

## Ghost Nets – Herausforderung an die Abfallwirtschaft?

Gilian Gerke, Lars Tegtmeier und Kim Cornelius Detloff

1.	Hintergrund: Kunststoffabfälle in den Meeren .....	433
2.	Eintragungspfade .....	434
3.	Untersuchungen .....	436
4.	Material und Probenvorbereitung .....	436
5.	Thermische und werkstoffliche Prüfung.....	439
6.	Fazit und Ausblick .....	443
7.	Literatur.....	444

Unendliche blaue Weiten, verborgene Fauna und Flora, Abenteuer, Entdeckung fremder Länder – all dies wird mit den Ozeanen der Welt verbunden. Allerdings gerät dieses besondere und empfindliche Ökosystem immer mehr unter Stress. Stetig von Land und Schifffahrt eingebrachte Abfälle verschmutzen die Meere, was oft eine tödliche Falle für Wale, Fische oder Seevögel darstellt. Die vermeintlich unberührte blaue Welt verkommt zur Müllkippe. Basierend auf dieser Tatsache drängt sich in den letzten Jahren immer mehr eine Fragestellung in den Vordergrund: Werden die Meere in Zukunft auch als Kunststoffressource dienen? Große Anteile der Abfälle sind kunststoffbasiert, welche je nach Eigenschaft absinken oder eher aufschwimmen. Zu letzteren gehören Netze und Taue, die den Fokus dieses Beitrags bilden.

Diesem Thema widmet sich im Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit (WUBS) an der Hochschule Magdeburg-Stendal die Arbeitsgruppe *Rohstoffwerkstatt* gemeinsam mit dem Naturschutzbund Deutschland e.V. seit 2013. Mit Fischern an der Nord- und Ostsee betreibt der NABU seit dem Jahr 2011 das Projekt *Fishing for Litter*. Dabei bergen Fischer Abfälle aus dem Meer und entsorgen diese an Land. Unter anderem werden die kunststoffstämmigen Netze- und Taue an der Hochschule Magdeburg-Stendal auf ihre Eigenschaften, Aufbereitungs- und Einsatzfähigkeit untersucht.

### 1. Hintergrund: Kunststoffabfälle in den Meeren

Mit der Verbesserung der Lebensverhältnisse und dem Anstieg des technischen Entwicklungsstandes in vielen Ländern der Welt geht auch eine Einflussnahme auf die Natur einher. In der Vergangenheit standen zum Zeitpunkt vieler Erfindungen der technische und finanzielle Mehrwert beziehungsweise eine Erleichterung im täglichen

Leben für die Menschheit im Vordergrund. Als Beispiele können die Erfindung der Dampfmaschine, des Autos, der Medikamente oder des Kunststoffes herangezogen werden. Was aber bei einer Nutzung großer Stückzahlen an Auswirkungen auf unsere Lebensbasis Erde entstehen, wurde vernachlässigt. So sind Feinstaubbelastungen in Städten, Waldsterben durch sauren Regen, Überdüngung von Gewässern oder Immunisierung gegen Antibiotika nur Ausschnitte dieser Auswirkungen. Da wo in den 60er Jahren noch unberührte Strände zum Beispiel in der Karibik vorherrschten, finden sich heute Berge an Konsumabfällen wie Verpackungskunststoffe. Bei fehlender gesetzlicher und abfallwirtschaftlicher Grundlage sowie Umweltsensibilität der Bevölkerung sind die Probleme kaum zu bewältigen.

Wie stark die Vermüllung der Meere tatsächlich voranschreitet ist nur schwer in Zahlen zu fassen. Gerade die aufschwimmenden Abfälle sind heute nicht zu übersehen. Tiere verfangen sich immer häufiger oder verwenden die Abfälle fälschlicherweise als Nahrungsmittel und können verenden. Des Weiteren drängt die Tatsache der extrem schweren Abbaubarkeit von Kunststoff in den Vordergrund der Diskussion. Er akkumuliert in den Gewässern und zersetzt sich dabei in immer kleinere Partikel, dem sekundären Mikrokunststoff. Eine Plastiktüte zersetzt sich zum Beispiel in 25 Jahren, eine Plastikflasche in 450 Jahren, ein Fischernetz in bis zu 600 Jahren. Hinzu kommen Einträge primären Mikrokunststoffes aus haushaltsnahen Quellen wie Kosmetika und Waschmaschinen. Unklar ist, wie viel Kunststoff bereits in den Gewässern treibt. Beunruhigender ist für die Wissenschaftler der jährliche Eintrag der allein vom Land ins Meer auf fünf bis 13 Millionen Tonnen Plastik geschätzt wird [5].

Allerdings sind nur etwa 15 Prozent an der Oberfläche sichtbar. 70 Prozent der Abfälle sammeln sich am Meeresboden und weitere 15 Prozent werden an die Küsten gespült. Obwohl Deutschland immer noch als führend in Bezug auf die Abfallwirtschaft gilt, schreitet auch hier zulande die Vermüllung voran. Geschätzte 600.000 Kubikmeter Abfall befinden sich am Grund der Nordsee. Im Wattenmeer liegen auf 100 Meter Küste durchschnittlich 236 Abfallteile [7]. An der deutschen Ostseeküste wurden bei Umweltmonitorings auf der Insel Fehmarn durchschnittlich 81 Abfallteile auf 100 Meter Küstenlänge, auf Rügen waren es 148. Abfall ist also auch an unseren Küsten allgegenwärtig und die Zeit zum Handeln drängt auch hier.

## 2. Eintragspfade

Viel wird über die Mengen insbesondere an Kunststoffabfällen die sich in Gewässern bereits befinden gesprochen und an Lösungsansätzen für deren Bergung und Verwertung gearbeitet. Dabei kann das Problem der Gewässerverschmutzung nur durch vorsorgendes Handeln, also durch die Verhinderung an Abfalleinträgen in die Gewässersysteme gelöst werden. Hierzu sind gesetzliche Rahmenbedingungen, effektive und an ein Land angepasste Abfallwirtschaftliche Systeme und die Sensibilisierung der Bevölkerung über Umweltbildung die Grundvoraussetzungen für den Erfolg.

Aber auch wenn der Eintrag von Abfällen in Gewässer sofort beendet werden würde, bleibt die bisher eingetragene Menge über Generationen erhalten. Hier sind ortsspezifische Lösungen gefragt. Geordnete umweltgerechte Sammlungen können einen

Beitrag leisten. Im Sinne der im Kreislaufwirtschaftsgesetzes für deutsche Gewässer und der europäischen Abfallrahmenrichtlinie für europäische Gewässer implementierte Abfallhierarchie sollte dabei eine stoffliche Verwertung der gesammelten Meeresabfälle angestrebt werden, soweit dieser Weg ökonomisch und ökologisch vertretbar ist. In Ländern anderer Kontinente gilt es sicherlich Lösungen vor Ort in Anpassung der vorherrschenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und lokalen Bedingungen zu finden.

Als Beispiel für eine geordnete Sammlung an Meeresabfällen dient hier das Projekt *Fishing for Litter*, welches durch Initiativen in den Niederlanden und Großbritannien angeregt wurde. 2011 startete der NABU zusammen mit einer ersten lokalen Fischereigenossenschaft und weiteren Partnern das Projekt *Fishing for Litter*. Der als Beifang anfallende Meeresabfall wird an Bord der Kutter gesammelt und kann in Containern im Hafen für die Fischer gebührenfrei entsorgt werden (Bild 1).



Bild 1: Fischer aus Norddeich in Niedersachsen entleeren die gefischten Abfälle im Projekt-Container

Aktuell sind etwa 150 Fischer aus 15 deutschen Häfen in das Projekt eingebunden, welches auf Freiwilligkeit ohne finanzielle Anreize beruht. Den Beteiligten ist der Schutz von Nord- und Ostsee wichtig. Mit der finanziellen Unterstützung der Küstenländer Niedersachsen und Schleswig-Holstein über den Europäischen Meeres- und Fischereifonds (EMFF) soll der flächendeckende Ausbau des Systems realisiert werden. So konnten bis Ende 2016 über 20 Tonnen Abfall von Fischern aus Greetsiel in Ostfriesland bis Sassnitz auf Rügen aus dem Meer geborgen werden [6].

Damit agiert das Projekt im Sinne der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, welche 2008 von der europäischen Union verabschiedet wurde. Darin verschreiben sich die Mitgliedsstaaten auf einen guten ökologischen Zustand der europäischen Meere bis zum Jahr 2020 hin zu arbeiten [1].



Bild 2: Sortierung der Netze und Taue

Nach der Anlandung durch die Fischer im Hafen werden die Abfälle für die stoffliche Verwertung einer aufwendigen händischen Sortierung unterzogen (Bild 2). Die damit gewonnenen Erkenntnisse sind für die Planung zukünftiger Abfallvermeidungsmaßnahmen dienlich. Mehr als 75 Prozent der gefischten Abfälle stellten Produkte aus Kunststoff dar. Es dominieren Folien, Verpackungen, Netzreste sowie Tauwerk (Bild 3).

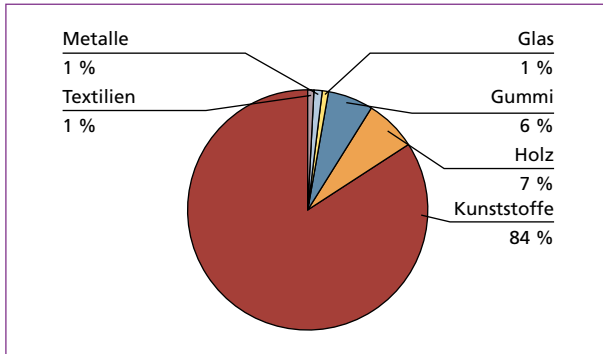


Bild 3:

Zusammensetzung einer Unterprobe von 1,26 Tonnen *gefischtem* Nordseeabfall aus dem Jahr 2015

Ein Fokus der wissenschaftlichen Untersuchung lag auf der Auseinandersetzung mit der massenmäßig dominierenden Fraktion Netze und Taue. Im Anschluss an die Sortierung erfolgte eine vertiefte technische Laboranalyse.

### 3. Untersuchungen

Das Ziel der Untersuchungen war, die aussortierten Netze und Taue aus der Nord- und Ostsee aufzuarbeiten und auf deren materialtechnische Eigenschaften zu untersuchen. Die daraus resultierenden Ergebnisse sollten einen Aufschluss über die Recyclingfähigkeit des Materials und dessen Verwertungsoptionen geben. Dafür wurden die Proben einer genauen materiellen Werkstoffprüfung unterzogen, bei der das Verhalten unter thermischer und physikalischer Beanspruchung ermittelt wurde. Für die Kunststoffverarbeitende Industrie stellen das Schmelzverhalten sowie die Schlagzähigkeit und Zugfestigkeit wichtige Parameter dar. Um einen Abbau bzw. eine Degradation des Materials, bedingt durch die Verweildauer im Meer nachweisen zu können, wurden die Ergebnisse der Proben mit denen von Neuware verglichen. Neben der Kenntnis über die Werkstoffeigenschaften ist der Grad der Verschmutzung des Probenmaterials für die Aufbereitung und spätere Verwertung wichtig. Aufgrund von Verunreinigungen, Schmutzanhaftungen und Durchmischungen unterschiedlichster Materialarten wurde im Zuge der Probenvorbereitung nach passenden und sachgemäßen Aufbereitungsschritten für eine bestmögliche Reinheit gesucht. Dabei mussten die für marine Abfälle typischen Verschmutzungen durch schluffartige Sande und mineralische Anhaftungen einbezogen werden. Dabei spielen die Fragen nach der Zerkleinerung und Reinigung eine zentrale Rolle.

### 4. Material und Probenvorbereitung

Netze und Taue (Seile) machen den gewichtsmäßig größten Teil der im Rahmen des Projektes gesammelten Abfälle aus (Bild 4). Die angelandeten Netzmaterialien können nicht in jedem Fall eindeutig einem heutigen Fischereisektor zugeordnet werden. Oftmals befinden sie sich seit Jahren im Meer und sind völlig ineinander vermischt.

Im Fokus der hier dargestellten Untersuchungen standen vier Fraktionen häufiger Netztypen: Scheuernetzfransen (engl.: Dolly Ropes), Tauwerk mit Kern-Mantel-Geflecht, grobe Scheuersteerte aus der Grundsleppnetzfisherei und gemischte Netzreste unterschiedlicher Herkunft und Materialstärke.

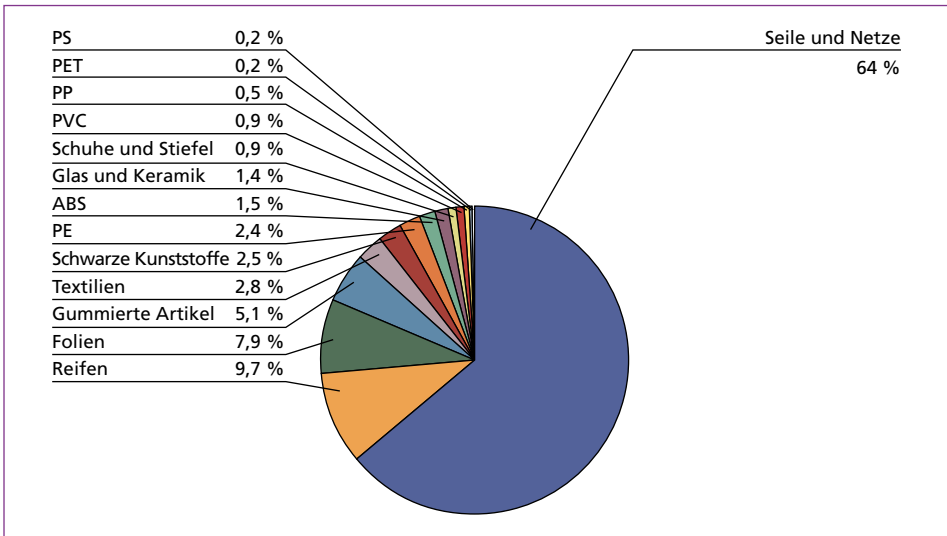


Bild 4: Zusammensetzung von Abfällen aus Nord- und Ostsee

Die in Big Bags angelieferten Proben wiesen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung trotz händischer Vorsortierung immer noch eine große Inhomogenität auf. Aufgrund ihrer Eigenschaften waren sie stark verwickelt und verknotet. Große und beständige Netze verfangen sich mit Tauwerken und den langen Fasern der Dolly Ropes. Eine Aufarbeitung dieses Materials erfolgte daher händisch, um die nötigen Probemengen für die weiteren Untersuchungen zu erhalten.

Zum Vergleich der Eigenschaften wurde Neuware als Referenzmaterial verwendet. Die einzelnen betrachteten Fraktionen lassen sich wie folgt charakterisieren.

### Dolly Ropes

Dolly Ropes sind dünne Kunststofffasern mit einem Durchmesser von etwa 1 mm (Bild 5a). Diese werden ineinander verdreht und bilden einen festen und beständigen Strang, die sogenannten Scheuernetzfransen. Dolly Ropes dienen dazu, große Schleppnetze – insbesondere in der Krabben- und Plattfischfisherei – vor Abrieb auf dem Meeresboden zu schützen. Sie werden an die Enden der Schleppnetze geknüpft und verhindern somit den Verschleiß des hochwertigeren Netzsteerts.

### Verschiedene Netzreste

In dieser Kategorie wurden verschiedene häufig auftretende Netztypen zusammengefasst. Das Material unterschiedlicher Farben hatte eine Stärke von zwei bis über sechs Millimeter. Die sehr beständigen Kunststoffgeflechte werden in verschiedenen

schleppenden Fischereien eingesetzt z.B. beim Fang von Kabeljau, Seesunge oder Garnele. Je nach Funktion im geschleppten Fanggeschirr variieren die geknoteten Maschenweiten von 10 bis 50 Millimeter sowie die Materialstärke (Bild 5b).

### Tauwerk

Gehen Netze während des Fischens verloren, gelangt meist auch Tauwerk ins Meer. Ebenso geht Tauwerk aus der beruflichen Seeschifffahrt und der Freizeitschifffahrt verloren. Tauwerk kommt in verschiedensten Varianten und Materialzusammensetzungen vor. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde ein sogenanntes *Kern-Mantel-Geflecht* tiefgehend untersucht, bei dem der lasttragende Kern von einem schützenden Fasermantel umhüllt wird (Bild 5c).

### Scheuersteert aus der Grundsleppnetzfisherei

Im direkten Vergleich zur Kategorie Netzreste zeichnet sich dieser Netztyp durch seine enorme Stabilität und Größe aus (Bild 5d). Die Scheuersteerte laufen über Grund und sammeln den Fang in verschiedenen Grundsleppnetzfishereien, z.B. auf Plattfische oder auch Kabeljau. Die hier verwendete Probe stammt vermutlich aus der Seesungenfischerei und wog 60 Kilogramm. Die Materialstärke lag durchgehend über fünf Millimeter und war doppelt geknotet. Die Maschenweite lag bei 40 Millimeter.



Bild 5:

Probenmaterial ( von links oben 5a: Dolly Ropes, 5b: Netzreste, 5c: Tauwerk, 5d: Scheuersteert)

Trotz der Vorsortierung wies das Probenmaterial eine große Heterogenität auf. Diese wurde durch die verwickelten und verknöteten Netzreste und Taue unterschiedlicher Materialtypen und -stärken bedingt, was eine aufwändige händische Nachsortierung unabdingbar machte. Während der weiteren Sortierung und anschließende Vorzerkleinerung wurde der Grad der Verunreinigung ersichtlich. Da die feinen Sande, Muscheln und Kiese in den Netz- und Taugeflechten eine sehr abrasive Wirkung auf die folgenden Zerkleinerungsaggregate ausübten, erwies sich eine

vorgeschaltete Waschung als unverzichtbar. Mit einer anschließenden mehrstufigen Zerkleinerung mittels schneidenden Aggregaten konnte das Material zu einer Korngröße kleiner ein Zentimeter verringert werden, um im Anschluss die Probekörper herzustellen zu können.

Die Zerkleinerung allgemein erwies sich durch die sehr beständige und fadenförmige Struktur des Materials als problematisch. Zum einen wickelten sich die Fäden um die Wellen und verursachen einen Stillstand der Maschine. Zum anderen glitten die einzelnen Fasern über die Schnittkante und verminderten die Zerkleinerungswirkung. Zusätzlich erfuhren die Messer der Mühlen eine schnelle Abnutzung. Um dem entgegenzuwirken wurden die Proben aufgeschmolzen und eine kristalline Struktur geschaffen. So konnte eine zielführende Zerkleinerung gewährleistet werden. Während bei den Dolly Ropes und weiteren Kunststoffabfällen so eine Korngröße von fünf bis zehn Millimeter realisiert wurde, faserten die Tauwerke und Scheuersteerte auf und verstopften die Siebe.

## 5. Thermische und werkstoffliche Prüfung

### Mikroskopische Untersuchungen

Mittels Digitalmikroskop wurde der qualitative Unterschied zwischen Probe- und neuem Referenzmaterial ersichtlich. Mit einer 5.000-fachen Vergrößerung konnte eine Degradation der Oberflächen nachgewiesen werden. Diese lässt sich auf ein Zusammenspiel der Einwirkungen durch den Salzgehalt im Wasser, der UV-Strahlung der Sonne und mechanischen Beanspruchung durch Wellengang und am Meeresboden zurückführen. Besonders deutlich wird die Veränderung bei den Netzresten. Hier wies die Oberfläche starke Aufrauungen und Abrisse auf (Bild 6).

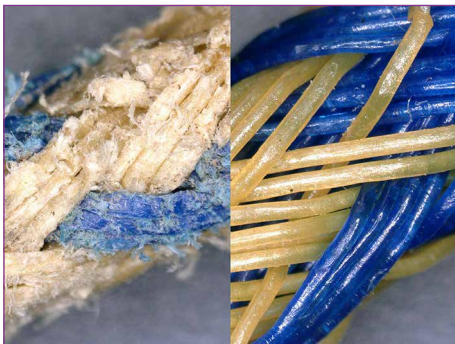


Bild 6: Mikroskopische Untersuchung der Netzreste

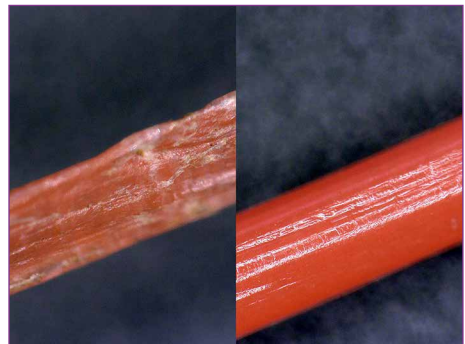


Bild 7: Mikroskopische Untersuchung der Dolly Ropes

Dies lies sich auch bei den restlichen Proben zeigen. In Bild 7 ist die spröde Faserstruktur bzw. die poröse und rissige Oberfläche zu sehen.

## Materialbestimmung

Bei der Fourier-Transform-Infrarotspektrometer (FTIR/ATR) Untersuchung wurde das Probenmaterial mit Licht des infraroten Spektralbereiches bestrahlt und die materialspezifischen Transmissionen, Reflexion und ATR Reflexion gemessen. Während die Dolly Ropes und Netzreste auf Polyethylen (PE) bestehen, handelte es sich bei dem Tauwerk und Scheuersteert um Polyamid (PA) (Bild 8, Bild 9).

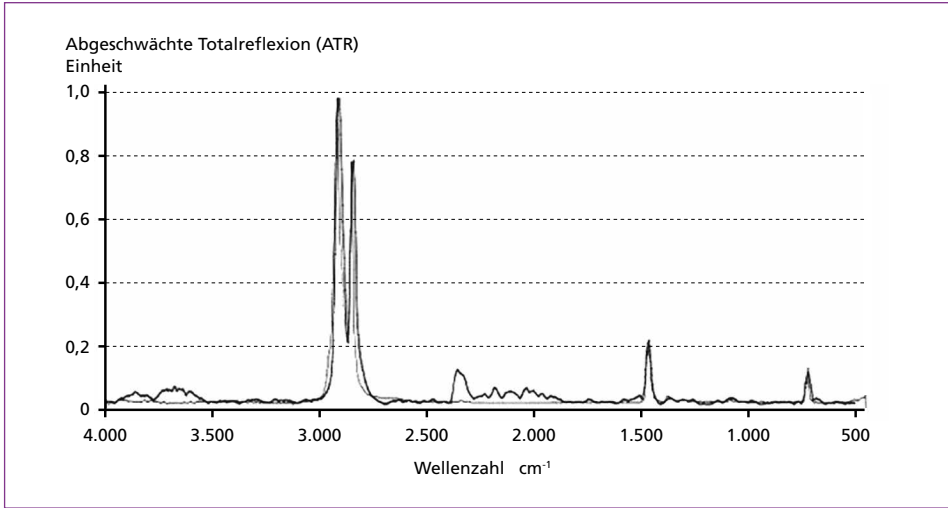


Bild 8: FTIR-Spektrum der Dolly Ropes

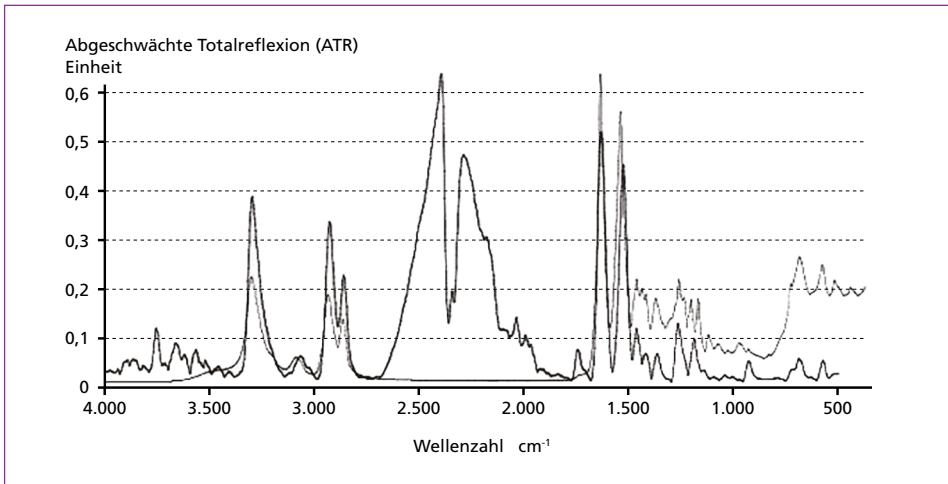


Bild 9: FTIR-Spektrum des Scheuersteerts



Mittels DSC Analyse konnte eine Kontrolle der Materialart und dessen thermisches Verhalten durchgeführt werden [3]. Durch das Erhitzen der Probe wurden die Schmelz- und Glasübergangstemperaturen ermittelt, wobei diese Parameter für die industrielle Verarbeitung wichtig sind. Zusätzlich dienen sie als Grundlage für die Analyse des Schmelzflussindex und der Herstellung von Probekörpern. Beim Vergleich mit den Referenzmaterialien konnten keine bzw. nur geringe Abweichungen festgestellt werden, so dass von keiner strukturellen Veränderung des Probenmaterials ausgegangen wird (Bild 10).

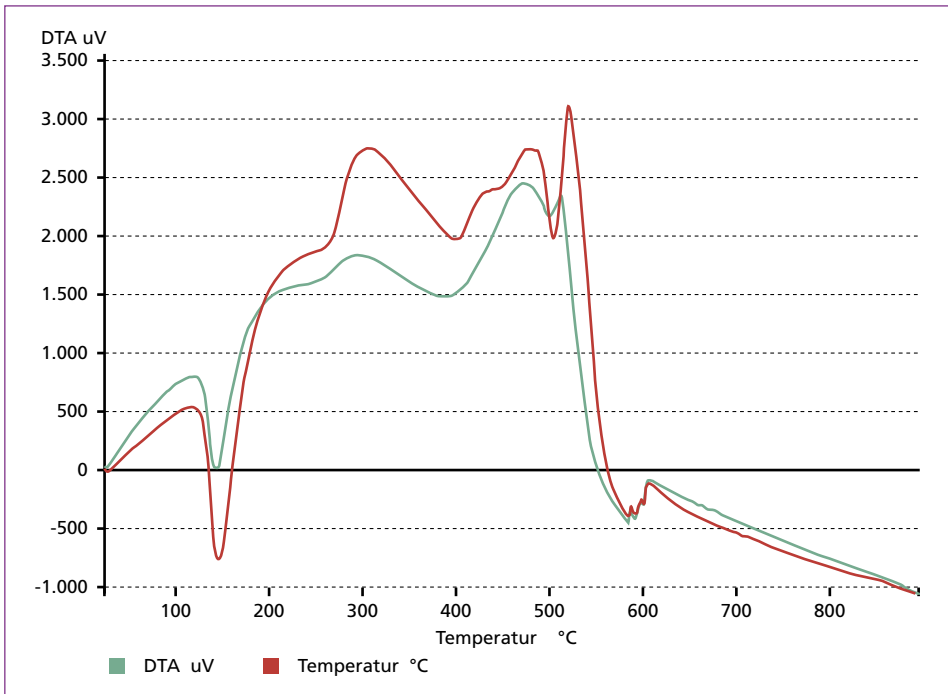


Bild 10: DSC Vergleich zwischen Probe und Referenzmaterial

## Schlagzähigkeit

Bei Schlagzähigkeitsuntersuchungen nach Charpy wird ein Probekörper mittels Pendelhammer schlagartig beansprucht. Dabei wird die aufgewendete Schlagkraft gemessen und die Sprödigkeit bzw. Zähigkeit des Materials abgeleitet [4]. Die hohen Schmelztemperaturen des auf Polyamid basierenden Tauwerks und der Scheuersteerte schließen die Prüfkörperherstellung dieser Proben sowie dessen Schlagzähigkeitsmessungen aus. Die anderen Proben unterstrichen jedoch die Ergebnisse der Mikroskopie. Bei den Dolly Ropes wurde ein deutlicher Qualitätsverlust nachgewiesen. Während das Referenzmaterial mit  $166 \text{ kJ/m}^2$  belastet werden konnte, zerbrach die Probe aus *gefischtem* Material bereits bei  $45 \text{ kJ/m}^2$ . Das Brechen des Probekörpers wurde durch Einschlüsse innerhalb der Probe bedingt und verdeutlicht die wichtige Rolle der Aufbereitung und Reinigung des Materials. Selbst geringe Einschlüsse durch feine Sande, die sich an der

großen Oberfläche der einzelnen Stränge ansammeln, verursachen Schwachstellen innerhalb des Materials. Bei den weiteren Kunststoffabfällen konnte ebenfalls ein Abbau der Schlagzähigkeit beobachtet werden. Im Vergleich zu Regranulaten und Mahlgütern aus Abfällen vom Land wird ersichtlich, dass es sich bei den Proben aus dem Meer um eine abfalltypische Qualitätsverminderung handelt. Demgegenüber stehen die Netzreste. Durch die äußere Ummantelung und enge Vermaschung der Fäden konnte die Qualität des Materials erhalten werden und bewirkte vergleichbare Schlagzähigkeiten von Probe und Referenzmaterial (Bild 11).

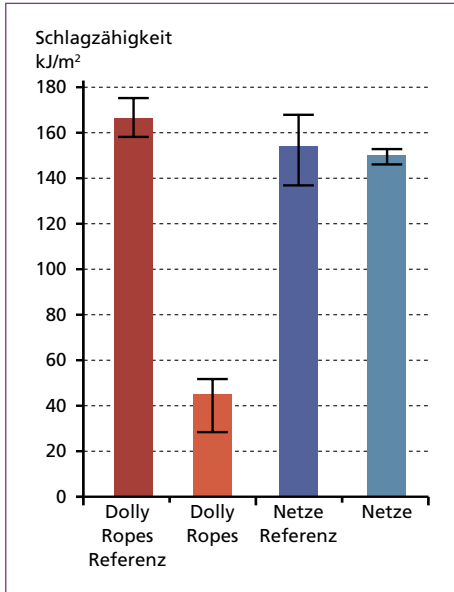


Bild 11: Schlagzähigkeitsprüfung von Probe und Referenzmaterial

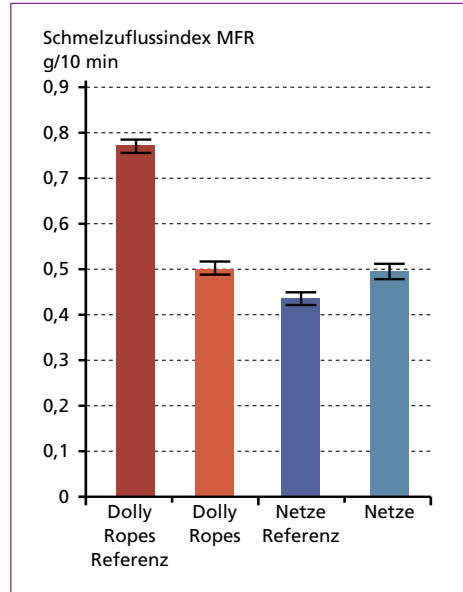


Bild 12: Schmelzflussrate von Probe und Referenzmaterial

### Schmelzflussindex

Bei der Untersuchung des Schmelzflussindexes wird die Fließfähigkeit bzw. die Viskosität der Kunststoffschmelze ermittelt. Der Schmelzflussindex bzw. im englischen Melt Mass-Flow Rate (MFR) ist für die kunststoffverarbeitende Industrie ein wichtiger Parameter und wird mit der Einheit Gramm je zehn Minuten angegeben [2]. Der MFR der Dolly Ropes war um 0,28 g/10 min höher als bei der Neuware und deutet auf einen Kettenabbau der Polymere und damit auf einen Qualitätsverlust hin. Der Unterschied bei den Netzresten fällt marginaler aus und unterstreicht die Ergebnisse der Schlagzähigkeitsuntersuchungen (Bild 12).

Bei den weiteren Kunststoffabfällen wurden zwei Trends ersichtlich. Beim ABS und PP wird ein deutlicher Anstieg des Schmelzflussindexes nachgewiesen und bestätigt den Qualitätsverlust. Beim PE und PVC hingegen ist der MFR kleiner als bei der Neuware. Diese Tatsache wird der Anwesenheit von Additiven geschuldet sein, welche dem Rohgranulat für die bessere Verarbeitung zugesetzt wurden.

## 6. Fazit und Ausblick

Ein Ziel des Projektes ist eine mögliche Verwertbarkeit *gefischter* Kunststoffabfälle zu prüfen. Im Anschluss an die materialtechnischen Untersuchungen der Netze und Tawe wurde aus der Fraktion Dolly Ropes ein PE-Regranulat hergestellt und somit die Möglichkeit des Materials als Re-Granulat zum Einsatz in neue Produkte nachgewiesen. Als Beispiel dient hier die Herstellung von Brillengestellen und Brieföffnern (Bild 13).



Bild 13: Brillengestell aus Dolly Ropes

Das Projekt reiht sich in die Liste der verschiedenen Ansätze und Initiativen zum Schutz des Ökosystems *Weltmeere* ein. Wichtig ist dabei, dass der Materialstrom ein Nebenprodukt der operativen Fischerei auf freiwilliger Basis darstellt.

Viele Ansätze konzentrieren sich auf die Reinigung von Gewässern und den Einsatz der *gefischten* Abfälle als Sekundärrohstoff in der stofflichen (werk- und rohstofflich) und energetischen Verwertung.

Mit der Herstellung von Brillengestellen und Brieföffnern konnte gezeigt werden, dass eine werkstoffliche Verwertung technisch möglich ist. Der Stoffkreislauf wurde geschlossen. Allerdings war die Herstellung eines qualitativ hochwertigen und reinen Regranulates aus einem in dieser Art gemischten, stark verschmutzten Inputmaterials nur mit einem hohen Anteil an händischer Arbeit realisierbar. Eine sortenreine Bereitstellung ist bei der Reinigung von Gewässern nicht realistisch. Für ein effizientes und wirtschaftliches Recycling der Kunststoffe aus den Netz- und Tawefraktionen muss daher weiter nach mechanischen sowie automatischen Lösungen der Materialaufbereitung geforscht werden.

Weiter ist bei allen Untersuchungen das Thema des sekundären Mikroplastiks nicht zu vernachlässigen. Durch diverse Zersetzungsprozesse entstehen diese Mikroplastikstoffe. Darunter fallen Partikelgrößen kleiner als fünf Millimeter. Hinzu kommen die primären Mikropartikel, die unter anderem über Abwässer in Gewässer gelangen. Quellen sind dabei zum Beispiel das Waschen von Kunststoffbasierter Kleidung oder Mikroplastik enthaltende Kosmetikprodukt. Mit vielen bisherigen Ansätzen können diese nicht erfasst werden. Gleichzeitig ist bekannt, dass der Großteil der in die Meere eingetragenen Kunststoffe als Mikroplastik vorliegt.

Bei allen Bemühungen die Gewässer zu reinigen muss ohne Zweifel in erster Linie und verstärkt an präventiven Maßnahmen gearbeitet werden. Dies betrifft alle Länder, wobei sicherlich die Industrieländer eine führende Rolle beim Technik- und Wissenstransfer spielen. Nur bei guten gesetzlichen Rahmenbedingungen, länderspezifischen Abfallwirtschaftlichen Systemen und einer Sensibilisierung der Bevölkerung zum Umweltverhalten kann der Eintrag an Abfällen jeglicher Art in das Ökosystem Wasser verhindert werden.

## 7. Literatur

- [1] BLMP: Die MSLR – eine Chance für die europäischen Meere. URL: <http://www.meeresschutz.info> (abgerufen am 12.06.2017)
- [2] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 1133. Kunststoffe – Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten – Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren
- [3] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 11357-1. Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 1: Allgemeine Grundlage
- [4] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 179. Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung
- [5] Jambeck, J. R.; Geyer, R.; Wilcox, C. et al.: Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean. In: Science 347/2015, S. 768-771
- [6] NABU e.V.: Fishing for Litter – Gemeinsam für eine saubere Nord- und Ostsee. URL: <http://www.fishing-for-litter.de> (abgerufen am 12.06.2017)
- [7] Umweltbundesamt: Herkunft mariner Abfälle. URL: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/herkunft\\_mariner\\_abfaelle.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/herkunft_mariner_abfaelle.pdf), 2013 (abgerufen am 12.07.2016)