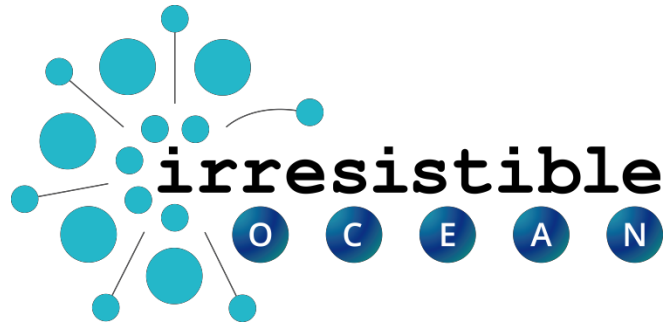


Übersicht zu allen Versuchen für  
das Unterrichtsmodul:

# Meeresforschung – Plastikmüll im Meer



**Vorbemerkung:** Die im folgenden Text genannten Gefäße, Probensorten und Mengen sind nur Vorschläge und können abgewandelt werden. Was nicht abgewandelt werden kann, sind die gesättigten Lösungen, die wegen der langen Vorbereitungszeit (Zucker 1 Stunde) und wegen möglicher unschöner Trübungen am besten einen Tag vorher hergestellt werden sollten. Destilliertes/ demineralisiertes Wasser ist nicht nötig.

Gesättigte Lösungen müssen einen Bodensatz haben, sonst sind sie nicht gesättigt.

a) gesättigte Kochsalzlösung: ca. 20 g Salz auf 100 mL Wasser, Dichte:  $1,15 \text{ kg/m}^3$ .

b) gesättigte Saccharoselösung: 65 g Haushaltszucker auf 100 mL Wasser (Achtung! Erhebliche Volumenzunahme, bis zu 1 Std. rühren!), Dichte:  $1,33 \text{ kg/m}^3$ .

Die Dichte lässt sich leicht überprüfen, indem man ein austariertes Becherglas auf eine Feinwaage stellt und dann 10 mL der zu untersuchenden Lösung hinein pipettiert (Peleus-Ball und 10er-Pipette, besser Vollpipette). Wenn die Waage nun 11,5 g anzeigt, beträgt die Dichte  $1,15 \text{ g/ml}$ . Der Dichtegradient lässt sich noch besser veranschaulichen, wenn man der gesättigten Lösung noch etwas Lebensmittelfarbe hinzugibt.

## 1. Schwimm-Sink-Verfahren im Natriumchlorid-Dichtegradienten

Gib ca. 150 mL gesättigte Kochsalzlösung in einen 250-mL-Messzylinder. Überschichte dann vorsichtig und langsam mit abgestandenem Wasser (bei frischem Wasser könnten Gasbläschen ausperlen). Stelle den Messzylinder an einer ruhigen Stelle ab und beobachte, wie sich der Gradient einstellt. Zerschneide einige gesäuberte, fettfreie Plastikteile mit einer starken Haushaltsschere oder Gartenschere in kleine Stücke (Seitenlänge maximal 1 cm) und wirf sie in den Messkolben. Beobachte! Notiere, bei welcher Höhe sich welche Plastikteile sammeln!



Foto: Klaus Ruppertsberg

## 2. Isolierung von Mikroplastik aus Kosmetikartikeln

Mikroskopische Gegenstände kann man mit dem „unbewaffneten Auge“ nicht sehen, sondern nur mit einem Mikroskop, einem Binokular oder eine Lupe. Ein 50 µm großes Polyethylen-Kügelchen, das von einem Kaffeefilter aufgefangen wird, ist daher Mikroplastik, während sichtbare Polyacrylflusen Makroplastik sind.

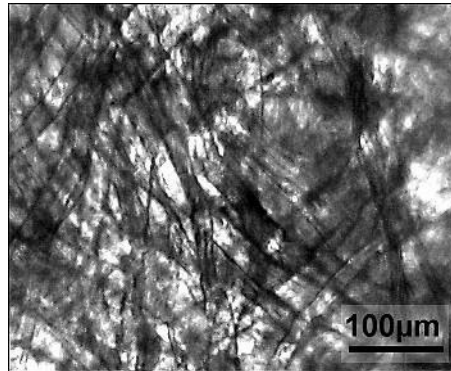


Foto aus: [http://de.wikipedia.org/wiki/Filtertüte\\_vom\\_24.11.2014](http://de.wikipedia.org/wiki/Filtertüte_vom_24.11.2014)

Vermische ein erbsengroßes Stück Peeling oder Zahnpasta mit 50 mL Wasser und filtriere es durch einen Kaffeefilter (Porengröße: 10-60 µm). Versuche parallel dazu, auf der Packungsbeschriftung Hinweise auf Kunststoffbestandteile zu finden.



Fotos: Klaus Ruppertsberg

## 3. Mikroskopieren von Mikroplastik aus Kosmetikartikeln

Entnimm etwas Filtrerrückstand und mikroskopiere ihn mit dem roten Objektiv. Rot ist die allgemein übliche Kennzeichnung für die geringste Vergrößerung, meistens 4x oder 6x. Das Okular oben auf dem Tubus hat meistens 10- oder 12fache Vergrößerung; Gesamtvergrößerung also 40-72x). Belichte zusätzlich von der Seite! Versuche, das Mikroplastik mit einer Kamera oder einem ruhig gehaltenen Smartphone zu fotografieren!

Foto: Klaus Ruppertsberg



#### 4. Mikroskopieren von Mikroplastik aus einer Sandprobe in gesättigter Saccharoselösung:

Gib etwas trockenen Sand in eine gesättigte Saccharoselösung. Aufgrund der hohen Dichte (ca. 1,3 g/mL) schwimmen nun auch schwerere Plastikteile auf. Pipettiere sie ab und lege sie ohne Deckgläschen auf einen Objektträger. Mikroskopiere mit dem roten Objektiv (kleinste Vergrößerung). In manchen Sandproben findest du gleich beim ersten Versuch Mikroplastik:

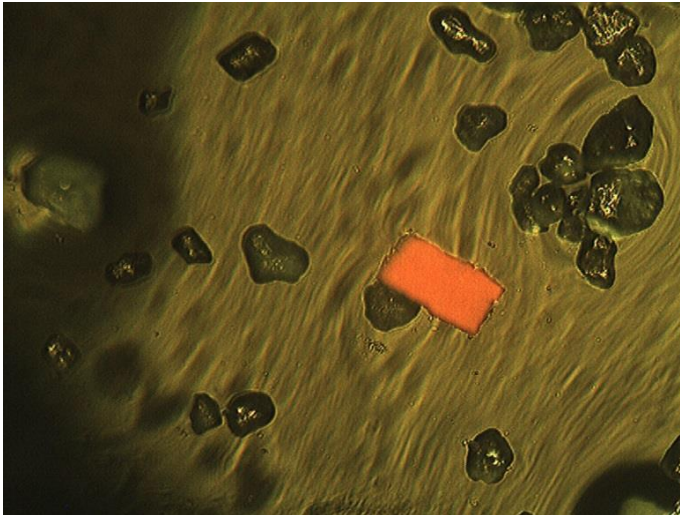


Foto: Klaus Ruppertsberg

#### 5. Isolierung von Makroplastik aus einer Waschlauge

Solltest du beim Suchen im Sand kein Mikroplastik gefunden haben, so suche in deinem Wäscheschrank nach Kleidung aus Polyester oder Polyacryl, wasche sie von Hand in einem Eimer oder einem anderen Gefäß und filtriere die Waschlauge ab: Hier wirst du auf jeden Fall fündig!



Foto: Klaus Ruppertsberg

## 6. Alternativer biologisch abbaubarer Kunststoff aus Milch

Nach diesen ganzen Experimenten fragt man sich, ob es einen Ersatz für die bisher verwendeten Kunststoffe gibt, der biologisch abbaubar ist. Selbstverständlich gibt es den! Er ist nur zurzeit etwa dreimal so teuer wie herkömmliche Kunststoffe und besteht beispielsweise aus Milch. Um einen Kunststoff aus Milch herzustellen, brauchst du:

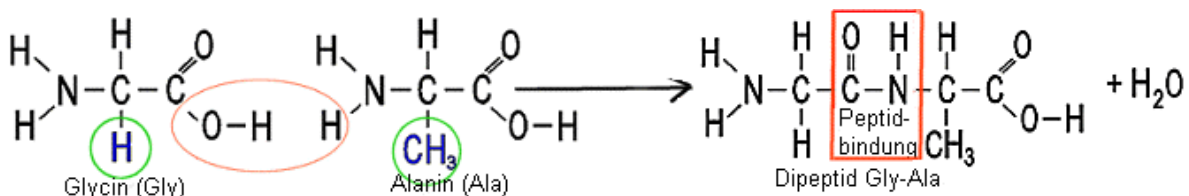
- ein großes Glas frische Milch (3,5 % Fett)
- Haushaltsessig
- ein feinmaschiges Sieb
- einen Topf
- einen Herd
- einen Kochlöffel oder etwas anderes zum Rühren.

Gieße die Milch in einen Topf und gib einen Schuss Essig dazu. Dann stelle das Ganze auf den Herd und beginne unter ständigem Rühren, das Milch-Essig-Gemisch vorsichtig zu erwärmen. Die Milch sollte nur handwarm, keinesfalls richtig heiß werden. Es entstehen weiße Klümpchen. Erst sind es nur zarte Flocken, dann – wenn die Milch wärmer wird – verklumpen die zarten Flocken zu immer größeren Bröckchen. Und wenn du nach ein paar Minuten den Topfinhalt durch ein feines Sieb gießt, bleibt ein gehäufter Esslöffel einer weißen grobkörnigen Masse zurück, die, je mehr sie trocknet, immer gummiartiger wird.

Die weiße Masse nennt man Casein. Es ist eine Mischung aus verschiedenen Eiweißstoffen der Milch und bildet etwa 80 Prozent der gesamten Proteinmenge der Milch. Durch die Säure des Essigs wird das Eiweiß der Milch von der Molke getrennt. Die Milcheiweiße denaturieren. Die Wärme sorgt dafür, dass die hauchdünnen Eiweißfäden immer stärker verklumpen.

Wenn du die Eiweißklümpchen dann von der Molke trennst und etwas trocknest, bekommst du eine bröckelige geschmacklose Masse. Das Casein bildet natürlich einerseits die Grundlage für Quark, Käse und andere Milchprodukte. Andererseits wurde daraus aber tatsächlich auch der erste Kunststoff hergestellt: Galalith oder auch Kunsthorn oder Milchstein wurde er genannt. Bereits im 16. Jahrhundert wurde ein erstes Rezept für einen solchen Casein-Kunststoff niedergeschrieben.

Chemisch gesehen handelt es sich um eine Polykondensation von Aminosäuren, die durch die Essigsäure ausgelöst wird:



Aus: [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik\\_der\\_chemie/seminarfriese/milch.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/seminarfriese/milch.pdf) vom 21.10.2014

Ende des 19. Jahrhunderts wurde Galalith entwickelt und zur industriellen Reife gebracht. Knöpfe und Besteckgriffe, Kämmen und Leitungsisolierungen - aus Galalith wurden bis zum zweiten Weltkrieg die unterschiedlichsten Produkte hergestellt. In den fünfziger Jahren verdrängten aber aus Erdöl

hergestellte Kunststoffe das Galalith vom Markt. Heute findet man das Galalith immer noch in ein paar Nischen, zum Beispiel bei manchen Stricknadeln, da das Material angenehm in der Hand liegt und die Wolle gut gleiten lässt.

Eine Wiedergeburt erlebten Kunststoffe aus Milch durch die Erfindung der 3D-Drucker: Als „Tinte“ für solche Drucker wird gerne PLA verwendet, das bedeutet übersetzt „Milchsäurepolyester“.

Milchsäure besitzt nämlich sowohl eine OH-Gruppe als auch eine COOH-Gruppe. Die Verbindung von Alkohol und Säure nennt man Ester; und wenn dies viele hundert Male hintereinander passiert, hat man einen Polyester. PLA ist biologisch abbaubar, hat aber den Nachteil, dass es bei höheren Temperaturen nicht formstabil ist und schon ab 60 Grad Celsius erweicht. Dies ist im Sommer im Inneren eines Autos schnell erreichbar.

## 7. Kunststoff aus Kartoffelstärke

Bei diesem Experiment musst du gut experimentieren können und ggf. verschiedene Stärkesorten ausprobieren. Im Endeffekt kannst du eine biologisch abbaubare plastikähnliche Folie herstellen. Du brauchst 20 mL demineralisiertes Wasser, 2,5 g Kartoffelstärke, 2 mL Glycerin, einen Tropfen Lebensmittelfarbstoff, ein 250 mL-Becherglas mit passendem Uhrglas, ein erhitzbares Wasserbad, eine Teigrolle, Schutzbrille, Kittel, einen Glasstab zum Umrühren und eine alte Klarsichthülle, die an der Seite aufgetrennt ist. Vermische alle angegebenen Stoffe sorgfältig in dem Becherglas und erhitze im kochenden Wasserbad 15 Minuten lang, bis eine gelartige, fließfähige Flüssigkeit entsteht. Gieße das fertige Gel in die aufgeklappte Klarsichthülle, klappe die Klarsichthülle zu und walze mit der Teigrolle das Gel in der Klarsichthülle zu einer dünnen Schicht aus. Lass alles über Nacht ruhen. Am nächsten Tag kannst du der Klarsichthülle eine Folie aus Kartoffelstärke entnehmen, die in ihren Eigenschaften der Klarsichthülle ähnlich ist.

Geschäumte Kartoffelstärke wird zur Herstellung von Verpackungschips verwendet. Diese kann man, anders als die aus aufgeschäumtem Polystyrol, in Wasser lösen und recyceln oder kompostieren. Das ist wirklich umweltfreundlich und spart Müll!

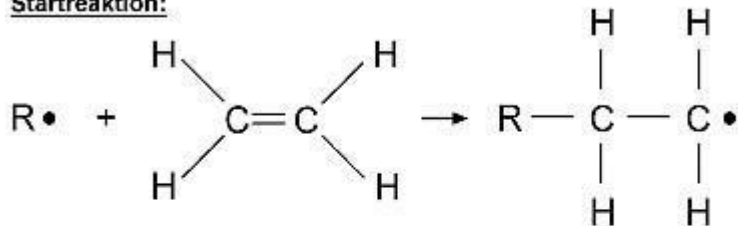
Zitiert nach: [http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrv\\_03.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrv_03.htm), letzter Zugriff am 25.11.2014

## 8. Wie werden eigentlich herkömmliche Kunststoffe hergestellt?

Kunststoffe sind langkettige Polymere, die auf unterschiedliche Weise aus noch unterschiedlichen Monomeren zusammengesetzt werden können. Einer der bekanntesten und in der Produktion billigsten Kunststoffe ist das Polyethylen, du kennst es u.a. von den Plastiktüten aus dem Supermarkt. Es wird durch radikalische Polymerisation hergestellt:

### Radikalische Polymerisation

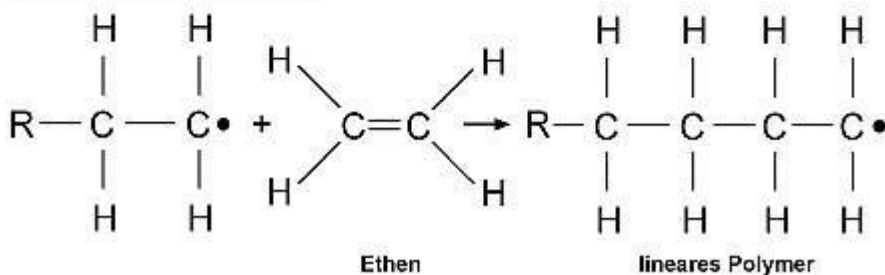
#### Startreaktion:



Startradikal

Ethen

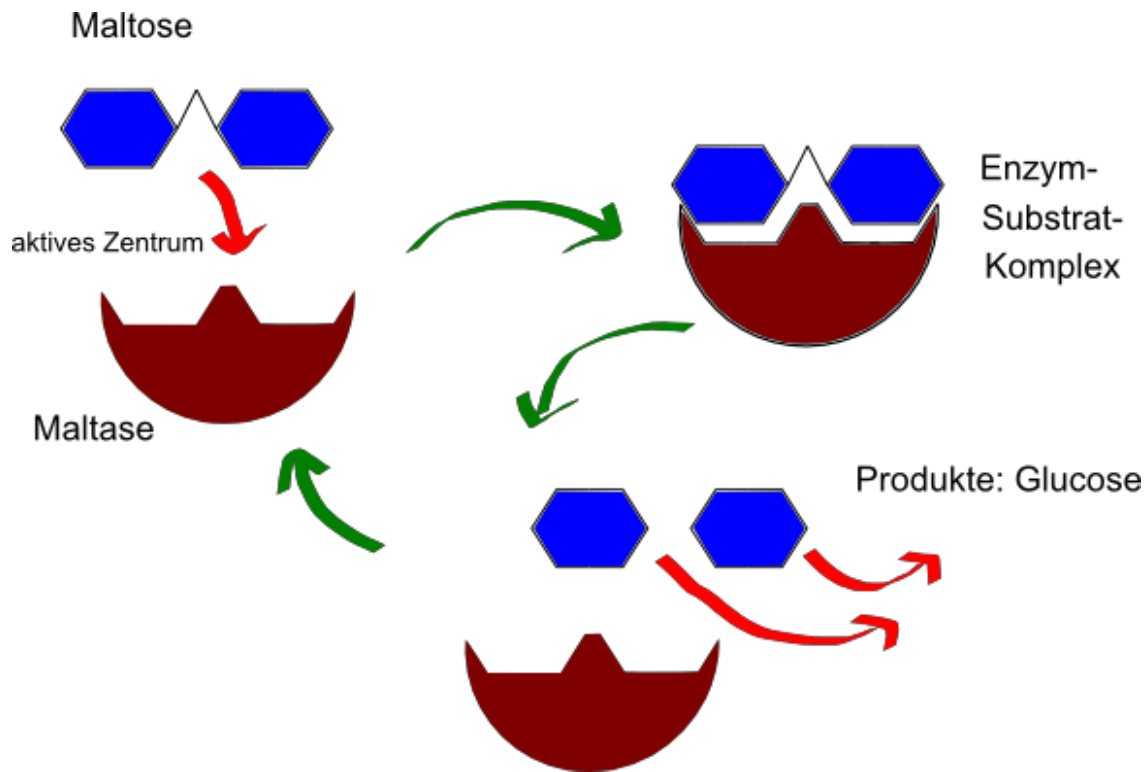
#### Kettenwachstumsreaktion:



Das lineare Polymer kann sogar so lang werden, dass du es mit einer Schere in zwei Teil trennen kannst. Leider lässt es sich weder verdauen oder sonst wie enzymatisch abbauen, denn es weist keine funktionellen Gruppen als Sollbruchstellen auf, an denen ein biologischer Abbau ansetzen könnte.

## 9. Warum sind einige Kunststoffe biologisch abbaubar und andere nicht?

Der biologische Abbau mit Enzymen (=Bio-Katalysatoren) setzt eine „Sollbruchstelle“ im Molekül voraus, d.h. eine Stelle, wo sich das aktive Zentrum eines Enzyms anlagern und die Spaltung durchführen kann. Vereinfacht kann man diese bei der Spaltung des Disaccharids Maltose gut zeigen:



Weil jedes Enzym genau zu einem bestimmten Substrat gehört, spricht man von einem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“. Das Enzym wird nach dem Wortstamm seines Substrats benannt und erhält die Endung „-ase“; Maltose wird also von Maltase gespalten. Die Produkte im Bild sind zwei Glucosemoleküle.

Auch sehr große Moleküle können enzymatisch gespalten werden, sofern sie in ihrem Molekülbau Stellen besitzen, an denen ein Enzym angreifen kann. Bei einem biologisch abbaubaren Polyester wäre das die Esterase, und bei einem „Riesenzucker“ namens Amylose wäre das die Amylase. Letztere hast du sogar in deinem Körper, und zwar in deinem Speichel, deshalb hieß das Enzym früher lautmalerisch „Ptyalin“.

Mit folgendem Experiment kannst du dies schnell unter Beweis stellen: besorge dir Verpackungs-Chips, die a) aus Plastik, b) aus Stärke bestehen. Die Chips aus Stärke erkennst du daran, dass sie sich mit  $KI_3$ -Lösung blau färben ( $KI_3$ -Lösung nennt man auch Lugol'sche Lösung oder Iodkaliumiodidlösung; es war früher in jedem Arzneischränk zum Zwecke der Desinfektion zu finden und ist heute standardmäßig meist nur noch in der Chemie- oder Biologiesammlung zu finden). Wenn du nun die Chips mit warmem Wasser und mit etwas Spucke versetzt, dann beginnen sich die Stärke-Chips zu lösen und die blaue Färbung durch die  $KI_3$ -Lösung verschwindet. Bei den Plastik-Chips passiert nicht. Es dauert Jahre, bis sie zu kleinen Bröseln zerfallen. Im Meer werden sie dann für Nahrung gehalten, was zur Folge hat, dass Fische, Vögel und andere Lebewesen sie in den Körper aufnehmen, aber nicht mehr loswerden, weil sie unverdaulich sind. Dieses Phänomen nennt man „Mikro-Müll“. Du kannst ihn unter dem Mikroskop finden, wenn du eine Sandprobe von einem Meeresstrand untersuchst (siehe Abschnitt 4).

## Literatur:

Brückmann, J., Arndt, E., Freitag, D., Gerhards, M. (2012). Kunststoffe im Unterricht. Aulis Verlag, Hallbergmoos 2012.

Dichte-Lexikon der Kunststoffprüfung, aus: <http://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php/Dichte> , zuletzt abgerufen am 4.12.2014

Garbe, D. et al. (2014). Nachhaltige Baustoffe für die Kunststoff-Herstellung. Chemie in unserer Zeit 48, 284 – 295.

Huntemann, H., Parchmann, I. (2000). Biologisch abbaubare Kunststoffe – Einordnung in ein neues Konzept für den Chemieunterricht. CHEMKON 7, 15 – 19.

Krätz, O. (2004). Aufstieg und Niedergang des Galaliths. Chemie in unserer Zeit 38, 133 – 137. Liebezeit, Gerd: Makro- und Mikromüll im Niedersächsischen Wattenmeer, aus

[http://cms.springerprofessional.de/journals/JOU=35152/VOL=2011.13/ISU=6/ART=64/BodyRef/PDF/35152\\_2011\\_Article\\_64.pdf](http://cms.springerprofessional.de/journals/JOU=35152/VOL=2011.13/ISU=6/ART=64/BodyRef/PDF/35152_2011_Article_64.pdf), zuletzt abgerufen am 21.10.2014

PLA für 3D-Drucker: [http://www.chip.de/artikel/3D-Drucker-Grundlagen-und-Praxistest-MakerBot-Replicator2-2\\_62356285.html](http://www.chip.de/artikel/3D-Drucker-Grundlagen-und-Praxistest-MakerBot-Replicator2-2_62356285.html) vom 28.10.2014

[Ruppersberg, K., Peper-Bienzeisler, R., Nick, S. \(2014\), Great Pacific Garbage Patch: Plastikmüll im Meer', CHEMKON - Chemie konkret, Bd 21, Nr. 4, S. 191-192, 10.1002/ckon.201480471](#)

## Anhang:





### A) Dichte von Kunststoffen:

Material	Dichte in g/mL
Polystyrol (aufgeschäumt)	Ca. 0,1
Polyethylen	0,92 – 0,964
Polypropylen	0,9 – 1,0
Polystyrol (ungeschäumt)	1,05
Gummischlauch (Labor)	1,07
Polycarbonat	1,0 – 1,2
Weich-PVC	1,2
Hart-PVC	1,4


Tabelle verändert nach: Brückmann, Jutta et al., Kunststoffe im Unterricht, München 2012, S.151 und

<http://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php/Dichte> vom 4.12.2014

### B) Recycling-Code:

Recyclingsnummer	Kürzel	Name des Werkstoffs	Verwendung und Recycling des Polymers zu
	PET oder PETE	Polyethylenterephthalat	Polyesterfasern, Folien, Softdrink-Flaschen, Lebensmittelverpackungen
	HDPE	High-Density Polyethylen	Plastikflaschen, Abfalleimer, Plastikrohre, Kunstholz
	PVC	Polyvinylchlorid	Fensterrahmen, Rohre und Flaschen (für Chemikalien, Kleber, ...)
	LDPE	Low-Density Polyethylen	Plastiktaschen, Eimer, Seifenspenderflaschen, Plastiktuben
	PP	Polypropylen	Stoßstangen, Innenraumverkleidungen, Industriefasern, Lebensmittelverpackungen
	PS	Polystyrol	Spielzeug, Blumentöpfe, Videokassetten, CD-Hüllen, Aschenbecher, Koffer, Schaumpolystyrol, Lebensmittelverpackungen
	O (OTHER)	Andere Kunststoffe wie Acrylglas, Polycarbonat, Nylon, ABS, Fiberglas und Polylactide (PLA)	

Aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Recycling-Code>, zuletzt abgerufen am 21.10.2014

Irresistible ocean am IPN Kiel: Christine Bethke, Lorenz Kampschulte, Klaus Ruppersberg, Katja Weber, Olshausenstr. 62, 24118 Kiel	
--	---

Rückfragen zu den Experimenten an: [ruppersberg@ipn.uni-kiel.de](mailto:ruppersberg@ipn.uni-kiel.de), Stand: 31.5.2016