



Mikroplastik in Meersalz – Untersuchung des Einflusses verschiedener Meersalzgewinnungsmethoden auf Java, Indonesien

Michael Toni Sturm^{1,3,4}, Dwiytno Dwiytno², Hedi Indra Januar², Katrin Schuhen¹

¹Wasser 3.0 gGmbH

²Research and Development Center for Marine and Fisheries Product Processing and Biotechnology, Jakarta, Indonesia

³abc GmbH

⁴Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Engler-Bunte-Institut (EBI), Chair of Water Chemistry and Water Technology,

Plastik und Mikroplastik sind inzwischen in allen Teilen der Umwelt und somit auch der Meere zu finden. Bei der Meersalzproduktion wird salzhaltiges Meerwasser in große Becken geleitet, in welchen das Wasser durch Sonneneinstrahlung und Wind verdunstet und somit nur das gelöste Salz zurückbleibt. Zusammen mit dem Salz bleibt auch das im Wasser enthaltene Mikroplastik zurück (Dwiytno et al. 2021).



Meersalz als Eintragsquelle von Mikroplastik in den menschlichen Körper

Meersalz ist ein wichtiger Rohstoff für verschiedene industrielle Prozesse wie auch für die Nahrungsmittelindustrie. Besonders problematisch ist die Mikroplastikbelastung, wenn das Salz als Speisesalz verwendet wird. Dadurch wird das Mikroplastik direkt auf den Menschen übertragen. Es ist bekannt, dass Mikroplastik vom menschlichen Gewebe aufgenommen und über das Blut im gesamten Körper verteilt werden kann (Lusher et al. 2017). So hat eine Studie von 2019 Mikroplastik in alle Gewebeproben von menschlichen Organen festgestellt (Hoferichter 2020). Was das Mikroplastik im menschlichen Körper verursacht, ist derzeit noch nicht abschließend geklärt. (Vethaak and Legler 2021)

Viele Forschergruppen untersuchen derzeit die Auswirkungen von Mikroplastik auf den Menschen. Erste Ergebnisse zeigen Verbindungen zu u.a. Krebs, Unfruchtbarkeit und Impotenz (Abbildung 1).

Meersalzgewinnung in Indonesien – mit besonderem Fokus auf die Mikroplastikbelastung

Die Mikroplastikkonzentrationen im auf der Insel Java gewonnenen Meersalz und die Einflüsse der verschiedenen lokalen Produktionsmethoden auf die Mikroplastikkontamination waren die Forschungsgegenstände einer im Juni 2021 gemeinsam veröffentlichten Studie des Forschungs- und Entwicklungszentrums des Ministeriums für Marine- und Fischereiproduktverarbeitung und Biotechnologie Indonesien und Wasser 3.0.

Indonesien gehört mit einer Abgabe zwischen 0.48 und 1.29 Millionen Tonnen Plastik pro Jahr (nach Schätzungen von Jambeck et al. 2015) bzw. 0.27 und 0.59 Millionen Tonnen Plastik pro Jahr (gemäß Angaben der Regierung nach Kemenkomar 2020) zu den größten Plastikemittenten der Welt in die Ozeane. Dies spiegelt sich in einer höheren Mikroplastikbelastung in der Meersalzproduktion wider (Kim et al. 2018).

Derzeit gehört die Salzproduktion zu den vorrangigen Wirtschaftssektoren Indonesiens. Dabei können ca. 4,5 Millionen Tonnen lokal produziert werden (auf

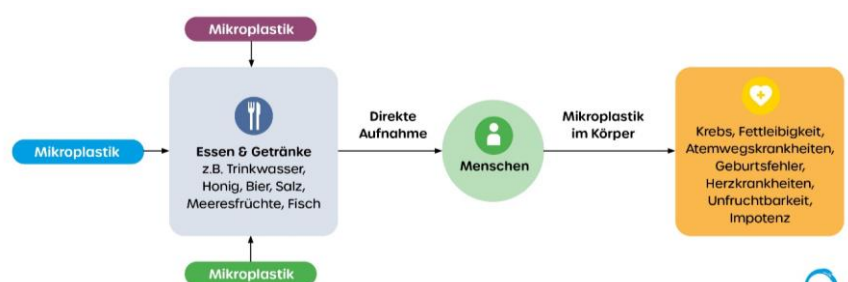


Abb. 1: Welche Auswirkungen hat Mikroplastik auf die Gesundheit? ©Wasser 3.0

einer Fläche von 26.000 Hektar). Dies entspricht jedoch weniger als 50 Prozent des nationalen Salzbedarfs (Dwiyitno et al. 2021). In der Konsequenz wurden beispielsweise im Jahr 2019 2,6 Millionen Tonnen Meersalz für über 95 Millionen US\$ importiert. Diese Menge hat sich im Jahr 2020 auf 2,9 Millionen Tonnen erhöht.

Neben der Produktionsmenge stellt auch die Qualität des Salzes, das überwiegend nach traditionellen Verfahren ohne weitere Verarbeitung (Raffination, Aufreinigung) gewonnen wird, ein Problem dar. Das Salz ist aufgrund seiner geringen Reinheit, einer NaCl-Konzentration von unter 95 % und dem hohen Gehalt an Schwebstoffen für industrielle Anwendungen häufig ungeeignet.

Methoden der Meersalzgewinnung

Die traditionelle Methode besteht typischerweise aus mehreren aufeinanderfolgenden Becken: Einem Stabilisierungsbecken zur Fällung großer Partikel und Entfernung von weniger löslichen Sulfaten und Carbonaten, gefolgt von Becken zur Verdampfung, Konzentration, Kristallisation und Ernte (Dwiyitno et al. 2021). Zur Verbesserung der Meersalzproduktion wurden in den letzten Jahren mehrere neue Technologien eingeführt.

Um die Effizienz zu verbessern, wurde der Einsatz eines schwarzen Isolators aus HDPE (High Density Polyethylen) in Verdampfungs- und Kristallisationsbecken eingeführt. Die schwarze Farbe absorbiert mehr Sonnenlicht und erzeugt so mehr Wärme. Gleichzeitig verhindert die Folie das Versickern des Wassers in den Boden und erhöht somit die Ausbeute. Mit dieser als Geomembran bekannten Methode konnte die Salzproduktionszeit von drei auf zwei Wochen pro Produktionszyklus verkürzt und der Ertrag erhöht werden. Derzeit kombiniert ein geschlossenes Verfahren die Verwendung von HDPE-Geomembranbecken mit einem UV-beständigen Kunststoffdach (Tunnel), um die Produktionsbeschränkung während der Regenzeit zu umgehen (Abbildung 2). Dieses verbesserte Verfahren erhöht



Abb. 2: Typische Aufbauten von Tunnel (links), Geomembran (mitte) und traditioneller Becken (rechts) zur Meersalzgewinnung (Dwiyitno et al. 2021).

Tab. 1: Gemessene Mikroplastikkonzentrationen in Meersalzproben produziert mit den drei unterschiedlichen Produktionsmethoden an zwei Standorten auf Java (Dwiyitno et al. 2021).

Methode	Mittelwert [MP / kg]	Minimum [MP / kg]	Maximum [MP / kg]	Standardabweichung [MP / kg]
Traditionell	273.5	100	403	108.0
Geomembran	154.4	55	240	79.8
Tunnel	118.2	75	160	43.7

zusätzlich die Produktivität (60–120 t/ha/Jahr) und die Salzqualität (NaCl 90–99%).

Ermittlung der Mikroplastikkonzentrationen in den verschiedenen Verfahren der Meersalzproduktion

Die traditionelle, Geomembran- und Tunnel-Methode stellen die auf Java am häufigsten eingesetzten Methoden zur Meersalzgewinnung dar. Wasser 3.0 beschäftigt sich schon länger mit der Thematik der Mikroplastikbelastung in Meersalz und wie diese vermieden werden kann. Im Rahmen eines Kooperationsprojekts wurden vom Forschungs- und Entwicklungszentrum des Ministeriums für Marine- und Fischereiproduktverarbeitung und Biotechnologie Indonesien gemessene Daten zur Mikroplastikbelastung in Salz – erhoben an zwei Standorten auf Java an denen die drei verschiedenen Produktionsmethoden (traditionell, Geomembran und Tunnel) eingesetzt werden – evaluiert und statistisch ausgewertet. Mit interessanten Erkenntnissen.

In Tabelle 1 sind die gemessenen Konzentrationen aufgelistet. Diese bewegen sich in für Meersalz typischen Kontaminationsbereichen. Die statistischen Auswertungen haben keine Unterschiede in

der Mikroplastikkontamination zwischen den zwei verschiedenen Standorten gezeigt. Auch die Unterschiede zwischen der Geomembran- und Tunnelmethode befinden sich innerhalb der Messschwankungen und sind daher statistisch nicht signifikant. Charakteristische Unterschiede waren zwischen der traditionellen und der Geomembran-Methode zu finden, mit einer durchschnittlichen Abweichung von 119 MP / kg sowie der traditionellen- und Tunnelmethode mit einer durchschnittlichen Abweichung von 155 MP / kg.

Diese Unterschiede sind vor allem auf den Einsatz der Geomembran zurückzuführen. Diese verhindert ein Versickern des salzhaltigen Wassers im Boden, wodurch das im Wasser gelöste Salz verloren geht während das Mikroplastik (als Feststoff) nicht versickert. So bleibt im Verhältnis zum gewonnenen Salz mehr Mikroplastik zurück und die Kontamination ist erhöht.

Bei der mikroskopischen Untersuchung des Mikroplastiks konnten keine Plastikpartikel identifiziert werden, welche aus der Geomembran (= schwarze HDPE-Folie) stammen. Die Membranen an den Probenahmeorten waren weniger als ein Jahr im Einsatz und deren Lebens-

dauer ist mit mindestens fünf Jahren angegeben. Um eine Kontamination durch diese zu vermeiden, sollte daher darauf geachtet werden, sie rechtzeitig auszutauschen.

Überlegungen zu Eintragsquellen von Mikroplastik in Meersalz – und Vermeidungsmöglichkeiten

Mikroplastik kann auch durch die Luft und über Wind aus stark kontaminierten Bereichen wie Städten in ländliche Bereiche transportiert werden (Bergmann et al. 2017). Daher könnte der Plastiktunnel gegen einen Eintrag dieser Partikel in das Meersalz schützen. Um hier jedoch eindeutige und aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, müsste eine höhere Anzahl an Proben analysiert werden.

Um eine Kontamination des Meersalzes komplett zu vermeiden, muss das Mikroplastik aus dem Meerwasser entfernt werden, welches in die Salinen fließt. Hierzu braucht es besonders in solch ländlichen Gebieten, wie die untersuchten Salinen in Indonesien, eine günstige und technisch einfach anzuwendende Methode.

Das Verfahren Wasser 3.0 PE-X® entfernt Mikroplastik aus Meerwasser

Die Entfernungstechnologie Wasser 3.0 PE-X® bietet eine vielversprechende Alternative zur aufwendigen Filtration. Durch deren modularen und skalierbaren Aufbau sowie ihrem Verbau in einer mobilen Container-Lösung kann die Mikroplastik-Entfernung unkompliziert

und überall betrieben werden. Je nach gewünschtem Grad der Automatisierung und finanziellen Möglichkeiten ist auch die Steuertechnik ein variabler Parameter, der von minimal bis maximal reichen kann.

Um Synergien möglichst gewinnbringend zu nutzen, bietet es sich an, die Wasser 3.0-Anlage für die Entfernung von Mikroplastik aus Meerwasser an den Zuflusskanälen der Salinen zu platzieren, die sich mehrere Salzproduzenten teilen. Die benötigten Materialien zur Mikroplastik-Agglomeration (Hybridkieselgele aus den Laboren der abcr GmbH) sind einfach zu transportieren und zu lagern. Die Hybridkieselgele werden im Agglomerationsprozess komplett aus dem Wasser entfernt, wodurch kein Risiko besteht, dass diese ins Meersalz gelangen (Sturm et al. 2021). Erste Testläufe von Wasser 3.0 zur mikroplastikfreien Meersalzgewinnung im technischen Maßstab sind bereits in Planung. Auch der Einsatz in der Meerwasserentsalzung erweist sich als vielversprechend.

Literaturverzeichnis

Bergmann M, Wirzberger V, Krumpfen T, Lorenz C, Primpke S, Tekman MB, Gerdt G (2017) *High Quantities of Microplastic in Arctic Deep-Sea Sediments from the HAUSGARTEN Observatory*. *Environ Sci Technol* 51:11000–11010.

Dwiyitno D, Sturm MT, Januar HI, Schuhen K (2021) *Influence of various production methods on the microplastic*

contamination of sea salt produced in Java, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*.

Hoferichter A (2020) *Forscher spüren Plastik im Leib auf*. Accessed 14 June 2021

Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Law KL (2015) *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *Science* 347:768–771.

Kemenkomar (2020) *Penanganan Sampah Laut Masih Terus Berlanjut*. Accessed 17 November 2020

Kim J-S, Lee H-J, Kim S-K, Kim H-J (2018) *Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-Grade Salts: Sea Salt as an Indicator of Seawater MP Pollution*. *Environ Sci Technol* 52:12819–12828.

Lusher A, Hollman PCH, Mendoza-Hill J (2017) *Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, vol 615. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Sturm MT, Horn H, Schuhen K (2021) *Removal of Microplastics from Waters through Agglomeration-Fixation Using Organosilanes—Effects of Polymer Types, Water Composition and Temperature*. *Water* 13:675

Vethaak AD, Legler J (2021) *Microplastics and human health*. *Science* 371:672–674.

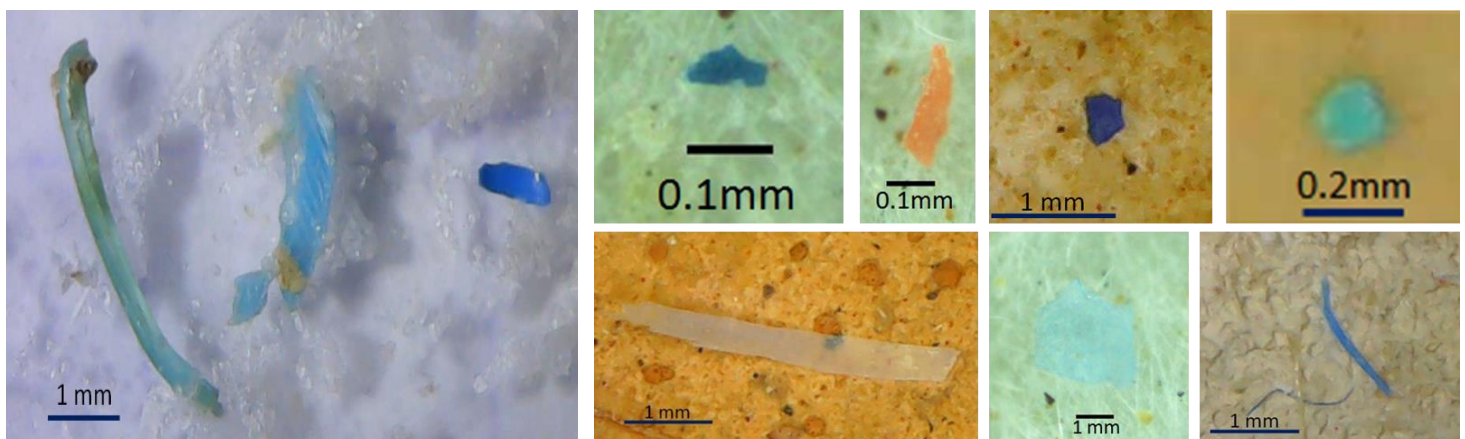


Abb. 3: Beispiele von Mikroplastikfunden in Meersalz, neben Bruchstücken und Fragmenten, die größeren Kunststoffteilen zugeordnet werden können, finden sich Granulate, Fasern und Folien. (Dwiyitno et al. 2021).