

GEOPOLITISCHE INFORMATION 1/2022

Sand – ein unterschätzter Rohstoff?



BUNDESWEHR

VORWORT

Das Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr (ZGeoBw) gehört dem Organisationsbereich Cyber- und Informationsraum an und zählt zu den Ressortforschungseinrichtungen des Bundes. Es deckt den Bedarf der Streitkräfte an weltweiten, flächendeckenden und qualitätsgesicherten Geoinformationen sowie an umfassender geofachlicher Beratung für die Planung und Durchführung militärischer Operationen. Die angewandte Ressortforschung des Zentrums orientiert sich konsequent am Bedarf der Nutzenden und ihrer Systeme. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist die nachhaltige Verbesserung der GeoInfo-Unterstützung im gesamten Aufgabenspektrum der Bundeswehr. Hierzu zählen neben Auftragsarbeiten auch eigene Untersuchungen und Studien.

Der Geoinformationsdienst der Bundeswehr (GeoInfoDBw) beschäftigt sich u. a. mit der Bedeutung von Geofaktoren für die Krisen- und Konfliktentstehung. Dieser Ansatz unterscheidet sich somit von rein sozialwissenschaftlichen oder akteursdominierten Perspektiven und fokussiert thematisch die Geofaktoren in der Konfliktforschung. Naturräumliche Rahmenbedingungen reichen aber als alleinige erklärende Faktoren nicht aus. Bei der Analyse, Beurteilung und Prognose von Krisen und Konflikten müssen alle beteiligten und auslösenden Faktoren sowie ihre Interaktionen umfassend berücksichtigt werden (u. a. soziale, wirtschaftliche, politische, kulturelle, historische Faktoren). Hierzu sind eine multifaktorielle Analyse sowie ein interdisziplinärer Ansatz unerlässlich. Geofaktoren werden hierbei in ihrer jeweils fall-spezifisch variierenden Gewichtung betrachtet, um adäquate Vermeidungs- oder Unterstützungsstrategien aus diesem Kontext anbieten zu können. Die Geopolitischen Informationen werden durch fachwissenschaftliches Personal des GeoInfoDBw erstellt. Erkenntnisse ziviler wissenschaftlicher Einrichtungen und Veröffentlichungen sowie frei verfügbare Datenquellen werden bezüglich ihrer Bedeutung für geopolitische/-strategische Fragestellungen ausgewertet, um im Rahmen der GeoInfo-Unterstützung den Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung zu beraten.

Die Studienarbeiten zur Geopolitik geben keine offiziellen Positionen des Bundesministeriums der Verteidigung wieder, sondern liegen in der Verantwortung der Verfassenden.



Peter Webert, Brigadegeneral
Kommandeur ZGeoBw und Leiter GeoInfoDBw

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Fotoverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung	8
2 Sand – Definition des Rohstoffs	9
2.1 Bildungs- und Ablagerungsprozesse.....	10
2.2 Sandgewinnung.....	10
3 Lagerstätten: Verfügbarkeit von Bausand in Deutschland	12
3.1 Sandlagerstätten in Europa.....	12
3.2 Weltweite Sandlagerstätten.....	13
4 Sandhandel	14
4.1 Bauindustrie – Wichtigster Verbraucher von Sand und Zement.....	14
4.2 Preisentwicklung.....	16
4.3 Importe und Exporte von Sand.....	17
5 Folgen und Auswirkungen des Sandabbaus	19
5.1 Ökologische Auswirkungen.....	19
5.2 Wirtschaftliche Auswirkungen.....	20
5.3 Politische Auswirkungen.....	20
6 Sand – Mögliches Konfliktpotenzial (Beispiele)	22
6.1 Indien.....	23
6.2 Marokko.....	23
6.3 Sri Lanka.....	24
6.4 Singapur.....	24
6.5 Dubai.....	26
7 Verknappung der Ressource Sand (Handlungsoptionen)	27
8 Konfliktpotenzial von Sand – Fazit	28
Literaturverzeichnis	32

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Korngrößen verschiedener Bodenarten. (Quelle: Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021).....	9
Abb. 2: Einteilung der Sandvorkommen und Gewinnungsverfahren. (Quelle: Wang, B. (2021): Sand Wars – China and developing countries need tens of billions tons of sand for urbanization and economic growth. https://www.nextbigfuture.com/2016/10/sand-wars-china-and-developing.html [Stand: 21.2.2022])	11
Abb. 3: Bausand und Kiesvorkommen in Deutschland. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Elsner 208, S. 6)	12
Abb. 4: Prozentualer Sandanteil des Oberbodens Europas. (Quelle: ZGeoBw, Datengrundlage: FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations: Harmonized World Soil Database v 1.2, http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/ [Stand: 7.12.2021] CC BY-NC- SA 3.0 IGO).....	13
Abb. 5: Prozentualer Sandanteil des Oberbodens weltweit. (Quelle: ZGeoBw, Datengrundlage: FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations: Harmonized World Soil Database v 1.2, http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/ [Stand 7.12.2021] CC BY-NC- SA 3.0 IGO).....	14
Abb. 6: Zementproduktion weltweit und in China seit 2000. (Quelle: USGS, U.S. Geological Survey (2019): Minerals Yearbook 2001-2019. https://www.usgs.gov/centers/nmic/cement-statistics-and-information [Stand: 25.5.2022] Public Domain).....	15
Abb. 7: Importeure von Sand (2019). (Quelle: OEC 2022; The Growth Lab at Harvard University (2022). The Atlas of Economic Complexity. http://www.atlas.cid.harvard.edu.)	18
Abb. 8: Exporteure von Sand (2019). (Quelle: OEC 2022; The Growth Lab at Harvard University (2022). The Atlas of Economic Complexity. http://www.atlas.cid.harvard.edu.)	17
Abb. 9: Weltweiter illegaler Sandabbau. (Quelle: Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021)	21
Abb. 10: Einteilung der Meereszonen. (nach SRÜ bzw. UNCLOS) (Quelle: Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021).....	22
Abb. 11: Konzept der Konfliktintensität nach HIIK. (Quelle: HIIK, Heidelberg Institute for International Conflict Research (2017): Conflict Barometer 2016 – disputes non-violent crises violent crises limited wars. Heidelberg, S. 6. https://hiik.de/konfliktbarometer/bisherige-ausgaben/ [Stand: 25.5.2022] All rights reserved).....	22
Abb. 12: Landfläche Singapurs 1973 bzw. 2018 und neue Seegrenze, ausgehend von der Basislinie der Insel Pulau Nipa. (Quelle: UNEP 2019, S. 8. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28163/SandSust.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Stand: 25.5.2022] gemeinfrei)	24
Abb. 13: Sandimport Singapurs sowie Sandexporte Malaysias und Indonesiens nach Singapur (2000-2018). (Quelle: UN, United Nations [2021]: UN Comtrade Database. https://comtrade.un.org/data [Stand: 14.12.2021], Suchbegriff „250510 – Sands“, gemeinfrei)	24
Abb. 14: Krisenpotenzialmatrix. (Quelle: Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021)	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Zementproduktion und geschätzter Sandverbrauch ausgewählter Staaten im Jahr 2021. (Quelle: Statista 2022; eigene Berechnung basierend auf Angaben des USGS 2019).....	15
Tab. 2: Anstieg der Erzeugerpreisindizes für Bausand 2020 und 2021. (Quelle: Statistisches Bundesamt 2021)	16

FOTOVERZEICHNIS

Wüste Namib. (Quelle: Robur.q. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Namib_desert_5.JPG [Stand: 14.12.2021], CC BY-SA 4.0)	Titelfoto
Bauarbeiter bei der Betonherstellung. (Quelle: Dominic Chavez/World Bank. https://www.flickr.com/photos/worldbank/18634854662/in/album-72157629130794931/ [Stand: 7.12.2021] CC BY-NC-ND 2.0)	8
Gegenüberstellung von Wüstensand (li.) und Meeressand (re.). (Quelle: Wilson 44691. https://en.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:CoralPinkSandDunesSand.JPG [Stand: 7.12.2021] Public Domain), (Quelle: Mark A. Wilson. https://en.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:PismoBeachSand.JPG [Stand: 7.12.2021] Public Domain)	10
Singapur mit Sandaufschüttungen. Panorama von Sentosa Island. (Quelle: Marco Verch. https://www.flickr.com/photos/30478819@N08/35374864544/in/album-72157686595211676/ [Stand: 7.12.2021] CC BY 2.0)	24
Errichtung von Brückenpfeilern aus Beton am Panamakanal. (Quelle: Gerardo Pesantez/World Bank. https://www.flickr.com/photos/worldbank/8262750458/in/photostream/ [Stand: 7.12.2021] CC BY-NC-ND 2.0).....	30

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AWZ:	Ausschließliche Wirtschaftszone
BGR:	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
EE:	Erneuerbare Energie(n)
EPDP:	Eelam People's Democratic Party
HIK:	Heidelberger Institut für Internationale Konfliktforschung
OEC:	Observatory of Economic Complexity
UNEP:	United Nations Environment Programme
SRÜ:	Seerechtsübereinkommen
UNCLOS:	United Nations Convention on the Law of the Seas
USA:	United States of America (dt.: Vereinigte Staaten von Amerika)
USGS:	U. S. Geological Survey
VAE:	Vereinigte Arabische Emirate
VN:	Vereinte Nationen (engl. Abk.: UN für United Nations)

1 EINLEITUNG

Sand ist nicht selten. Der Sand der Wüsten, Strände und des Meeresbodens bedeckt einen Großteil der Erdoberfläche. Umso mehr wundert es, dass in den letzten Jahren immer öfter Artikel zum Thema Sandmangel oder -verknappung in großen Tageszeitungen (Hahn 2018), aber auch von den Vereinten Nationen (VN), publiziert wurden (vgl. UNEP 2019). In allen Quellen wird ausdrücklich davor gewarnt, dass der Welt der Sand ausgeht. Bei Internetrecherchen zu diesem Thema erhält man mehr als 500.000 Einträge, allein in der Suchmaschine Google. Warum aber ist die Ressource Sand so sehr in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt?

Dafür muss zunächst geklärt werden, wofür Sand verwendet wird, wo Sand in der Natur vorkommt bzw. wie er entsteht.

In vielen Alltagsgegenständen ist Sand enthalten, zum Beispiel in Zahnpasta, Glas, Porzellan, Kosmetika, Farben und Lacken, Gummi und Arzneimitteln. Auch die Papier- und Kunststoffindustrie benötigt Sand. Der größte Verbraucher von Sand, bezogen auf die Gesamtmenge, ist jedoch die Bauindustrie. Gründe dafür sind eine wachsende Weltbevölkerung, die weltweit zunehmende Urbanisierung und, damit verbunden, ein Bau-boom bei Wohnhäusern und Infrastruktur.

Länder in Wüstenregionen können ihren Wüstensand meist nicht als Bausand verwenden, da dieser aufgrund seiner zugerundeten Körner im Betongemisch nicht abbindet. Beton erreicht so nicht die benötigte Festigkeit. Die Vereinigten Arabischen Emirate und Bahrain gehören daher zu den Ländern, die erhebliche Mengen an Sand importieren müssen. Die durch Erdöl reich gewordenen Wüstenstaaten finanzieren

viele ambitionierte Baumaßnahmen, seien es Landaufschüttungen im Meer – wie zum Beispiel Palm Jumeirah mit einem Sandbedarf von 150 Mio. t (ERTINGER 2013) – oder prestigeträchtige Großbauten wie das derzeit höchste Gebäude der Welt, den Burj Khalifa, in welchem 400.000 t Sand verbaut sind (LÜBBERT 2019). Exportländer von Sand sind zum Beispiel die Vereinigten Staaten von Amerika und Deutschland. Rund um den begehrten Rohstoff Sand entwickeln sich zunehmend Abhängigkeiten. Länder mit starkem Bevölkerungswachstum sind beim Ausbau ihrer Infrastruktur besonders auf eine ausreichende Verfügbarkeit von Bausand angewiesen. Ohne genügend Bausand entstehen keine Neubaugebiete und es werden keine Häuser in Betonbauweise gebaut. Allein für ein durchschnittliches Einfamilienhaus werden in Deutschland 200 t Sand benötigt, für ein Krankenhaus 3.000 t und für einen Kilometer Autobahn 30.000 t Sand (BR 2017a). Der weltweite Gesamtverbrauch von Sand und Kies wird von den Vereinten Nationen auf ca. 40 Mrd. t pro Jahr geschätzt (UNEP 2019). Davon werden etwa 10 Mrd. t u. a. zur Herstellung von Glas und Mikrochips, für Reinigungsmittel oder Frackingspülgemische benötigt, der Rest aber zum Mischen von Beton (SIELER 2018).

Ob der aktuelle Sandverbrauch in einigen Ländern oder Regionen Krisen oder gar Konflikte auslösen kann – Sand somit ein unterschätzter Rohstoff ist – bzw. ob es Alternativen zur Sandverwendung als Bausand gibt, soll diese Studie beleuchten.

Bauarbeiter bei der Zementherstellung.



2 SAND – DEFINITION DES ROHSTOFFS

Der Begriff „Sand“ wird allgemein als einheitliche Bezeichnung für ein häufig vorkommendes Lockersediment verwendet. Die Basismaterialien zur Entstehung von Sand bilden meist andere Sedimente sowie vulkanische, intrusive oder metamorphe Gesteine, die verwittert sind und durch Erosionsprozesse zerkleinert wurden. Sogenannte siliziklastische Sedimente bestehen überwiegend aus Bruchstücken silikatischer Gesteine in Form von einzelnen Mineralkörnern oder Gesteinsfragmenten. Durch Diagenese verfestigtes Lockersediment wird, entsprechend der vorherrschenden Korngröße, z. B. bei Sand, als Sandstein bezeichnet. Man unterscheidet, je nach verwendetem Klassifikationssystem und bei steigender Korngröße, die Fraktionen Ton, Silt (Schluff), Sand, Kies und Geröll sowie Steine und Blöcke (BAHLBURG & BREITKREUZ 2017, S. 180).

Aus bodenkundlicher Sicht bezeichnet die Bodenart Sand eine bestimmte Klassifizierung der Gesteinskörnung von nicht verfestigten Sedimenten (BÖRNER ET AL. 2012). Lockersedimente, die natürlich entstanden sind, durch fluviale, glaziale, marine oder äolische Prozesse zerkleinert wurden und einen Korngrößendurchmesser zwischen 0,063 und 2 mm aufweisen, werden dabei in Deutschland als Sand definiert. Unter 0,063 mm Korngrößendurchmesser spricht man von Schluff/Silt, über 2 mm von Kies (vgl. [Abb. 1](#)). Die Sandkörner haben i. d. R. verschiedene Formen, die durch Verwitterung oder Verlagerung entstanden sind. Die Körner der größeren Fraktionen sind, je nach Intensität der Verwitterung oder Verlagerung, zum Beispiel durch Wasser bzw. Wind, kantig bis abgerundet. Die Körner der feineren Fraktionen sind blättchenförmig (SCHACHTSCHABEL ET AL. 1992, S. 21).

Für die Herstellung von Beton oder Zementmörtel als Bindemittel für Baumaterial müssen die Sandkörner spezielle Eigenschaften haben. Durch die mechanische Aufbereitung von Sandstein, Quarziten oder Kalkstein kann die gewünschte Beschaffenheit künstlich hergestellt werden (BRUNOTTE ET AL. 2002; Neukirchen 2014). Die Unterscheidungsmerkmale des heterogenen Rohstoffes Sand basieren primär auf der Genese des verwitterten, zerkleinerten Ausgangsgesteins und der

daraus resultierenden mineralogischen Zusammensetzung. Dabei tritt als Hauptbestandteil im Sediment oder Sandstein vor allem Quarz auf. Deshalb ist Quarzsand eine häufig auftretende Sandvariante, die für viele industrielle Zwecke Verwendung findet, zum Beispiel in der Glasindustrie und in der chemischen Industrie (BGR 2016; Neukirchen 2014). Vertreten sind in Sandsedimenten aber auch Kalkstein, Feldspat, Glimmer und viele weitere mineralische Bestandteile (BÖRNER ET AL. 2012).

SAND: KLASTISCHES LOCKERSEDIMENT

Anhäufung kleiner, loser Mineralkörner von 2 bis 0,0063 mm Durchmesser.

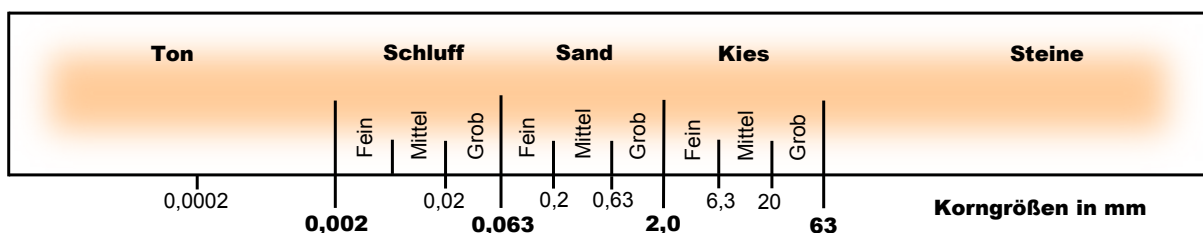
Man unterscheidet:

- **Grobsand** 2 bis 0,63 mm,
- **Mittelsand** 0,63 bis 0,2 mm,
- **Feinsand** 0,2 bis 0,063 mm Durchmesser.

Bei näherer Charakterisierung der Sande ist zu berücksichtigen: Petrographie (Quarzsand, Glaukonitsand usw.), Genese (äolischer Sand, mariner Sand, fluvialer Sand, glazifluvialer Sand usw.) und Verwendungszweck (Glassand, Formsand, Bausand usw.). Durch Bindemittel verfestigte Sande bilden Sandsteine.

(Quelle: F. A. Brockhaus Verlag (1970): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. 4. Aufl., Band 2. Leipzig. S. 816.)

Bei Sand als Baustoff wird zwischen kompositioneller und struktureller Reife unterschieden. Die kompositionelle Reife beschreibt das Verhältnis mechanisch oder chemisch stabiler Minerale, wie Quarz, zu instabilen Mineralien, wie z. B. Feldspat. Demgegenüber ist die strukturelle Reife ein Maß für die Sortierung und Rundung der Körner. Durch die häufige Umlagerung beim Transport werden Sedimentkörner zugerundet und – entsprechend der von der Strömungsgeschwindigkeit in Bächen und Flüssen abhängigen Transportkraft – nach Korngröße und Dichte sortiert abgelagert (BAHLBURG & BREITKREUZ 2017). Dies bedeutet, dass Sand nicht gleich Sand ist und räumlich in unterschiedlichen Qualitäten



△ **Abb. 1:** Korngrößen verschiedener Bodenarten. (Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021)

und Korngrößen zu finden ist. Bis aus Blöcken, Steinen und Geröll feiner Sand wird, vergehen Jahrtausende. Auf den ersten Blick scheinen die weltweiten Sandresourcen wegen der ausgedehnten Wüstengebiete auf der Erde nahezu unerschöpflich. Sandablagerungen einheitlicher Korngröße und mit geeigneter Zurundung für das Baugewerbe oder die Industrie (z. B. Flugsande) sind jedoch nicht überall zu finden und werden als strukturell reif (engl.: *mature*) bezeichnet: „*Eolian sands tend to be texturally and mineralogically mature*“ (PETTIJOHN ET AL. 1987, S. 411).

Der hohe Pro-Kopf-Bedarf an Sand und Kies begründet eine enorme Nachfrage nach strukturell reifen Ablagerungen. 245 t Sand und Kies verbraucht ein Mensch der Industriegesellschaft durchschnittlich bei einer angenommenen Lebensdauer von 80 Jahren (BAHLBURG & BREITKREUZ 2017). Diese Menge kommt durch allgemeine Bautätigkeiten, aber auch wegen der Produktion vieler Verbrauchsgüter zustande. Jährlich werden weltweit 32 bis 50 Mrd. t Sand für die Errichtung von Gebäuden sowie zur Fertigung von Elektronik, Gläsern und Flaschen verarbeitet. Die aktuelle Sandgewinnung übersteigt die natürliche Akkumulationsrate von Sand (KAMMESHEIDT 2020). Da sich Verbrauchsgüter mit Sandanteil im Gegensatz zu Bausand kosteneffizient wiederverwerten lassen, aber 95 % des geförderten Sandes in Deutschland in der Bauindustrie verwendet werden (BGR 2010), kommt der Verfügbarkeit von genügend Bausand eine herausragende Bedeutung zu.



Gegenüberstellung von Wüstensand (li.) und Meeressand (re.).

Im Rahmen dieser Studie wird unter dem Begriff Sand daher in erster Linie über Bausand informiert, der in einigen Ländern, aufgrund hoher Nachfrage und schwindender Verfügbarkeit, bereits für politische Spannungen sorgt. Bausand muss, je nach seinem Verwendungszweck, bestimmte Anforderungen erfüllen. Diese beziehen sich vor allem auf die Korngrößenverteilung und die Körnung des Baustoffes. So müssen die Körner von Bausand scharfe Kanten besitzen, da er sonst keine ausreichende Bindefähigkeit im Zement entwickelt. Solche Kriterien verdeutlichen, warum der global zwar scheinbar massenhaft verfügbare, aber durch äolische Deflation rundgeschliffene Wüstensand für eine Verwendung am Bau allgemein ungeeignet ist (PEDUZZI 2014; WELLAND 2014).

2.1 Bildungs- und Ablagerungsprozesse

Sand entsteht terrestrisch durch mechanische und chemische Zerkleinerung von Gesteinsmaterial aller Art. In den Gebirgen durch Erosion und Verwitterung zerkleinert, wird der Gesteinsschutt durch Flüsse und Bäche fluvial weiter in Seen und Meere transportiert. Dabei kommt es beim Transport durch verschiedene Erosionsprozesse zur weiteren Zerkleinerung des Ausgangsmaterials, das am Ende, je nach Korngrößendurchmesser, u. a. auch als Sand bezeichnet wird. Abschließend erfolgt die Ablagerung/Sedimentation des zerkleinerten Gesteinsmaterials als Lockersediment, z. B. Sand (BÖRNER ET AL. 2012; BRUNOTTE ET AL. 2002).

In marinen Lagerstätten, d. h. am Strand, im Küsten- und Schelfbereich, wird Gesteinsschutt durch die Brandung und Strömungen des Meeres transportiert. Dabei

wirken marine Erosionsprozesse, die zur mechanischen Zerkleinerung von Gesteinsmaterial beitragen und dieses u. a. in Form von Sandstränden an der Küste ablagern. Wurden Gesteinsmassen durch Gletscher transportiert, dabei erodiert und schließlich abgelagert, ist von glazialen Ablagerungen die Rede. Wird Lockersediment hingegen durch die Wirkung des Windes erodiert bzw. transportiert und zum Beispiel in Form von Dünen abgelagert, so spricht man von äolischen Sandlagerstätten (BÖRNER ET AL. 2012).

Eine Klassifizierung der natürlichen Sandvorkommen nach Bildungs- und Ablagerungsprozessen sowie künstlichen Gewinnungsverfahren, bietet die Grundlage der Darstellung verschiedener Möglichkeiten zur Sandgewinnung (s. **Abb. 2**)

2.2 Sandgewinnung

Sand und Kies sind die Rohstoffe, die weltweit am meisten gefördert werden, mehr noch als fossile Brennstoffe (TORRES ET AL. 2017). Die Sandgewinnung erfolgt in der Regel aus natürlichen Lagerstätten. Dabei finden sich v. a. in Flüssen, Seen, Flussdeltas, Sandern und Sedimentbecken Vorkommen des Rohstoffes an

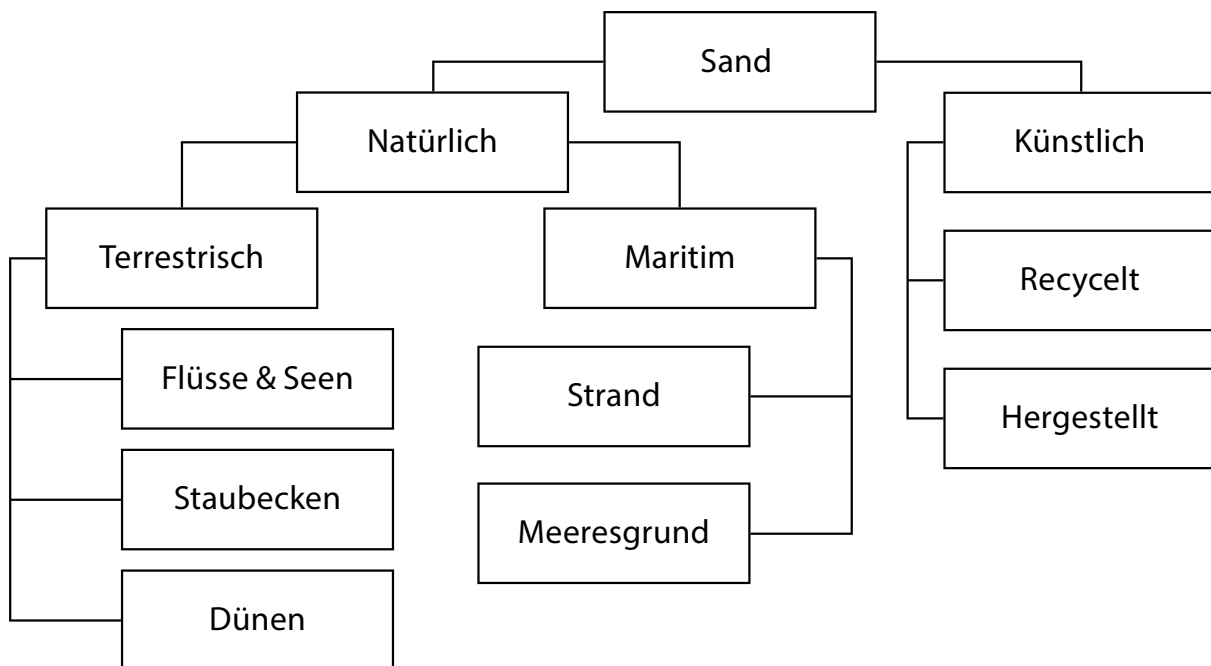
Land. Dünen oder Wüstenvorkommen sind in dieser Studie jedoch, wegen der Fokussierung der Studie auf Bausand, nicht von Interesse. Küstennahe und marine Sandvorkommen sind an Stränden, in Schelfbereichen bzw. auf dem Meeresboden vorzufinden.

Neben der Gewinnung aus natürlichen Lagerstätten besteht die Möglichkeit, Sand durch Recycling zurückzugewinnen oder, beispielsweise durch die mechanische Zerkleinerung von Festgestein, auf künstlichem/industriellem Wege zu produzieren (s. **Abb. 2**).

Die Entnahme von Sand aus aktiven Quellen wie Flüssen, ist problematischer als bei passiven Quellen, wie Sand- und Kiesgruben (KAMMESHEIDT 2020). Bevor moderne Saugbagger zur Verfügung standen, fand die Gewinnung von Sand meistens in terrestrischen Ablagerungen, wie Sandgruben und Flussufern, statt. Wegen der starken Ausbeutung dieser vorwiegend glazialen und fluviatilen Lagerstätten über Jahrhunderte hinweg wurden diese herkömmlichen kontinentalen Sandreserven jedoch stark reduziert. Deshalb fokussiert sich heute der Abbau von Sand vermehrt auf marine Lagerstätten. An Küsten und Stränden sowie am Meeresboden wird oft geeigneter Bausand vorgefunden und mittlerweile mit Fördermaschinen in großen Mengen gefördert (PEDUZZI 2014). Insbesondere Meeressand eignet sich, aufgrund seiner eckig geformten Körner, für die Betonherstellung.

Zum Abbau der Offshore-Lagerstätten werden heute leistungsstarke Saugbagger eingesetzt (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2021). Deren lange Saugarme werden auf den Grund des Meeres herabgelassen und fördern von dort Sandsediment an Bord von Spezialschiffen (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2021). Zwar ist diese moderne Methode der Sandgewinnung mittlerweile weit verbreitet, wird aber wegen der hohen Investitionen zur Beschaffung der speziellen Fördergeräte, fast ausschließlich von Firmen aus finanzstarken Industrieländern angewendet (GAVRILETEA 2017).

Eine billigere, häufig in ärmeren Ländern praktizierte Vorgehensweise ist der direkte Abbau an Stränden (ERTINGER 2013), der oft eine beschleunigte Küstenerosion zur Folge hat. Auch der Abbau von marinen Sandlagerstätten durch Saugbagger hat unmittelbar negative Auswirkungen auf das empfindliche Ökosystem am Meeresboden, die in dieser Studie ebenfalls thematisiert werden (Kap. 5.1).



△ **Abb. 2:** Sandvorkommen. (Eigene Darstellung. Euskirchen, ZGeoBw 2020)

3 LAGERSTÄTTEN: VERFÜGBARKEIT VON BAUSAND IN DEUTSCHLAND

Geeigneter Bausand ist über ganz Deutschland flächenhaft verteilt (ELSNER 2018). Regionale Ausnahmen stellen die deutschen Mittelgebirge und die Alpen dar, wo überwiegend Festgesteine vorkommen. In Nord- und Mitteldeutschland sowie im Alpenvorland sind großflächig glaziale Sandlagerstätten verbreitet. Darüber hinaus haben sich im erdgeschichtlichen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten Terrassenablagerungen und fluviale Sandlagerstätten entlang der großen deutschen Flüsse gebildet (BÖRNER ET AL. 2012; SGD 2008). Deshalb treten in Deutschland, besonders im Alpenvorland, im Oberrheingraben, entlang des Niederrheins, in der Westfälischen Bucht sowie in weiten Teilen des Norddeutschen Tieflandes größere Sandvorkommen auf. Diese Gebiete sind in der **Abbildung 3** dunkelgrau dargestellt.

Ein Teil dieser deutschen Sandlagerstätten ist aber nicht erschlossen, da die zugehörigen Flächen durch konkurrierende Nutzungen (Wasserschutz, Naturschutz, Landschaftsschutz) oder andere Schutzgebiete bzw. durch Wohn- und Gewerbegebiete, Straßen und Eisenbahnlinien beansprucht werden (ELSNER 2018). Trotzdem ist Deutschland von Importen von Baurohstoffen, wie Sand und Kies, bisher weitgehend unabhängig und verfügt hier noch über weitreichende Vorräte (ELSNER 2016). Knapp ist qualitativ hochwertiger und reiner Quarzsand, der nur in wenigen abbauwürdigen Lagerstätten im Bayerischen Wald, genauer im Quarzgang *Baye-rischer Pfahl*, und im Hochtaunus, hier insb. im Usinger Quarzgang, gewonnen wird (ELSNER 2016, S. 20). Dieser Sand wird dann z. B. in der Spezialglasindustrie verwendet. Andere Quarzsande geringerer Qualität

werden hingegen an vielen Standorten, mit Schwerpunkt entlang des Rheins und der Elbe, abgebaut. Die Quarzsande werden nach dem Abbau in Mahlwerken für den gewünschten Zweck zerkleinert und finden in der Baustoff-, Glas-, Keramik- und Chemieindustrie Verwendung (ELSNER 2016).



△ **Abb. 3:** Bausand und Kiesvorkommen in Deutschland. (Quelle: Elsner 2018, 6; verändert)

3.1 Sandlagerstätten in Europa

Auf europäischer Ebene sind die größten Sandvorkommen, wenn man den Sandanteil im Oberboden betrachtet, in folgenden Ländern, Regionen oder Gebirgen zu finden (s. **Abb. 4**):

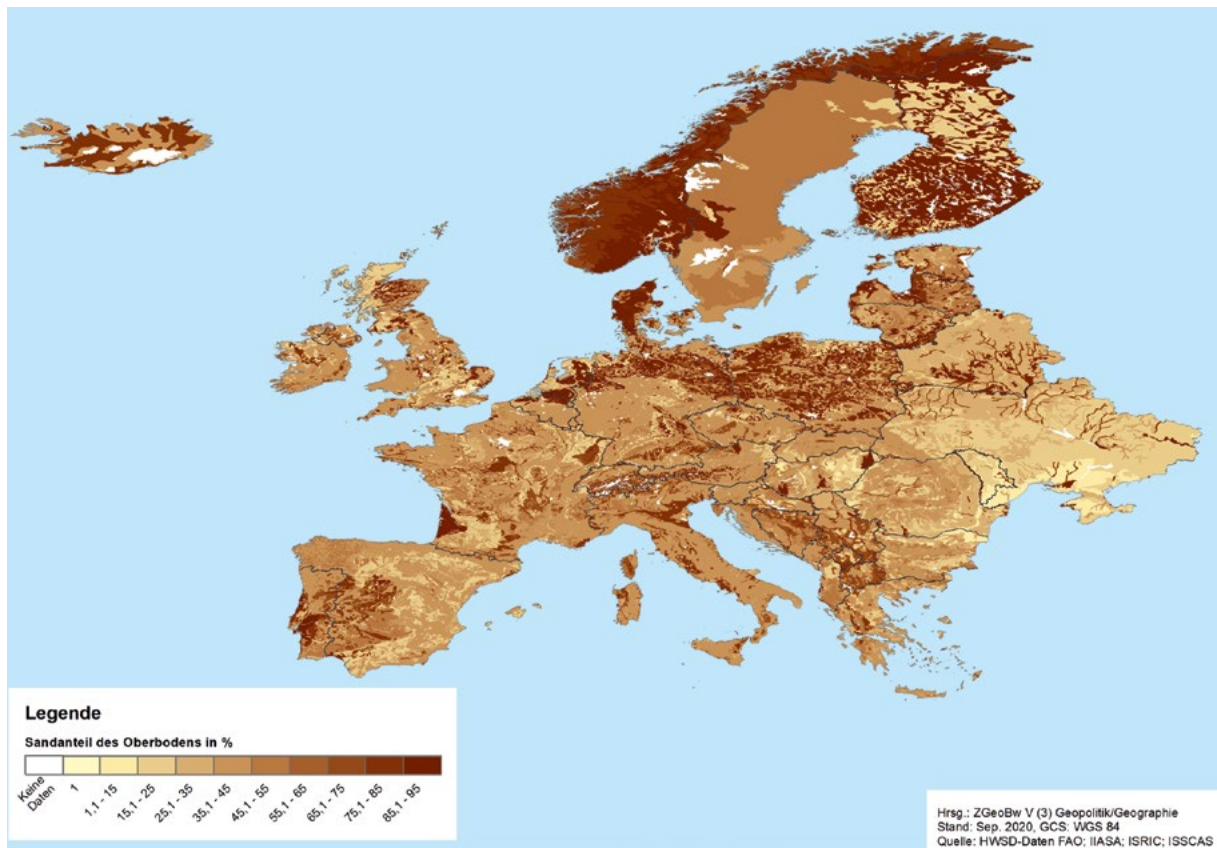
- Skandinavien, v. a. im Skandinavischen Gebirge, in Finnland und Dänemark
- Baltischer Landrücken, besonders in Litauen
- Osten der Niederlande und Belgiens
- Norddeutsches Tiefland und weite Teile Polens
- Alpen und Frankreich, v. a. im Zentralmassiv und an der südwestlichen Küste der Biskaya
- Südwesten Spaniens sowie weite Teile Portugals
- Westen der Balkanhalbinsel, v. a. im Dinarischen Gebirge.

Darüber hinaus sind auch hohe Sandgehalte in den Oberböden der Mittelgebirgsböden Deutschlands, im

Vereinigten Königreich und in Irland sowie in West- und Süditalien vorhanden.

Wegen des hohen Sandanteils im dortigen Oberboden kann man prinzipiell auch auf ergiebige Sandlagerstätten in den o. g. Räumen schließen. Aus der **Abbildung 4** können jedoch keine Aussagen über die Art und Qualität der Sande sowie über seine Eignung für wirtschaftliche Zwecke getroffen werden.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auf dem europäischen Kontinent ausreichend Sandreserven zur Verfügung stehen, die in den meisten Ländern Europas durch strikte Abbauregulierungen vor wildem Abbau geschützt werden. Dementsprechend ist die zukünftige Versorgung mit Sand in Europa wie auch in Deutschland gesichert (HANDELSBLATT 2017).



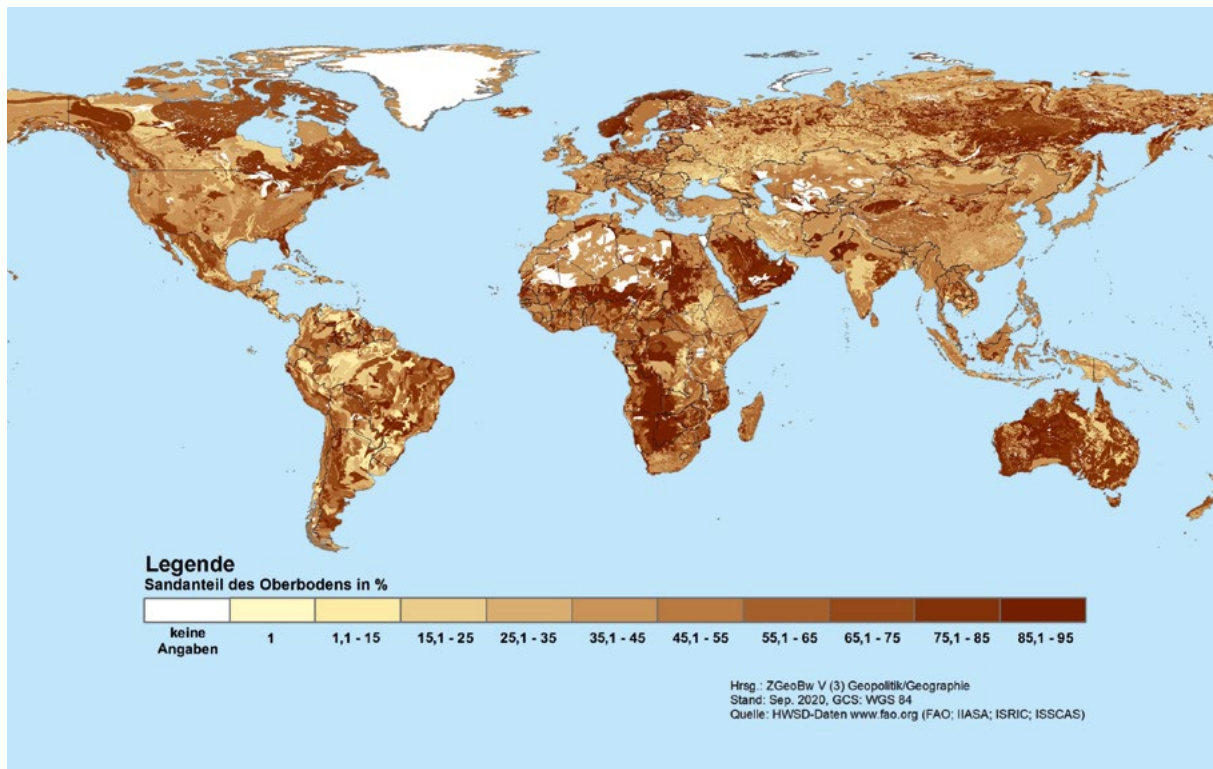
△ **Abb. 4:** Prozentualer Sandanteil des Oberbodens Europas. (Quelle: ZGeoBw)

3.2 Weltweite Sandlagerstätten

Abbildung 5 zeigt, ergänzend zu **Abbildung 4**, weltweit die Sandgehalte im Oberboden. Je dunkler die Farbgebung in der Abbildung ist, desto höher ist der Sandanteil im Oberboden. Die Sandvorkommen treten auch in Afrika, Australien, Nordamerika und Saudi-Arabien auf. Die hier dargestellten Vorkommen erfassen aber nicht nur (Bau-)Sand, sondern auch Wüstensand und andere Bodenarten mit Sandbeimengungen, wie z. B. Lehm, die für die Bauindustrie nicht geeignet sind.

Eine genaue Lagebestimmung und Verifizierung der Qualität der globalen Sandlager kann so nicht erfolgen. Da Sand – je nach Verwendungszweck – spezielle Eigenschaften vorweisen muss, wäre daher auch eine

globale, flächendeckende Information über Qualität und Art der Sande notwendig. Die für die kartographische Darstellung genutzten Daten der *Harmonized World Soil Database* bieten nur für 60 % der Landgebiete weltweit zuverlässige Daten zu den Oberböden. Damit liefert diese Datenbank jedoch immer noch mehr Informationen als vergleichbare Datenbanken (FAO 2021a, b). Der irrtümlicherweise als ubiquitär und unerschöpflich betrachtete Rohstoff Sand kann dabei als Beispiel dafür dienen, dass auch große Reserven eines Rohstoffes im Laufe der Zeit knapp und teuer werden können. Dies belegt die Notwendigkeit einer weltweiten Erforschung zu wenig beachteter Rohstoffe.



△ **Abb. 5:** Prozentualer Sandanteil des Oberbodens weltweit. (Quelle: ZGeoBw; Datengrundlage: Fischer et al. 2008)

4 SANDHANDEL

Daten zum Handel mit dem stark nachgefragten Rohstoff Sand, speziell zu Bausand, sind äußerst schwierig zu finden. Die Datenbank der Vereinten Nationen (VN) zum Import und Export weist Bausand nicht aus (vgl. UN Data 2022). Es gibt auch kein globales Monitoring für Bausand. So geben zum Beispiel die Daten des *Observatory of Economic Complexity* (OEC) für das Jahr 2019 Sand zwar als exakt definiertes Produkt für zum Beispiel die Produktion von Beton oder Asphalt an, es fehlt aber eine Angabe, wie viel von dem Sand für Bautätigkeiten verwendet wird. Es soll hier jedoch angenommen werden, dass ein Großteil des weltweit abgebauten Sandes schließlich in der Bauindustrie verwendet wird, wie zahlreiche Autoren unterstreichen (BROWN & PEDUZZI 2014, 2019; Wald 2022). Die folgenden statistischen Informationen dienen daher der Orientierung über den zwischenstaatlichen Sandhandel. Sie sind unter Berücksichtigung der beschriebenen Datenlage mit Vorsicht

zu verwenden.

Aufgrund der wenigen verfügbaren Zahlenangaben ist es üblich, den Sandverbrauch eines Landes auf Grundlage seiner jährlichen Zementproduktion zu schätzen (USGS 2019; PEDUZZI 2014). Hierbei ist dann allerdings zu beachten, dass solche Schätzungen andere Verwendungszwecke für Sand, z. B. als Schüttmaterial für künstliche Inseln oder als Spülmittel für das Fracking von Öl und Gas, nicht berücksichtigen. Zudem variiert die Menge an Sand, die für die Herstellung einer bestimmten Art und Menge Beton genutzt wird, von Land zu Land. Deshalb wurde als Quelle der Import- und Exportwerte für Sand einheitlich die Datenbank des OEC genutzt, welche die Kategorie „natürlicher Sand aller Art“ (Sands of all kinds: natural, whether or not coloured, other than metal-bearing sand) beinhaltet (Commodity Code 2505 Harmonized System 1992, OEC 2022), um über vergleichbare Zahlen zu verfügen.

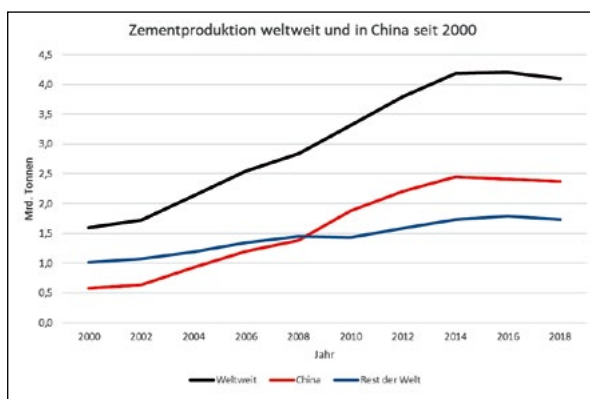
4.1 Bauindustrie – Wichtigster Verbraucher von Sand und Zement

Weltweit ist die Bauindustrie der größte Verbraucher von Bausand. In Deutschland werden 95 % des abgebauten Sandes im Bauwesen verwendet. Die jeweilige Ver-

brauchsmenge wird dabei, wie bereits erwähnt, aus der Zementproduktion hergeleitet und geschätzt. Dazu wird die jährlich produzierte Zementmenge eines Landes als

Indikator für dessen Sandverbrauch herangezogen. Die statistischen Angaben der weltweiten Zementproduktion sind – als Berechnungsgrundlage – gut dokumentiert. Mit Hilfe dieser Grundlage lassen sich Aussagen darüber treffen, welche Länder weltweit den meisten Bausand benötigen, verarbeiten und damit auch verbrauchen. Es kann aber auch nicht immer eindeutig abgeleitet werden, ob der verwendete Sand im Land selbst gefördert oder importiert wurde.

Die Rangliste der weltweit größten Zementproduzenten wird von China, mit geschätzten 2,3 Mrd. t Zementproduktion im Jahr 2017 (UNEP 2019), weit vor allen anderen Ländern angeführt.



△ Abb. 6: Zementproduktion weltweit und in China seit 2000. (Quelle: UNEP 2019, S. 4)

Laut *United Nations Environment Programme* (UNEP) (2019) und dem *United States Geological Survey* (USGS) (2019) belief sich 2018 der globale Wert der Zementproduktion auf ca. 4,1 Mrd. t (s. Abb. 6). Die zur Betonerzeugung benötigte Menge Sand wird auf bis zu 41 Mrd. t kalkuliert und stellt somit den geschätzten globalen Sandverbrauch für 2021 dar (s. Tab. 1).

Für die Herstellung von Beton werden zwischen sechs bis sieben (nach PEDUZZI 2014) bzw. zehn Einheiten Sand sowie eine Einheit Zement benötigt (gemäß USGS 2019). Zur eigenen Berechnung wird die Angabe des USGS genutzt, wenn nicht landesinterne Werte, wie für Deutschland oder die Vereinigten Staaten vorliegen. Für China ergibt sich so ein Sandverbrauch von fast 24 Mrd. t (UNEP 2019). Mit großem Abstand folgt Indien, die Vereinigten Staaten und die Türkei. In Deutschland lag der Zementverbrauch 2018 bei ca. 29 Mio. t (VDZ 2019), was einem siebenmal höheren kalkulierten Sandverbrauch von 203 Mio. t entspricht.

Betrachtet man die größten Sandverbraucher der Welt, ist es nicht verwunderlich, dass sich darunter Länder wie China, Indien, die Vereinigten Staaten und Saudi-Arabien befinden.

Tab. 1: Zementproduktion und geschätzter Sandverbrauch ausgewählter Staaten im Jahr 2021. (Quelle: Statista 2022; eigene Berechnung basierend auf Angaben des USGS 2019)

Land	Zementproduktion	Bausandverbrauch
China	2.500	25.000
Indien	330	3.300
Vietnam	100	1.000
Vereinigte Staaten	92	920
Türkei	76	760
Indonesien	66	660
Brasilien	65	650

Diese Länder haben:

- eine starke Wachstumsrate in der Bevölkerungs- und/oder Wirtschaftsentwicklung (inkl. Urbanisierung), wie z. B. China und Indien,
- zum Teil einen sehr hohen Wohlstand und das nötige Kapital für eine intensive Bautätigkeit (z. B. Saudi-Arabien),
- ein großes Staatsgebiet und entsprechenden Bedarf an Infrastrukturmaßnahmen, wie zum Beispiel die Vereinigten Staaten.

Diese Charakteristika sind typisch für eine erhöhte Bautätigkeit, was letztendlich den hohen Sandbedarf erklärt. Auf Grundlage der länderspezifischen Verbrauchswerte in Tabelle 1 ist von einem hohen Sandverbrauch in Ländern auszugehen, die als klassische Schwellenländer gelten. Als Schätzgrundlage wird die Angabe des USGS 2019 zur Herstellung von Beton genutzt. Diese sieht vor, dass im Verhältnis 1:10 aus einer Tonne Zement mit bis zu zehn Tonnen Bausand, Beton hergestellt wird.

Unter den sieben größten Zementproduzenten weltweit befinden sich auffällig viele der sog. BRICS- Staaten. Berechnet man aus den gegebenen Produktionszahlen den Bausandverbrauch, belegen Indonesien und Brasilien mit 660 bzw. 650 Mio. t Verbrauch im Jahr 2021 den sechsten und siebten Platz im weltweiten Vergleich. Vietnam belegt mit geschätzten 1.000 Mio. t Bausandverbrauch Platz drei im internationalen Vergleich. Indien und China belegen erwartungsgemäß mit 3.300 Mio. t bzw. 25.000 Mio. t die beiden vorderen Plätze. Auffällig ist der gravierende Mehrverbrauch Chinas an Bausand im Vergleich zu allen anderen Staaten weltweit.

Zur Überprüfung des berechneten Bausandverbrauchs können zwei verfügbare Länderdaten herangezogen werden. Gut dokumentiert sind die Angaben für Deutschland (allerdings nur für 2018) und für die

Vereinigten Staaten. Vergleicht man die Angaben der Zementproduktion der Vereinigten Staaten – 970 Mio. t Sand und Kies (USGS 2019) – mit denen Deutschlands – 259 Mio. t Bausand (ELSNER & SZURLIES 2020) – gemäß der Schätzung, ergeben sich Abweichungen zwischen 10 bis 20 % nach oben bzw. unten.

Die Tabelle zeigt den extrem hohen jährlichen Sandverbrauch Chinas im globalen Kontext und veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Wirtschafts- und Städtewachstum einerseits sowie dem Sandverbrauch andererseits. Gleichzeitig unterstreicht die Statistik eine verblüffende Pressemeldung der Washington Post (SWANSON 2015), wonach China zwischen 2010 und 2012 einen höheren Zement- und damit auch Sandverbrauch gehabt haben soll, als die Vereinigten Staaten im gesamten 20. Jahrhundert. Von den geschätzten rund 40 Mrd. t Sand, die jedes Jahr weltweit abgebaut werden, verbrauchte China im Jahr 2020 alleine rund 55 %. Nach Wasser ist Sand der weltweit am meisten konsumierte Rohstoff (WALD 2022). Anders gesagt, könnte mit dem weltweit abgebauten Sand eine 27 m breite und 27

m hohe Mauer um die gesamte Erde gebaut werden – und das jedes Jahr (BROWN & PEDUZZI 2019).

Neben China, als großräumigem Flächenland, ist auch der Stadtstaat Singapur ein Beispiel für kräftiges Wirtschafts-, Bevölkerungs- und Städtewachstum. Singapur nimmt in dieser Statistik aber keinen vorderen Platz ein, obwohl hier sehr viel Bausand für künstliche Landaufschüttungen und Inseln verbraucht wird und es eine starke Bautätigkeit gibt. Pro Jahr verbraucht jeder Mensch statistisch rund 18 kg Sand (BROWN & PEDUZZI 2019), in Singapur sind es ganze 5,4 Tonnen pro Kopf und Jahr. Damit verbraucht Singapur pro Kopf am meisten Sand weltweit (GEO 1997). Über 500 Mio. t Sand wurden in der Straße von Singapur bereits für Landgewinnungsvorhaben aufgeschüttet (WALD 2022). Der hohe Pro-Kopf-Verbrauch ist darauf zurückzuführen, dass Singapur, im Vergleich zu China, nur eine sehr kleine Staatsfläche (728,6 km²) besitzt, die absolute Bevölkerungszahl von rund 5,7 Mio. Einwohnern im Vergleich jedoch enorm hoch ist. Dies spiegelt sich auch in den Daten des OEC wider.

4.2 Preisentwicklung

Die Erzeugerpreisindizes für Sand, Kies, Zement und Beton steigen weltweit kontinuierlich an. So verteuerte sich der Preis für Kies und natürliche Sande in Deutschland – laut dem Statistischen Bundesamt 2021 – alleine im Zeitraum von 2020 bis 2021 um 5,58 % (s. **Tab. 3**).

Tab. 2: Anstieg der Erzeugerpreisindizes für Bausand 2020 und 2021. (Quelle: Statistisches Bundesamt 2021, S. 11, 88, 91)

Erzeugerpreisindizes in Deutschland (2015 = 100)			
Produkt	2020	2021	Anstieg in % 2020 bis 2021
Baukies und natürliche Sande	121,9	128,7	5,58%
Zement	108,9	110,7	1,65%
Frischbeton	118,1	120	1,61%

In Deutschland variieren die Baurohstoffpreise zwischen den tendenziell teureren urbanen und den kostengünstigeren ländlichen Regionen.

Derzeit verschärfen sich als Folge der Coronapandemie und des Krieges in der Ukraine die weltweiten Material-

engpässe, was sich auch auf die Rohstoffpreise und damit direkt auf die Baubranche auswirkt. In Deutschland ist seit 2015 eine deutliche und kontinuierliche Preissteigerung für die Erzeuger von Sand und Zement festzustellen, was sich auch auf die Preise bei Folgeprodukten wie Frischbeton auswirkt. Der Sandpreis stieg seit 2015 in Deutschland um 28,7 %, davon alleine von 2020 bis 2021 um über 5 %.

International werden die Folgen dieser nicht nur in Deutschland zu beobachtenden Preisentwicklung am Beispiel Singapurs gut sichtbar. Kostete der Import einer Tonne Sand zwischen 1995 und 2001 noch rund 3 Dollar, erhöhte sich der Preis ab 2002 temporär um mehr als das 63-fache auf 190 US-\$. Letzte Angaben für Sand in Singapur belegen einen Preis von 60 US-\$ pro Tonne (ALBERS ET AL. 2016). Weltweit ist mit einem weiteren Preisanstieg für Sand zu rechnen, der einerseits durch eine konstant hohe Bautätigkeit aufgrund eines weltweit deutlichen Mehrbedarfs an Infrastruktur verursacht wird. Andererseits stehen etablierte Lieferketten und Produktionsnetzwerke durch die immer noch andauernde Coronapandemie und eine Unsicherheit an den Weltmärkten durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine erheblich unter Druck.

4.3 Importe und Exporte von Sand

Aktuelle Zahlen für den Handel mit Sand stammen aus dem Jahr 2020. Demnach wurde Sand im Wert von insgesamt 1,88 Mrd. US-\$ gehandelt. Die Vereinigten Staaten exportierten Sand im Wert von 370 Mio. US-\$ und sind damit der größte Exporteur des Rohstoffs. China importierte Sand für insgesamt 244 Mio. US-\$ und ist damit der größte Sandimporteur weltweit, obwohl im Westen und im Norden des Landes große Sandvorkommen lagern. Dies unterstreicht erneut den enormen Sandbedarf und -verbrauch in China.

Die weltweit wichtigsten Sandimporteure waren 2020 gemessen am Warenwert nach China (370 Mio. US-\$) die Staaten Kanada (175 Mio. US-\$), Belgien (145 Mio. US-\$), Japan (104 Mio. US-\$) sowie Deutschland (93,9 Mio. US-\$) (**Abb. 7**).

Bezüglich des Exportes von Sand sind, basierend auf den Daten des OEC, die Vereinigten Staaten mit einem Anteil von fast 20 % (370 Mio. US-\$) die führende Exportnation von Sand (**Abb. 8**). Danach folgen gemessen am Warenwert die Staaten Australien (185 Mio. US-\$), die Niederlande (176 Mio. US-\$), Deutschland (157 Mio. US-\$ sowie Belgien (120 Mio. US-\$). Die verfügbaren Statistiken und Daten bilden nicht alle marktspezifischen Bereiche ab, die für eine vollständige Untersuchung des Sandhandels notwendig wären. Hervorzuheben sind die fehlenden oder veralteten Daten über die Bausandproduktion bzw. -gewinnung der einzelnen Länder (BENDIXEN ET AL. 2019). Zudem sind eindeutige und aktuelle Daten zur Ermittlung des Sandverbrauchs für die Betonproduktion notwendig.

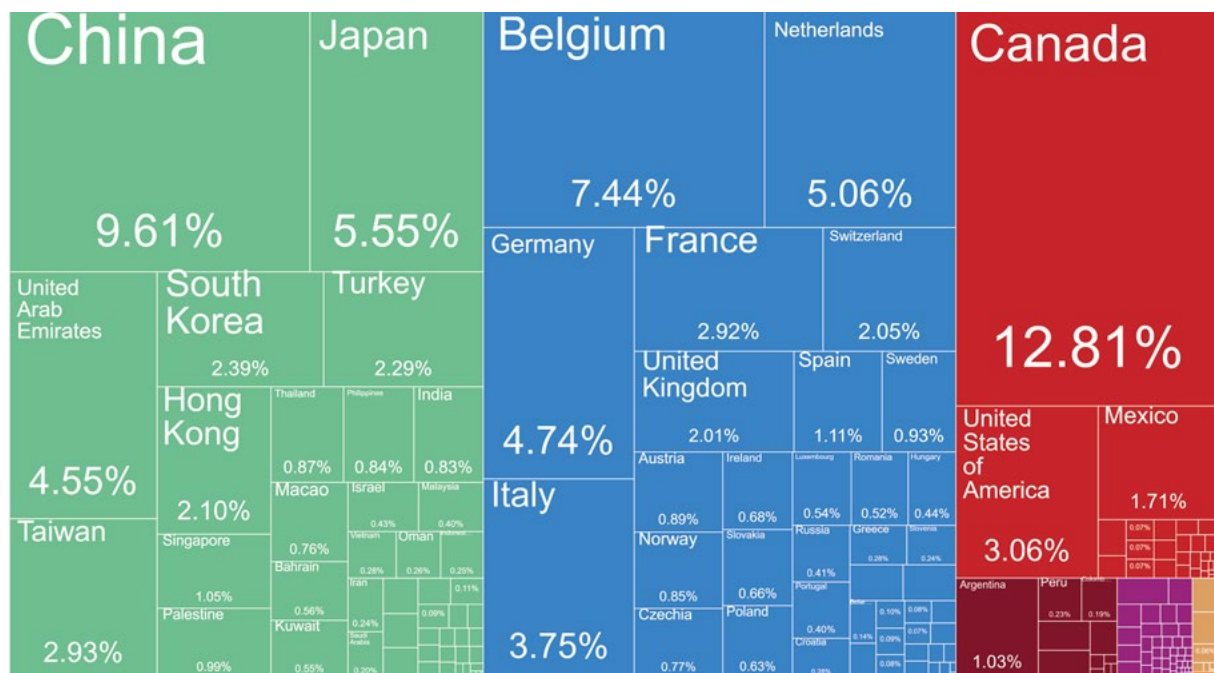


Abb. 7: Importeure von Sand 2020. (Quelle: OEC 2022; The Growth Lab at Harvard University (2022). The Atlas of Economic Complexity. <http://www.atlas.cid.harvard.edu>.)

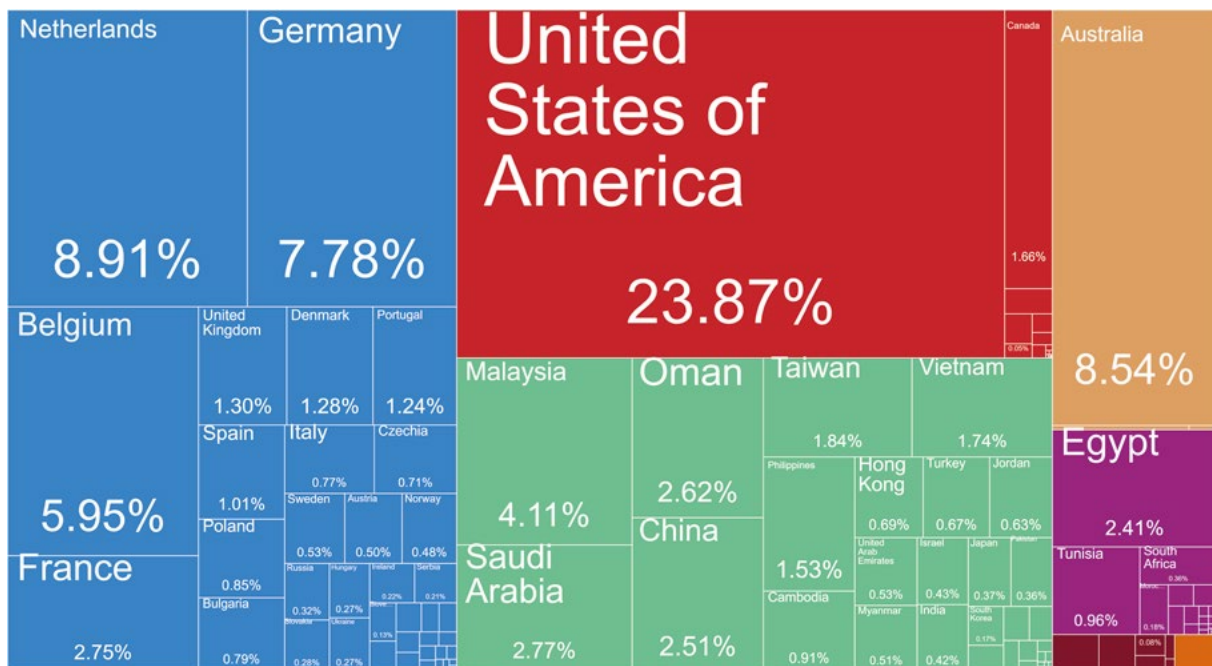


Abb. 8: Exporteure von Sand 2020. (Quelle: OEC 2022; The Growth Lab at Harvard University (2022). The Atlas of Economic Complexity. <http://www.atlas.cid.harvard.edu>.)

Diesbezüglich hat der Vergleich zwischen eigenen Berechnungen, den Daten des OEC sowie Zahlen aus der VN-Datenbank (UN Data 2022) gezeigt, dass die Angaben teilweise deutlich auseinander liegen, sich widersprechen und oft aus verschiedenen Jahren stammen. Zum Beispiel gibt es Abweichungen des Verbrauchs der Länder im Vergleich mit dem kumulierten globalen Gesamtverbrauch von rund 40 Mrd. t Sand jährlich. Dabei spielt ebenfalls eine Rolle, dass keine der verfügbaren Statistiken tatsächlich alle Staaten der Welt erfasst und sich somit kein lückenloses globales Bild ergibt. Ein weiterer unklarer Punkt ist die Eigennutzung von Bausand in einzelnen Ländern, die ebenfalls für die meisten Länder sehr schlecht dokumentiert ist. Am Beispiel Deutschlands wird ein Vergleich der selbst errechneten Zahlen mit den wenigen verfügbaren Informationen zum Sandverbrauch vorgestellt. Der Sandverbrauch Deutschlands leitet sich, nach eigenen Berechnungen, exemplarisch für das Jahr 2018, wie folgt, her:

- Zementproduktion Deutschlands: 29,1 Mio. t (VDZ 2019).
- dafür benötigter Bausand: 203,7 Mio. t (berechnete Zementproduktion, d. h. Faktor 7),
- plus Sandimporte Deutschlands: 1,3 Mio. t (UN Data 2022, Filter: 'Germany' und '2018'),
- minus Sandexporte Deutschlands: 7,4 Mio. t (UN Data 2022, Filter: 'Germany' und '2018'),
- Ergebnis: Summe Sandverbrauch Deutschlands (2018): 197,6 Mio. t.

Verglichen mit der 2018 angegebenen Abbaumenge von 259 Mio. t Kies und Sand der BGR (ELSNER & SZURLIES 2020) liegt der Verdacht einer Diskrepanz zwischen den Daten zu Produktion und Verbrauch nahe. Da der Kiesanteil in der Produktionsmenge von 259 Mio. t geschätzt 60 % ausmacht, ergibt sich daraus eine Bausandproduktion von nur 104 Mio. t Sand. Es existiert fast keine Vorratsspeicherung in der deutschen Gesteinsindustrie, so dass die Produktionsmenge in etwa der Verkaufsmenge entspricht (ELSNER & SZURLIES 2020). Es bleibt daher eine offene Frage, woher Deutschland und seine Bauindustrie ihren Sand nimmt und warum die statistischen Daten eine so geringe Belastbarkeit aufweisen. Im Hinblick auf Export- sowie Importzahlen von Sand kann zusammenfassend jedoch belegt werden, dass Bausand ein weltweit stark nachgefragter Rohstoff ist. Dies geht aus den Verbrauchskalkulationen der einzelnen Länder sowie der internationalen Handelsvolumina von Sand hervor. Der notwendige Sandabbau zur Deckung des Bedarfes ist immens. Das bestätigt auch Peduzzi (2014) mit seiner Annahme, dass die weltweite Sandgewinnung insgesamt einen Anteil zwischen 68 % und bis zu 85 % der gesamten globalen Rohstoffproduktion ausmacht. Dies wäre prozentual neunmal mehr als die Rohölförderung. Hiermit werden die gegenwärtig vermehrt auftretenden Hinweise auf eine Verknappung der weltweiten Sandvorkommen plausibel untermauert. Vor solch einem Hintergrund wird der Baubranche in den nächsten Jahren sogar ein Wachstum von 5,5 % (UNEP 2019) prognostiziert.

5 FOLGEN UND AUSWIRKUNGEN DES SANDABBAUS

Der Sandabbau verursacht zahlreiche Folgen, die einer differenzierten Darstellung und Bewertung ihres Konflikt- und Krisenpotenzials bedürfen. Im Folgenden wer-

den die ökologischen, ökonomischen und politischen Auswirkungen des Sandabbaus dargestellt.

5.1 Ökologische Auswirkungen

Die ökologischen Auswirkungen des Sandabbaus sind vielfältig und müssen, unter Bezug auf die verschiedenen Lagerstätten (s. Kap. 2.1), unterschiedlich betrachtet werden. Bei fluvialen Lagerstätten führt der Sandabbau, v. a. durch die Vertiefung der Flussbetten und die damit verbundenen Veränderungen des Strömungsverhaltens, zu zahlreichen negativen Auswirkungen. Dazu zählen u. a. die Absenkung des Grundwasserspiegels, die sich auf die Wasserversorgung des Umlandes auswirkt und dort Dürreerscheinungen hervorrufen kann. Strömungsänderungen führen zudem zu Erosionsereignissen, die häufig mit Landverlusten einhergehen, Bauwerke wie zum Beispiel Brücken beschädigen oder sogar zur Gefahr für Siedlungen werden. Ferner begünstigen Bodenabsenkungen im Küstenbereich häufig ein Eindringen von Meerwasser in küstennahes Grundwasser, wodurch Trinkwasservorräte und Ackerflächen versalzen (ETHZ 2014; UNEP 2019). Zudem werden Sedimentationsprozesse verändert, was zu größerem Flussmaterial führt und die Ausstattung des ursprünglichen Ökosystems beeinflussen kann. Negative Folgen können dann die Zerstörung von Habitaten und Verluste an Biodiversität sein. Nicht zuletzt führen Kontaminierungen des Flusswassers beim Abbau, zum Beispiel durch austretendes Maschinenöl oder Diesel, zu Verunreinigungen von Gewässern (ALBRECHT-SAAVEDRA & LIPPELT 2015; PEDUZZI 2014; TORRES ET AL. 2017). Wegen der zunehmenden Erschöpfung der terrestrischen Sandvorkommen auf der Welt kommt es seit Jahren vermehrt zu einer Verlagerung des Abbaus hin zu den marinen Lagerstätten und Stränden (ERTINGER 2013). Dort ist vor allem das Absaugen von Sand am Meeresboden mit verschiedenen negativen Einflüssen auf die marine Umwelt verbunden. Unter anderem wird auch hier die Biodiversität geschädigt, indem Tiere und Mikroorganismen, gemeinsam mit dem Sand, angesaugt und dabei getötet werden. Gleichzeitig führt dies zu einer Zerstörung von Lebensräumen am Meeresgrund. Die Gewinnung des Meeressandes verursacht zudem eine verstärkte Erosion an den Küsten und Stränden. Dort wird vermehrt Sand abgetragen, der durch ablandige Strömungen die Flächen am Meeresboden wieder auffüllt. Somit wirkt sich der Sandabbau in marinen Regionen indirekt auf die Strände aus und führt häufig zu deren Verschwinden (PEDUZZI 2014; ERTINGER 2013).

Verstärkt wird die Erosion der Strände in einigen Ländern durch direkten Sandabbau an der Meeresküste. Dieser wird oft illegal durchgeführt und benötigt keine der teuren Gerätschaften, die beim kostenintensiven Offshore-Abbau notwendig sind (PEDUZZI 2014). Alarmierende Zahlen, wonach drei von vier Stränden durch erhöhte Erosion oder direkten Abbau bedroht sein sollen, verdeutlichen die Auswirkungen der exzessiven Sandgewinnung in marinen Bereichen (BR 2017). Eine Folge der Strandverluste kann der fehlende Schutz gegenüber Naturereignissen, wie zum Beispiel Springfluten oder Tsunamis, sein. Dies stellt in einigen Ländern bereits eine ernstzunehmende Gefahr für die Bevölkerung dar (TORRES ET AL. 2017). Der illegale Sandabbau in Sri Lanka verursachte verstärkte Erosionsprozesse an den Küsten und verschlimmerte 2004 die dramatischen Auswirkungen des damaligen Tsunamis im Indischen Ozean noch (PEREIRA & RATNAYAKE 2013). Besonders vor dem Hintergrund, dass bereits 2018 ca. 55 % der Weltbevölkerung an Küsten lebten, ist der schwindende Schutz durch die abgetragenen Strände ein ernstzunehmendes Risiko. Bis 2030 soll der Anteil der in Megastädten mit mehr als 10 Mio. Einwohnern lebenden Küstenbewohner auf der Welt sogar deutlich anwachsen, so dass sich die Problematik noch weiter verschärfen dürfte (SCHOBEL 2020).

Unabhängig von den Folgen für die betroffenen Lagerstätten selbst, sind weitere negative Umwelteinflüsse zu erwähnen, die direkt durch den Transport des gewonnenen Materials und die dabei entstehenden Abgasemissionen (Treibhausgase) hervorgerufen werden. Schwerlasttransporte über lange Strecken und längere Zeit führen zu einer erheblichen Belastung der Umwelt, aber auch der Verkehrswege. Deshalb ist die Bauindustrie wesentlich von der schnellen Verfügbarkeit von Sand und Kies aus verbrauchernahen Lagerstätten abhängig – nicht zuletzt auch aufgrund der hohen Transportkosten im Vergleich zum Wert des Rohstoffes Sand (MANDL 2021; BGR 2010). Zusätzlich zu diesen Problemen werden bei der Produktion von einer Tonne Zement noch indirekt ca. 0,9 t Treibhausgas, speziell Kohlendioxid, freigesetzt (PEDUZZI 2014).

Der industrielle Sandabbau hat zahlreiche Auswirkungen auf Ökosysteme und ist mit negativen Einflüssen auf die Umwelt verbunden. Insbesondere die vermehrt

auftretende Sandförderung in marinen Abbaubereichen zeigt deutliche Auswirkungen auf die Küstenregionen, wo große Teile der Bevölkerung bereits mit anderen negativen Umweltauswirkungen konfrontiert sind. So wird von einem ‚Strandschwund‘ in North Carolina (Vereinigte Staaten) berichtet, der dort dafür gesorgt hat, dass ganze Häuserreihen entlang der Küste vom Meer

verschluckt wurden (Bock 2014). Solche Auswirkungen sind immer öfter weltweit zu beobachten und werden mit Hilfe teurer Aufschüttungen, besonders Sandvorspülungen, zumindest vorübergehend korrigiert. Dies ist zum Beispiel am Strand von Miami Beach (Kandarr 2019) oder auf der Insel Sylt zu beobachten (Henningsen 2017).

5.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

Aus wirtschaftlicher Sicht ist Sandabbau in vielen Regionen der Welt „[...] die einzige Beschäftigungsmöglichkeit und Sand das einzige Produkt, das sich gewinnbringend verkaufen lässt“ (Welland 2014). Der jährliche Umsatz der globalen Sandindustrie von rund 70 Mrd. US-\$ verdeutlicht den respektablen ökonomischen Stellenwert des Rohstoffes Sand (BR 2017).

Die negativen Auswirkungen des Sandabbaus schaden allerdings anderen Wirtschaftsbereichen, wie z. B. der Fischerei. Die lebensraumverändernden Einflüsse in den marinen Lagerstätten und in deren Umgebung haben direkten Einfluss auf die benthische Fauna, und entziehen so vielen Fischen, Krabbenfängern und Muschelzüchtern ihre Lebensgrundlage (UNEP 2019). Ebenso ist die Landwirtschaft betroffen, deren Wirtschaftsflächen, infolge von Eingriffen in die Fließgewässer, beeinträchtigt werden. Ausgelöste Erosionsprozesse führen zum Verlust landwirtschaftlicher Nutzflächen und die Versalzung der Fließgewässer gefährdet die Fruchtbarkeit der Felder (Peduzzi 2014). Ferner erleidet der Tourismus sehr starke Einbußen durch schwindende Badestrände, die oft einen zentralen Bestandteil des Attraktivitätswertes bekannter Urlaubsregionen darstellen (Nestler 2016). Darüber hinaus hat die verminderte Schutzfunktion von Stränden gegenüber Sturmfluten und anderen Extremereignissen direkten Einfluss auf die Schadensregulierung

durch die Versicherungsbranche, da die Rückversicherer in Küstenregionen mit zunehmenden Risiken durch das Meer rechnen müssen (Peduzzi 2014). Sandvorspülungen sind erwiesenermaßen nur eine kurzfristige Gegenmaßnahme, um dem Schwinden der Strände entgegenzuwirken. Sie verursachen in den betroffenen Städten und Regionen jedoch immense Kosten, die oft Milliardenbeträge kosten (BR 2017). So wurden 2017 alleine auf der Insel Sylt 2,5 Mio. t Sand aufgeschüttet, um die Folgen der dortigen Stranderosion abzumildern (Henningsen 2017).

Zusammengefasst stellt der Sandabbau in vielen Ländern und Regionen der Welt einen wichtigen Wirtschaftszweig dar. Viele Händler profitieren von der Verknappung des Rohstoffes in Ländern mit großer Nachfrage. Der Sandabbau führt jedoch auch zur Beeinträchtigung anderer Wirtschaftssektoren. Vor allem die ökologischen Auswirkungen haben oft direkten Einfluss auf betroffene Branchen.

Wo hohe Gewinne locken, ist auch die organisierte Kriminalität nicht weit. So etablierte sich in einigen Ländern eine regelrechte ‚Sandmafia‘, welche mittels einer kriminellen Schattenwirtschaft die reguläre Wirtschaft schwächt und unterhöhlt. Dies hat direkte politische Auswirkungen, die im nächsten Kapitel analysiert werden.

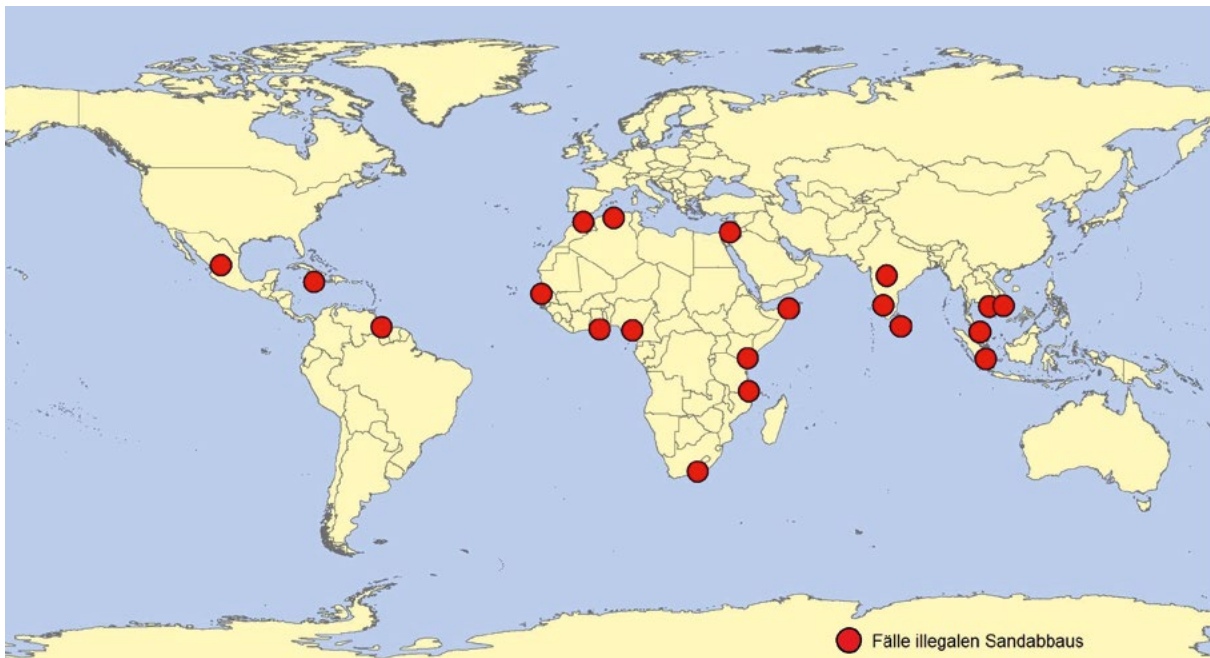
5.3 Politische Auswirkungen

Sand stellte noch vor wenigen Jahrzehnten in den meisten Ländern ein Gemeingut dar, wurde aber durch den Prozess der Kommodifizierung zu einem begehrten Wirtschaftsgut. Wie andere Rohstoffe ist nun auch Sand Gegenstand eines harten Wettbewerbs geworden, der betroffene Menschen oft schädigt und sogar Konflikte zwischen Staaten schürt (Ertinger 2013). Sandlager werden schneller abgebaut, als sie sich natürlich erneuern, so dass die Nachfrage und damit der Preis – besonders in China, Indien und auf dem afrikanischen Kontinent – in die Höhe schießt. Durch die dadurch hervorgerufenen Profitmöglichkeiten im Sandhandel haben sich in vielen Ländern kriminelle Vereinigungen gebildet, die illegalen Abbau betreiben. Heute kommt es in ca. 70 Ländern zu illegalem Sandabbau und -handel (Bendixen et al. 2019; UNEP 2019). Eine Folge des illegalen Sandabbaus, Sandhandels und dadurch ent-

standener krimineller Strukturen sind soziale und politische Konflikte (Jewell 2017), die regional bereits zu Bandenkriegen um den begehrten Rohstoff führen, z. B. in Indien (s. Kap. 6.1). **Abbildung 9** zeigt weltweit dokumentierte Fälle des illegalen Abbaus.

Konflikte und politische Spannungen um den Rohstoff Sand können sich auch zwischen Staaten aufbauen. Sand aus Malaysia und Indonesien, der für Aufschüttungen in Singapur genutzt wird, ist ein Beispiel dafür, welches in Kapitel 6.4 näher erläutert wird.

Darüber hinaus können politische Konsequenzen durch den Sandabbau drohen, wenn dieser dazu führt, dass sich Seegrenzen verschieben (Ertinger 2013). Solche Grenzverschiebungen treten u. a. auf, wenn Sandabbau zu einer erhöhten Erosion der Küstenlinie führt und sich somit die Basislinie der Seegrenzen (s. Informationsbox Seegrenzen) weiter ins Landesinnere verlagert.



△ Abb. 9: Illegaler weltweiter Sandabbau. (Quelle: Eigene Darstellung, ZGeoBw, Euskirchen 2021)

Dementsprechend führt Sandabbau über seine Auswirkungen auf die Küsten dazu, dass Staaten unter Umständen territoriale Besitzansprüche verlieren. Am Beispiel Singapurs wird aber deutlich, dass solche Prozesse auch anders laufen können. Durch umfangreiche Landaufschüttungen wurde die Küstenlinie Singapurs verbreitert, was zu Friktionen mit den Nachbarstaaten

Indonesien und Malaysia führte. Ein weiteres Beispiel ist China, welches im Südchinesischen Meer seit Jahren Riffe, Untiefen und Sandbänke mittels Sandaufschüttungen ausbaut und erhöht, um seine Ansprüche auf das Seegebiet rund um die Spratly- und Paracel-Inseln zu untermauern.

SEEGRENZEN



Seegrenzen stellen die äußeren Grenzen eines Staatsgebietes auf See dar und wurden lange Zeit nach gewohnheitsrechtlichen Regeln im Abstand von drei nautischen Meilen (NM) bzw. Seemeilen (sm)* von der Küste entfernt festgelegt. Mit zunehmendem Interesse der Staaten an dem vorgelagerten Meeresraum wuchs das Bestreben, hierzu eine Rechtsordnung zu etablieren. Das Seerechtsübereinkommen (SRÜ) der Vereinten Nationen (engl.: United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS III) wurde 1982 beschlossen. Es besitzt den völkerrechtlich höchsten Rang bei der Regelung der Meeresnutzung. Dieses Übereinkommen unterteilt die Meere in die folgenden Zonen: Innere Gewässer, Küstenmeer, Anschlusszone, Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ; engl.: Exclusive Economic Zone, EEZ) und die Hohe See. Die Grenzen für die Inneren Gewässer und das Küstenmeer (Territoriale See) reichen von der Basislinie aus bis 12 NM, die Grenze für die Anschlusszone von 12 bis 24 NM und die Grenze für die AWZ bis 200 NM auf das Meer (s. Abb. 10).

Im SRÜ werden unter anderem die Rechte und die Möglichkeiten einer Nutzung innerhalb der AWZ geregelt. Das 1994 in Kraft getretene SRÜ haben bis heute 159 Staaten ratifiziert. Für die Staaten, die das SRÜ nicht unterzeichnet haben, gelten die Genfer Seerechtskonvention von 1958 sowie gewohnheitsrechtliche Regelungen des Seerechts. Die Genfer Seerechtskonvention war der Vorläufer der SRÜ. In dieser Konvention gab es jedoch noch keine Festlegungen zur Breite der Küstenmeere, der Anschlusszone, der AWZ sowie zur Regelung des Festlandssockels.

Besitzt ein Staat eine Insel nach der UNCLOS-Definition, kann eine 12 NM breite Territoriale See, eine AWZ und ein Festlandssockel geltend gemacht werden. Es gilt aber zu beachten, dass für alle anderen Erhebungen aus dem Meer, auf denen kein menschliches Leben möglich ist, lediglich eine 12 NM-Grenze

geltend gemacht werden kann. Objekte, die bei Niedrigwasser aus dem Wasser ragen, können lediglich für die gerade Basislinie des Staates genutzt werden. Bei künstlichen Inseln existiert, nach UNCLOS III, kein Anspruch auf maritime Zonen. Es muss lediglich ein Sicherheitsbereich von 500 Metern eingehalten werden. Es liegt daher im Interesse von Küsten- oder Inselstaaten, einen Felsen oder aber besser eine Insel für sich zu beanspruchen, um so die eigenen maritimen Ansprüche auszudehnen und sich mögliche Ressourcen sichern zu können (Davenport et al. 2011).

* 1 NM (nautische Meile) bzw. 1 sm (Seemeile) = 1,852 km



△ Abb. 10: Einteilung der Meereszonen. (nach SRÜ bzw. UNCLOS) (Quelle: Eigene Darstellung, ZGeoBw, Euskirchen 2021)

6 SAND – MÖGLICHES KONFLIKTPOTENZIAL (BEISPIELE)

Die Folgen des weltweiten Sandabbaus haben gezeigt, dass sowohl die Gewinnung des Rohstoffes Sand als auch seine Verknappung mit zahlreichen negativen Konsequenzen einhergehen können. Ob diese Konsequenzen zu einem Konflikt um Sand führen und, falls ja, mit welcher Ausprägung und Intensität, soll im Anschluss analysiert werden.

Konflikte gelten im gesellschaftlichen Zusammenleben als normal: „Jede soziale Beziehung stellt ein Konfliktsystem dar“ (JÄGER 2009). Die Studie versteht unter einem Konflikt eine Situation, in der zwei Parteien „[...] widerstrebende Positionen handlungsleitend einnehmen [...]“ (Jäger 2009). Konflikte müssen nicht grundsätzlich zu gewaltsamen Krisen oder gar Krieg führen. Das Heidelberger Institut für Internationale Konfliktforschung (HIK) definiert Konflikte im politischen Kontext als Interessensgegensätze um nationale Werte (u. a. Ressourcen) von einiger Dauer und Reichweite zwischen mindestens zwei Parteien, die entschlossen sind, diese Interessensgegensätze für sich zu entscheiden (Mildner 2011). Laut Mildner (2011) stellen Rohstoffverknappung und -konkurrenzen allgemein Sicherheitsrisiken dar, die Konfliktpotenzial bergen. Konflikte um Ressourcen entstehen dann, „[...] wenn friedliche Allokationsmechanismen zur Regulierung der Konkurrenz um knappe Ressourcen versagt haben und die Konflikt-

parteien entschlossen sind, die Konkurrenz für sich zu entscheiden“ (MILDNER 2010).

Auch Sand wäre demnach häufig Gegenstand eines solchen Konfliktes. Die Konfliktparteien können Staaten, Kriminelle oder korrupte Staatsbedienstete sein, die individuell oder kollektiv handeln. Konfliktmaßnahmen sind alle Handlungen, die die Akteure im Zuge des Sandhandels und -abbaus durchführen. Ein Konflikt untergliedert sich – nach HIK – grundsätzlich in fünf Intensitätsstufen (s. [Abb. 11](#)).

intensity Level	terminology	level of violence	intensity class
1	dispute	non-violent conflicts	low intensity
2	non-violent crisis		
3	violent crisis	violent conflicts	medium intensity
4	limited war		high intensity
5	war		

△ **Abb. 11:** Konzept der Konfliktintensität nach HIK.

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an HIK, Heidelberg 2017, S. 6)



Solange Akteure nur mit Gewalt drohen, wird noch von einer *gewaltfreien Krise* gesprochen. Kommt es hingegen zur Gewaltanwendung, handelt es sich um eine *gewalttätige Krise*. Ein Krisenrohstoff im Sinne dieser Studie wäre mithin eine natürliche Ressource, deren Verknappung dazu geeignet ist, eine Krise auszulö-

sen oder wenigstens eine bestehende Krise wesentlich zu prägen. Im Folgenden werden Beispiele für bereits bestehende Konflikte durch den Sandabbau dargestellt. Diese dienen als Grundlage für die spätere Ableitung des Krisenpotenzials des Rohstoffes Sand.

6.1 Indien

Die indische ‚Sandmafia‘ steht exemplarisch für kriminelle Auswüchse, die dort mit dem lukrativen Geschäft des Sandhandels verbunden sind und – als Konsequenz – zur Bildung krimineller Organisationen geführt haben. Unter dem Schutz korrupter Politiker und Beamter geht die indische ‚Sandmafia‘ ihren Geschäften, unter Ausübung von Gewalt bis hin zu Morden, nach. Sie baut u. a. Sand an den Küsten ab und verstößt damit gegen indisches Gesetz (BR 2019; ERTINGER 2013). Der Sand

wird oft nicht mit modernen Abbaugeräten, sondern in körperlicher Schwerarbeit von illegal Beschäftigten an den Stränden abgetragen. Eine Folge dieses Raubbaus sind starke Verunreinigungen der Gewässer, wie zum Beispiel in der Bucht von Mumbai (BR 2019). Der dortige illegale Sandabbau liefert Konfliktpotenzial auf der nationalen Ebene Indiens. Weitere Folgen der illegalen Aktivitäten der ‚Sandmafia‘ sind soziale und politische Spannungen auch in anderen Landesteilen Indiens.

6.2 Marokko

Das Königreich Marokko liefert ein weiteres Beispiel für den illegalen Abbau des Rohstoffes. Dort sind es sowohl legale Firmen als auch ‚Sandräuber‘, die die Sandvorkommen der Strände abbauen. Pro Jahr benötigt die marokkanische Immobilienwirtschaft alleine 30 Mio. Tonnen Sand, größtenteils um neue Hotels an den Küsten zu bauen. Der illegale und unkontrollierte Sandabbau findet gerade an den Küsten statt, die touristisch in Wert gesetzt werden sollen (ABDERRAHMANE 2021). Dies führt dazu, dass vor allem die wirtschaftlich wichtige

Tourismusbranche Marokkos Verluste erleidet. Durch den Sandabbau schwinden die Strände und verwandeln sich in steinige Landschaften, die für Badetouristen unattraktiv sind (PEDUZZI 2014). Fast die Hälfte des im marokkanischen Bausektor verwendeten Sandes wurde illegal abgebaut und beschafft. Die Arbeitskräfte vor Ort verfügen durchaus über Genehmigungen zum Sandabbau, die auf bestimmte Wochentage und Sandmengen begrenzt sind. Die Genehmigungen werden aber deutlich überschritten. Fälle in denen legale und

Singapur mit Sandaufschüttungen. Panorama von Sentosa Island.



registrierte Firmen das zehnfache deklariierter Sandmengen abbauen, sind keine Seltenheit. Durch den Schwarzhandel mit Sand entgehen Marokko außerdem jährlich fast eine Milliarde Euro an Steuergeldern (QUÉROUIL 2015). Auch das Beispiel der ‚Sandräuber‘ in Marokko verdeutlicht das nationale Konfliktpotenzial illegalen Sandabbaus. Hier werden insbesondere die

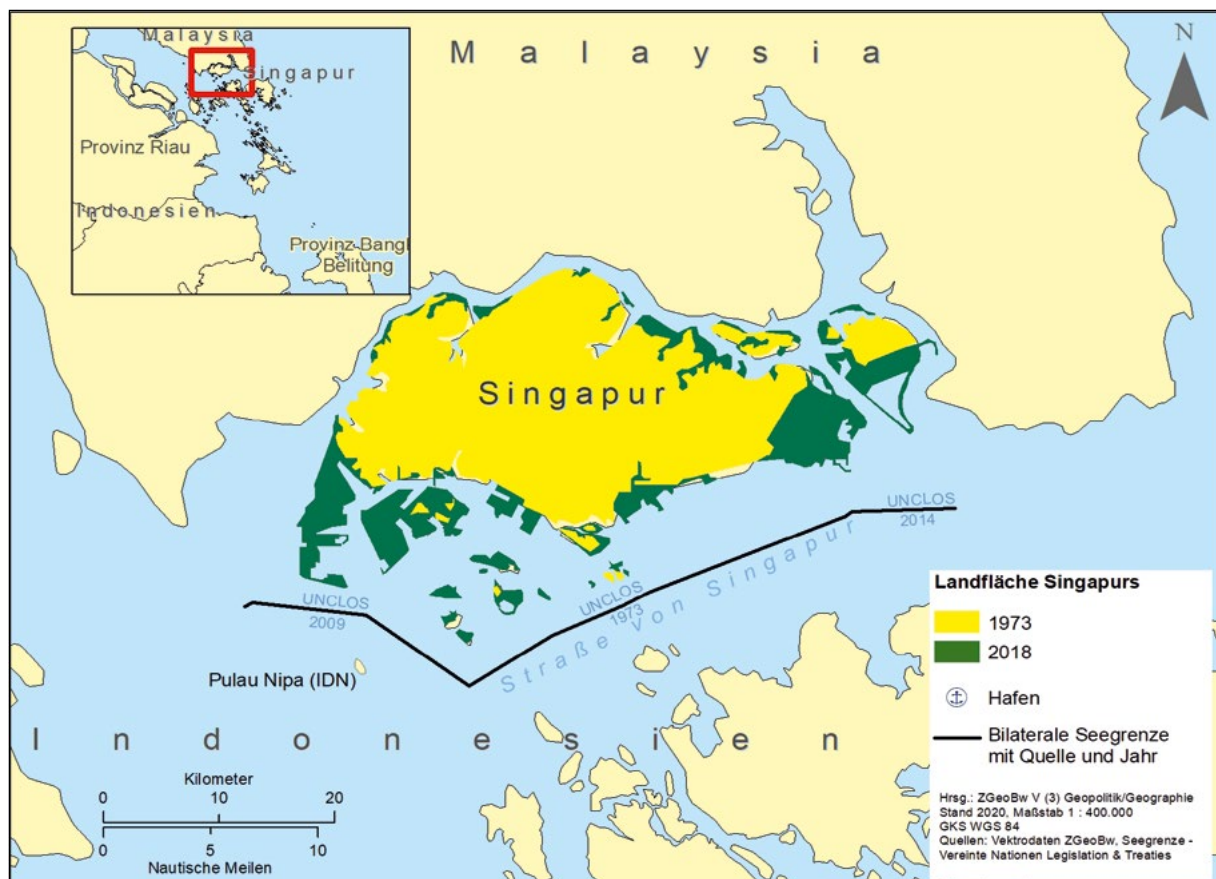
negativen Auswirkungen auf die Tourismusbranche und den Staatshaushalt Marokkos deutlich. Die Attraktivitätsverluste für ausländische Gäste und die hohe Belastung öffentlicher Kassen bergen ein politisches und gesellschaftliches Konfliktpotenzial in Marokko, welches sich mit zunehmender Verknappung des Rohstoffes noch verschärfen könnte.

6.3 Sri Lanka

Auch auf der Insel Sri Lanka wird Sand durch den Bausektor in solch großen Mengen nachgefragt, dass bereits ein rücksichtsloser und oftmals illegaler Abbau des Rohstoffes stattgefunden hat. Dort sind eher terrestrische Lagerstätten betroffen, was sich an den betroffenen Flüssen zeigt. Als Folge hoher Sandentnahmen traten Grundwasserabsenkungen auf, die zu Konflikten unter der Bevölkerung führten. Einwohner betroffener Dörfer fühlen sich von reichen Stadtbewohnern hintergangen, die durch den Sandabbau auf dem Land und die so ermöglichten Infrastruktur- sowie Baumaßnahmen profitieren. Außerdem wurden die örtlichen Folgen des Abbaus für die Dorfbewohner durch Beeinträchtigungen des Ökosystems deutlich spürbar. Es kam zu Verlusten von wertvollem Land und zu Problemen bei

der Wasserversorgung (PEREIRA & RATNAYAKE 2013). Verantwortlich für den illegalen Sandabbau sollen u. a. paramilitärische Untergruppen der politisch registrierten Partei Eelam People's Democratic Party (EPDP) sein, die gewaltsam vorgehen und unter dem Schutz von korrupten Beamten stehen (SCHUSTER 2012). 2004 hatte zudem verstärkte Erosion an den Küsten Sri Lankas die Auswirkungen des Tsunamis, nach dem Seebeben im Indischen Ozean, noch verstärkt (TORRES ET AL. 2017). Die Benachteiligung bestimmter Bevölkerungsgruppen auf Sri Lanka durch die Auswirkungen des Sandabbaus führt dort unweigerlich zu sozialen Spannungen zwischen Stadt- und Landbevölkerung. Außerdem wird der Zusammenhang zwischen Sandförderung und dem Verlust der Schutzfunktion der Sandstrände deutlich.

6.4 Singapur



△ Abb. 12: Landfläche Singapurs 1973 bzw. 2018 und neue Seegrenze, ausgehend von der Basislinie der Insel Pulau Nipa.
(Quelle: UNEP 2019, S. 8.; Eigene Darstellung. Euskirchen, ZGeoBw 2020)

Singapur ist ein wohlhabender Stadtstaat und bedeutendes Handelszentrum Südostasiens an der südlichen Spitze der Halbinsel Malakka. Charakterisiert durch ein schnelles Wirtschaftswachstum und eine hohe Bevölkerungsdichte benötigt Singapur seit seiner Entstehung immer mehr Erweiterungsflächen. Aufgrund seiner Insellage kann Singapur aber nur auf das Meer hinaus expandieren. Wurden seit 1822 zunächst die umliegenden Hügel abgetragen und damit künstliche Inseln aufgeschüttet, ist Singapur heute seit Jahren auf Sandimporte aus seinen Nachbarländern angewiesen. Ein Drittel der Fläche Singapurs liegt nur knapp 5 m über dem Meeresspiegel (SUBRAMANIAN 2017). In den letzten 40 Jahren ist die Stadtfläche um 20 % gewachsen (s. **Abb. 12**), was einer Fläche von 130 km² entspricht (UNEP 2019). Für die nötigen Sandimporte nutzte Singapur Lieferanten aus Indonesien, Malaysia, Kambodscha und Thailand (WALD 2022). Mit der Erweiterung des internationalen Flughafens Changi und der Inseln Jurong sowie Pasir Panjang 1999, begann ein massenhafter Sandimport (GUERIN 2003).

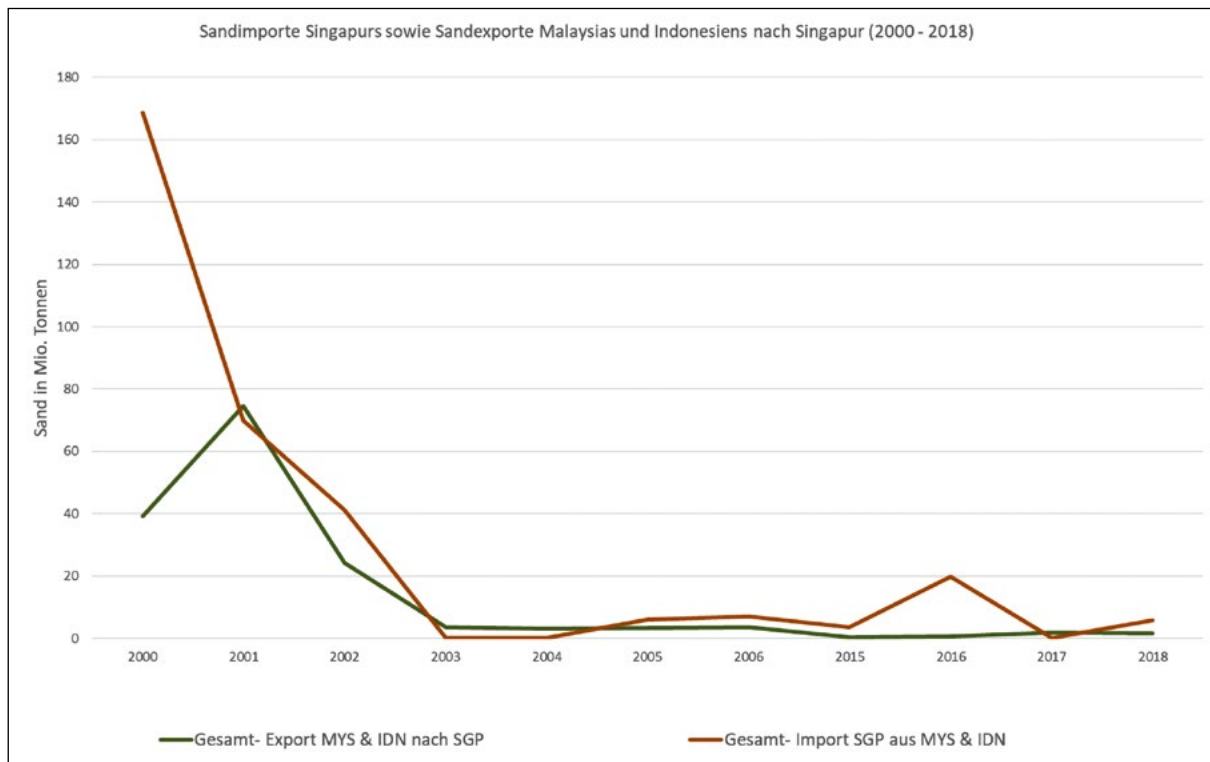
Ein Großteil des Sandes für Singapur wurde mit Schwimmbaggern vom Meeresgrund vor den Inseln der indonesischen Provinz Riau und in der indonesischen Provinz Bangka-Belitung gefördert (GUERIN 2003). Seit 2001 existieren, aufgrund des Vorgehens Singapurs und der damit verbundenen Zerstörung des marinen Ökosystems, aber auch nach dem Verschwinden indonesischer Sandinseln in der Provinz Riau, Probleme mit den Nachbarländern Malaysia und Indonesien (GUERIN

2003; KANDARR 2019).

Singapur importierte aus Malaysia, Indonesien und Kambodscha in den letzten 16 Jahren 448 Mio. t Sand. Andere Quellen gehen von 500 Mio. t Sand aus (WALD 2022). Die Exportzahlen dieser drei Länder bestätigen diese Zahlen allerdings nicht. Dies liegt u. a. daran, dass der internationale Sandhandel ohnehin ungenügend dokumentiert ist. Zum Beispiel stammten nur 4 % der Sandimporte Singapurs aus Kambodscha und wurden im Zeitraum von 2006 bis 2016 als Exporte von Kambodscha bestätigt (KAMMESHEIDT 2020; BENDIXEN ET AL. 2019). Es bleibt festzuhalten, dass Import- und Exportdaten vieler Staaten große Diskrepanzen aufweisen und sich deshalb weiterer Forschungsbedarf zum internationalen Sandhandel ergibt (BENDIXEN ET AL. 2019).

Im Zuge der o. a. Probleme und wegen des damit einhergehenden temporären Exportverbotes der Nachbarländer nach Singapur brach der Sandimport dorthin ab 2002 ein. Betrachtet man die **Abbildung 13** zu den Importen Singapurs und den Exportdaten der Nachbarländer, liegen die Importzahlen Singapurs stets über den Exportdaten der Nachbarländer. Die starke Abweichung legt einen illegalen Sandhandel nahe (UNEP 2019; Guerin 2003) oder aber sie indiziert schlecht erfasste Daten zu den Sandimporten und Sandexporten.

In die Problematik eingebettet ist auch der Disput um zwei Seegrenzen. Dabei handelt es sich zum einem um die indonesische Insel Pulau Nipa, die als Referenzpunkt für die Basislinie Indonesiens dient (LiS 1974). Von hier aus wird die Territoriale See Indonesiens festgelegt.



△ **Abb. 13:** Sandimporte Singapurs sowie Sandexporte Malaysias und Indonesiens nach Singapur (2000–2018).
(Quelle: UN 2021: UN Comtrade Database)

Diese Sandinsel liegt genau gegenüber den neu aufgeschütteten Siedlungsflächen Singapurs und wird nahezu überspült. Würde diese Insel ganz verschwinden, würde sich die internationale Grenze zu Gunsten Singapurs verschieben (GUERIN 2003). Die **Abbildung 12** belegt den maritimen Disput.

Zum anderen existiert ein Streit um die Zufahrt zum malaysischen Hafen Tanjung Pelepas, welche, aus der Sicht Malaysias, durch die Landaufschüttungen Singapurs behindert wird (GUERIN 2003). Indonesien und Singapur einigten sich 2009 in ihren maritimen Streitigkeiten. 2017 gab es auch eine Einigung wegen der Seegrenze in der östlichen Straße von Singapur, die

2014 bei den VN eingereicht wurde (THE STRAITS TIMES 2017; s. **Abb. 12**).

Singapur wird sich weiter ausdehnen und bereitet sich gleichzeitig auf den Meeresspiegelanstieg vor (MND 2013). Das kann es nur mit weiteren Sandimporten, auch wenn neue Methoden, wie z. B. Recycling, einen Teil des benötigten Sandes ersetzen könnten. Auf Grund seines ökonomischen Wohlstandes kann Singapur seinen Sandbedarf weiter über Importe decken, auch wenn dabei größtenteils unklar bleibt, woher die Sandimporte tatsächlich kommen (BENDIXEN ET AL. 2019, S. 30).

6.5 Dubai

Ein häufig erwähntes Beispielland für extremen Sandverbrauch ist das ölreiche Emirat Dubai auf der Arabischen Halbinsel. Von einem früheren Fischerdorf entwickelte sich die Stadt Dubai zu einer Metropole mit moderner Architektur. Umfangreiche Landaufschüttungen, wie die Errichtung der künstlichen Inselgruppen *The Palm* und *The World* benötigten allein über 800 Mio. t Sand (PEDUZZI 2014). Zunächst wurde versucht, diesen Sand aus der Wüste vor Ort zu gewinnen. Schnell wurde aber festgestellt, dass der zugerundete, glatte Wüstensand für diesen Zweck nicht geeignet ist und dass die künstlichen Sandinseln so keine ausreichende Kohäsion und Stabilität besitzen würden. So wurden zunächst die marinen Sandvorkommen des Emirates vollkommen erschöpft und führten bald zu einer ‚Sandkrise‘ in Dubai (ERTINGER 2013). Um die ambitionierten Bauprojekte des Landes weiter umsetzen zu können, wird seitdem Sand teuer u. a. aus Australien importiert. So ist zum Beispiel der *Burj Khalifa*, das höchste Gebäude der Welt, mit Importsand errichtet worden. Australien verdient am Sandhandel mit Dubai jährlich rund fünf Mio. US-\$ (ALBERS ET AL. 2015; HANDELSBLATT 2017). Für den reichen

Wüstenstaat stellen diese Kosten bisher kein Problem dar und so werden die Bautätigkeiten unter Verwendung großer importierter Sandmengen unvermindert fortgeführt. Bei weiter steigenden Ölpreisen und einer Reorientierung der Europäischen Märkte hin zu arabischen Staaten zur Substitution russischer Ölimporte, wird Dubai auch weiterhin über ausreichend finanzielle Mittel für Sandimporte verfügen. Sollten sich Erneuerbare Energien als Alternative zu fossilen Energieträgern langfristig durchsetzen, könnte sich Dubai die kostspielige Stadtentwicklung und damit auch die sandintensive Bautätigkeit möglicherweise nicht mehr leisten.

Das Beispiel Dubais zeigt, wie eine Verknappung bzw. sogar die vollkommene Erschöpfung der eigenen Bau-sandvorkommen durch teure Importe kompensiert wird. Die Kosten des Sandabbaus und der Importe spielten in den reichen Emiraten bisher keine Rolle. Die aufgeschütteten Inseln des Projektes *The World* sind im Übrigen bis heute verwaist, da die anspruchsvollen Pläne der Bauunternehmen und Investoren durch die Finanzkrise 2008 durchkreuzt wurden (WAINWRIGHT 2018).

7 VERKNAPPUNG DER RESSOURCE SAND (HANDLUNGSOPTIONEN)

Die VN benennen u. a. die Reduzierung des Sandabbaus für Bauprojekte als eine ihrer Handlungsoptionen für Nachhaltigkeit in Umweltfragen und den Schutz der Umwelt. Als effektive Sofortmaßnahme gelten die Nutzung recycelter und alternativer Materialien sowie die Vermeidung des Abbaus weiterer natürlicher Sandvorkommen. Hier sollte nicht erst auf eine nationale Umsetzung der globalen Regelungen und Gesetze in den einzelnen Ländern gewartet werden (UNEP 2019).

Zusätzlich zu den o. g. Sofortmaßnahmen empfehlen die VN, Kooperationsstrukturen zwischen national und international Verantwortlichen zu schaffen sowie einheitliche und striktere Genehmigungsgesetze zu etablieren (UNEP 2019). Eine globale Überwachung und die Kontrolle von Abbauaktivitäten werden als weitere Schritte genannt, um die Einhaltung der festgelegten gesetzlichen Regularien sicherzustellen (TORRES ET AL. 2017; BENDIXEN ET AL. 2019).

Um eine weitere Verknappung und den Raubbau von Sand zu vermeiden, bedarf es auch der Bildung eines öffentlichen Bewusstseins für das Problem. Solange Sand als eher ‚unwichtiger‘ Rohstoff wahrgenommen wird, über dessen Bedeutung sich der größte Teil der Weltbevölkerung gar nicht bewusst ist und von dessen teilweise fortgeschrittener Verknappung kaum jemand Kenntnis hat, wird man in der Konsumgesellschaft keinen bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit dem Rohstoff Sand propagieren können. Es gilt daher, die Öffentlichkeit bald über die vorliegende Problematik, die drohenden Folgen und Möglichkeiten zum Gegensteuern aufzuklären (ALBRECHT-SAAVEDRA & LIPPELT 2015). Doch nicht nur im gesellschaftlichen Verhalten, sondern auch in der Politik und Wirtschaft muss ein Umdenken stattfinden. Die ‚öffentliche Hand‘ gehört in vielen Ländern der Welt durch die von ihr initiierten Bauprojekte zu den größten Sandverbrauchern, weshalb auch von ihr ein Bewusstsein für die Sandproblematik und die eigene Verantwortung für die Sandverknappung verlangt werden sollte (UNEP 2019).

Ferner gibt es Forderungen, dass, wie bereits im Kapitel 4 angesprochen, zunächst eine aussagekräftige Datenbasis über den Sandhandel geschaffen werden müsste. Ein globales Monitoring könnte Aufschluss über die geförderten und produzierten Mengen in den verschiedenen Ländern geben und Transaktionen zwischen ihnen abbilden (PEDUZZI 2014). Erst durch gesicherte statistische Grundlagen lassen sich genauere Informationen über die tatsächliche Verknappung von Sand, über dessen wirtschaftliche Bedeutung sowie über die mögliche zukünftige Entwicklung auf dem Sandmarkt gewinnen. Aus ökonomischer Sicht wird vorgeschlagen, auf staatlicher Ebene die Bepreisung und Besteuerung von Sand

zu erhöhen oder Ausgleichszahlungen für die negativen Folgen des Sandabbaus einzuführen. Auf diese Weise würde gleichzeitig eine Reduktion des Sandverbrauches, zum Beispiel durch Substitution des Rohstoffes, wirtschaftlich attraktiver werden (PEDUZZI 2014; TORRES ET AL. 2017).

In diesem Zusammenhang ist u. a. das Recycling von Bauschutt eine oftmals diskutierte Variante zur Sandgewinnung. Ebenso werden Möglichkeiten zur Substitution von Beton bzw. Zement, zum Beispiel durch Holz und Stroh, bei der Errichtung von Gebäuden erwogen (ERTINGER 2013; PEDUZZI 2014).

Darüber hinaus wurde bereits über eine erfolgreiche Erprobung der Rückverwandlung von Glas in Sand berichtet. So wurde zum Beispiel in San Francisco durch Schüttung von gebrauchten Glasflaschen auf einen Sandstrand erreicht, dass sich die Scherben in der Brandung allmählich auf Sandgröße zerlegten (ERTINGER 2013). Das Problem bei dieser Substitutionsmöglichkeit von Sand besteht darin, dass zwangsläufig das auf den Stränden verteilte Glas im Recyclingkreislauf fehlt und die Produktion neuer Glasflaschen erneut natürliche Quarzsandreserven verbrauchen würde.

Eine vierte Alternative ist eine vielversprechende Behandlung von Wüstensand, um diesen für die Bauindustrie verwendbar zu machen, bei einem gleichzeitig geringeren Einsatz (bis zu 40 %) von Zement (HÖHNE 2019). Neben einem bewussteren Umgang mit Sand und Alternativen zum Rohstoff gibt es zusätzlich Überlegungen, die noch eine Erschließung anderer Sandvorkommen zum Ziel haben. So sind beispielsweise die vor Staumauern von Talsperren abgelagerten Sande für einen Abbau oft noch interessant. Vor dem Hintergrund, dass, durch menschliche Eingriffe, nur jedes zweite Sandkorn das Meer erreicht, ist davon auszugehen, dass sich vor Staudämmen entsprechend große Sandmengen abgelagert haben. Diese könnten ebenfalls zur Deckung des lokalen, regionalen und globalen Bedarfs verwendet werden und so zumindest helfen, den Sandabbau an Stränden und aus marinen Lagerstätten zu reduzieren (ERTINGER 2013). Es bleibt festzuhalten, dass es bereits einige vielversprechende Ideen zur Reduktion des Sandverbrauches bzw. zur Verringerung der Belastung der bisherigen Sandlagerstätten gibt. Zentrale Voraussetzungen für deren Erfolg ist jedoch die Schaffung eines gesellschaftlichen und politischen Problembewusstseins für die drohende Verknappung des Rohstoffes Sand, gepaart mit intensiver globaler Kooperation sowie zusätzlicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Staatliche Förderungen bei der Suche nach Alternativen und Maßnahmen zur Verhinderung einer Sandkrise wären in diesem Zusammenhang als zweckdienliche Unterstützung anzusehen.

8 KONFLIKTPOTENZIAL VON SAND – FAZIT

Im Rahmen dieser Studie wurde das Thema einer möglichen Verknappung des Rohstoffes Sand insbesondere auf dessen Verwendung als Bausand bezogen. Es wurde dargestellt, welche Anforderungen an diese Art Sand gestellt werden, wie der natürliche Entstehungsprozess von Sand abläuft und in welchen Lagerstätten sich geeigneter Bausand ablagert (s. Kap. 2). Diese Vorkommen wurden anschließend auf nationaler, kontinentaler und globaler Ebene erfasst, um einen Überblick über die Verteilung von Sandlagerstätten zu bekommen (s. Kap. 3).

Mediale Berichte über eine starke Nachfrage der Ressource Sand konnten mit Hilfe einer Analyse des Sandhandels bestätigt werden. Trotz lückenhafter und oftmals wenig aktueller Statistiken für die nationalstaatliche und internationale Ebene des Sandhandels, legen die vorhandenen Daten (s. Kap. 4) nahe, dass Sand einen bedeutenden Anteil am globalen Rohstoffmarkt hat und sein Handelsvolumen attraktive Umsätze ermöglicht. Der wachsende Bedarf ist an den weltweit hohen Verbrauch des Bausektors gekoppelt und übersteigt die Reserven sowie die Reproduktion des Rohstoffes. Diesbezüglich wurden in vielen Verbraucherländern u. a. eine starke Wachstumsrate in der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, ein gestiegener Wohlstand bzw. ein großflächiges Staatsgebiet als mögliche Indikatoren für einen hohen Sandbedarf bzw. -verbrauch identifiziert (s. Kap. 4).

Eine tatsächliche Verknappung des Rohstoffes Sand konnte besonders auf Länder beschränkt werden, die mindestens eines dieser Charakteristika aufweisen. In Deutschland übersteigt der Verbrauch an Bausand noch nicht die Abbauraten. Zahlreiche Lagerstätten liefern hier auch ausreichend Quarzsand von hoher Qualität, um neben der Bauindustrie auch andere spezielle Industrien, wie z. B. die Glas- und Chemieindustrie, versorgen zu können (vgl. Kap. 3). Der Sandabbau ist in Deutschland zudem strikten gesetzlichen Vorschriften unterworfen und eine ‚Sandkrise‘ ist daher in naher Zukunft hier nicht zu erwarten. Das aktuelle Beispiel des Rohstoffes Holz mahnt jedoch auch bei Sand zur Vorsicht. Veränderungen auf dem Weltmarkt könnten auch aus einem eigentlich ausreichend verfügbaren Rohstoff ein knappes Gut werden lassen. In Deutschland wird jedoch davon ausgegangen, dass eher Kies und Schotter knapp werden, nicht aber Sand (ELSNER 2018). Auch wenn Deutschland, geologisch gesehen, über eine ausreichende Verfügbarkeit von Bausand verfügt, könnten viele vorhandene Lagerstätten zukünftig, aufgrund anderer vorrangiger Nutzung oder aus Gründen des Umweltschutzes, nicht erschlossen werden (ELSNER 2018).

Bei extensivem Sandabbau, der v. a. in Ländern mit einem sehr hohen Sandbedarf und einer fortgeschrit-

tenen Verknappung des Rohstoffes praktiziert wird, konnten hingegen schon diverse negative ökologische, ökonomische und politische Folgen nachgewiesen werden. Vielfach kann sogar von Raubbau gesprochen werden (s. Kap. 5). Daraus sind bereits Konflikte entstanden, wie die Beispiele in Kapitel 6 zeigen. Anhand dieser exemplarischen Darstellungen und vor dem Hintergrund bestehender Maßnahmen zur Verhinderung einer Sandkrise (s. Kap. 7) soll der Rohstoff Sand nun in Bezug auf sein Krisenpotenzial hin bewertet werden. Die spezifischen Auswirkungen und Folgen des Sandabbaus werden in diesem Zusammenhang, gemäß ihrer räumlichen Wirksamkeit sowie nach Einschätzung ihres Konflikt- bzw. Krisenpotenzials, beurteilt. Als Ergebnis dieser Studie werden relevante Aspekte nun mittels einer Krisenpotenzialmatrix (s. Abb. 14) dargestellt und bewertet.

Als ökologische Folge des Sandabbaus ist dabei zunächst die Beeinträchtigung des Ökosystems (1) zu nennen, die zum Beispiel in Form negativer Auswirkungen des Sandabbaus auf die Biodiversität in Erscheinung tritt. Diesem Aspekt wird eine regionale bis nationale Raumwirksamkeit unterstellt, die ein geringes Krisenpotenzial aufweist. Zwar kann sich der Abbau von Sand deutlich negativ auf das betreffende Ökosystem auswirken und Schäden sowie Konflikte verursachen, doch treten die Auswirkungen meist in eng begrenzten Räumen auf und werden daher kaum für mehr als nationale Krisen sorgen. Auch der Naturschutz kann noch als konfliktrelevante Position angesehen werden, die räumlich begrenzte Konflikte auslösen könnte. Das Potenzial einer weitreichenden Krise zeichnet sich hier jedoch ebenfalls nicht ab.

Des Weiteren spielen die CO₂-Emissionen beim Sandabbau und -transport (2) eine Rolle, die in Zeiten der prognostizierten globalen Erderwärmung als weltweit wirksam angesehen werden müssen. Der Treibhauseffekt könnte durchaus durch den Schadstoffausstoß von Dieselabgasen beim Abbau und beim Sandtransport eine Verstärkung der weltweiten Erwärmung zur Folge haben. Mögliche Konflikte oder gar Krisen sind durch diese Auswirkung aber nicht zu erwarten, da durch diese Emissionen keine eindeutigen Interessenkonflikte entstehen. Im Übrigen handelt es sich beim Klimawandel um ein globales Phänomen, welches durch verschiedene Faktoren bedingt wird, wobei der Sandabbau nicht allein bzw. nicht explizit die Ursache für das Problem ist.

Letztlich ist auch die verstärkte Erosion an den Küsten (3) von Relevanz, wenn es um die ökologischen Folgen des Sandabbaus geht. Wie der Beispielkonflikt zwischen Singapur und Indonesien (s. Kap. 6.4) zeigt, konnte es durch einen extensiven Sandabbau zum Verschwinden mehrerer erosionsbedrohter Inseln kommen.

	Regional/National	International	Global
Ökologische Folgen	(1) Beeinträchtigung des Ökosystems		
	(2) Emissionen		
	(3) Verstärkte Erosion der Küsten		
Wirtschaftliche Folgen	(4) Maßnahmen gegen das Schwinden der Strände, z.B. Strandvorspülungen		
	(5) Beeinträchtigung der Lebensgrundlage		
	- Fischerei		
	- Landwirtschaft		
	- Tourismus		
Politische Folgen	(6) Illegale Aktivitäten & mafiöse Strukturen		
	- Sandraub		
	- Gewalt		
	- Korruption		
	(7) Verschiebung maritimer Grenzen - Ansprüche		
Grün = geringes Konflikt-/Krisenpotenzial, Orange = mittleres Konflikt-/Krisenpotenzial, Rot = hohes Konflikt-/Krisenpotenzial			

△ Abb. 14: Krisenpotenzialmatrix (Quelle: Eigene Darstellung. ZGeoBw, Euskirchen 2021)

Verstärkte Erosion an den Küsten tritt weltweit, aber nicht überall (MITROVICA ET AL. 2019), in Erscheinung, wie Beispiele des Strandschwundes in North Carolina oder auf Sylt belegen (s. Kap. 5.1). Dabei kann das daraus resultierende Konfliktpotenzial sehr unterschiedlich ausfallen. Für global wirksame Auswirkungen können kaum ‚Schuldige‘ verantwortlich gemacht werden, weswegen zwischen den konkreten Akteuren oder beteiligten Staaten somit kein Konflikt festgestellt werden kann. Am Beispiel Singapurs wird jedoch klar, dass sich auf zwischenstaatlicher Ebene durchaus ein höheres Konfliktpotenzial aufbauen kann. Im regionalen und nationalen Kontext können für die verstärkte Küstenerosion oft konkrete Akteure benannt werden, welche den Abbau durchführten. Dennoch ist in solchen Fällen ein eher geringeres Konfliktpotenzial im Vergleich zur zwischenstaatlichen Ebene zu erwarten, da zudem die Möglichkeit einer innerstaatlichen Konfliktlösung besteht. Zu den wirtschaftlichen Folgen des Sandabbaus zählen die – aus der zuvor erwähnten Küstenerosion resultierenden – Maßnahmen gegen das Schwinden der Strände (4). Beispielsweise haben die Strandvorspülungen auf Sylt (s. Kap. 5.1) gezeigt, dass hohe finanzielle Aufwendungen der öffentlichen Kassen notwendig sind, um Strände zu erhalten. Dieser Teilaspekt weist durchaus einen globalen Bezug auf, da überall auf der Welt von einem erhöhten Risiko für die Strände ausgegangen wird. Das Konfliktpotenzial ist aber ebenfalls eher als gering zu bewerten, da auch in diesen Fällen

eine unmittelbare Schuld kaum beweisbar ist und sich somit kein Konflikt zwischen beteiligten Parteien aufbauen kann.

Hingegen stellen Beeinträchtigungen der Fischerei, des Tourismus und der Landwirtschaft (5) mit Sicherheit ein erhöhtes Konfliktpotenzial dar. Wie in Kapitel 5.2 dargestellt, hat hier der Sandabbau auch Einfluss auf andere Wirtschaftsbereiche. Diese Auswirkungen treten zwar primär nur im regionalen bzw. nationalen Kontext auf, könnten aber durchaus für Konflikte zwischen diversen Akteuren sorgen. Insbesondere bei drastischen Folgewirkungen des Sandabbaus auf benachbarte Wohngebiete und bei einer starken Beeinträchtigung der Lebensgrundlage örtlicher Akteure, die auf Fischvorkommen, fruchtbare Böden oder die Strände angewiesen sind, sind räumlich begrenzte Konflikte zu erwarten. In politischer Hinsicht ergeben sich in einigen Schwellenländern Konfliktpotenziale durch vermehrt auftretende illegale und mafiöse Strukturen (6), die in Verbindung mit dem Sandabbau stehen. Wie v. a. die Beispiele Indien und Marokko in Kapitel 6 gezeigt haben, führen illegale, korrupte und gewaltsame Handlungen im Umgang mit dem Rohstoff Sand zu politischen und sozialen Spannungen auf nationaler Ebene. Darüber hinaus hat das Beispiel Singapur verdeutlicht, dass Sand illegal abgebaut und danach über Ländergrenzen geschmuggelt wird. Daraus könnten sich Konfliktpotenziale auf internationaler Ebene entwickeln. Ein akutes Krisenpotenzial mit globalen Auswirkungen ist dennoch

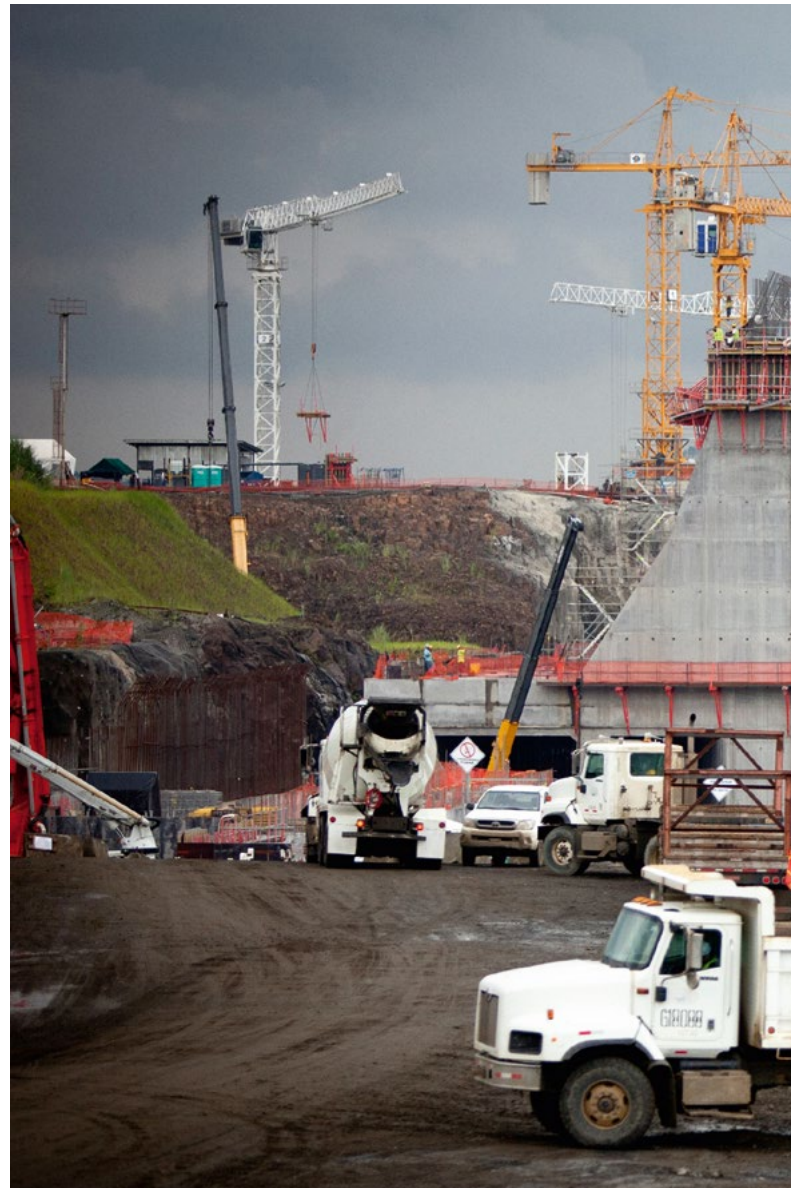
nicht zu befürchten, da sich eine drastische Verknappung des Rohstoffes Sand nur in einzelnen Ländern abzeichnet. Zudem ist ein Krieg um Sand zwischen Staaten beim gegenwärtigen Stand der Rohstoffversorgung und in Anbetracht der legalen Importmöglichkeiten auszuschließen.

Andererseits stellen die Veränderungen von Meeresgrenzen (7), als Folge eines extensiven Sandabbaus, in Kombination mit einem steigenden Meeresspiegel, zusätzliche Risiken für zwischenstaatliche Konflikte dar. Eventuell damit einhergehende Verlagerungen von Besitzansprüchen – zum Beispiel auf Rohstoffe – könnten zukünftig ein schwer abschätzbares Konfliktpotenzial bilden. Bei weiteren Verknappungen von Bausand könnte es außerdem in einigen Ländern zu einem noch verstärkten Sandmangel kommen. Ein passendes Beispiel dafür ist die Erschöpfung der Sandvorkommen in Dubai, was bereits zu einer nationalen ‚Sandkrise‘ und zur Abhängigkeit von Importen aus Australien geführt hat (s. Kap. 6.5). Wenn zusätzliche Verschiebungen von Meeresgrenzen dann dazu führen, dass sich die Besitzansprüche auf Sandvorkommen – und auf andere in den AWZ ggf. vorkommenden Rohstoffe – ändern, könnten politische Spannungen und Streitigkeiten um die Rechte am Abbau mit anderen Anrainerstaaten die Folge sein. Doch selbst dann ist eine Sandkrise auf globaler Ebene genauso unwahrscheinlich wie in den Fällen zuvor. Außerdem bleibt zu hoffen, dass zukünftig eine stärkere weltweite Erfassung und Regulierung des Sandabbaus erfolgen wird. Bereits jetzt werden alternative Baustoffe gesucht sowie Verfahren zur Substitution von Sand bzw. zum Recyclen von Baustoffresten entwickelt, die dann einer zunehmenden Verknappung von Sand entgegenwirken könnten.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die negativen Auswirkungen des Sandabbaus vor allem regionales und nationales Konfliktpotenzial bergen. Sowohl in ökologischer, wirtschaftlicher als auch politischer Hinsicht konnten verschiedene Faktoren identifiziert werden, die zu Interessenskonflikten oder Spannungen unter den Akteuren führen können. Im Fokus stehen dabei zum einen ökologische und ökonomische Beeinträchtigungen, die durch den Sandabbau hervorgerufen werden. Zum anderen spielen bei der Entstehung politischer Konfliktsituationen im Fall von Sand v. a. die Legalität des Sandabbaus bzw. berechnete Besitzansprüche eine zentrale Rolle. Wichtig ist jedoch die Erkenntnis, dass sich die meisten Konflikte um Sand in räumlicher Hinsicht auf die nationale bzw. regionale Ebene begrenzen lassen. Trotzdem sollten die wenigen zwischenstaatlichen Konflikte um den Rohstoff Sand weiter kritisch beobachtet werden. Insbesondere in Regionen mit sehr hohem Sandbedarf sind, bei weiteren Verknappungen des Rohstoffes, auch zunehmende politische Spannungen zu erwarten.

Unter Bezug auf den Titel dieser Studie konnte für Bausand somit vor allem eine Verknappung in nationalen und regionalen Räumen nachgewiesen werden, die ein gewisses Konfliktpotenzial birgt. Eine gravierende internationale Krise, die durch Verknappung von Sand verursacht wurde, konnte im Rahmen dieser Studie nicht festgestellt werden. Somit ist Sand bisher noch kein internationaler ‚Krisenrohstoff‘, ist jedoch, auf nationaler Ebene, in einigen Ländern bereits zur ‚Konfliktressource‘ geworden.

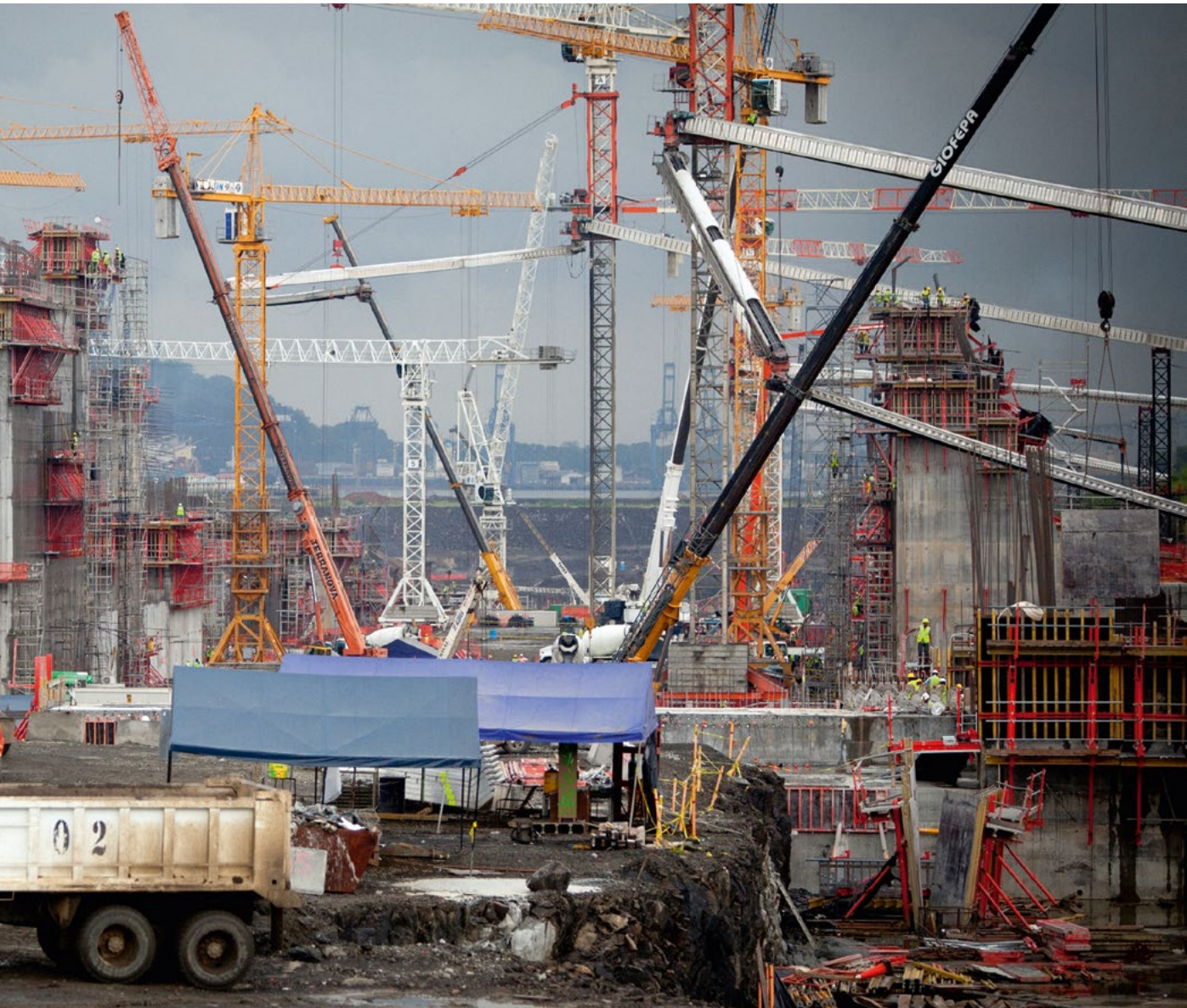
Ein international bis global wirksames Konfliktpotenzial wäre z. B. bei einer Verschiebung von Seegrenzen denkbar. Die Grenzstreitigkeiten um die Seegrenze zwischen Singapur und Indonesien (Kap. 6.4) sind ein Beispiel für das Krisenpotenzial, welches Grenzveränderungen in sich bergen. Sollte ein militärisch stärkerer Staat, wie z. B. China im Südchinesischen Meer, sol-



che Grenzveränderungen forcieren, könnte daraus sehr schnell daraus globales Konfliktpotenzial entstehen. Dennoch sollten die Staaten – z. B. auf Ebene der VN – weiterhin eine globale Kooperation zur Verhinderung eines wachsenden und sich ausweitenden Sandabbaus anstreben. Neben einer intensivierten Zusammenarbeit bei der Regulierung und Überwachung des Abbaus wäre insbesondere ein globales Monitoring von zentraler Bedeutung, um bessere Einblicke in die jeweils aktuelle weltweite Situation des Verbrauchs und Handels mit Sand zu erlangen. Wenn es darum geht, mögliche Konflikte aufgrund der Verknappung eines Rohstoffes exakt zu lokalisieren und einzuschätzen, sind unbedingt belastbare Statistiken und lückenlose Daten

zur globalen Rohstoffsituation notwendig. Darüber hinaus muss die Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Substitution des Rohstoffes Sand sowie zur Senkung des globalen Sandbedarfes fortgeführt werden. Dadurch ließen sich Verknappungen des Rohstoffes aufhalten und resultierende gewaltsame Konflikte vermeiden. Die negativen Auswirkungen des Sandabbaus könnten begrenzt und das Konfliktpotenzial von Sand verringert werden. Daher ist es wichtig, zukünftig noch mehr in die wissenschaftliche Forschung zum Rohstoff Sand zu investieren und weitere Folgen des aktuellen Umgangs mit dieser wertvollen Ressource gründlich zu untersuchen (UNEP 2019).

Errichtung von Brückenpfeilern aus Beton für die Erweiterung des Panamakanals.



LITERATURVERZEICHNIS

- ABDERRAHMANE, A. (2021): Illegal sand mining threatens Morocco's coastline and tourism. <https://issafrica.org/iss-today/illegal-sand-mining-threatens-moroccos-coastline-and-tourism> (Stand: 2.6.2022)
- ALBERS, P., OFFERMANN, H. & REISINGER, M. (2016): Sand als Rohstoff. Kristallin und amorph. In: Chemie in unserer Zeit 50 (3). S. 162–171.
- ALBRECHT-SAAVEDRA, J. & LIPPELT J. (2015): Kurz zum Klima: Zerrinnt uns der Sand zwischen den Fingern? In: ifo-Schnelldienst 68 (21). S. 34–36.
- BAHLBURG, H. & BREITKREUZ, C. (20175): Grundlagen der Geologie. Berlin: Springer Spektrum.
- BGR, BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2010): Deutschland Rohstoffsituation 2010. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-07.html (Stand: 20.9.2021).
- BGR, BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2016): Quarzrohstoffe in Deutschland. BGR, Hannover. https://www.bgr.bund.de/DERA/DE/Downloads/studie-quarz-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Stand: 15.9.2021).
- BOCK, C. (2014): Unser Wohlstand ist auf Sand gebaut. In: Welt Online. <https://www.welt.de/wissenschaft/article127147323/Unser-Wohlstand-ist-auf-Sand-gebaut.html> (Stand: 15.9.2021).
- BÖRNER, A., BORNHÖFT, E., HÄFNER, F., HUG-DIEGEL, N., KLEEBERG, K., MANDL, J., NESTLER, A., POSCHLOD, K., RÖHLING, S., ROSENBERG, F., SCHÄFER, I., STEDINGK, K., THUM, H., WERNER, W. & WETZEL, E. (2012): Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Geologisches Jahrbuch Sonderheft, Reihe D, Heft SD 10). Hannover. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste in der Bundesrepublik Deutschland.
- BENDIXEN, M., BEST, J., HACKNEY, C. & IVERSEN, L. I. (2019): Time is running out for sand. In: Nature, Vol. 571, 4th July 2019, p. 19, 29, 30. <https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-019-02042-4/d41586-019-02042-4.pdf> (Stand: 15.9.2021).
- BR, BAYERISCHER RUNDFUNK (2017): Gier nach Sand. Wenn die Strände schwinden. <https://www.br.de/themen/wissen/sand-rohstoff-abbau-straende-100.html> (Stand: 15.9.2021).
- BR, BAYERISCHER RUNDFUNK (2019): Kies gibt es nicht wie Sand am Meer. <https://www.br.de/nachrichten/wissen/kies-gibt-es-nicht-wie-sand-am-meer,RQdkTis> (Stand: 15.9.2021).
- BROWN, O., PEDUZZI, P. (2019): Driven to Extraction: Can Sand Mining be Sustainable? <https://accelerator.chat-hamhouse.org/article/driven-to-extraction-can-sand-mining-be-sustainable> (Stand: 21.6.2022)
- BRUNOTTE, E., GEBHARDT, H., MEURER, M., MEUSBURGER, P., NIPPER, J. & MARTIN, C. (2002): Lexikon der Geographie. Ökos bis Wald (3. Band). Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg/Berlin.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2021): Sand- und Kiesabbau. <https://www.bfn.de/themen/meeresnaturschutz/belastungen-im-meer/sand-und-kiesabbau.html> (Stand: 14.9.2021).
- DAVENPORT, T., TOWNSEND-GAULT, I., BECKMAN, R., SCHOFFIELD, C., ONG, D., BECKER-WEINBERG, V. & BERNARD, L. (2011): Conference Report. Conference on Joint
- DEVELOPMENT AND THE SOUTH CHINA SEA. UNIVERSITY OF SINGAPORE, CENTRE FOR INTERNATIONAL LAW (CIL). https://books.google.de/books?hl=en&lr=&id=45mcY5XosseMC&oi=fnd&pg=PR1&ots=wmxidJlzoG&sig=dyoj3-WBaAFj-6y1CDDf6k68x_E&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Stand: 15.9.2021).
- ELSNER, H. (2016): Quarzrohstoffe in Deutschland. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/studie_quarz_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Stand: 14.9.2021).
- ELSNER, H. (2018): Sand – auch in Deutschland bald knapp? In: Commodity Top News Nr. 56. Hrsg. BGR, S. 1. https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/56_sand.pdf;jsessionid=FA405DCF5B174F551A8102501DD45063.1_cid321?__blob=publicationFile&v=5 (Stand: 14.9.2021).
- ELSNER, H., SZURLIES, M. (2020): Kies – Der wichtigste heimische Baurohstoff. In: Commodity TopNews Nr. 62. Hrsg.: BGR. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/62_kies.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Stand: 14.9.2021).
- ERTINGER, S. (2013): Raubbau an einem wichtigen Rohstoff. Sand wird zur Schmuggelware. <https://www.>

[handelsblatt.com/unternehmen/energie/raubbau-an-einem-wichtigen-rohstoff-sand-wird-zur-schmuggelware/8301722.html?ticket=ST-5191147-vs995dbet-jOPLSWUo4SB-ap2](https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/raubbau-an-einem-wichtigen-rohstoff-sand-wird-zur-schmuggelware/8301722.html?ticket=ST-5191147-vs995dbet-jOPLSWUo4SB-ap2) (Stand: 13.9.2021).

ETHZ, EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH (2014): Sand (Teil 1): Eine endliche Ressource. <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2014/10/sand-teil-1-eine-endliche-ressource.html> (Stand: 15.9.2021).

F. A. BROCKHAUS VERLAG (Hrsg.) (1970): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Band 2., 4. Auflage. Leipzig, S. 816.

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2021a): Harmonized World Soil Database v 1.2. <http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/> (Stand: 14.9.2021).

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2021b): FAO/UNESCO Soil Map of the World. <http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/> (Stand: 14.9.2021).

FISCHER, G., F. NACHTERGAELE, S. PRIELER, H.T. VAN VELTHUIZEN, L. VERELST, D. WIBERG (2008): Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/> (Stand: 14.12.2021)

GAVRILETEA, M. D. (2017): Environmental Impacts of Sand Exploitation. Analysis of Sand Market. In: Sustainability 9 (7). P. 1–26.

GEO (1997): Singapur. Auf Sand gebaut. <https://www.geo.de/natur/oekologie/865-rtkl-singapur-auf-sand-gebaut> (Stand: 21.6.2022)

GUERIN, B. (2003): The shifting sands of time – and Singapore. <http://www.wildsingapore.com/news/2004/030731-1.htm> (Stand: 15.9.2021).

HAHN, R. (2018): So knapp wie Sand am Meer. <https://www.faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/so-knapp-wie-sand-am-meer-15507665.html> (Stand: 14.12.2021)

HANDELSBLATT (2017): Kostbare Körner. Auf Sand gebaut. <https://www.handelsblatt.com/technik/energie-umwelt/kostbare-koerner-auf-sand-gebaut/20283716.html?ticket=ST-633158-mLnjMUwixCrIpXTxWnz-ap5> (Stand: 14.09.2021).

HENNINGSSEN, R. (2017): Sandvorspülungen. Neuer Sand für Sylter Strand. In: Sylter Rundschau. <https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/neuer-sand-fuer-sylter-strand-id16718986.html> (Stand: 15.9.2021).

HIK, HEIDELBERG INSTITUTE FOR INTERNATIONAL CONFLICT RESEARCH (2017): Conflict Barometer 2016. <https://hiik.de/download/conflict-barometer-2016/> (Stand: 15.9.2021).

HÖHNE, S. (2019): Ein Münchener Startup entwickelt Bausand für Wüstenstaaten. (<https://www.businessinsider.de/gruenderszene/business/multicon-sand-bauen/>) (Stand: 15.9.2021).

JÄGER, T. (2009): Grundzüge der Internationalen Beziehungen. Einführung in die Analyse Internationaler Politik. https://jaeger.uni-koeln.de/fileadmin/templates/onlinetutorium/IB/Folien_SoSe_2009/10_Konflikttheorie_Jaeger.pdf (Stand: 15.9.2021).

JEWELL, C. (12.9.2017): Urbanisation-led sand shortages fuelling violent conflict and environmental disasters. In: The Fifth Estate. <https://www.thefifthestate.com.au/innovation/materials/urbanisation-led-sand-shortages-fuelling-violent-conflict-and-environmental-disasters> (Stand: 15.9.2021).

KAMMESHEIDT, L. (2020): Sand, eine zunehmend knappe Ressource. In: Naturwissenschaftliche Rundschau, 73. Jahrgang, Heft 2, 2020. S. 85–86.

LÜBBERT, H. (2019): Auf Sand gebaut. In: Ernst Klett Verlag (Hrsg.). <https://www.klett.de/alias/1108756> (Stand: 7.12.2021).

LiS, LIMITS IN THE SEAS (1974): Territorial Sea Boundary: Indonesia - Singapore. United States Department of State. No. 60. <https://www.state.gov/wp-content/uploads/2019/11/LIS-60.pdf> (Stand: 15.9.2021).

MANDL, J. (2021): Kies und Sand. https://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/rohstoffe/sand_und_kies/kies-und-sand-562.html (Stand: 15.9.2021).

MILDNER, S.-A. (2010): Konkurrenz um knappe Ressourcen. Projektpapier (Hrsg.:) Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP), Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit. Berlin. https://www.swp-berlin.org/publications/products/projekt_papiere/projap_resourcen_20100211_ks.pdf (Stand: 8.12.2021).

MILDNER, S.-A. (2011): Konfliktrisiko Rohstoffe? Herausforderungen und Chancen im Umgang mit knappen Ressourcen. SWP-Studie. Berlin. <https://www.swp-berlin.org/publikation/knappe-ressourcen-konfliktrisiko-rohstoffe> (Stand: 15.9.2021).

- MITROVICA, J. X., TAMISIEA, M. E., IVINS, E. R., VERMEERSEN, B., MILNE, G. A. & LAMBECK, K. (2019): Surface Mass Loading on a Dynamic Earth: Complexity and Contamination in the Geodetic Analysis of Global Sea-Level Trends. In: Understanding Sea-Level Rise and Variability, P. 285–325. file:///C:/Users/davidpuhl/Downloads/Understanding_Sea-Level_Rise_and_Variability.pdf (Stand: 15.9.2021).
- MND, MINISTRY OF NATIONAL DEVELOPMENT (2013): A high Quality Living Environment for all Singaporeans. Land Use Plan to support Singapore's Future Population. https://www.mnd.gov.sg/docs/default-source/mnd-documents/publications-documents/land-use-plan.pdf?sfvrsn=4cfdffb9_0 (Stand: 15.9.2021).
- NESTLER, R. (2016): Schwindender Rohstoff: Sand auf Abwegen. In: Tagesspiegel. 7.8.2016. <http://www.tagesspiegel.de/wissen/schwindender-rohstoff-sand-auf-abwegen/13979132.html> (Stand: 15.9.2021).
- NEUKIRCHEN, F. & RIES, G. (2014): Die Welt der Rohstoffe. Lagerstätten, Förderung und wirtschaftliche Aspekte. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- WANG, B. (2016): Sand Wars – China and developing countries need tens of billions tons of sand for urbanization and economic growth. In: NextBigFuture, 31.10.2016, <https://www.nextbigfuture.com/2016/10/sand-wars-china-and-developing.html> (Stand: 15.9.2021).
- OEC, OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY (2022): Sand. <https://oec.world/en/profile/hs/sand> (Stand: 20.6.2022)
- PEDUZZI, P. (2014): Sand, rarer than one thinks. In: UNEP Global Environmental Alert Service (GEAS): Environmental Development. Vol. 11. S. 208–218. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS_Mar2014_Sand_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y (Stand: 13.9.2021).
- PEREIRA, K. & RATNAYAKE, R. (2013): Water Integrity in Action. Curbing illegal sand mining in Sri Lanka. Water Integrity Network, Berlin. https://www.waterintegritynetwork.net/wp-content/uploads/2015/04/Case_SriLanka_SandMining_EN_2013.pdf (Stand: 16.9.2021).
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R. (1987): Sand and Sandstone. New York: Springer Verlag.
- QUÉROUIL, M. (05.08.2015): Die Sandräuber von Marokko. In: VICE. <https://www.vice.com/de/article/mv4xky/die-sandrauber-0001063-v11n5> (Stand: 16.9.2021).
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.-H. & SCHWERTMANN, U. (1992/13): Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- SCHUSTER, A. (2012): Sri Lanka: Aktuelle Situation. Update. Bern: SFH, Schweizerische Flüchtlingshilfe.
- SGD, STAATLICHE GEOLOGISCHE DIENSTE DEUTSCHLANDS (2008): Rohstoffsicherung in der Bundesrepublik Deutschland – Zustandsbericht. https://www.infogeo.de/Infogeo/DE/Downloads/rohstoffsicherung_2008.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Stand: 14.9.2021).
- SIELER, F. (2018): Die Ressource Sand im Kontext des globalen Wandels unter besonderer Berücksichtigung des Sandabbaus in Mecklenburg-Vorpommern. <https://www.grin.com/document/426837> (Stand: 16.9.2021).
- STATISTA (2022): Major countries in worldwide cement production in 2021. <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/> (Stand: 20.6.22)
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz) – Lange Reihen der Fachserie 17, Reihe 2 von Januar 2005 bis Mai 2022. S. 11,88. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Erzeugerpreisindex-gewerbliche-Produkte/Publikationen/Downloads-Erzeugerpreise/erzeugerpreise-lange-reihen-pdf-5612401.html> (Stand: 20.6.2022)
- KANDARR, J. (2019): Natürliche Ressourcen unter Druck. Folgen des Sandabbaus. In: ESKP, Wissensplattform Erde und Umwelt. (Hrsg.). <https://themenspezial.eskp.de/metropolen-unter-druck/natuerliche-ressourcen-unter-druck/folgen-des-sandabbaus-93767/> (Stand: 16.9.2021).
- SUMBRAMANIAN, S. (2017): How Singapore is creating more land for itself. <https://www.nytimes.com/2017/04/20/magazine/how-singapore-is-creating-more-land-for-itself.html> (Stand: 16.9.2021).
- SWANSON, A. (2015): How China used more cement in 3 years than the U.S. did in the entire 20th Century. In: The Washington Post, 24.3.2015. <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/03/24/how-china-used-more-cement-in-3-years-than-the-u-s-did-in-the-entire-20th-century/> (Stand: 16.9.2021).
- THE GROWTH LAB AT HARVARD UNIVERSITY (2022). The Atlas of Economic Complexity. <http://www.atlas.cid.harvard.edu> Stand: (30.6.2022)
- THE STRAITS TIMES (2017): Singapore, Indonesia submit the third sea border treaty to UN as they celebrate 50th anniversary of ties, 26.9.2017. <https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/singapore-indonesia-submit-final-sea-border-treaty-to-un-as-they-celebrate-50th> (Stand: 16.9.2021).

TORRES, A., BRANDT, J. LEAR, K. & LIU, J. (2018): A looming tragedy of the sand commons. https://www.researchgate.net/publication/319535816_A_looming_tragedy_of_the_sand_commons/link/59b22ffaa-ca2728472d1c5d9/download (Stand: 15.9.2021).

UN DATA (2022): A world of information. http://data.un.org/Data.aspx?d=ComTrade&f=_l1Code%3A26 (Stand: 14.6.2022).

UNEP, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2019): Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28163/SandSust.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Stand: 14.9.2021).

USGS (2019): Mineral Commodity Summaries. Reston: U.S. Geological Survey. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70202434> (Stand: 16.9.2021).

VDZ, VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE (2019): Zementverbrauch in Deutschland. <https://www.vdz-online.de/publikationen/zahlen-und-daten/c-zementabsatz-und-verbrauch/#c18503> (Stand: 15.9.2021).

WAINWRIGHT, O. (13.02.2018): Not the end of The World: the return of Dubai's ultimate folly. <https://www.theguardian.com/cities/2018/feb/13/not-end-the-world-return-dubai-ultimate-folly> (Stand: 15.9.2021).

WALD, F. (2022): Ohne Sand kein Haus – Rohstoffknappheit in der Baubranche. In: Praxis Geographie, Heft 5 – 2022. Braunschweig: Westermann Verlag, S. 21–22.

WELLAND, M. (2014): Singapur. Geraubter Sand. Über den Umgang mit einem begehrten Rohstoff. In: Kulturaustausch: Zeitschrift für internationale Perspektiven II/2014, S. 35.

SCHOBEL, S. (2020): Sicherheitsrisiken und Konfliktkonstellationen durch den globalen Meeresspiegelanstieg. In: Leiter Geoinformationsdienst der Bundeswehr (Hrsg.): Geopolitische Information 1/2020. Selbstverlag: Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr, Euskirchen.

IMPRESSUM

Herausgeber:
Leiter Geoinformationsdienst der
Bundeswehr

Verfassende:
Tim Kräutner,
Birgit Albrecht,
David Puhl,
Dr. Heinz Hüttl,
Dezernat Geopolitik/Geographie

Redaktion:
Dezernat Fachpublikationen/
Fachinformationsstelle

Zitationsvorschlag:
Kräutner, T., Albrecht, B., Puhl, D.,
Dr. Hüttl, H. (2022): Sand – ein
unterschätzter Rohstoff?
In: Leiter Geoinformationsdienst
der Bundeswehr (Hrsg.):
Geopolitische Information, 1/2022.
Selbstverlag Zentrum für Geoin-
formationswesen der Bundeswehr,
Euskirchen.

Anschrift:
Zentrum für Geoinformationswesen
der Bundeswehr - Dezernat
Fachpublikationen/Fachinforma-
tionsstelle
Frauenberger Str. 250
53879 Euskirchen
Tel.: 02251 953 - 4130
FspNBw: 90 3461 - 4130

E-Mail:
ZGeoBwPressearbeit
@bundeswehr.org

Stand: August 2022
Druck: G22_1031

Die Geopolitische Information ist
eine Fachzeitschrift des Geoinfor-
mationsdienstes der Bundeswehr.
Sie wird kostenlos abgegeben und
ist nicht zum Verkauf bestimmt.



BUNDESWEHR