

Auf und davon!

Die unergründlichen Wege der Kunststoffe im Meer

Christiane Zarfl



Leibniz-Institut für Gewässerökologie
und Binnenfischerei
im Forschungsverbund Berlin e.V.



Institut für
Umweltsystemforschung
Universität Osnabrück

Was ist eigentlich Kunststoff?

Von Makro zu
Mikro

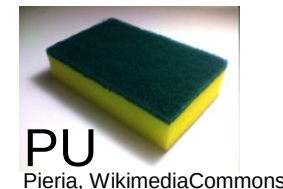
Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Die 6 wichtigsten:

- Polyethylen (PE)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC)
- Polystyrol (PS)
- Polyurethan (PU)
- Polyethylenterephthalat (PET)



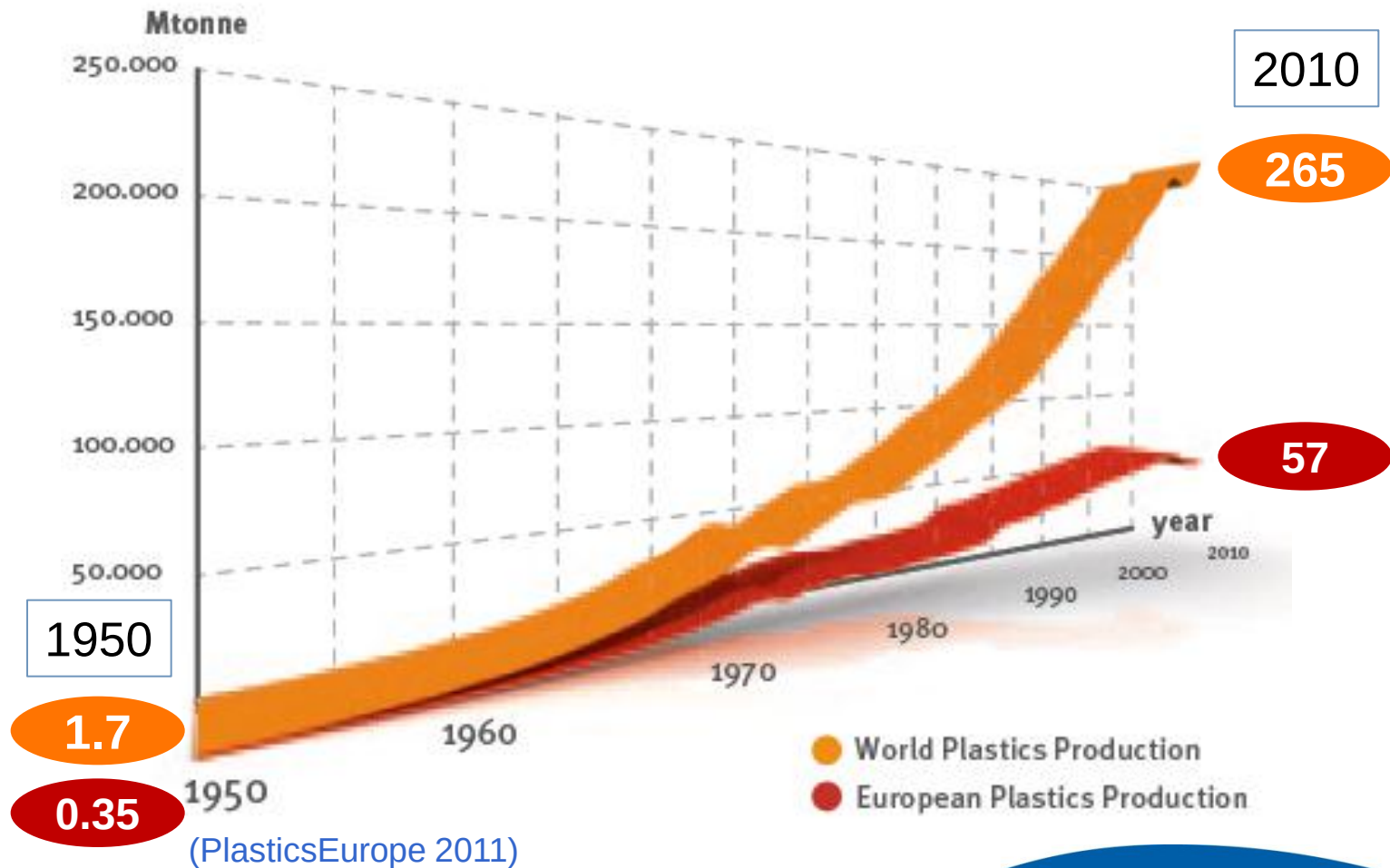
Kunststoffproduktion seit 1950

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



Research
for the future
of our freshwaters

Im Meer nichts Neues

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



(Lienau et al. 2005, Seehundaufzucht-
und Forschungsstation Norddeich)



(<http://www.spiegel.de>)

Research
for the **future**
of our **freshwaters**

Mit bloßem Auge zu sehen...

Von Makro zu Mikro

$$\begin{array}{r} \text{Kunststoff} \\ + \text{Schadstoff} \\ \hline = ? \end{array}$$

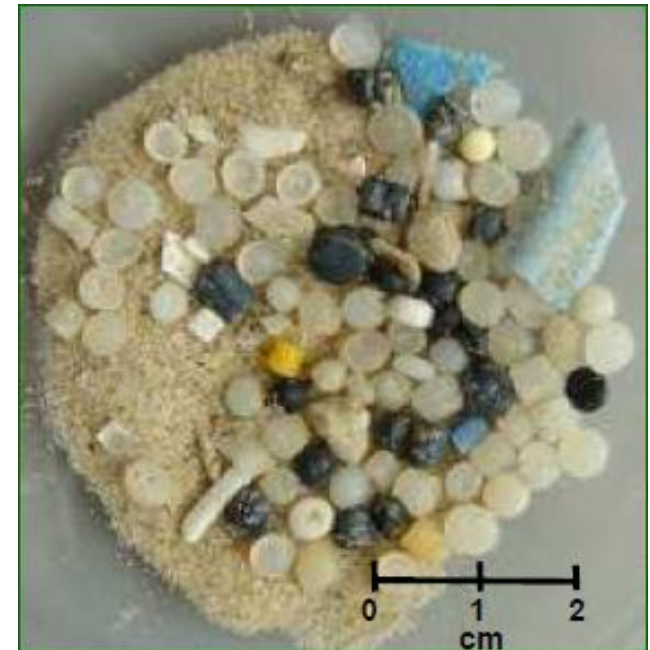
Eine günstige „Mitfahr- gelegenheit“

Ergänzung der Speisekarte

Mitbringsel vom Strand auf Norderney (2010)



(Fries et al. 2010)



(Fries et al. 2010)

**Research
for the future
of our freshwaters**

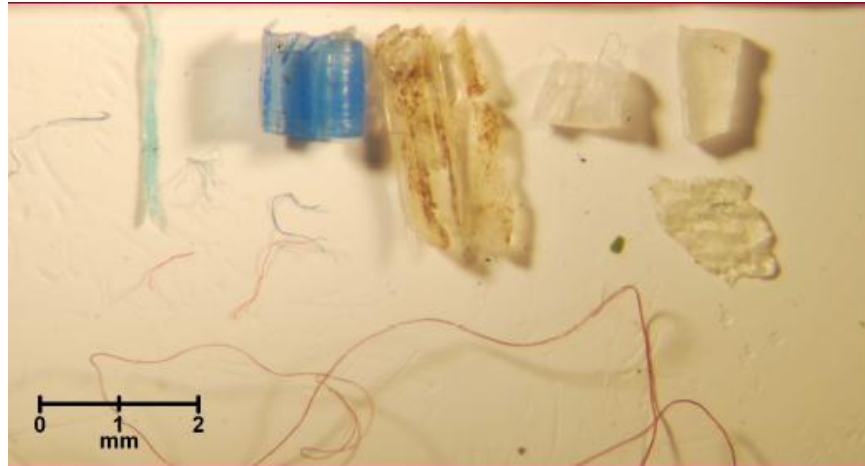
Mikroplastik (< 1 mm)

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

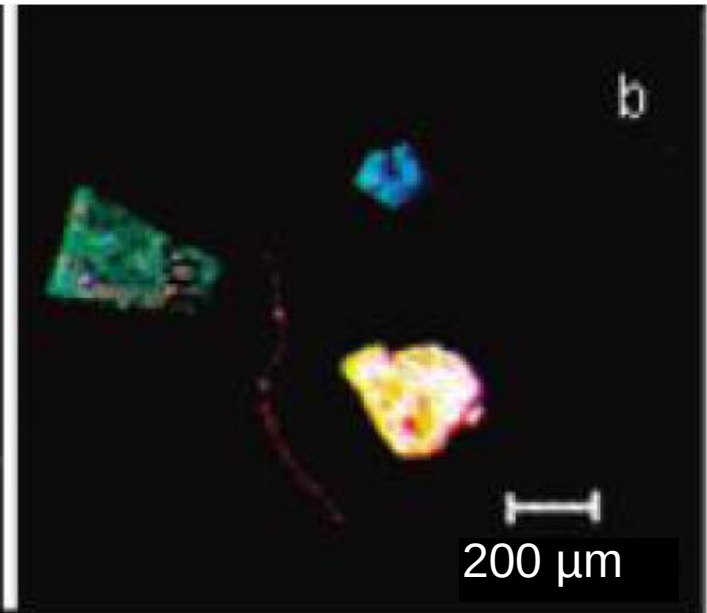
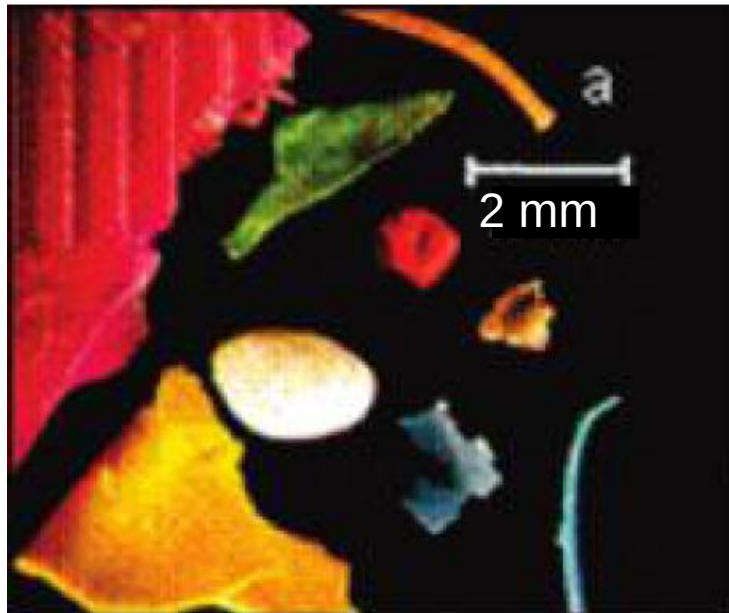
Ergänzung der
Speisekarte



(Fries et al. 2010)



(<http://5gyres.org>)



(Browne et al. 2010)

Das „unsichtbare“ Risiko

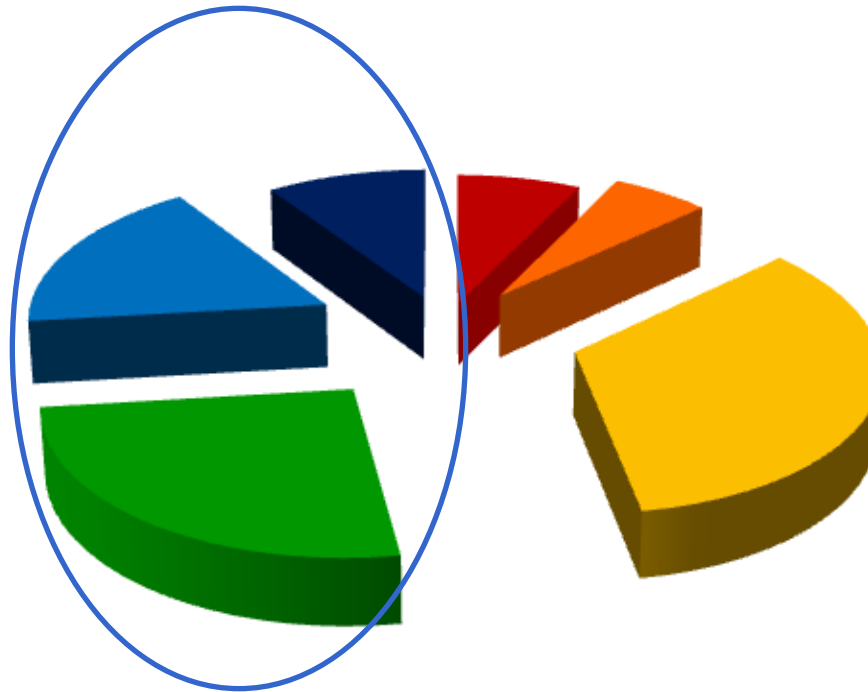
Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Kunststoffteile pro km²



Mikroplastik

(Daten aus Moore et al. 2001
Pacific Garbage Patch)

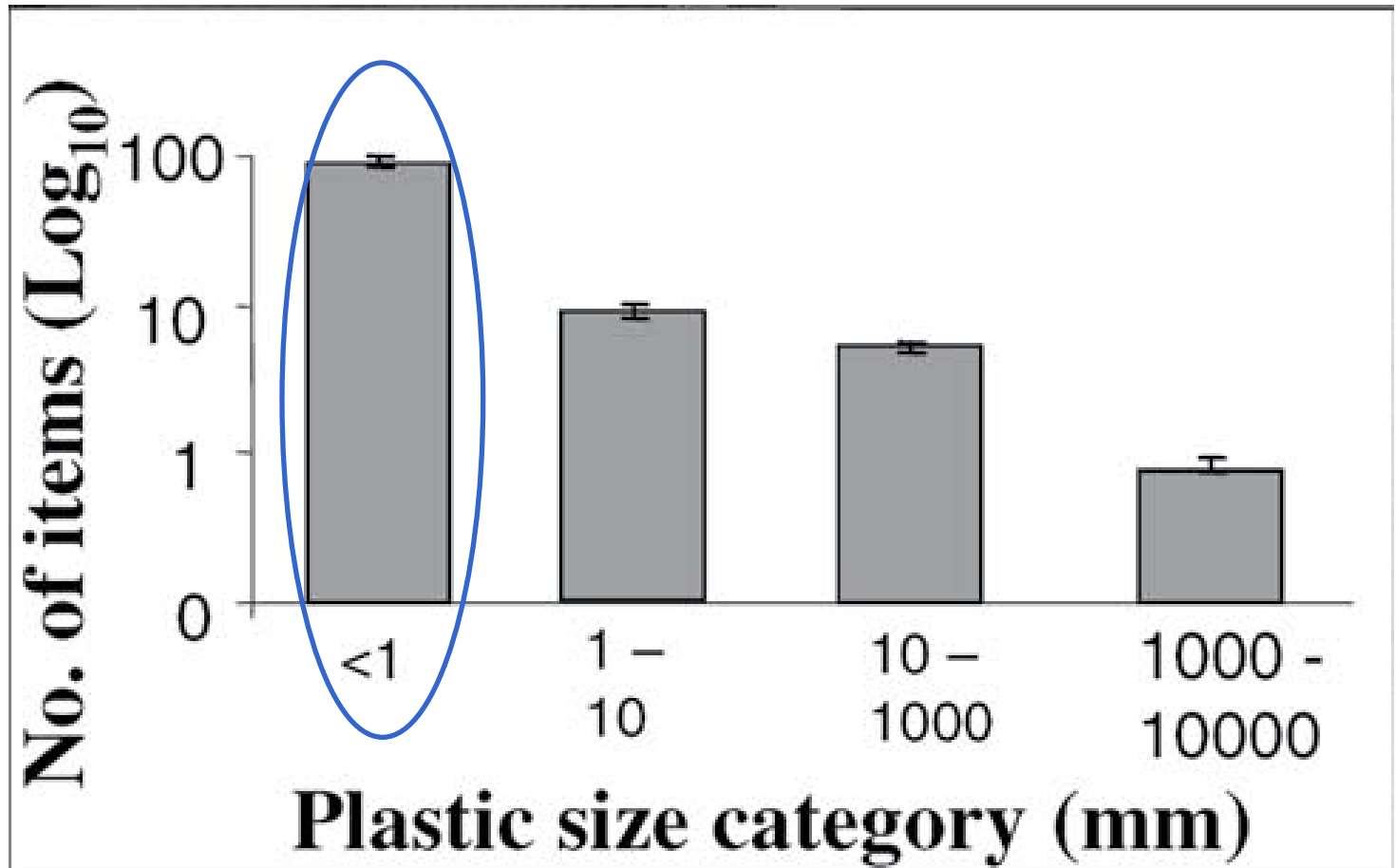
Das „unsichtbare“ Risiko

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



(Browne et al. 2007,
Tamar Mündung, UK)

Research
for the future
of our freshwaters

Tendenz steigend!

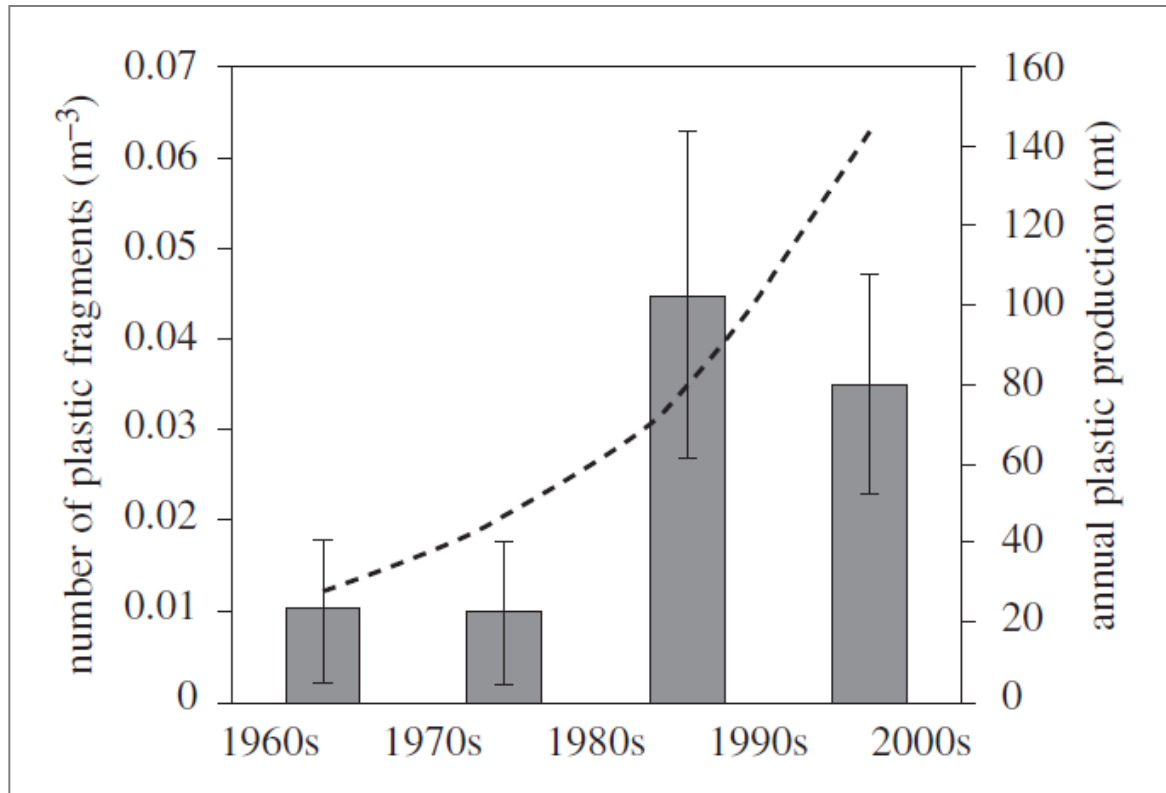
Von Makro zu
Mikro

Mikroplastik im Meerwasser aus archivierten Planktonproben

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



(Barnes et al. 2008)

Woher kommt das Mikroplastik?

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

- Verwitterung
(UV-Licht, Salzwasser, mechanisch)
- direkter Eintrag als Rohmaterial
- direkter Eintrag über zerschredderten
Schiffsmüll
- direkter Eintrag über die Verwendung in
Reinigungsmitteln

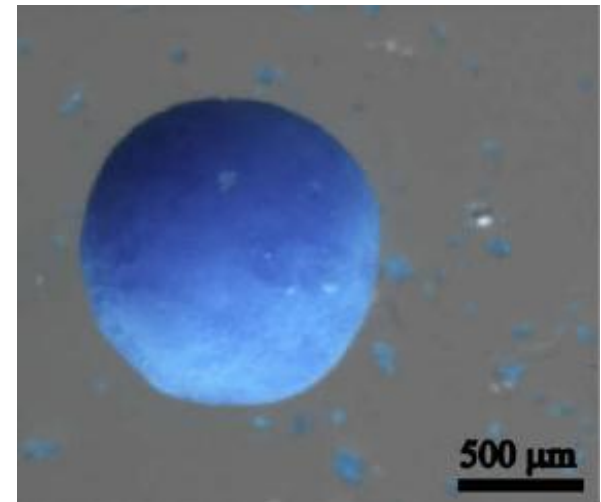
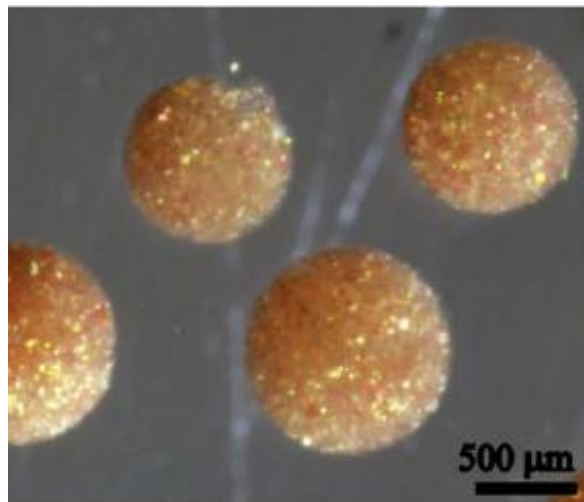
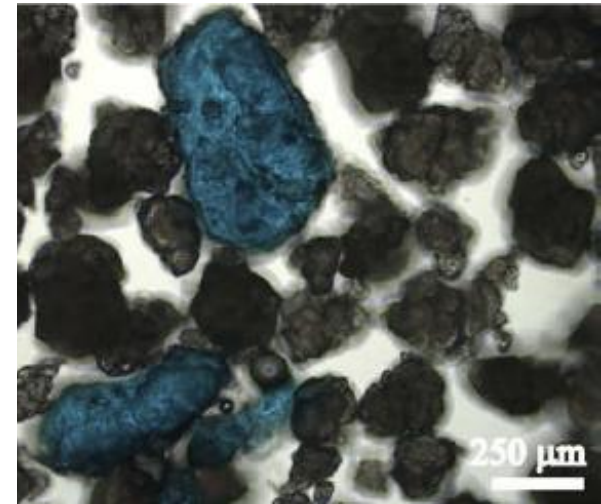
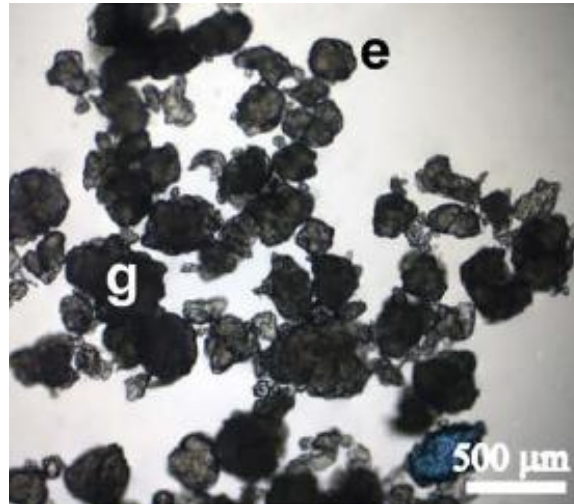
Reinigungsmittel unter der Lupe

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



(Fendall et al. 2009)

Woher kommt das Mikroplastik?

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

- Verwitterung
(UV-Licht, Salzwasser, mechanisch)
- direkter Eintrag als Rohmaterial
- direkter Eintrag über zerschredderten
Schiffsmüll
- direkter Eintrag über die Verwendung in
Reinigungsmitteln
- Eintrag über die Waschmaschine

Schöne neue Welt

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

- Polyester- und Acrylfasern in Habitaten, die Klärwasser ausgesetzt sind
- Emission von >1900 Fasern pro Kleidungsstück und Wäsche möglich



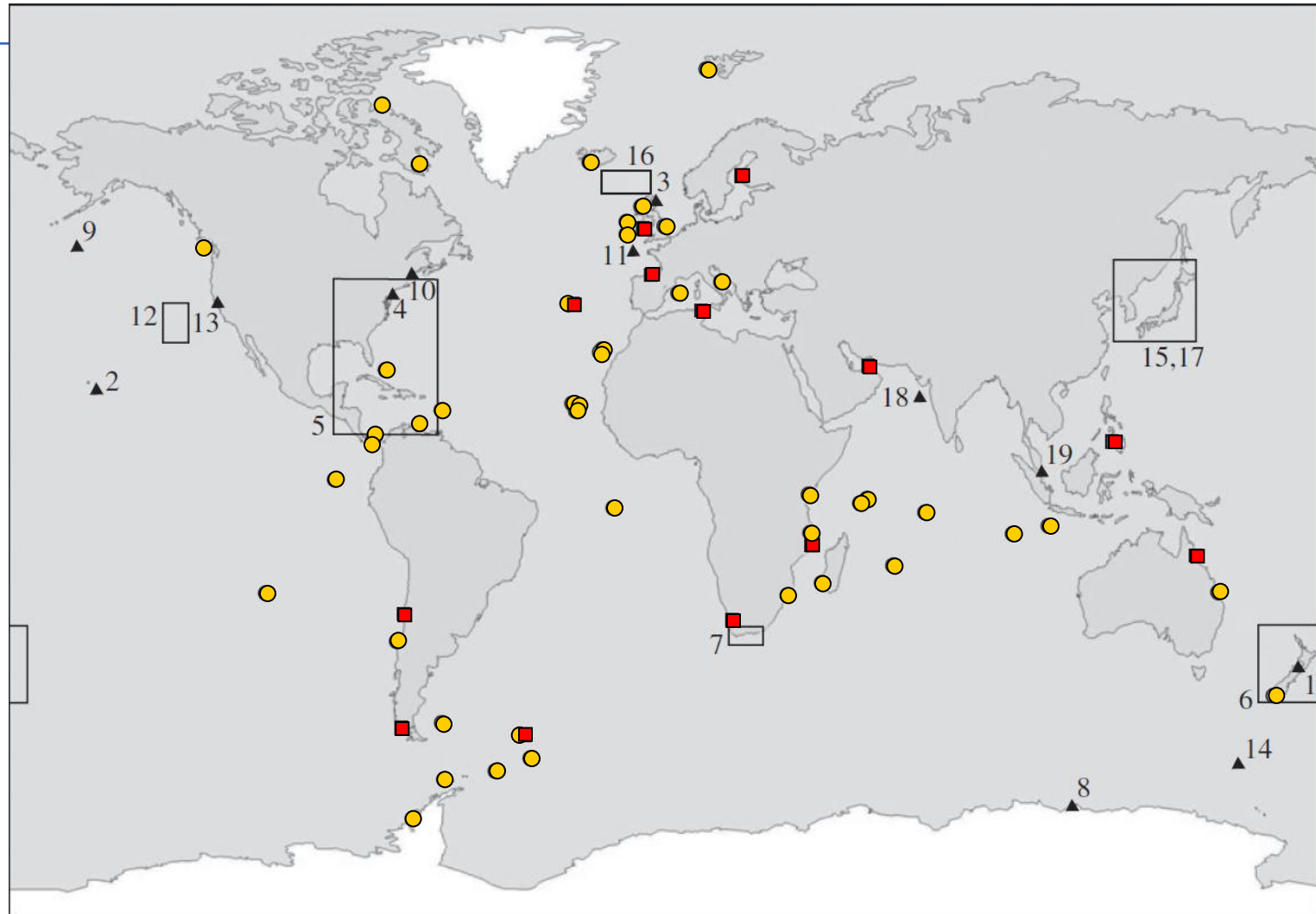
Weltweites Vorkommen

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

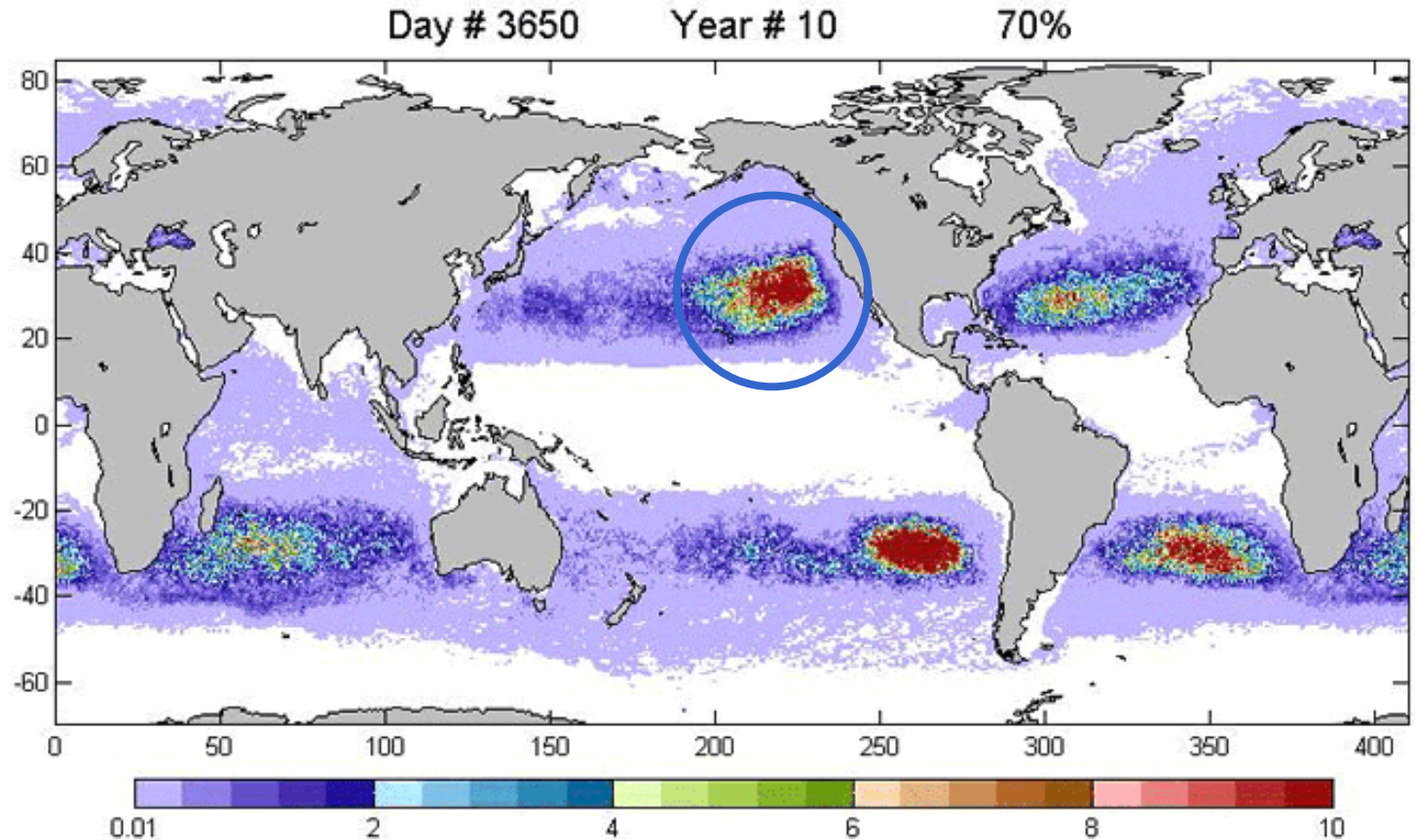


- “Makroplastik” an Spülsäumen
- Mikroplastik in der Gezeitenzone

(Barnes et al. 2009)

Meer in Bewegung (1)

- Anreicherung des Mülls in Meeresstrudeln



(N. Maximenko, <http://5gyres.org>)

Research
for the future
of our freshwaters

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Meer in Bewegung (2)

- Sechsfache Masse Kunststoff im Vergleich zu Plankton im North Pacific Gyre (Moore et al. 2001)



(<http://myecoaction.com/what-is-the-great-pacific-garbage-patch/>)

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

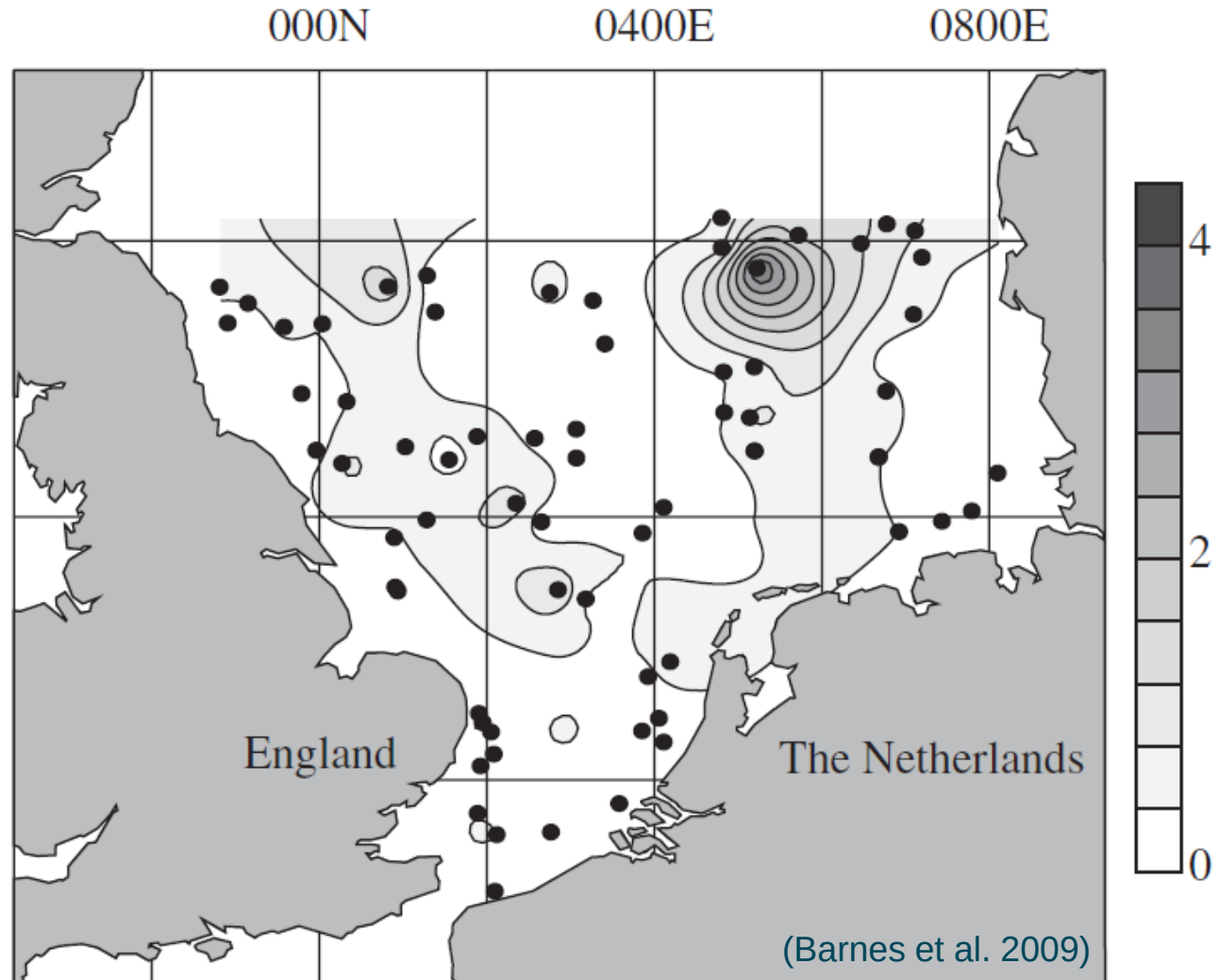
Die dritte Dimension (1)

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



Kunststoffmüll (>20 mm) auf dem Meeresboden (1999)

Die dritte Dimension (2)

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



Mittelmeersediment
vor Marseille: 1000 m

hier: 80 Kunststoffteile pro km



Sediment der Fram-
straße (nördlich des
Polarkreises): 2500 m

5500 m: 13 Teile pro km

Schadstoffe in Kunststoff

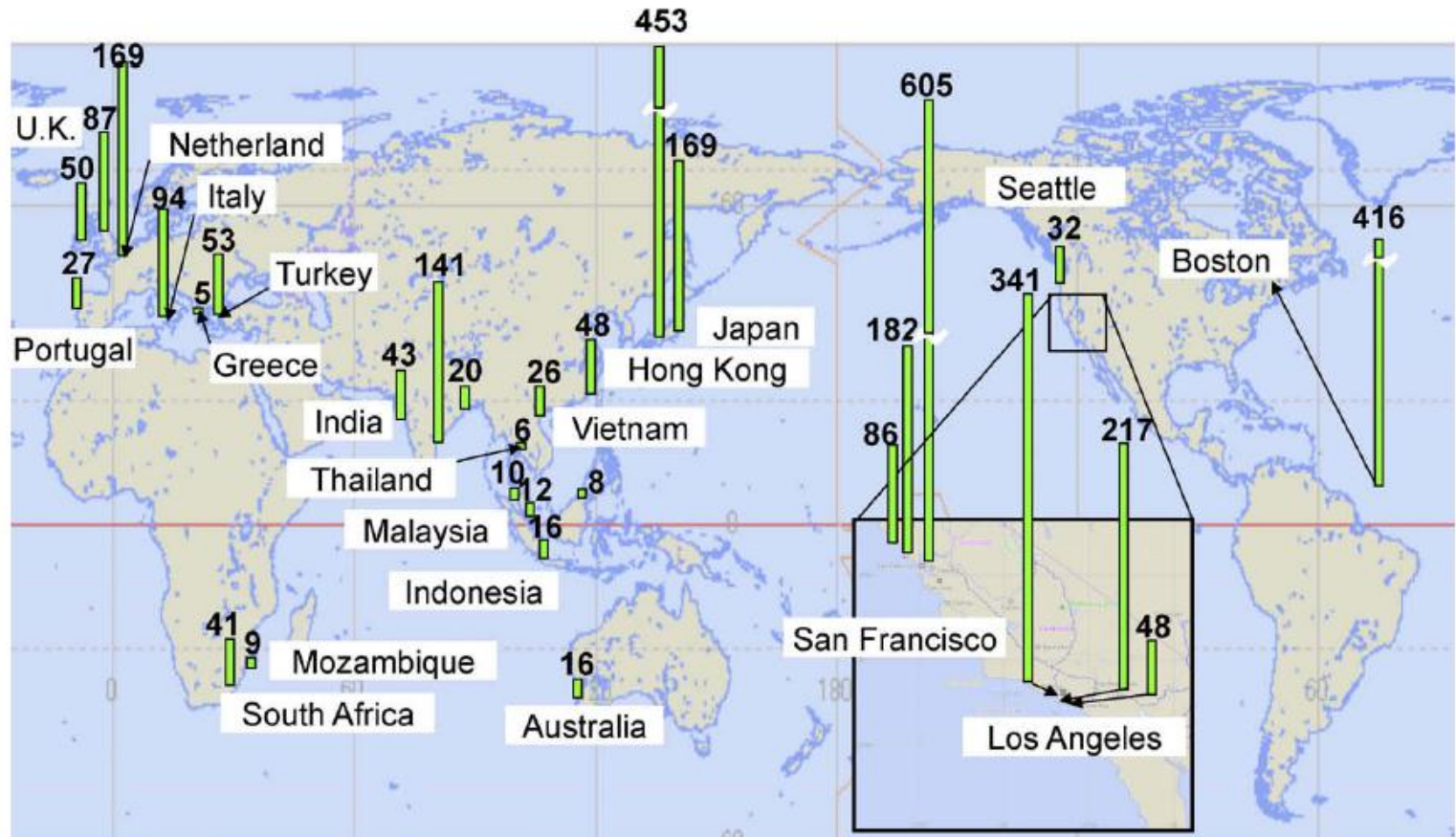
Mittlere Σ PCB-Konzentrationen (ng/g) in Kunststoffpellets
 (Σ PCB = 66, 101, 110, 149, 118, 105, 153, 138, 128, 187, 180, 170, 206)

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



(Ogata et al. 2009)

Wie kommt der Schadstoff in den Kunststoff? (1)

Von Makro zu
Mikro

Additive

Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

- Farbstoffe
- Weichmacher: z.B. Phthalate, Chlorparaffine, Phosphorsäureester
- UV-Stabilisatoren: z.B. Ruß, Pigmente wie TiO_2
- Flammschutzmittel: z.B. PBDEs, HCB

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Wie kommt der Schadstoff in den Kunststoff? (2)

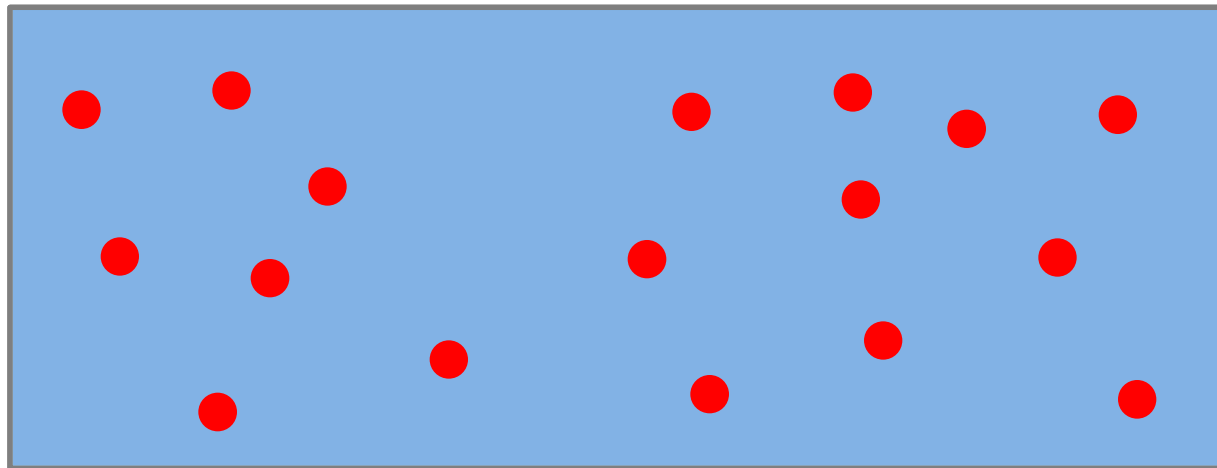
Sorption

Von Makro zu
Mikro

**Kunststoff
+ Schadstoff**
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

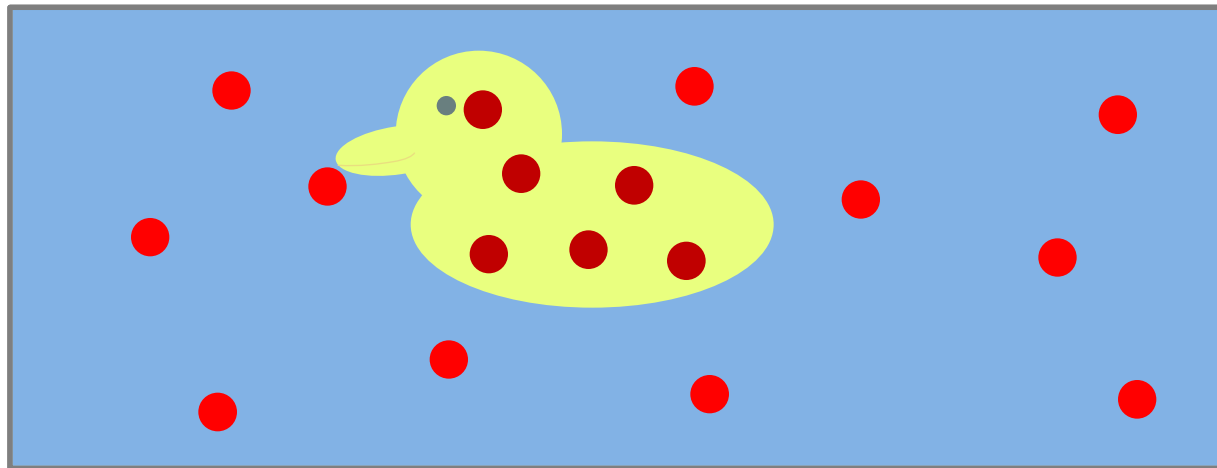
Ergänzung der
Speisekarte



Wie kommt der Schadstoff in den Kunststoff? (2)

Sorption

Sorption von PCBs und DDE an Polypropylen (PP) **100-mal höher** als an Schwebstoff (Mato et al. 2001)



Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

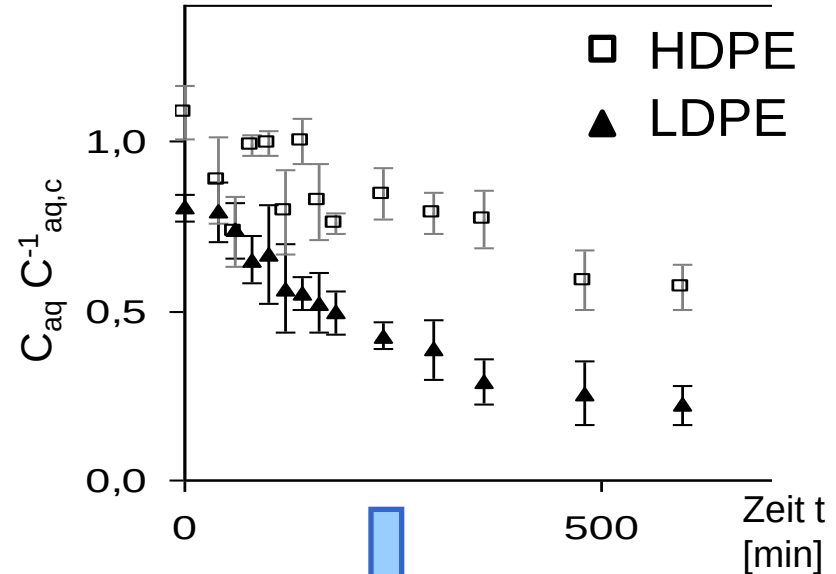
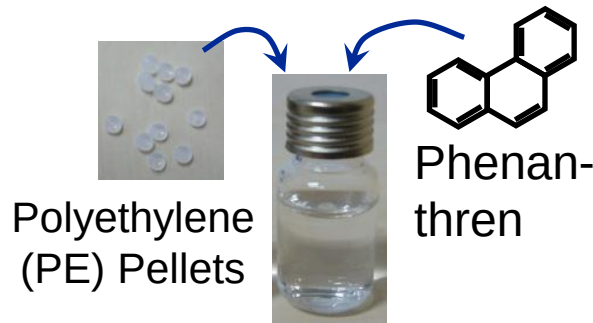
Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

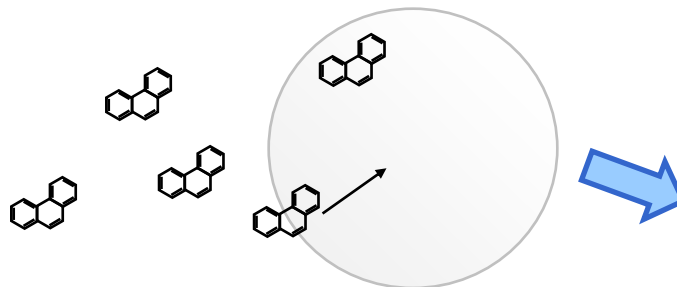
Wie kommt der Schadstoff in den Kunststoff? (2)

Diffusionsgeschwindigkeit D_{PE}

1. Batchversuche



2. Mathematisches Modell



$$C_{PE}(t) = \sqrt{D_{PE} \cdot \delta} \cdot C_{PE}^* \cdot \left(K_{PE} \cdot \frac{M_{PE}}{V_w} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{t}{\pi \cdot r^2}}$$

$$\frac{\partial C_{PE}}{\partial t} = \frac{D_{PE}}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^2 \frac{\partial C_{PE}}{\partial x} \right) \quad \text{1. Fick'sches Gesetz}$$

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Wie kommt der Schadstoff in den Kunststoff? (2)

Diffusionsgeschwindigkeit

MW (g mol ⁻¹)	LDPE Log D _{Pe} (cm ² s ⁻¹)	HDPE Log D _{Pe} (cm ² s ⁻¹)
152.2	-9.33	-10.71
166.2	-9.80	-10.63
178.2	-10.43	-11.00
⋮	⋮	⋮

- Diffusionskoeffizienten fallen mit steigendem Molekulargewicht.
- Diffusionskoeffizienten sind für LDPE höher, vermutlich wegen der schwächeren kristallinen Struktur.

Von Makro zu
Mikro

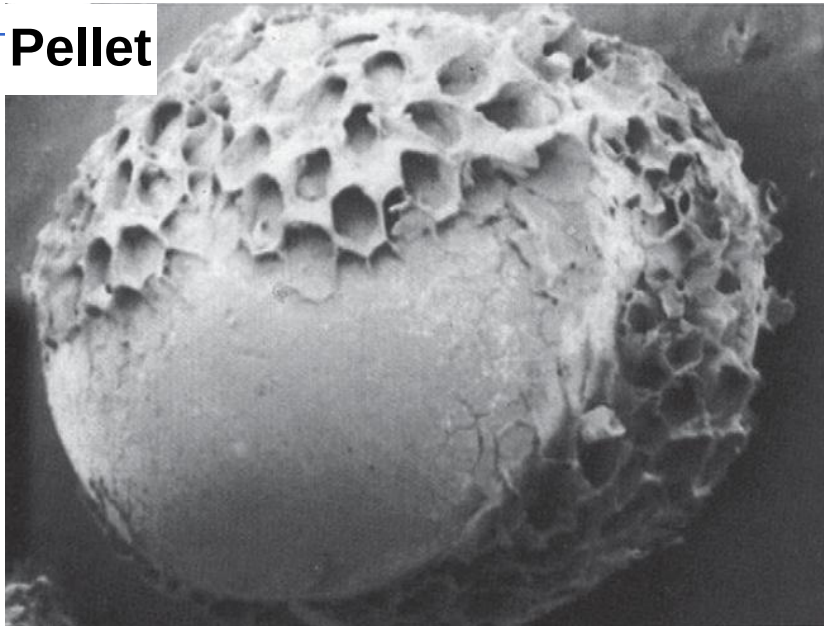
Kunststoff
+ Schadstoff
= ?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

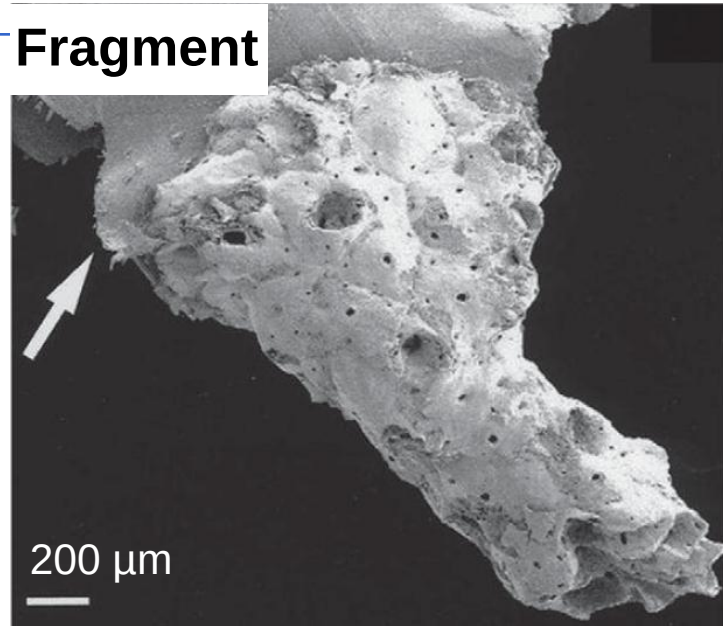
Ergänzung der
Speisekarte

Invasion per Anhalter

Pellet



Fragment



Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte

Membranipora tuberculata

Moostierchen:

- seit frühen `70ern in neu-seeländischen Gewässern

Galeopsis mimicus

Moostierchen :

- seit 2000-Wende an der Ostseite Neuseelands
- vorher nur an der Westküste in Tiefen > 300 m beobachtet

(Gregory et al. 2009)

Für jeden die passende Größe...

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

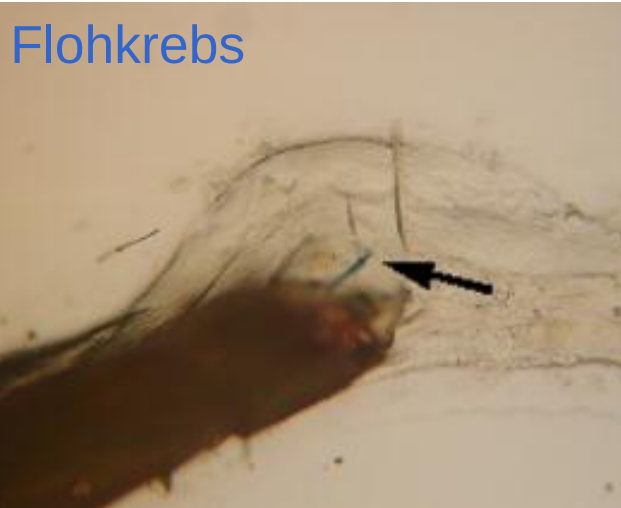
Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

Ergänzung der
Speisekarte



Chris Jordan Photographic Arts

95% der untersuchten
Seevögel in der Nordsee
und der kanadischen
Arktis hatten Kunststoff-
teile im Magen (Guse et al.
2005, Provencher et al. 2009)



Flohkrebs



Algalita Marine Research Foundation

Mikroplastik wird von Filtrierern
und Detritivoren aufgenommen
(Thompson et al. 2004)

Stille Post

Von Makro zu
Mikro

Kunststoff
+ Schadstoff
=
?

Eine günstige
„Mitfahr-
gelegenheit“

**Ergänzung der
Speisekarte**

- Akkumulation entlang der Nahrungskette
- Beispiel: Seebären, die sich auf Macquarie Island von Fisch ernähren (Eriksson & Burton 2003)



(E. Kissling)



22- bis 160-fache
Anreicherung



Bries



Just because you can't see it...



advertisers without borders
publicitarios sin fronteras
publicitaires sans frontières

www.awbnetwork.org



Just because you can't see it...



advertisers without borders
publicitarios sin fronteras
publicitaires sans frontières

www.awbnetwork.org