

Kurzstudie für den Runden Tisch Meeresmüll
im Rahmen des ReFoPlan-Vorhabens FKZ 3719 25 204 0

Massenermittlung und Abschätzung der Recyclingpotentiale von Abfällen an Strän- den der deutschen Nord- und Ostsee

Ergebnisse eines Modellversuchs und Lessons learnt

Kurzfassung

Massenermittlung und Abschätzung der Recyclingpotentiale von Abfällen an Stränden der deutschen Nord- und Ostsee

Ergebnisse eines Modellversuchs und Lessons learnt

vorgelegt von:

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Manfred Renner und Prof. Dr.-Ing Christian Doetsch

Osterfelder Straße 3

46047 Oberhausen

Ihre Ansprechpartner für dieses Projekt:

Name	Telefon	E-Mail
Anna Schulte, M. Sc.	0208-8598-1588	anna.schulte@umsicht.fraunhofer.de
Jessica Buchta, M. Sc.	<i>An einem anderen Ort tätig</i>	

Auftraggeber:

Umweltbundesamt (UBA)

Vorhaben:

Unterstützung des Runden Tisch Meeresmüll bei der Operationalisierung der Maßnahmenvorschläge zu Umweltziel 5 der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) »Reduktion von Müll im Meer« (FKZ 3719 25 204 0)

Dieser Bericht ist durch das Umweltbundesamt (UBA) zur Unterstützung des Runden Tisch Meeresmüll (RTM) beauftragt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren. Das UBA übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter. Zur Bearbeitung des Vorhabens wurden relevante Vorarbeiten durch Dr. Marco Breitbarth (Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e. V.) zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus haben folgende Mitglieder des RTM durch die Bereitstellung von Fachinformationen und eine kritische Durchsicht einzelner Kapitel die Arbeit der Autoren unterstützt: Dennis Gräwe (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern), Kirsten Dau (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)) und Juliane Rode (UBA). Die Studie wurde durch Lisa Rödiger (Ökopol – Institut für Ökologie und Politik, Gesamtvorhabenleitung) koordiniert und begleitet.

Kurzfassung

Motivation und Ziel Bereits seit einigen Jahren finden an deutschen Nord- und Ostseestränden Müllsammelungen und -zählungen der an Stränden gefundenen Abfälle statt. Auf den Ergebnissen solcher stückzahlbezogenen „Strandmüll-Monitorings“ oder auch „Spülsaum-Monitorings“ basiert die EU-Einwegkunststoffrichtlinie, die Maßnahmen für besonders häufige und besonders schädliche Fundstücke vorsieht. Bislang existieren jedoch keine Studien zur Abschätzung der Gesamtmassen von Strandabfällen mit Fokus auf Kunststoffprodukte, die jährlich an den deutschen Nord- und Ostseestränden anfallen.

Stückzahlen lassen keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die anfallenden Massen der jeweiligen Abfallart zu. Daher können anhand der vorliegenden Monitoring-Ergebnisse weder Abschätzungen zu den hiermit verbundenen Entsorgungskosten noch zu den gegebenenfalls bestehenden Recyclingpotenzialen vorgenommen werden. Hinzu kommt, dass bisherige Bemühungen, die Massen der gefundenen Objekte zu quantifizieren, zu teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Dies liegt u.a. daran, dass die Durchführung solcher Erhebungen mit verschiedenen wissenschaftlichen und praktischen Fragen sowie Herausforderungen verbunden ist – wie etwa der Frage, ob Feucht- oder Trockengewichte erhoben werden sollten, wie hoch die Restfeuchte jeweils sein müsste und in der Praxis zu bestimmen wäre oder wie mit Anhaftungen von mineralischen Partikeln oder Biota im Rahmen einer solchen Datenerhebung umzugehen ist.

Ziel dieser Kurzstudie war es, die jährlich anfallen Strandmüllmassen auf Basis vorliegender Ergebnisse aus verschiedenen Strandmüll-Zählungen an der gesamten deutschen Nord- und Ostsee und die verbundenen Recyclingpotenzialen abzuschätzen, um anhand dieses Modellierungsversuchs die Herausforderungen und möglicherweise bestehenden Grenzen zu identifizieren und zu dokumentieren, die aus dem bisherigen stückzahlbezogenen Monitoring für die Durchführung solcher Abschätzungen für die wissenschaftliche Praxis resultieren.

Vorgehen und Methode

Zur Massenermittlung wurde eine Recherche zu (Leer-)gewichten der Abfallobjekte durchgeführt entsprechend der Identifikationsnummern (IDs) des OSPAR-Protokolls, nachdem Abfälle bisher an der deutschen Nord- und Ostseeküste erfasst werden. In der EU gibt es jedoch verschiedene Erfassungslisten für Abfallobjekte an Stränden. Eine davon ist die EU Joint List of Litter Categories. Zur Vergleichbarkeit fand eine Massenzuordnung auch auf Basis der EU Joint List of Litter Categories statt. Anschließend erfolgte die Bestimmung der Strandlängen der deutschen Nord- und Ostseeküste mittels Geoinformationssystemen (GIS). Der Abgleich der Daten und die daraus entstehenden Unsicherheiten wurden

untersucht und beschrieben. Nach der Zuordnung der anzunehmenden Massen je ID sind die Gesamtmassen durch Multiplikation mit der Stückzahl aus den Monitorings ermittelt worden. Der Fokus der Auswertung liegt auf Kunststoffprodukten. In einem letzten Schritt wurden Recyclingpotenziale von Abfällen unter Zuhilfenahme existierender Definitionen abgeschätzt.

Schwachstellen und Herausforderungen bei der Massenermittlung

Bei der beschriebenen Herangehensweise der Ermittlung der Massen und Recyclingpotenziale auf Basis der stückzahlbezogenen Monitorings entstehen eine Reihe von Unsicherheiten und Herausforderungen, die ein zentrales Ergebnis der Kurzstudie darstellt. Das angewandte Vorgehen zur Hochrechnung der Massen und Recyclingpotenziale kann daher lediglich als erste grobe Abschätzung für weitere Arbeiten genutzt werden. Besonders hervorzuheben ist hier die bisher lückenhafte und teils inkonsistente Datenbasis, z. B. in Bezug auf die herangezogenen Massen sowie den daraus ermittelten Recyclingpotenzialen in Kilogramm pro Strandkilometer. Die Ergebnisse geben absolute Werte wieder, sind jedoch aufgrund diverser Annahmen und Randbedingungen erläuterungsbedürftig und unterliegen jedoch einer Vielzahl von Unsicherheiten.

Unterschiedliche Quellen zur Massenermittlung

Die Massenermittlung der Abfälle erfolgte auf Grundlage unterschiedlicher Quellen, welche nicht direkt aus Strandmüllzählungen stammen. Beispielsweise wurden für die Massenermittlung sowohl Gewichte aus empirischen Erhebungen an Flüssen (Feuchtgewichte) als auch Gewichte aus Internetrecherchen neuer Produkte vor dem Inverkehrbringen (Trockengewichte) herangezogen. Die Verwendung von Trocken- und/oder Feuchtgewichten wurde während des Projektvorhabens kontrovers diskutiert. Gegen die Verwendung von Trockengewichten aus Internetrecherchen spricht, dass dies Gewichte neuer Produkte sind, welche ggf. von den tatsächlichen Strandmüllfunden abweichen. Gegen die Verwendung von Feuchtgewichten spricht das zusätzliche Gewicht durch Feuchtigkeit, Organik oder Sand, welches vor allem für die Ermittlung der Recyclingpotenziale irrelevant ist. Sowohl Daten zu Trocken- als auch zu Feuchtgewichten lagen unzureichend vor. Für die Hochrechnung wurden alle zur Verfügung stehenden Quellen genutzt. Teilweise sind Feucht- und Trockengewichte verwendet worden, d.h. experimentell erfasste Massen und Massen aus Internetrecherchen. Falls mehrere Werte vorlagen, wurde ein Mittelwert gewählt. Für eine konsistente Hochrechnung müssten die Daten einheitlich zur Verfügung stehen und die Begriffsverwendungen und -bezüge konsistent verwendet werden. Für weitere Arbeiten ist zu prüfen, inwieweit sowohl Feucht- als auch Trockengewichte einzu beziehen sind.

Große Spannbreiten und unklare Repräsentativität der Ergebnisse

Die Massenhochrechnung wurde zuerst für die einzelnen Strandabschnitte berechnet. Anschließend wurde aus allen Zählungen ein Mittelwert pro Kilometer gebildet. Dieser wurde schließlich auf die ermittelte Gesamtstrandlänge bezogen. Die Ergebnisse der einzelnen Monitoring-Strandabschnitte weisen jedoch

eine große Spannweite in Bezug auf die hochgerechneten Massen der untersuchten Materialkategorien auf - für synthetischen Kunststoff an der Ostsee zwischen 0,1 und 19,6 Kilogramm pro 100 Meter und pro Jahr (kg/100m*Jahr). Es konnten keine Aussagen über die Repräsentativität einzelner Strandabschnitte für die gesamte Strandlänge hinsichtlich des Abfallaufkommens bzw. der Abfallmassen getroffen werden. Ausreißer, z. B. aufgrund weniger besonders schwerer Objekte, sind bei einer Massenhochrechnung ggf. wahrscheinlicher als bei einer Ermittlung der Stückzahlen.

Teils unvollständige Daten der OSPAR-Monitorings

Bei der zur Verfügung stehende Datengrundlage der OSPAR-Monitorings fehlen einzelne Zählungen innerhalb der Erfassungszeiträume. Dies erschwert die Herleitung eines zeitlichen Bezugs bzw. die Hochrechnung der Zählungen pro Jahr. Standardmäßig werden vier Zählungen pro Jahr durchgeführt. Inwieweit einige Zählungen aufgrund von Wetterereignissen ausgefallen sind oder für die Abschätzung nicht zur Verfügung standen, konnte abschließend nicht geklärt werden. Dennoch wurde durch eine Mittelwertbildung der Zählungen pro Jahr ein zeitlicher Bezug angenähert.

Unsicherheiten im Ranking durch die Harmonisierung und Interpretation der stückzahlbezogenen IDs

Die Erfassung von Abfällen an der Nord- und Ostsee findet bisher ausschließlich mit dem OSPAR-Protokoll statt. Zugunsten der Vergleichbarkeit wurden die IDs des OSPAR Protokolls mit der EU Joint List of Litter Categories abgeglichen. Die Hochrechnung wurde für beide Listen durchgeführt. Durch den Abgleich der Listen sind besonders die Ergebnisse auf Basis der EU Joint List of Litter Categories mit Unsicherheiten behaftet, z. B. durch Unterschiede in der Benennung und dem Detaillierungsgrad der Erfassungslisten.

Allgemein wurde in der Kurzstudie festgestellt, dass sich die stückzahlbezogenen Erfassungslisten für eine Massenhochrechnung nur bedingt eignen. Die Listen und die Klassifizierung wurden entwickelt für die Erfassung der Abfallart und nicht für die Abfallmasse. Einige übergeordnete Objekt-IDs fassen eine Vielzahl von Objekten mit unterschiedlichen Massen zusammen, z. B. »andere Glasgegenstände«. Die Gewichtsspannweite von unterschiedlich schweren Objekten ist innerhalb einer ID nicht bekannt. Beispielsweise kann die ID »Reifen und Gurte« große Gewichtsspannen abdecken. Sowohl ein Fahrradreifen als auch ein LWK-Reifen werden in der ID erfasst. Für die Interpretation der Ergebnisse konnte eine Bilddokumentation verwendet werden, welche aus einer realen Zählung stammt.

Bekannte Unsicherheiten der OSPAR-Monitorings

Weiter kommen bereits bekannte Unsicherheiten des bestehenden Monitorings hier ebenfalls zum Tragen, die sich in einer Massenermittlung fortpflanzen. Beispiele sind die Frage nach der Strandbreite, der Repräsentativität der Monitoring-Strandabschnitte für die gesamte Strandlänge oder die Unsicherheiten aus der subjektiven Erfassung während des Monitorings. Durch fehlende Informationen und Rahmenbedingungen zur Charakterisierung und Clusterung der Monito-

ring-Strände, ist die Ermittlung von Besonderheiten an einzelnen Monitoring-Abschnitten bzgl. anfallender Abfallmassen und dessen Übertragbarkeit auf die gesamte Strandlänge mit Unsicherheiten behaftet.

Ermittlung der Strandlänge

Die Strandlängenermittlung ist mithilfe von GIS unter bestimmten vordefinierten Randbedingungen durchgeführt worden. Es wurden Strände der Oberflächenmaterialien »Sand« und »Steine/Schotter« in die Berechnungen miteinbezogen. Über weitere Bodenzusammensetzungen an den Küsten, wie z. B. Grünflächen, kann keine Aussage getroffen werden, da die Monitoring-Strände an »sandig bis kiesigen« Abschnitten liegen. Weiter sind keine innenliegenden Küstenlängen berücksichtigt worden. Da es hier keine Referenzstrände gibt, an denen Monitoring-Arbeiten durchgeführt werden, kann hier keine Aussage getroffen werden. Bisher gibt es keinen Konsens, welche Randbedingungen zur Ermittlung der Strandlänge oder –breite relevant und sinnvoll zu betrachten sind. Beispielsweise beeinflussen die Gezeiten die Strandbreite. Inwieweit die Strandbreite in die Massenhochrechnung mit einzubeziehen ist, kann noch nicht abschließend geklärt werden. Eine Ermittlung der Strandbreite unter Berücksichtigung der Gezeiten wurde als sehr komplex beschrieben und wird bisher nicht bei Monitorings nach OSPAR Methode durchgeführt. Es wird angemerkt, dass neben der hier ermittelten Strandlänge von 1082,4 Kilometer auch andere offizielle Angaben zu Küstenlängen verfügbar sind, welche ggf. hinreichend auf die ermittelten Werte pro Strandkilometer bezogen werden können, um das Ergebnis im Zusammenhang mit anderen Werten zu validieren.

Untersuchung der Recyclingfähigkeit

Zur Bestimmung der Recyclingfähigkeit existieren verschiedene Definitionen. Für die vorliegende Studie wurden die Definitionen der theoretischen, technischen und realen Recyclingfähigkeit zugrunde gelegt., wie sie beispielsweise in Pomberger et al. (2021) zu finden ist. Die Abschätzung der Recyclingfähigkeit erfolgte anhand einer Literaturrecherche sowie Gesprächen mit Experten aus Wissenschaft und Praxis. Die Definition der technischen Recyclingfähigkeit ist abhängig von der Identifizierbarkeit im Sortierprozess, welche beispielsweise durch den Zustand der Abfallobjekte beeinflusst wird. Da die Abfallobjekte an Stränden Umwelteinflüssen unterliegen wie z. B. UV-Strahlung und der Anhaftung von organischem Material, kann eine eindeutige Identifizierbarkeit unter Umständen bei theoretisch recyclingfähigen Objekten nicht immer gewährleistet werden, sodass die technische Recyclingfähigkeit anhand der anzunehmenden Materialzusammensetzung im Originalzustand bewertet worden ist. Dies spiegelt nicht den realen Zustand der Abfallobjekte an den Stränden wider. Der Einfluss chemischer und mechanischer Beanspruchung der Abfallobjekte konnten nur am Rande diskutiert werden, da es hierzu derzeit keine Untersuchungen gibt. Für eine höhere Aussagekraft der Ergebnisse, wird empfohlen die Identifizierbarkeit von Strandmüllfunden in Sortieranlagen zu testen.

**Übertragbarkeit
der stückzahl-
bezogenen IDs in
recyclingfähig
und nicht-recyc-
lingfähige
Objekte**

Die Abschätzung der Recyclingpotenziale unterliegt Unsicherheiten, welche sich auch aus den zuvor getroffenen Annahmen und Unsicherheiten in der Massenermittlung auf Basis der stückzahlbezogenen Daten ergeben und fortpflanzen. Weiter eignen sich die Erfassungslisten der stückzahlbezogenen Objekt-IDs nur bedingt, um eine Einteilung in recyclingfähige Objekte durchzuführen. Eine Vielzahl von IDs kann sowohl recyclingfähige als auch nicht recyclingfähige Objekte enthalten, deren Verteilung unbekannt ist. Aus den Daten der stückzahlbezogenen IDs gehen keine Informationen zur genauen Materialart und Zusammensetzung hervor, z. B. ob ein synthetischer Kunststoff tatsächlich technisch in bestehenden Anlagen recyclingfähig ist. Eine Erfassung dessen ist im Zuge der OSPAR-Monitorings bisher nicht vorgesehen. Die Diversität der Strandmüllfunde in Bezug zur Recyclingfähigkeit und deren konkrete Materialzusammensetzung können durch subjektive Erfassungen nur schwer ermittelt werden. Dadurch konnte keine detaillierte Analyse in Bezug auf konkrete Materialfraktionen vorgenommen werden. Eine Abschätzung der Recyclingfähigkeit auf Basis der stückzahlbezogenen IDs ist daher wenig belastbar.

**Unzureichende
Datengrundlage
zu Reinigungskosten**

Es existiert keine ausreichende Datengrundlage bzgl. Strandreinigungskosten mittels maschineller Reinigung, weshalb kein hinreichender Vergleich bzw. Untersuchung zu Kosten mittels händischer Reinigung durchgeführt werden kann. Inwieweit eine maschinelle Reinigung die Ökosystemverträglichkeit beeinflusst, konnte in der Studie nicht belegt bzw. überprüft werden.

**Unklare Verwer-
tungsstruktur
und spätere Ver-
marktung**

Für die Ermittlung der Recyclingpotenziale ist es notwendig folgende Prozessschritte und die entsprechenden Kriterien je nach Region des Strandes zur Beurteilung einer realen Recyclingfähigkeit zu betrachten: Sammel- und Reinigungsprozess, Recyclingprozess und spätere Marktverwertung. Die individuellen Besonderheiten konnten hier abschließend nicht bewertet werden.

Zusammenfassung der Massenabschätzung

Die Abschätzung der Massen und Recyclingpotentiale mit Fokus auf Kunststoffprodukten ist aufgrund der vorhandenen Datengrundlage und Freiheitsgrade in der Interpretation mit signifikanten Unsicherheiten behaftet. Für eine genauere Bestimmung werden weitere Daten aus repräsentativen Zählungen inklusive einer Massenermittlung vor Ort. Weiter wird eine detailliertere Aufschlüsselung der vorgefundenen Abfallobjekte, deren Zustand und Analysen zur Materialzusammensetzung benötigt. Dennoch liefern die Ergebnisse erste Erkenntnisse, die in Verbindung mit den resultierenden Unsicherheiten zu interpretieren sind.

Ergebnisse an Nord- und Ostsee

Die Ergebnisse zeigen, dass viele kleine Kunststoffgegenstände mit geringer Masse vorgefunden werden. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass an der Nord- und Ostsee ca. 80 Prozent die Abfallobjekte vermutlich aus synthetischem Kunststoff bestehen. Bei der Massenverteilung wird der Einfluss synthetischer Kunststoffe geringer eingeschätzt (ca. 24 Prozent an der Ostsee bzw. 33 Prozent an der Nordsee). Einzelne Objekt-IDs anderer Materialien mit höheren Teilmassen, wie z. B. Paletten aus Holz, beeinflussen das Ranking der Massenverteilung, obwohl diese insgesamt nur in geringen Stückzahlen vorgefunden wurden.

Die Massenhochrechnung für die gesamte Strandlänge der Nord- und Ostsee zeigt, dass an der Nordsee durchschnittlich mehr Kunststoffabfallmassen pro Strandabschnitt vorgefunden werden. An der Nordsee ergab die Hochrechnung der Kunststoffabfälle ca. 13,5 Kilogramm pro 100 Meter im Jahr und an der Ostsee ca. 6,9 Kilogramm pro 100 Meter im Jahr. Die Hochrechnung der durchschnittlichen Massen für die Materialgruppen synthetische Kunststoffe, Textilien und Gummi über die gesamte Strandlänge der deutschen Nord- und Ostsee, ergibt eine ungefähre Abfallmasse von ca. 98 Tonnen pro Jahr für die hier bestimmte Strandlänge Deutschlands. Weitere Materialgruppen wurden hier nicht explizit betrachtet.

Vergleich der Ranglisten

Ein Vergleich der TOP 20 Objekte der Massen- und Häufigkeitsranglisten zeigt eine Übereinstimmung von fünf Abfallobjekte (IDs) für die Ostsee und elf IDs für die Nordsee. Diese übereinstimmenden Objekte wurden sowohl in hoher Stückzahl als auch in einer signifikanten Masse vorgefunden. Bisher viel diskutierte leichte Einweg- und Kunststoffprodukte bzw. -Teile, wie z. B. »Schnüre«, »Kunststoff/Polystyrol-Stücke« und »Plastikkappen und -deckel« tauchen eher weiter oben in der Häufigkeits- als in der Massenrangliste auf. Einige Kunststoffprodukte tauchen in der TOP 20 Liste der Massenverteilung auf, welche nicht in der Häufigkeitsverteilung vorkommen. Dies sind z. B. »Schuhe/Sandalen (auch Lederschuhe)« oder »Kisten und Behälter/Körbe«.

Insgesamt zeigt die Abschätzung, dass die Massenhochrechnung stärker geprägt ist von einigen wenigen Objekten mit hohen (Teil-)Massen, die zum Teil nicht in der Häufigkeitsliste zu finden sind. Insgesamt wurde in den Diskussionen mit dem Runden Tisch Meeressmüll bzw. der entsprechenden Unterarbeitsgruppe abgeleitet, dass die bisherige stückzahlbezogene Ermittlung eher zur Bewertung der Effektivität der Einwegkunststoffrichtlinie sich geeignet ist und klassische Einwegkunststoffprodukte bereits größtenteils abdeckt. Die Massenermittlung bietet eine Ergänzung und erfasst zusätzlich wenige Abfallobjekte mit hohen Teilmassen in den TOP 20 Listen. Die Relevanz von Kunststoffprodukten, die in der Massenrangliste – jedoch nicht in der Häufigkeitsrangliste - auftauchen sind ggf. zusätzlich zukünftig zu prüfen.

Zusammenfassung der Recyclingpotenziale

Fokus auf synthetischen Kunststoff

Die verwendete Beurteilung der technischen Recyclingfähigkeit beruht darauf, dass die Abfallobjekte technisch über eine kommerzielle Recyclinginfrastruktur identifiziert und recycelt werden können. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche technisch recyclingfähige Masse an synthetischem Kunststoff von ca. 48 Kilogramm pro Kilometer im Jahr. Dies entspricht einer Gesamtmasse von 52 Tonnen pro Jahr über die gesamte ermittelte Strandlänge. Dieses Ergebnis wird im Verhältnis zu einem möglichen Sammelaufwand über die gesamte Küstenregion eher als geringe Menge beurteilt.

Wirtschaftlichkeit des Recyclings

Die Beurteilung der Recyclingfähigkeit unterliegt jedoch den zuvor beschriebenen Unsicherheiten. Trotz dieser Unsicherheiten wird aus den Ergebnissen geschlossen, dass eine komplette Reinigung, Sammlung und Recycling bzw. Entsorgung der Strandabfälle wirtschaftlich vermutlich nicht zu realisieren ist - gemessen an einem zu erwirtschaftenden Gewinn aus recyceltem Strandabfall. Inwieweit sich die Reinigung und ein Recycling an einzelnen Strandabschnitten kommerziell lohnen könnte, die besonders stark verschmutzt sind oder wo eine Reinigung durch andere Gründe bereits durchgeführt wird, ist zu prüfen.

I. Literaturverzeichnis

BMU (2020): Verordnung über das Verbot des Inverkehrbringens von bestimmten Einwegkunststoffprodukten und von Produkten aus oxo-abbaubarem Kunststoff. Einwegkunststoffverbotsverordnung - EWKVerbotsV.

Bundestag, Deutscher (2020): Drucksache 19/22590. auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Dr. Bettina Hoffmann, Lisa Badum, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN. Plastikmüll an Stränden der Nord- und Ostsee.

EEA (2018): Marine LITTERWATCH - Itemlist. Complete list. Online verfügbar unter https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiBhZ-rlpb_xAhUPDOWKHebGCjoQFnoE-CAQQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.eea.europa.eu%2Fthemes%2Fwater%2Feuropes-seas-and-coasts%2Fassessments%2Fmarine-litterwatch%2Fget-started%2Ftools-and-guidelines-1%2Ftools-and-guidelines-documents%2Fmlw-litter-items-full-list&usq=AOvVaw3vm-Y_yYJuOnaUXjk6T62j, zuletzt geprüft am 30.06.2021.

EU (2008): RICHTLINIE 2008/56/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie).

Ferreira, Maria (2013): Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas. Draft Report, Chapter 8, Litter Categories.

Fleet et. al. (2021): A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. Manual for the application of the classification system.

Hanke, Georg (2019): JRC Technical Report. EU Marine Beach Litter Baseline. Analysis of a pan-European 2011-2016 beach litter dataset. DOI: 10.2760/16903.

Jensen, K. (2017): Treibselanfall an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste: Entstehung und Probleme im Zeichen des Klimawandels. Kurzfassung Mastarbeit. Online verfügbar unter <https://posima.de/files/PDF/MA%20gek%C3%BCrzt%20neu.pdf>, zuletzt geprüft am 07.06.2021.

Mouat (2010): Economic Impacts of Marine Litter.

NABU (2020): Plastik vom Strand. Ozeanmüll ist gut - fürs Image der Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/alltagsprodukte/24868.html>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

NABU (2021a): Fishing for Litter. Gemeinsam für eine saubere Nord- und Ostsee. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/aktionen-und-projekte/meere-ohne-plastik/fishing-for-litter/index.html>, zuletzt geprüft am 24.06.2021.

NABU (2021b): Kunststoffabfälle im Meer. Gefahr für Umwelt, Artenvielfalt und Klima. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/27117.html>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

OSPAR Commission (2010): Guideline. for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area.

Pietrelli, Loris; Poeta, Gianluca; Battisti, Corrado; Sighicelli, Maria (2017): Characterization of plastic beach debris finalized to its removal: a proposal for a recycling scheme. In: Environmental science and pollution research international 24 (19), S. 16536–16542. DOI: 10.1007/s11356-017-9440-4.

plasticker (2021): Echtzeit-Preisspiegel mit Preis- und Mengenstatistik. Angebote Regranulat. Online verfügbar unter <https://plasticker.de/preise/pms.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Regranulat>, zuletzt geprüft am 28.06.2021.

Pomberger, Roland (2021): Über theoretische und reale Recyclingfähigkeit. In: Österr Wasser- und Abfallw 73 (1-2), S. 24–35. DOI: 10.1007/s00506-020-00721-5.

Rowson, Kati (2020): CEMP Guidelines for marine monitoring and assessment of beach litter. OSPAR Agreement 2020-02.

Roy, Christian; Labrecque, Blaise; Caumia, Bruno de (1990): Recycling of scrap tires to oil and carbon black by vacuum pyrolysis. In: Resources, Conservation and Recycling 4 (3), S. 203–213. DOI: 10.1016/0921-3449(90)90002-L.

RTM, Runer-Tisch Meeresmüll (2021): Problemdarstellung. Müll im Meer. Online verfügbar unter <https://www.muell-im-meer.de/hintergrund-problemdarstellung>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

Schäfer, Ernst (2019): Quellenanalyse anhand der Strandmülldaten aus dem Spülsaummonitoring M-V: Praxisanwendung der Matrix-Scoring-Methode auf die Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommens.

UBA (2017): 7-Punkte-Plan für weniger Müll im Meer. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/7-punkte-plan-fuer-weniger-muell-im-meer>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

UBA (2019): Kunststoffe in der Umwelt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt>.

Vogel, J.; Krüger, F. (2020): Chemisches Recycling (Hintergrund Juli 2020), zuletzt geprüft am 16.06.2021.

Werner (2016): Harm caused by Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter - Thematic Report (EUR 28317 EN). DOI: 10.2788/690366.

WWF (2020): Das kann kein Meer mehr schlucken: Unsere Ozeane versinken im Plastikmüll. Online verfügbar unter <https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/unsere-ozeane-versinken-im-plastikmuell>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.