Abb. 4.9-2: Austretendes Öl aus Pipelines verseucht die Umwelt und führt zum Absterben der Mangroven. Ein Beispiel aus Venezuela (Foto: S.-W.Breckle).

am Amazonas, wo pro Hektar über 500 Arten gezählt werden (Abb. 4.9-3). Dieser Unterschied lässt sich aber mit dem Zwang der Anpassung von Mangrovenpflanzen an die extremen physikalischen Bedingungen im Litoralbereich erklären. So sind die meisten Baumarten wie die *Rhizophora* durch Viviparie gekennzeichnet, d.h. die Samen keimen bereits am Baum aus und fallen als schwimmfähiger Keimling (Propagul) vom Mutterbaum ab. Aufgrund ihrer speerartigen Form bohren sich die Propagulen an Ort und Stelle in den weichen Schlamm, wo sie wurzeln und Blätter treiben, wenn sie nicht durch Wasserströmungen weggetragen werden. Der *Rhizophora*-Baum bildet bizarre Stelzwurzeln und verschafft sich damit im Schlick den erforderlichen Halt. Diese Wurzeln sind mit zahlreichen Luftporen und -kanälen bestückt, durch die der Sauerstoffmangel im Schlick ausgeglichen wird. Die bei einigen Mangrovenarten der Gattung *Avicennia* in großer Menge auftretenden Luftporen dienen mit ihrer dichten Behaarung als ausgezeichnete Sedimentfänger. So schützt ihr dichtes Wurzelgeflecht vor Erosion und fördert bei jeder Überschwemmung die Ablagerung von Sedimenten. Damit kommt Mangroven eine große Bedeutung beim Küstenschutz und als Landbildner zu. Zusammen mit den vorgelagerten Korallenriffen bilden Mangroven einen natürlichen Küstenschutz.

Zur Mangrovenfauna gehören mikro- und makroskopische Organismen aus terrestrischen und aquatischen Süß- und Salzwasser-Gebieten. Dabei führen Ebbe und Flut zu einer dynamischen Zusammensetzung der im Mangrovensystem vereinten Tierarten.

Beispiele für residente Wirbeltiere sind Eisvögel, Schlammspringer, Krokodile, Schlangen und Warane. Zu den terrestrischen Evertebraten gehören Spinnen, Ameisen, Termiten, Motten und Moskitos. Mollusken, Krebse und Polychaeten sind aquatische Evertebraten (HUTCHINGS & SAENGER 1987). Fische sind wichtige Lebensgrundlage der Menschen in der Mangrove. Sie können sich vorübergehend in der Mangrove aufhalten oder diese auch dauerhaft besiedeln (CHONG et al. 1990). So werden beispielsweise von Selangor, Malaysia 119 Arten, 83 Arten aus Kenia, 133 Arten aus Queensland /Australien, 59 Arten aus Puerto Rico und 128 aus den Philippinen aufgeführt. Viele wirtschaftlich interessante Fischarten wie beispielsweise der Milchfisch *Chanos chanos*, der heringsartige Schwarmfische *Hilsa* sp., die meerbrassenähnlichen Schweinsfische *Pomadasys* sp. oder die Meeräsche *Mugil* sp. nutzen die Mangrove, um dort heranzuwachsen. Das gute Nahrungsangebot im Flachwasserbereich und der Schutz durch das Wurzelwerk schaffen gute Voraussetzungen für das Ablachen und Heranzwachsen der Larven. Milchfische beispielsweise leben küstennah in Schwärmen. Ihr

Verbreitungsgebiet ist weitflächig entlang der Küsten des Roten Meeres, des Indischen Ozeans und des Pazifiks, oft auch im Brackwasser oder in Flussmündungen (Milchfische sind euryhalin, vertragen also sowohl Salz- als auch Süßwasser). Milchfische laichen in Ufernähe zur Zeit des Mondwechsels. Die bandförmigen Larven leben für zwei bis drei Wochen im Meer und wandern dann in die Mangrovenzone bzw. Flussmündungen. Zur Fortpflanzung schwimmen die adulten Milchfische ins Meer zurück. Der direkte Zusammenhang zwischen Fischreichtum und intakter Mangrovenküste liegt in deren Funktion als Kinderstube für viele Fischarten. So benötigen beispielsweise in Indien 90% und in Malaysia 65% der für den Fischfang wichtigen Arten die Mangrove als Aufwuchsgebiet der Jungtiere.

Mangrovenwälder werden auch als Muschelproduzenten intensiv genutzt, vor allem die Mangrovenauster (*Crassostrea rhizophora*) ist eine beliebte Speisemuschel. Sie wird direkt gesammelt aber auch aufgrund gestiegener Nachfrage vermehrt kultiviert.

Liebhaber von Meeresfrüchten wissen, dass Shrimps mit einer verwirrenden Vielfalt an Bezeichnungen im Handel angeboten werden. Bei Krabben, Gambas, Camarones oder Crevetten handelt es sich jedoch immer um Garnelen aus der Großgruppe der Krustentiere, deren Lebensraum entweder die kalten, tiefen Gewässer des nördlichen Atlantiks oder die warmen Meere der Tropen sind. Der Lebenszyklus tropischer penaeider Garnelen (*Penaeus* spp, *Litopenaeus* spp als kommerziell wichtigste Gattungen) beginnt im offenen Meer, wo das weibliche Tier rund 100.000 Eier ablegt. Innerhalb von 24 Stunden schlüpfen die Larven, die nach etwa zwei Wochen in die nährstoffreichere Küs-



Abb. 4.9-3: Mangrovenbäume zeichnen sich durch Stütz- und Luftwurzeln aus. Die Bäume der Gattung *Rhizophora* haben ein ganz besonders hochentwickeltes Wurzelsystem. Mit ihren Stelzwurzeln, die häufig bogenförmig verlaufen, sind sie hervorragend gerüstet, sich im instabilen Sediment fest in alle Richtungen zu verankern. Die aus dem Wasser ragenden Luftwurzeln gehören zu der Art *Avicennia*. Die Aufnahme stammt aus der Mangrove Nordbrasilens (Foto: U. Saint-Paul).

tennähe schwimmen und dort im Schutz der Mangrovenwälder vom Larven-Stadium zu ausgewachsenen Tieren heranwachsen (PRIMAVERA 1998). Diesen Zyklus haben Fischer schon seit langem genutzt, indem sie bei Flut angespülte Larven in Überschwemmungsbecken zurückhielten um sie dort zu mästen.

Die Garnelenfischerei ist in diesen Regionen wirtschaftlich von großer Bedeutung. Sie ist zwar durch die vermehrte Aquakulturproduktion in Bedrängnis geraten, erzielt aber immer noch hohe Gewinne. Für die Bevölkerung in tropischen Küstengebieten spielt die artesanele Fischerei auf Mangrovenfische eine wichtige Rolle. Sie führt allerdings nur dort zu guten Erträgen, wo der Lebensraum nicht durch menschliche Eingriffe gestört ist. In vielen Mangrovegebieten ist die Sammelfischerei auf Großkrebse lokal von erheblicher Bedeutung. Allein in der Sepetiba-Bucht in Südostbrasilien werden auf diese Weise jährlich circa 10 t Krebse gefangen. Der Lebenszyklus Penaeider Krebse ist eng mit der Mangrove gekoppelt.

Brachyure Krebse sind aufgrund ihrer morphologischen, physiologischen und ethologischen Anpassungen gut an die Lebensbedingungen der Mangrove angepaßt. Die Landkrabbe *Ucides cordatus* bewohnt Erdhöhlen in der Mangrove Brasiliens und ernährt sich von der herabfallenden Mangrovenblättern (DIELE et al. 2010). In der traditionellen Sammelfischerei Nordbrasilien durchwaten Krabbensammler den Schlick im Mangrovengestrüpp und ergreifen die Krabben blind in ihren tief sitzenden Höhlen. Die Tiere werden dann lebend gebündelt und auf den einheimischen Märkten verkauft. Um eine nachhaltige Nutzung dieser Ressource zu gewährleisten, werden lediglich männliche Tiere gefangen, die Weibchen werden trotz des mühsamen Fangens wieder ausgesetzt.

Die Sundarbans gehören zu den größten zusammenhängenden Mangrovegebieten der Erde. Sie umfassen ein Gebiet von etwa 10.000 km². Die Sundarbans bieten vielen Meeresbewohnern dank ihrem nährstoffreichen Wasser ideale Lebensbedingungen. Für zwei Drittel aller Meeresfische bilden Mangrovenwälder eine vor Feinden sichere Kinderstube. Davon profitieren auch selten gewordene Arten wie der Ganges- und der Irrawaddy-Delphin, der Indoasiatische Glatt-Tümmeler und der Indopazifische Buckeldelphin. Wenn bei Ebbe die Schlickufer frei liegen, wimmelt es neben Landeinsiedlerkrebse von bunt gefärbten Winkerkrabben, die sich bei herannahender Flut wieder zurückziehen. Einer WWF-Studie zufolge bietet das Delta rund 500 Insektenarten, 229 Krustentieren, 283 Knochenfischen, 177 Vogel- und drei Dutzend Säugetierarten ein ideales Rückzugsgebiet. Zudem leben in Teilen der Sundarbans, durch den die Grenze zwischen Bangladesch und

Indien verläuft, die letzten Königstiger, deren Zahl auf 250 Exemplare geschätzt wird (DANDA et al. 2011).

Mangrovengefährdung durch Klimawandel

Globale Erwärmung ist der beobachtete und prognostizierte Trend zu einer höheren globalen Durchschnittstemperatur mit Folgen wie schmelzende Gletscher, steigende Meeresspiegel, Verschiebung von Klimazonen, Vegetationszonen und Lebensräumen, verändertes Auftreten von Niederschlägen, stärkere oder häufigere Wetterextreme wie Überschwemmungen, Stürme und Dürren und vielem Anderen mehr. Da die durchschnittliche Wassertemperatur von 21 °C als auch die Höhe des Meeresspiegels Schlüsselfaktoren für die Mangrovenverbreitung sind, gehören die zu erwartenden Änderungen, neben den durch den Menschen unmittelbar verursachten Abholzungen, zu den größten Bedrohungen des aktuellen Mangrovenbestandes.

KRAUSE (2011) unterscheidet drei Reaktionsmöglichkeiten der Mangrove auf diese Veränderungen:

- 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 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. Das ist unlogisch: meereits erfolgt durch die Tidenspülung ein Ausgleich = bleibt also bei Meerwasserkonzentration, nur landseits erfolgt Erhöhung der Salinität und Salzanreicherung durch Verdunstung, so lange es nicht regnet.

Mangroven sind von einem Meeresspiegelanstieg besonders stark betroffen. Sie sind zwar keine passiven Elemente der Landschaft und können durch Sedimentation oder Pflanzenwachstum mit einem langsamen Anstieg des Meeresspiegels vertikal mitwachsen. Die intensive Nutzung der anschließenden Landzonen durch den Menschen, z.B. durch Landwirtschaft und Küstenschutzanlagen, wird die Migration der Mangroven aber in vielen Fällen verhindern. Die Folge des Mangrovenverlustes ist ein verminderter Schutz der Küsten gegen

Erosion und der Verlust an wertvollen Lebensräumen. Da die mit dem Klimawandel verbundene veränderten Umweltparameter sich regional sehr unterschiedlich auswirken, wird es sicherlich auch kein einheitliches Bild zu die Folgen für den aktuellen Mangrovenbestand geben (WARD et al. 2016). So gelten makrotidale Gebiete mit hoher Sedimentationsrate, hoher Produktivität wie beispielweise das Amazonas Ästuar oder das Parnaiba Delta als weniger gefährdet. Anders als Gebiete mit einem zu erwartenden starken Meeresspiegelanstieg wie in Indonesien, den Sundarbans oder das Mississippi Delta aber auch die zahlreiche Inseln des Pazifiks, die durch den Klimawandel stark gefährdet sind.

Jeder Hektar Mangrovenwald bindet so viel Kohlenstoff wie mehrere Hektar tropischer Regenwald. Zwar nehmen Mangroven weltweit nicht einmal ein Prozent der Fläche des tropischen Waldes ein. Diese Fläche wäre jedoch Forschern zufolge ausreichend, um etwa das 2,5-fache der heute jährlich ausgestoßenen fossilen CO₂-Emissionen zu binden, nämlich ca. 20 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (BOUILLON et al. 2008).

Mangroven sind äußerst produktive Ökosysteme. Das reichhaltige, von den Bäumen herabfallende organische Material wird von Bakterien und Pilzen zersetzt und steht als Detritus u.a. den heranwachsenden Fischen als Nahrung zur Verfügung. Aber nicht nur Fischen bietet die Mangrove Lebensraum, sondern es wimmelt dort von Land- und Seegetier. Unzählige Fische tummeln sich im Wasser im dichten Wurzelgeflecht und den Mangrovenkanälen. Im Schlamm leben Krabben und auf den Wurzeln siedeln u.a. Seepocken und Algen, im aufgehenden Wald leben Säugetiere und in den Baumkronen nisten Vögel, u.a. Wasservogel wie der Ibis und der Reiher.

Laut der Weltnaturschutzunion (IUCN) sind weltweit 6 Mangrovenarten aufgrund der Entwicklung der Küstengebiete und andere Faktoren, wie Klimawandel, Abholzung und Landwirtschaft stark gefährdet. Die FAO (2007) beziffert den Mangrovenverlust von 1980 bis 2005 auf 20%, weist jedoch auf starke regionale Unterschieden hin. So liegt beispielsweise die durchschnittliche Verlustrate in Indonesien für den gleichen Zeitraum mit 31% deutlich höher.

Dringend Schutz benötigen folgende zwei vom Aussterben bedrohte Mangrovenarten, *Sonneratia griffithii* und *Bruguiera hainesii*. Erstere kommt in Indien und Südostasien vor, wo 80% aller Mangrovegebiet in den letzten 60 Jahren verloren gegangen sind. *Bruguiera hainesii* ist eine noch seltenere Art, die nur in wenigen zersplitterten Standorten in Indonesien, Malaysia, Thailand, Myanmar, Singapur und Papua-Neuguinea vorkommt. Es wird geschätzt, dass weniger als 250 ausgewachsene Bäume dieser Spezies noch vorhanden sind.

Die weltweite Degradierung der Mangrove ist von erheblichen Folgen besonders für die lokale Bevölkerung, der durch den Verlust von Nutztierarten die Lebensgrundlage entzogen wird. Die zusätzliche Bedrohung: durch die Folgen des Klimawandels verlieren die tropischen Küsten ihren Schutz gegenüber Extremereignissen wie Sturmfluten, Tsunamis und Küstererosion.

In vielen tropischen Regionen wird bereits an der Wiederaufforstung von Mangroven (Abb. 4.9-4) gearbeitet – allerdings mit unterschiedlicher Intensität (DALE et al. 2014). Der Versuch, das Ökosystem Mangrove wieder herzustellen, erfolgt mit Diasporen, Keimlingen, Jungpflanzen und Stecklingen. Besonders wichtig für den Erfolg ist hierbei der Wasserstand, denn gerade in den höher gelegenen Gebieten trocknen die Böden aus und der Salzgehalt steigt stark an. Weitere wichtige, zu kontrollierende Parameter sind Licht und Bodentemperatur sowie der pH-Wert. In der Regel werden 10.000 Pflanzen pro Hektar gesetzt, so dass unter Berücksichtigung natürlicher Sterblichkeit nach 15 Jahren eine Baumdichte von 1000/ha erzielt wird. Die Bäume sind dann circa 5 m hoch. Erfolgreiche Wiederaufforstungsprojekte sind unter anderem aus Kolumbien, Brasilien, Malaysia und den Philippinen bekannt.

Ausblick

Der weltweit zu beobachtende Rückgang an Mangroven und die zunehmende Wahrnehmung ihrer Bedeutung für Fischerei, Küstenschutz und Weltklima haben auch die Bemühungen zur Wiederaufforstung degradiert Flächen verstärkt, in deren Planung und Durchführung die einheimische Bevölkerung einbezogen werden sollte, um die Nachhaltigkeit entsprechender Maßnahmen zu sichern. Wieweit eine Wiederaufforstung von Mischkulturen ökologisch sinnvoller wäre,



Abb. 4.9-4: In vielen Ländern der Welt werden erfolgreich Versuche unternommen, Mangroven wiederaufzuforsten. Hier ein Beispiel aus Gujarat, Indien (Foto: U. Saint-Paul).

müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. In jedem Fall gilt als sicher, dass die Wiederaufforstung degradiert Mangrovenwälder ergänzend zum Aufbau eines Frühwarnsystems dazu beitragen wird, die Folgen von Extremwetterereignissen wie Tsunamis und Sturmfluten abzuschwächen.

Literatur

- BOUILLON, S., A. V. BORGES, E. CASTAÑEDA-MOYA, K. DIELE et al. (2008): Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates, *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB2013.
- CHONG, V. C., A. SASEKUMAR, M. LEH & R. D'CRUZ (1990): The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mud flats and inshore waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 31, 703-722.
- DALE, P., J. M. KNIGHT & P. G. DWYER (2014): Mangrove rehabilitation: a review focusing on ecological and institutional issues. *Wetlands Ecology and Management* 22, 587-604.
- DANDA, A., G. SRISKANTHAN, A. GHOSH, J. BANDYOPADHYAY et al. (2011): Indian Sundarbans Delta: A vision. WWF - India, New Delhi. 1-41.
- DIELE, K., V. KOCH, F. ABRUNHOSA, J. DE FARIAS LIMA et al. (2010): The brachyuran crab community of the Caeté Estuary, North Brazil: species richness, zonation and abundance. In: SAINT-PAUL, U. & H. SCHNEIDER (Hrsg.) *Mangrove Dynamics and Management in North Brazil*, Springer. Ecological Studies, Berlin. 251-263.
- FAO (2003): Status and trends in mangrove area extent worldwide. By Wilkie, M. L. & S. Fortuna, *Forest Resources Assessment Working Paper No. 63*. Forest Resources Division. FAO, Rom.
- FAO (2007): The world's mangroves 1980-2005. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. FAO, Rom, 89 pp.
- GIRI, C., E. OCHIENG, L. L. TIESZEN, Z. ZHU et al. (2011): Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159.
- HUTCHINGS, P. & P. SAENGER (1987): *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press, Queensland, Australia. 388 pp.
- KRAUSE, G. (2011): Gefährdung der Mangrovenwälder durch Klimawandel. In: LOZÁN J. L., H. GRASSL, L. KARBE & K. REISE. *Warnsignal Klima: Die Meere – Änderungen & Risiken*. 195-202.
- PRIMAVERA, J. (1998): Mangroves as nurseries: shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46, 457-464.
- SAINT-PAUL, U. & C. SCHNACK (2008): Maßnahmen zum Schutz tropischer Küsten – Mangroven: Vergessene Wälder? *Biologie in unserer Zeit* 4, 238-244.
- SPALDING, M., M. KAINUMA & L. COLLINS (2010): *World atlas of mangroves*. Routledge. 336 pp.
- WARD, R. D., D. FRIESS, R. H. DAY & R. MACKENZIE (2016): Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosyst Health Sustain* 2, 1-25.

Kontakt:

Prof. Dr. Ulrich Saint-Paul
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT)
ulrich.saint-paul@leibniz-zmt.de

Saint-Paul, U. (2016): Sind die Mangrovenwälder durch Klimawandel gefährdet? In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 266-270. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.43.