



## Mumbai

# *Nature-based Solutions* (NBS) für urbane Resilienz

### Das Wichtigste in Kürze

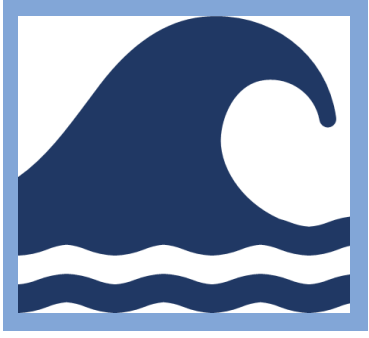
- Mumbai ist regelmäßig von zunehmenden Trockenperioden, Hitzewellen sowie Starkregenereignissen und Überschwemmungen bedroht. Aufgrund der exponierten Küstenlage kommen saisonale tropische Stürme und Sturmfluten hinzu.
- Das städtische Risikomanagement muss durch die Integration von naturbasierten Lösungen optimiert werden, um Mumbai resilienter zu machen.
- Bestehende Mangrovenwälder müssen geschützt und durch Aufforstungsprogramme erweitert werden, um die urbane Resilienz zu erhöhen.
- NBS sind als ganzheitliches Konzept zu verstehen, dessen bestmögliche Wirkung erst durch die Kombination einzelner Projekte erreicht wird.

#### Verfasser

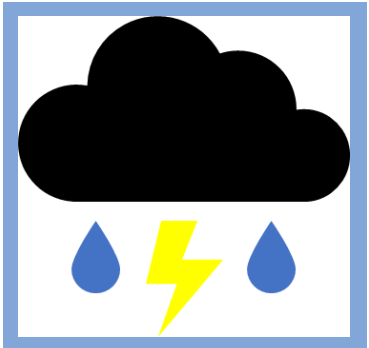
Raphael Arndt  
Tim Baldauf  
Sandra Brucker

Stefan Bruckner  
Stephan Dietrich  
Thomas Kuhn

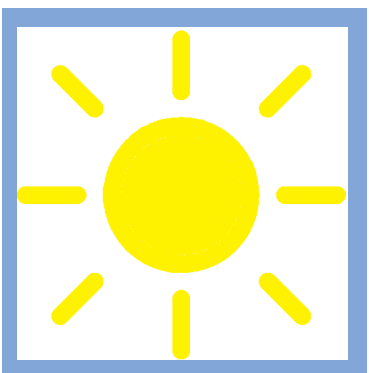
## Risikoprofil Mumbai



Die meisten Küstenstädte haben mit Sturmfluten zu kämpfen. Dabei ist eines der Hauptprobleme die Erosion, wodurch Küsten, die die Stadt vor dem Eindringen des Wassers schützen, abgetragen werden. 2020 traf der erste Zyklon seit 70 Jahren die Stadt Mumbai und ein Jahr später folgte der Zyklon Tauktae mit Windgeschwindigkeiten von über 180 km/h. Über 3 Meter hohe Wellen überfluteten die Stadt und führten zur Verunreinigung des Trinkwassers. Vor allem informelle Siedlungen waren betroffen, es fehlte ausreichende Infrastruktur um das Wasser abzuleiten. <sup>1</sup>



Mumbai ist jährlich in der Monsunzeit von Starkregenereignissen betroffen. So fallen im Monat Juni um die 800mm Niederschlag. An einzelnen Extremtagen kann dieser Wert deutlich übertroffen werden. Beispielsweise fielen am 26. Juli 2005 944mm Niederschlag in 24 Stunden, über 400 Menschen kamen dabei ums Leben. Zusätzlich werden durch Starkregenereignisse die Trinkwasserspeicher verunreinigt und Abfälle von den Deponien ins Meer gespült.



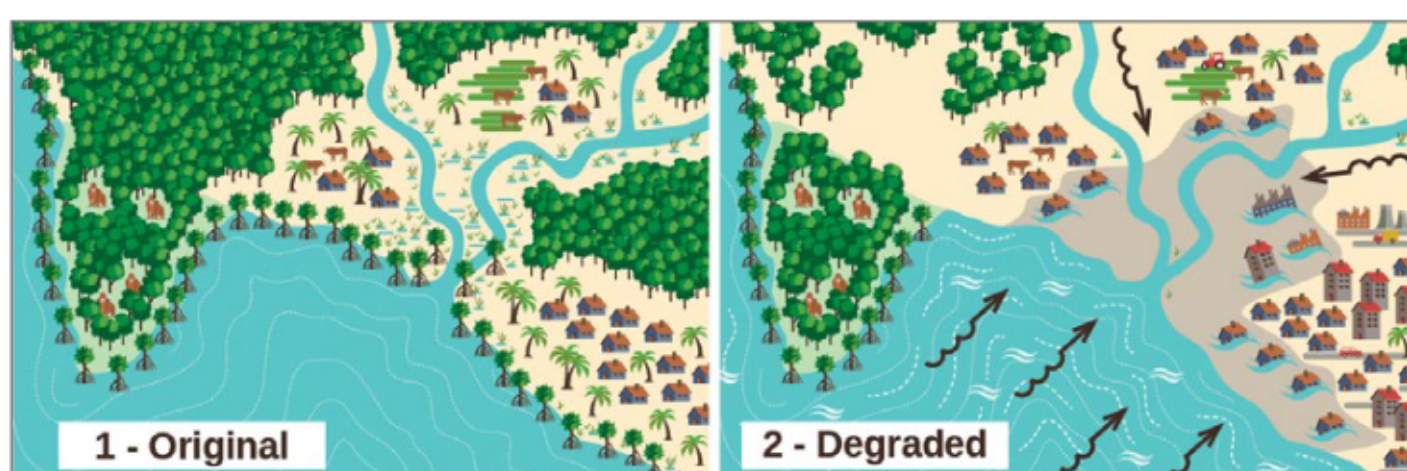
Hitzeperioden nehmen laut Dhorde et al. seit 50 Jahren kontinuierlich zu, ebenso wie die Durchschnittstemperatur im Bundesstaat Maharashtra, dessen Hauptstadt Mumbai ist. Neben den steigenden Temperaturen, durch die der Trinkwasserverbrauch stark gesteigert wird, sind vor allem Extrema eine Herausforderung. Gerade in Städten kommt es an heißen Tagen durch den Urban Heat Island Effekt zu Temperaturen, die um 2° bis 4° Celsius wärmer sind als außerhalb der Stadt. <sup>2 3</sup>

## Nature-based Solutions für urbane Resilienz

### Natur-based Solutions (NBS) haben das Potenzial, Mumbai resilienter gegenüber klimatisch bedingten Risiken zu machen.

Der Vorteil von *Nature-based Solutions* gegenüber grauen oder rein technischen Ansätzen ist, dass sie durch Ökosystemdienstleistungen (ÖDL) mehrfachen Nutzen für das menschliche Wohlbefinden und die Anpassung der Stadt an den Klimawandel schaffen können. Viele Städte sehen sich bereits mit den Auswirkungen des Klimawandels konfrontiert und sind von Extremwetterereignissen bedroht. Hinzu kommen, wie auch in Mumbai, städtische Bevölkerungsgruppen, die aufgrund ihrer sozioökonomischen Lage besonders von solchen Risiken betroffen sind. In diesem Zusammenhang kommt dem Konzept der urbanen Resilienz verstärkte Bedeutung zu. Ziel der Ansätze ist es, das Leben in der Stadt lebenswerter und sicherer für alle Bewohner:innen zu machen.

Untenstehende Abbildung zeigt die Schutzeffekte, die ein intaktes Mangrovenwaldökosystem für Küstenstädte haben kann. Durch den Schutz oder die Renaturierung von Mangroven kann somit ein effektiver Küstenschutz erzielt werden. Dieses Beispiel zeigt, wie NBS durch das Management von Ökosystemen einen Beitrag zu urbaner Resilienz leisten können. Sie können außerdem in Kombination mit klassischen Ansätzen des Küstenschutzes, wie Deichen und Hochwasserschutzwänden, angewandt werden.



Quelle: Cohem-Shacham et al. 2016: 8 <sup>4</sup>

(1) Tagesschau (2021). Zyklon "Tauktae" in Indien. Etwa 100 Menschen auf See vermisst. URL: <https://fsv.tf/tagesschau> (24.06.2021).

(2) Dhorde, A. G., et al. (2017). Spatial distribution of temperature trends and extremes over Maharashtra and Karnataka States of India. *Theoretical and Applied Climatology* 130 (1): 191-204.

(3) Maral, S. G. und Mukhopadhyay, T. (2015). Signal of urban island effect (UHI): A case study of Mumbai metropolitan region. *MAUSAM* 66 (4): 729-740.

(4) Cohem-Shacham, E., et al. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal Challenges*. IUCN. Gland, Schweiz.

## NBS-Ansätze

### Flussrenaturierung:

- Flussläufe in ihren natürlichen Zustand zurückversetzen
- Verringerung der Abflussgeschwindigkeit trägt zum Hochwasserschutz bei
- Steigerung der Biodiversität
- Sehr hoher Planungs- und Kostenaufwand <sup>5</sup>

### Grünflächen und Parks:

- Anlegen von Grünflächen in der Stadt
- Kühlungseffekt durch Evapotranspiration und Schattenwurf
- Steigerung der Biodiversität
- Geringe Kosten und mittlerer Planungsaufwand <sup>6</sup>

### Durchlässige Bodenbeläge:

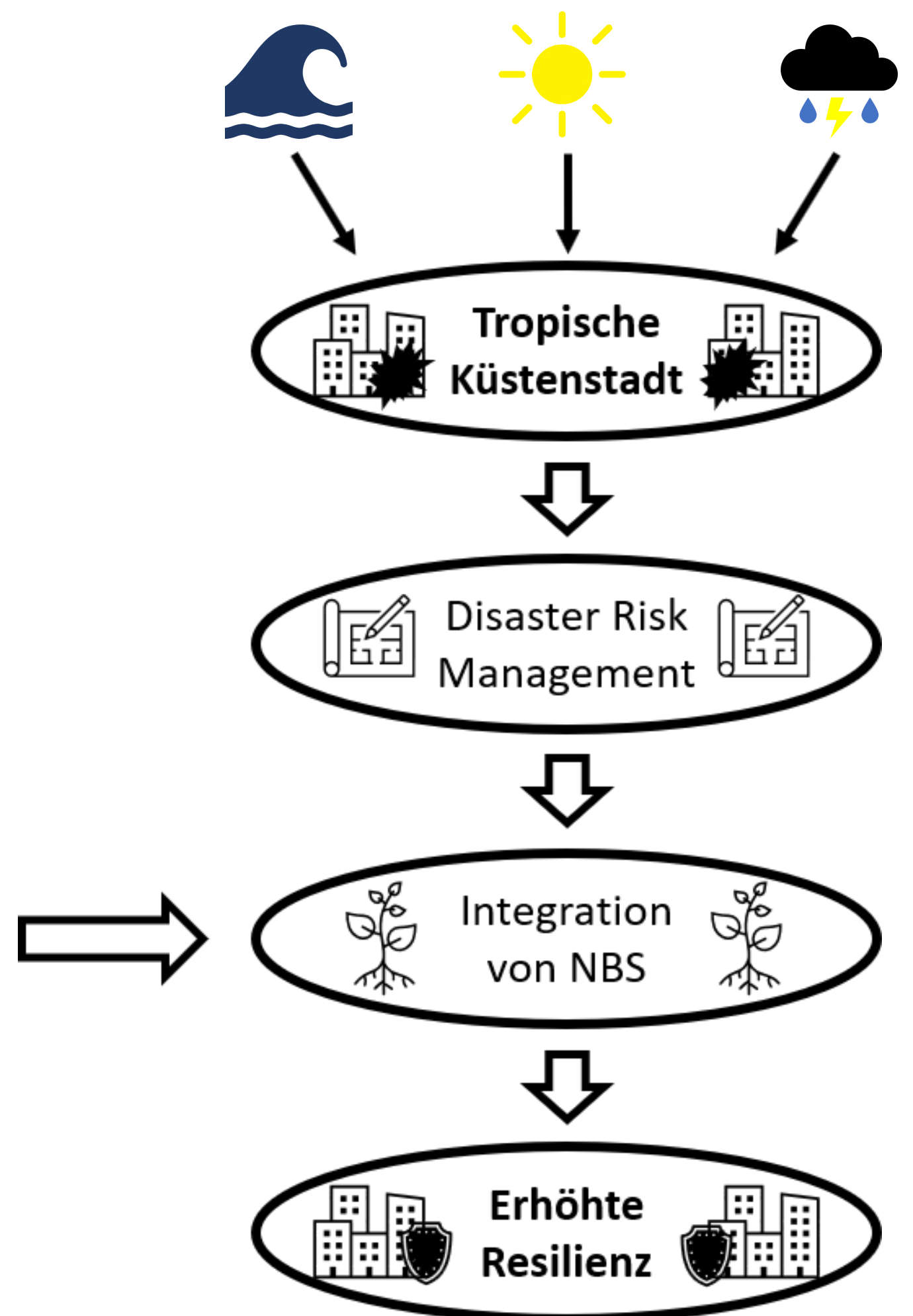
- Wasserdurchlässige Verkehrs- und Wegeinfrastrukturen, die Versickerung von Oberflächenwasser ermöglichen
- Sehr effizientes Abflussmanagement für dicht bebauten, stark versiegelten Stadtraum
- Kein zusätzlicher Flächenverbrauch durch leichte Integration
- Mittlerer Kosten- und Planungsaufwand <sup>7</sup>

### Dachbegrünung:

- Vegetation der bepflanzten Dächer nutzen, um Regenwasser zu speichern und Abfluss der Niederschläge zu vermindern
- Hohes Potenzial durch die Nutzung vorhandener Flächen und Optimierung der bestehenden grauen Infrastruktur
- Hoher Kühlungseffekt
- Kostenrahmen je nach Art und Größe hoch <sup>8</sup>

### Mangrovenwaldmanagement:

- Mangrovenwälder durch aktives Management für den Küstenschutz nutzen
- Gut mit anderen Maßnahmen kombinierbar
- Wachstum: 15 Jahre für 5m Höhe (erste Schutzeffekte treten vorher ein)
- Kostengünstig in Anschaffung und Unterhalt
- Verringerung der Kosten bestehender Schutzsysteme <sup>9 10</sup>



### **Nature-based Solutions müssen als ganzheitliches Konzept verstanden und umgesetzt werden.**

Zur Steigerung urbaner Resilienz durch NBS müssen verschiedene NBS-Projekte in einem ganzheitlichen Entwicklungskonzept zusammengefasst werden. Zudem sollen NBS nicht als Konkurrenz zu bestehender Infrastruktur (graue, blaue, grüne) verstanden werden, sondern als Unterstützung.

NBS-Projekte können neben ihren anwendungsbezogenen Wirkungen zahlreiche positive Synergieeffekte haben, die sich in Kombination mit weiteren NBS-Projekten verstärken.

Beispielsweise leisten Dachbegrünungen einen bedeutenden Beitrag zur Verlangsamung starkregenbedingter Abflussregime. Erst durch den Einsatz zusätzlicher Maßnahmen wie durchlässiger Bodenbeläge lässt sich ein breitenwirksamer Schutz für die jeweilige Stadt generieren.

(5) Umweltbundesamt (2019). Renaturierung von Fließgewässern. URL: <https://fsv.tf/mweltbundesamt> (24.06.2021).

(6) Hwang, Y., et al. (2015). Micro-scale thermal performance of tropical urban parks in Singapore. URL: <https://fsv.tf/gruenflaechen> (24.06.2021).

(7) Santhanam, H. und Majumda, R. (2020). Permeable Pavements as Sustainable Nature-Based Solutions for the Management of Urban Lake Ecosystems. In: Gupta, A.K. et al. (Hrsg.):

Nature-based Solutions for Resilient Ecosystems and Societies. Singapur: 329-346.

(8) Stovin, V. (2010). The potential of green roofs to manage Urban Stormwater. In: Water and Environment Journal 24 (2010): 192-199.

(9) Saint-Paul, U. und Zimmer, M. (2017). Mangroven - Wälder zwischen Land und Meer. In: Hempel, G. et al. (Hrsg.) (2017). Faszination Meeresforschung. Berlin: 291-302.

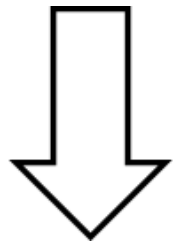
# Sofortmaßnahmen: Mangrovenwälder für urbane Resilienz in Mumbai

Zur Steigerung der urbanen Resilienz Mumbais raten wir der Stadtverwaltung zu folgenden Sofortmaßnahmen:



## 1. Mangrovenwälder schützen!

Bestehende Mangrovenwälder schützen, um damit die Verfügbarkeit spezifischer Ökosystemdienstleistungen sicherzustellen



## 2. Mangrovenwälder aufforsten!

Beginn eines Wiederaufforstungs- und Monitoringprogramms um bestehende Mangrovenwälder zu erweitern



© Sarangib (Canva)

## ① Mangrovenwälder schützen!

**Die bestehenden Mangrovenwälder müssen vor weiterer Zerstörung bewahrt werden.**

Damit die spezifischen Ökosystemdienstleistungen, die ein Mangrovenwald potenziell zur Verfügung stellt, ausreichend und nachhaltig wahrgenommen werden können, ist es notwendig, bereits bestehende Mangrovenwälder unter einen aktiven Schutz zu stellen. Mangrovenwälder stabilisieren Küsten, indem sie Erosion entgegenwirken und Sedimentationsprozesse fördern. Zusätzlich binden sie 3-5 mal mehr CO<sub>2</sub> als terrestrische Tropenwälder<sup>11</sup>. Durch einen aktiven Schutz kann außerdem die Freisetzung des im Boden gespeicherten CO<sub>2</sub> verhindert werden.

## ② Mangrovenwälder aufforsten!

**Durch ein Aufforstungsprogramm werden die bestehenden Mangrovenwälder erweitert.**

Von den ursprünglichen Mangrovenwäldern Mumbais sind bereits über 40% zerstört worden. Diese Schäden müssen durch ein Aufforstungsprogramm weitestgehend revidiert werden, um die Küstenschutzfunktion der Mangrovenwälder wahrnehmen zu können. Ein Aufforstungsprogramm ist im Vergleich zu NBS mit ähnlichen ÖDL besonders günstig (Kosten für Restauration: **Mangroven: ø 0,1 US\$/m<sup>2</sup>**; Spektrum: 0,05 - 6,43 US\$/m<sup>2</sup>; vgl. **Korallenriffe: ø 115,62 US\$/m<sup>2</sup>**; Spektrum: 2,00 - 7490,00 US\$/m<sup>2</sup>)<sup>10</sup>. Zudem werden die Kosten für Küstenschutzmaßnahmen grauer Infrastruktur durch die Integration von NBS (z.B. Mangroven) in das Küstenschutzmanagement um bis zu 40% <sup>12</sup> günstiger.

## Warum Mangroven?

Durch ein aktives Management und Aufforstungsprogramm der Mangrovenwälder Mumbais kann die Stadt von folgenden spezifischen ÖDL dieser Ökosysteme profitieren:

- **Küstenschutz:** Mangrovenwälder sind ein effektiver Schutz gegen Sturmfluten und Küstenerosion und tragen zur Reduzierung der durchschnittlichen Wellenhöhe bei (ca. 50% Wellenhöhe/400m Mangrovenwald)<sup>13</sup>.
- **Meeresspiegelanstieg:** Mangrovenwaldböden sind aktiv wachsend und können sich an einen steigenden Meeresspiegel anpassen (1-10mm/Jahr, je nach Standort)<sup>14</sup>. Zudem bilden sie eine effektive Kohlenstoffsenke und binden große Mengen CO<sub>2</sub>.

- **Unterstützung:** Bestehende Schutzsysteme werden günstiger und weniger schadensanfällig.
- **Biodiversität:** Mangrovenwälder tragen zur Steigerung der Biodiversität bei und erhöhen das ökotouristische Nutzungspotenzial.
- **Wasserqualität:** Mangrovenwälder und mit ihnen verbundene Bakterien, Algen etc. können überschüssige Nähr- und Giftstoffe im Wasser zersetzen und beispielsweise im Boden speichern. Die allgemeine Wasserqualität im Umkreis der Mangrovenwälder steigt an. <sup>12 13 14</sup>

(10) Narayan S, et al. (2016). The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences. PLoS ONE 11 (5).

(11) WWF (2019). Mangroven, Alleskönner in Gefahr. URL: <https://lmy.de/7CVNP> (01.07.2021)

(12) Spalding, M., et al. (2014). Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers. Wetlands International und The Nature Conservancy. o.O.

(13) Mak, M., et al. (2019). Setting the foundations for zero net loss of the mangroves that underpin human wellbeing in the North Brazil Shelf LME: Nature Based Solutions. Report by Conservation International and Silvestrum Climate Associates.

(14) McIvor, A.L., et al. (2013). The response of mangrove soil surface elevation to sea level rise. Natural Coastal Protection Series: Report 3. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 42. The Nature Conservancy and Wetlands International.