

Current versions of this document see public folders of RUB-Makerspace at <https://makerspace.ruhr-uni-bochum.de/status/> | This is a fork from Dec. 2023

**RUB**

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

# Workshop – Plastic Recycling



## ÜBERBLICK

- 1. Plastik – Basiswissen, Part 1: Das Plastikproblem**  
-> global und lokal
- 2. Plastik – Basiswissen, Part 2: Plastik als Material**  
-> verschiedene Arten, Recyclingcodes, Kunststoffarten erkennen
- 3. Plastik Recycling im Makerspace**  
-> Precious Plastic, Shredder, Spritzgussmaschine, mobile Absaugung & Sicherheit

# 1. Plastik – Basiswissen

## Part 1: Das Plastikproblem

## Plastik – Basiswissen

### Das Plastikproblem - global:

- Weltweite Plastikproduktion - **1950 und 2015: 8,3 Milliarden Tonnen** Kunststoff  
-> die Hälfte davon aus den letzten 13 Jahren
- Davon **6,3 Milliarden Tonnen** -> **Abfall:**  
-> 9% recycelt, 12 % verbrannt, 79% Müllhalden oder Umwelt

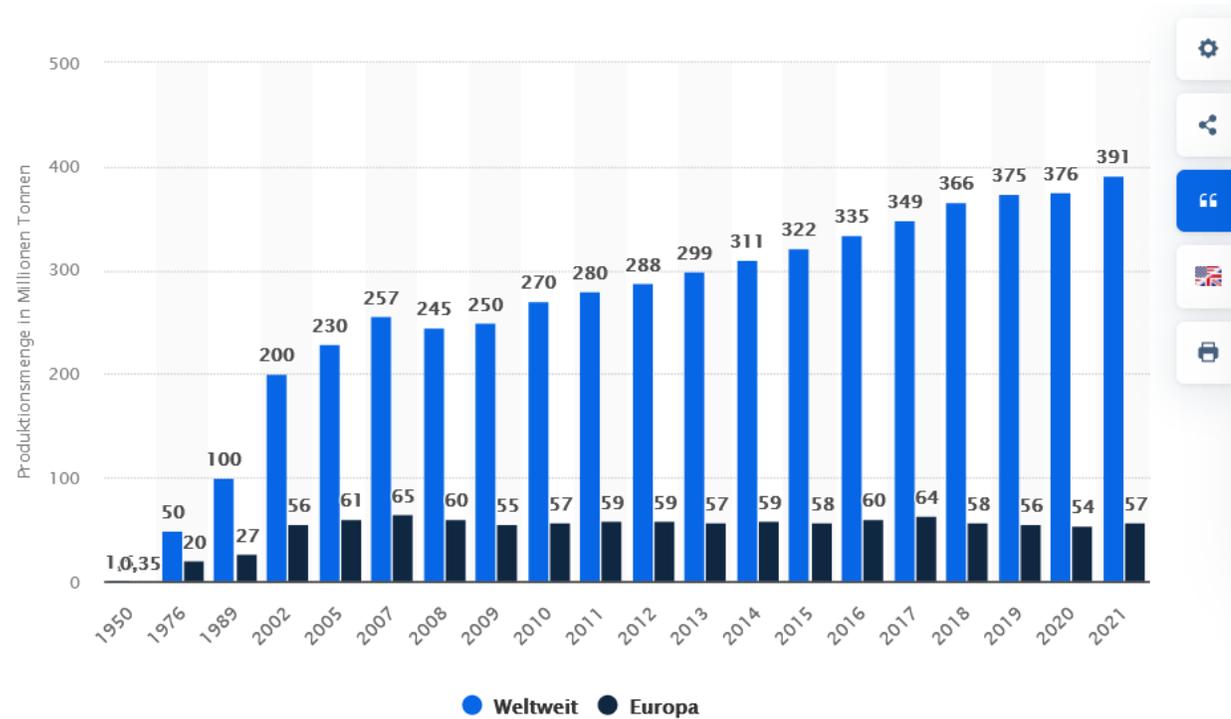
### Toxizität von Kunststoff:

- Viele Chemikalien zur Herstellung von Kunststoffen = extrem giftig (insb. Zusatzstoffe)
- Die Chemikalien sind nicht fest im Plastik gebunden  
-> können mit der Zeit und/oder bei Erwärmung entweichen.
- Sehr problematisch = Hormonell wirksame Substanzen: Weichmacher (Phthalate), Bisphenol A (BP), bromierte Flammschutzmittel und Organozinnverbindungen.
- Besonders giftig: **Polyvinylchlorid (PVC)** und **Polycarbonat (PC)**.  
-> **PVC + PC** = Großer Anteil aus Weichmachern.  
-> **PC** = mit Hilfe von Bisphenol A hergestellt.



Muntaka Chasant: Plastikverschmutzung am Strand von Accra, Ghana (CC-BY-SA 4.0)

### Kunststoffproduktion weltweit/Europa 1950-2021



Details: Weltweit; PlasticsEurope; Conversio

© Statista 2023

PlasticsEurope (2022): Weltweite und europäische Kunststoffproduktion in den Jahren von 1950 bis 2021 (in Millionen Tonnen).  
 Statista. Statista GmbH. Zugriff: 25.09.23 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167099/umfrage/weltproduktion-von-kunststoff-seit-1950/>

## Plastik – Basiswissen

### Das Plastikproblem - Deutschland:

- 2021 = **21,3 Millionen Tonnen** produziert **5,7 Millionen Tonnen Abfall**  
-> 41 % recycelt, 5% „recycelt“, weil exportiert, 53% verbrannt, weniger als 1% Deponie

### Warum nicht mehr Recycling ?

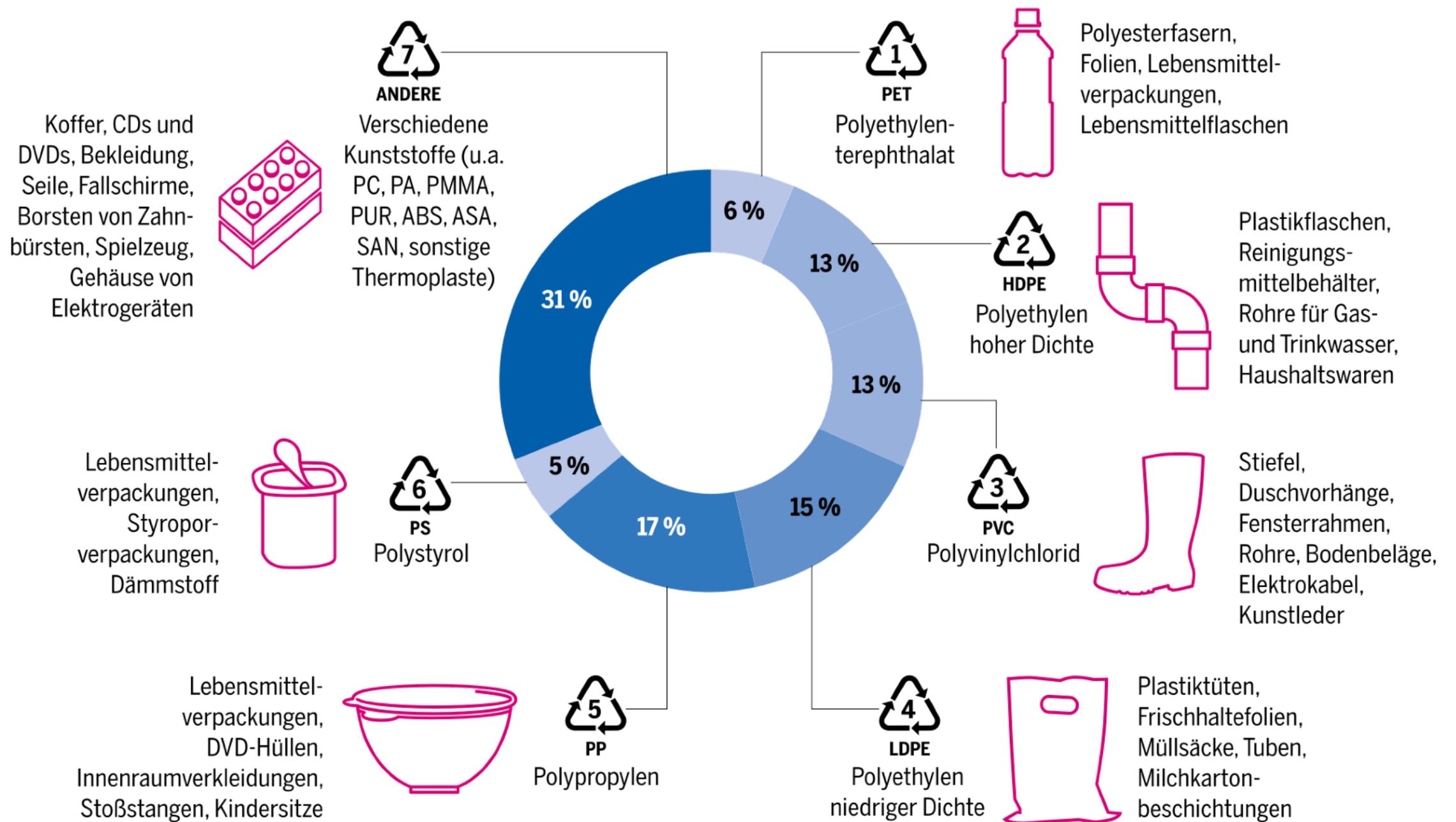
- Großes Problem: Verbundstoffe und Vielfalt an Kunststoffsorten  
-> Schwierigkeit: Sortenreinheit  
-> Gemische Rezyklate = geringere Qualität : Downcycling

### Good to know:

- Wenn Kunststoffabfall nicht in der gelben Tonne, sondern im Restmüll landet, wird er in der Regel nicht recycelt, sondern verbrannt.

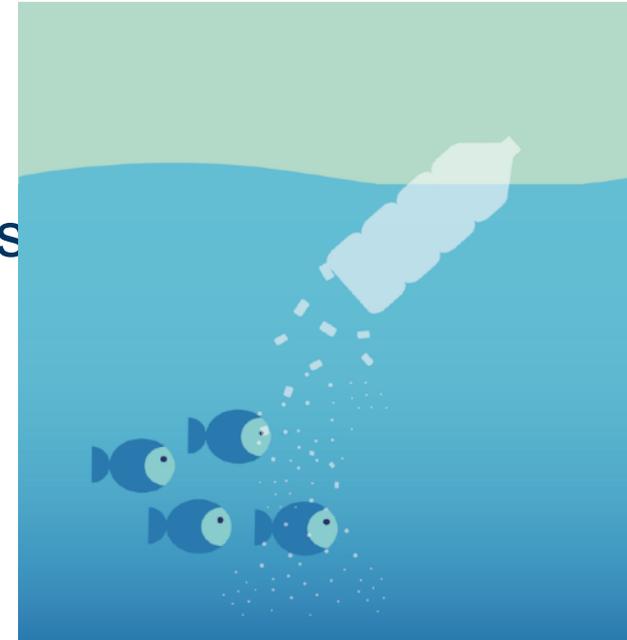


Muntaka Chasant: Plastikverschmutzung am Strand von Accra, Ghana (CC-BY-SA 4.0)



**Wie lange dauert es bis sich eine Plastikflasche in der Natur zersetzt hat?**

Bis zu **450 Jahre** benötigt eine Kunststoffflasche, bis sie sich in **Mikroplastikpartikel** zersetzt hat. Man geht aber davon aus, dass sich Kunststoffe **nicht vollständig auflösen**. Die Mikroplastikpartikel werden zwar immer kleiner, bauen sich aber nicht ganz ab.



Information: [https://www.awm-muenchen.de/fileadmin/user\\_upload/verantwortung/4\\_AWM\\_Abfallquiz\\_.pdf](https://www.awm-muenchen.de/fileadmin/user_upload/verantwortung/4_AWM_Abfallquiz_.pdf)

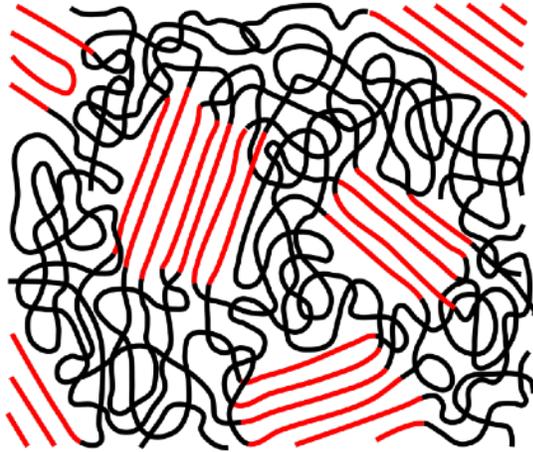
Unsicher wegen Code:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_breakdown\\_of\\_a\\_plastic\\_bottle\\_into\\_smaller\\_fragments,\\_eventually\\_ending\\_up\\_as\\_micro-\\_and\\_nano-plastics.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_breakdown_of_a_plastic_bottle_into_smaller_fragments,_eventually_ending_up_as_micro-_and_nano-plastics.png)

## 2. Plastik – Basiswissen

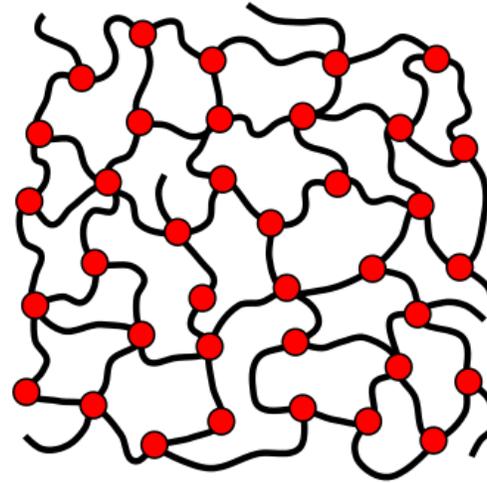
### Part 2: Plastik als Material

### 3 Kunststoffkategorien



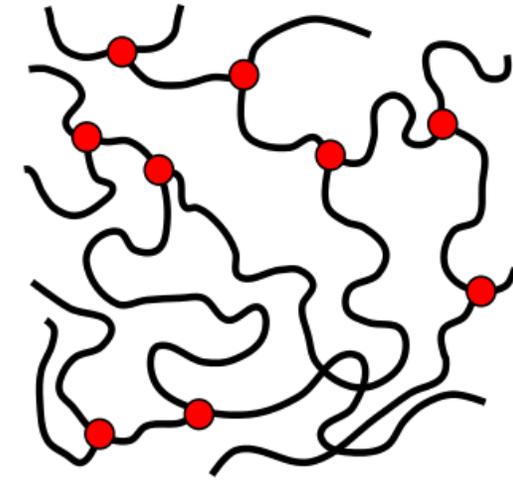
#### Thermoplaste

- Können beliebig oft weich gemacht oder geschmolzen werden.



#### Duroplaste

- Nicht recycelbar
- Erwärmung führt zur Zersetzung – nicht Verformbar



Quelle Abbildungen: Public Domain

#### Elastomere

- Nicht recycelbar
- Umfasst alle Arten von vernetztem Kautschuk
- +/- elastisch

## Viele Kunststoffe – viele Eigenschaften

- Es gibt mehr als **200** verschiedene Kunststoffarten
- **6** davon können mit dem entsprechenden Recyclinglabel/Code gekennzeichnet sein (bisher keine Pflicht in Deutschland)
- Alle anderen Kunststoffe fallen automatisch in die Gruppe **7**
- Kurz zum Ursprung der Labels: 1988 hat die Society of the Plastics Industry (SPI) ein Klassifikationssystem begründet, dass dabei helfen soll recycling zu erleichtern. Etabliert, aber keine Pflicht.

Eigenschaften	Anwendungen	Temperaturen*
<p><b>PET</b> Polyethyl- enterephthalat</p> <p><b>PRO:</b> 63-65 Shore-D, widerstandsfähig, leicht, robust, wasserdicht</p> <p><b>CON:</b> Hohe Schrumpfrate, hitzeempfindlich, giftiger Rauch, schwer entzündlich, gibt mit der Zeit gesundheitsschädliche Stoffe ab</p>	Getränkeflaschen, Gefäße, Seil, Taschen, Bauteile für Elektronik, Fleece, Folien, Filmrollen, Magnetbänder	Schmelztemperatur: 260 °C Einsatztemperatur: -40 - +60 °C Flamme: gelb, weißer Rauch Geruch: süßlich
<p><b>PE</b> Polyethylen</p> <p>Polyethylen ist ein weiches Polymer, das in den beiden Haupttypen HDPE &amp; LDPE vorkommt.</p>	Hauptsächlich Folien und Verpackungen	Schmelztemperatur: 135 °C Einsatztemperatur: -50 - +80 °C
<p><b>HDPE</b> High Density PE (hohe Dichte)</p> <p><b>PRO:</b> 50-70 Shore-D, temperaturbeständig, steif, hohe Zugfestigkeit, günstig, hohe Resistenz gegen Chemikalien, gutes Reibungsverhalten</p> <p><b>CON:</b> Leicht brennbar, geringe UV-Beständigkeit, hohe Schrumpfrate, ggf. giftige Zusatzstoffe</p>	Gefäße: Lebensmittel, Motoröl, Seife, Bleichmittel, Waschmittel, Rohre, Spielzeug, Schüsseln, Kisten, Folie, Bauteile für PKW, Gehäuse, Flaschendeckel	Schmelztemperatur: 125 °C Einsatztemperatur: -80 - +95 °C Flamme: gelb Geruch: Parffin
<p><b>LDPE</b> Low Density PE (geringe Dichte)</p> <p><b>PRO:</b> 40-50 Shore-D, hohe Resistenz gegen Chemikalien und Flüssigkeiten, flexibel, gute Isolierfähigkeit, hohe Schlagfestigkeit</p> <p><b>CON:</b> Oft kein Recyclinglabel, geringe Zugfestigkeit, geringe Härte, geringe UV-Resistenz, hohe Schrumpfrate, ggf. giftige Zusatzstoffe</p>	Folie, Gefrierbeutel, Quetschflaschen, Einkaufstüten, Schüsseln, Deckel, Spielzeug, Rohre, Taschen, Platten	Schmelztemperatur: 105 °C Einsatztemperatur: -80 - +70 °C Flamme: gelb Geruch: Paraffin
<p><b>PVC</b> Polyvinylchlorid</p> <p><b>PRO:</b> 74-82 Shore-D, gute Isolierfähigkeit, hohe Resistenz gegen Chemikalien (insbes. gegen Säuren und Basen und Lösungsmittel), günstig, flexibel, schwer brennbar</p> <p><b>CON:</b> Gibt bei Erwärmung giftiges Chlorid ab</p>	Außenbereich, Industrie, Kunstleder, Versiegelungen, Kabelisolierung, Klebeband, Rohre, Baustoffe, Flaschen, Folie, Schuhsoten, Schrumpfschlauch, Verpackungen, Schutzhüllen, Koffer, Regenmäntel, Spielzeug 2 Typen: PVC-U und PVC-P	Schmelztemperatur: 160 - 180 °C Einsatztemperatur: -15 - +60 °C Flamme: grüner Rand, starker Rauch Geruch: stechend
<p><b>PP</b> Polypropylen</p> <p><b>PRO:</b> 59-77 Shore-D, wie PE, aber widerstandsfähiger, hohe optische Qualitäten</p> <p><b>CON:</b> Teurer als PE, spröde unter 0 °C, hohe Durchlässigkeit von Gas, geringe Resistenz gegen Kraftstoffe, geringe UV-Beständigkeit, leicht entflammbar, schwierig zu löschen, ggf. giftige Zusatzstoffe</p>	Gefäße (Lebensmittel), Tupperware, Yoghurtbecher Sirupflaschen, medizinische Produkte, Bauteile für PKW, Rohre, Spielzeug, Stühle, Küchenutensilien, CD-Hüllen, Verpackungen, Folie, Textilien, Teppiche, Seil, Netze, Koffer, Gehäuse	Schmelztemperatur: 165 °C Einsatztemperatur: -10 - +100 °C Flamme: gelb Geruch: Paraffin
<p><b>PS</b> Polystyren</p> <p><b>PRO:</b> 78-80 Shore-D, günstig, robust, geringe Schrumpfrate, gute Isolierfähigkeit, hohe Kältebeständigkeit, hohe ästhetische und haptische Qualitäten (kann poliert werden)</p> <p><b>CON:</b> Recycling erfordert hohen Energieeinsatz, gibt bei Erwärmung giftiges Styrol ab, geringe UV-Resistenz</p>	Verpackungen (Lebensmittel), einweg Kaffeebecher und Besteck (und weitere Wegwerfartikel), CD-Hüllen, Spielzeug, Gehäuse, häufig in geschäumter Form (EPS) als Schall- und Wärmedämmung HIPS (High Impact PS): höhere Schlag- und Abriebfestigkeit	Schmelztemperatur: 260 °C Einsatztemperatur: -10 - +70 °C Flamme: gelb/orange flackernd Geruch: süßlich
<p><b>PC</b> Polycarbonate</p> <p><b>PRO:</b> 51-85 Shore-D, hohe Transparenz, hohe Hitzebeständigkeit, robust, wasserdicht, hohe Resistenz gegen Öle und Fette</p> <p><b>CON:</b> Geringe UV-Beständigkeit, geringe Resistenz gegen Kraftstoffe und starke Säuren/Basen</p>	Abdeckungen, Gehäuse, Sicherheitsverglasungen, Scheinwerfer, CDs, Koffer, Solarmodule, Helme, Visiere, Campinggeschirr, medizinische Einwegprodukte	Schmelztemperatur: 148°C Einsatztemperatur: -140 °C - 135 °C Flamme: gelblich, starker Rauch Geruch: Harz

Al Buchwald: Kunststoffeigenschaften (CC-BY-SA 4.0)

## Kein Recyclingcode – was jetzt? 2 Möglichkeiten

### 1. Die Dichte testen:

- Unterschiedliche Kunststoffe  
= Unterschiedliche Dichten  
-> Verursacht unterschiedliches Verhalten in Flüssigkeiten (Salzwasser, Alkohol, Pflanzenöl oder Glycerin)
- **Beispiel:**  
Polypropylen schwimmt - PET sinkt
- **Problem:**  
-> Weichmacher/Flammschutzmittel beeinflussen die Dichte  
-> Immer nur 2 Kunststoffe pro Durchlauf (siehe nächste Folie)



<https://www.youtube.com/watch?v=fsqLJNyrVss> (Screenshot 10.10.23)

# FLOATING PROPERTIES

Floats on	ALCOHOL	VEGETABLE OIL	WATER	GLYCERIN
 PET	No	No	No	No
 HDPE	No	No	Yes	Yes
 PVC	No	No	No	No
 LDPE	Yes	No	Yes	Yes
 PP	Yes	Yes	Yes	Yes
 PS	No	No	No	Yes

Kein Recyclingcode – was jetzt? 2 Möglichkeiten

## 2. Feuertest:

- Kunststoffe verhalten sich unterschiedlich, wenn man sie verbrennt:
- **Beispiel:**
  - > PET = Flamme gelblich, erzeugt weißen rauch und riecht süßlich
  - > PVC = Flamme mit grünem Rand, erzeugt starken (und toxischen) Rauch und riecht stechend
- **Problem:**
  - > Giftiger Rauch + die Unterschiede zu erkennen erfordert Expertise
  - > **bitte nicht nachmachen!**



<https://www.youtube.com/watch?v=fsqLJNyrVss> (Screenshot 10.10.23)

## 3. Plastik Recycling im RUB Makerspace

## Precious Plastic

- Open Source Project (seit 2013) mit dem Ziel:  
**Lösung für das globale Plastic Waste Problem**

### Die Idee:

1. Plastikmüll schreddern
2. Plastikmüll zu Rohstoff transformieren
3. Neue Produkte herstellen

### Lösungsweg:

-> Niederschwellige Infrastruktur zum Recycling von Plastik, die der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

-> **Konkret:** Alle Baupläne für Maschinen, Produktdesigns, Wissen sowie verschiedene Geschäftsmodelle für die Arbeit mit recyceltem Plastik können frei verwendet und weiterentwickelt werden.



Precious Plastic: Logo (CC-BY-SA 4.0)

### Precious Plastic/Plastic Preneur Maschinen im Makerspace



Al Buchwald: Shredder/Totale (CC-BY-SA 4.0)



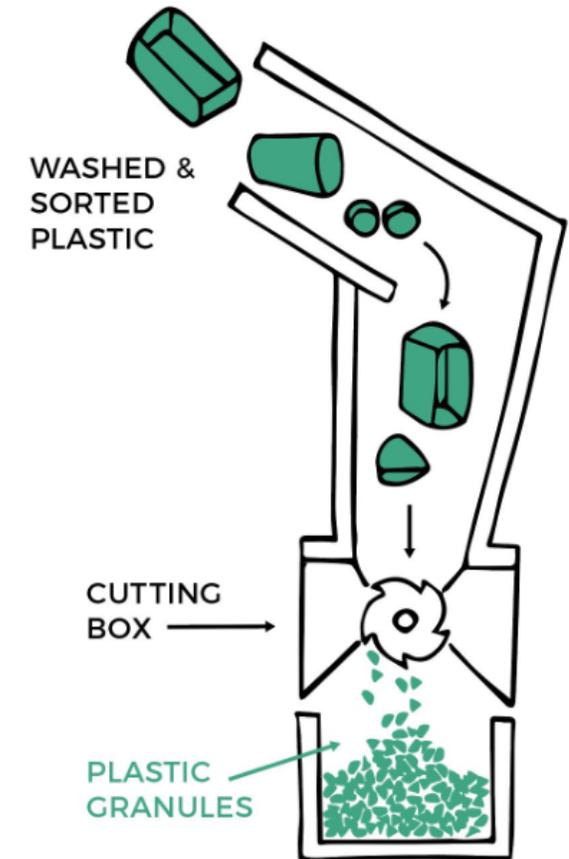
Al Buchwald: Spritzgussmaschine/Totale (CC-BY-SA 4.0)



Al Buchwald: Mobile Absaugung/Totale (CC-BY-SA 4.0)

## Der Plastikschröder – How To

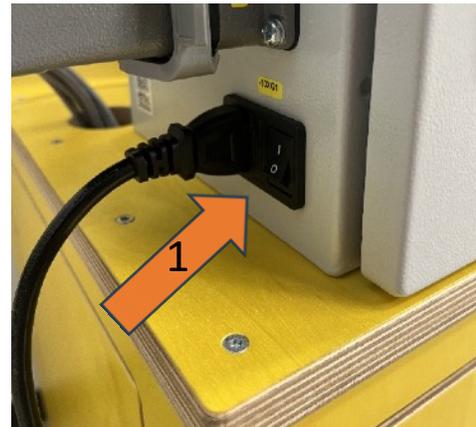
1. Plastik wird gereinigt und sortiert
  2. Plastik wird (vorzerkleinert) in den Trichter geworfen
  3. Plastik wird geschreddert und landet im Auffangbehälter
- Der Schröder hat eine „**auto reverse Funktion**“:  
-> bei Blockieren -> automatischer Rückwärtsgang
  - Achtung! Bei Überlastung des Schröders brennt die Gerätesicherung durch.
  - **Sicherheit:** Schutzbrille und Gehörschutz



Plastik Preneur: Bedienungsanleitung Plastikschröder,  
(Screenshot 26.09.23)

## Der Plastikschröder – Die Schaltfläche

- Die Schaltfläche verfügt über die folgenden Funktionen:
- Ein- und Ausschalter** (auf Rückseite)
  - Notfall aus:** Schaltet die Maschine aus
  - Reset:** Startet die Maschine neu
  - Speed:** Stufenlose Geschwindigkeit (bitte langsam starten!)
  - Backward:** Schredder läuft Rückwärts
  - Stop:** Schredder hält an
  - Forward:** Schredder läuft Vorwärts

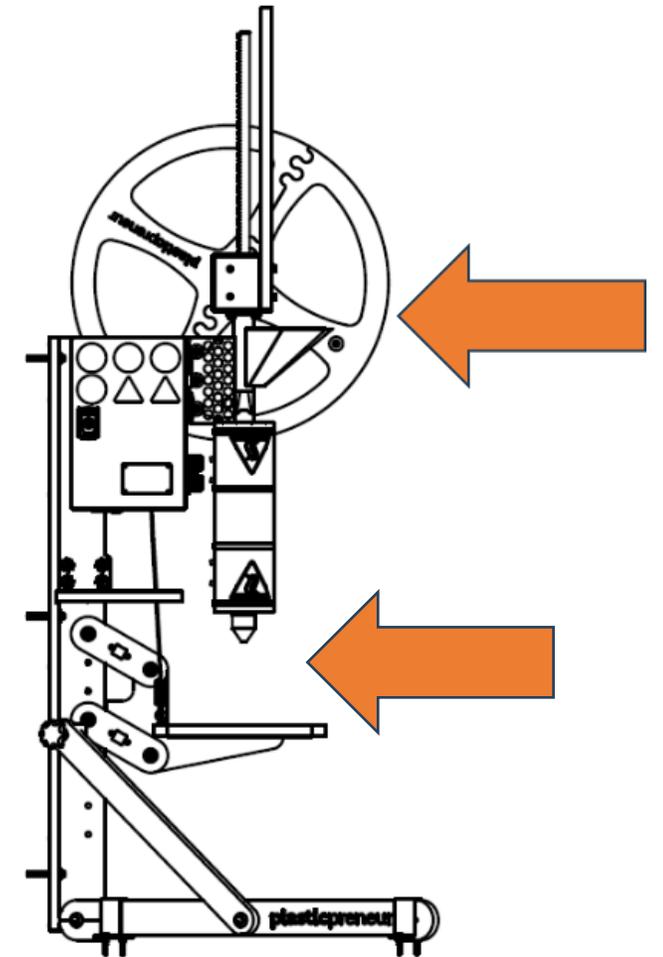


Al Buchwald: Ein- und Ausschalter Spritzgussmaschine & Schaltfläche Spritzgussmaschine (CC-BY-SA 4.0)

## Die Spritzgussmaschine – How To

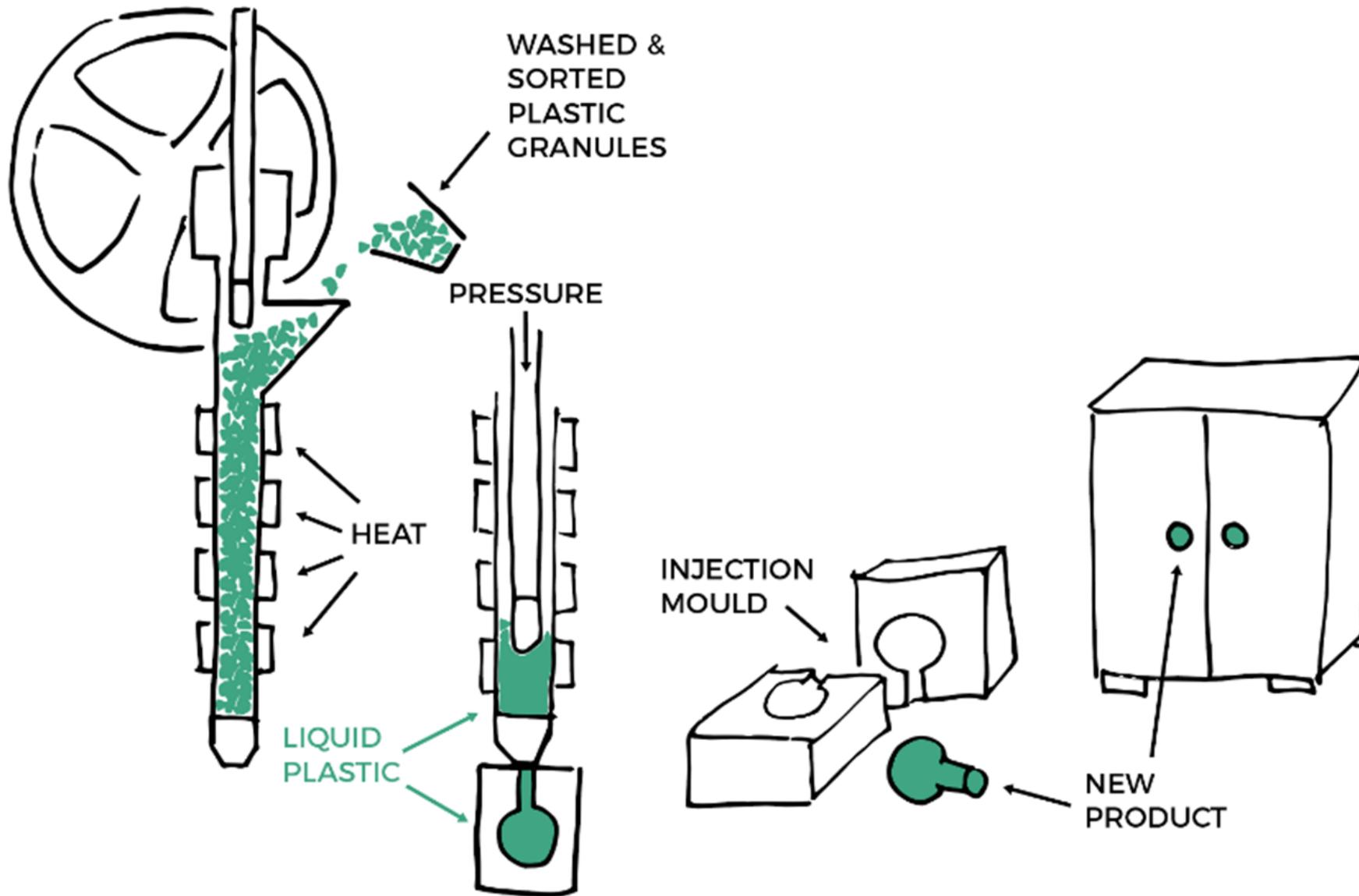
- **Nutzung ausschließlich in Verbindung mit der mobilen Absaugung!** (s.u.)
1. Nozzle wird mit Kantholz verschlossen
  2. Plastikgranulat wird in den Trichter eingefüllt
  3. Timer und Temperatur werden eingestellt -> Plastik schmilzt
  4. Spritzgussform wird eingesetzt (Kantholz entfernt)
  5. Fließiges Plastik wird mit Druck (durch handbetriebene Kurbel) in die Form gespritzt.

**Sicherheit:** Handschuhe, Atemschutz, Faceshield



PlastikPreneur: Bedienungsanleitung Spritzgussmaschine  
(Screenshot 26.09.23)

GRÖßERE ABBILDUNG = nächste Seite



## Die Spritzgussmaschine – Die Schaltfläche

- Die Schaltfläche verfügt über die folgenden Funktionen:
  1. **Ein- und Ausschalter** (auf Vorderseite)
  2. **Temperaturmodul:** Hier lässt sich mithilfe der **Pfeiltasten** die für den jeweiligen Kunststoff nötige Temperatur einstellen (**Set**).
  3. Auf dem **Display** erscheint eine **IST-** und eine **SOLL-Temperatur**.
  4. Sobald die beiden Temperaturen übereinstimmen, muss ein Timer mit der jeweiligen Zeitspanne eingestellt werden
- Kunststoff so „**kühl**“ und „**kurz**“ wie möglich erhitzen!  
-> Temperatur und Zeitspannen sind in den Bedienungsanleitung und auf Plakaten zu finden

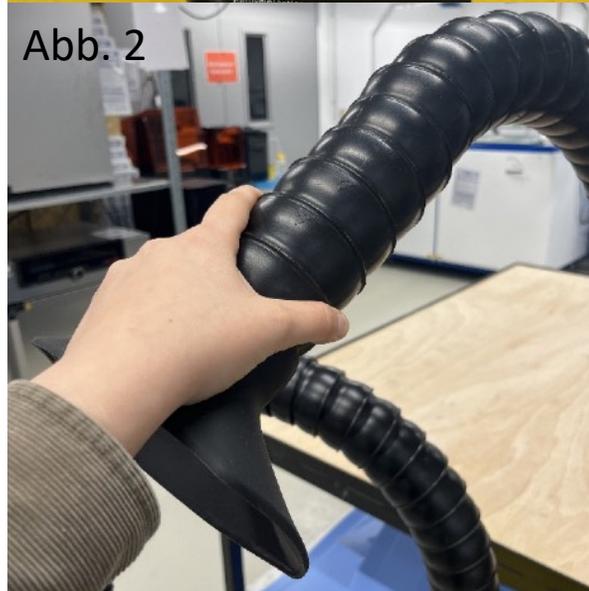


Al Buchwald: Schaltfläche Spritzgussmaschine (CC-BY-SA 4.0)

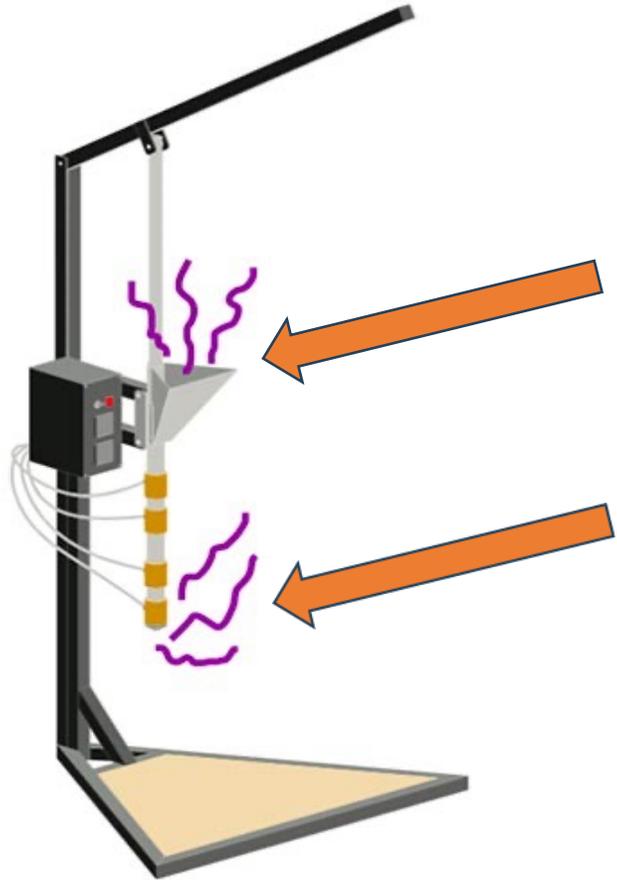


### Die mobile Absaugung

- Absaugung filtert mit Aktivkohlefilter, der viele Schadstoffe aus der Luft filtert.
- **Ein- und ausschalter** auf der Rückseite (Abb. 1)
- Die Absaugung verfügt über zwei justierbare „Arme“, die nach Bedarf eingestellt werden können (Abb. 2)
- **Die Öffnungen der Absaugung nah an der Dunstquelle installieren**



Al Buchwald: Ein- und Ausschalter mobile Absaugung & Justierbare Arme Mobile Absaugung & Mobile Absaugung/Totale (CC-BY-SA 4.0)



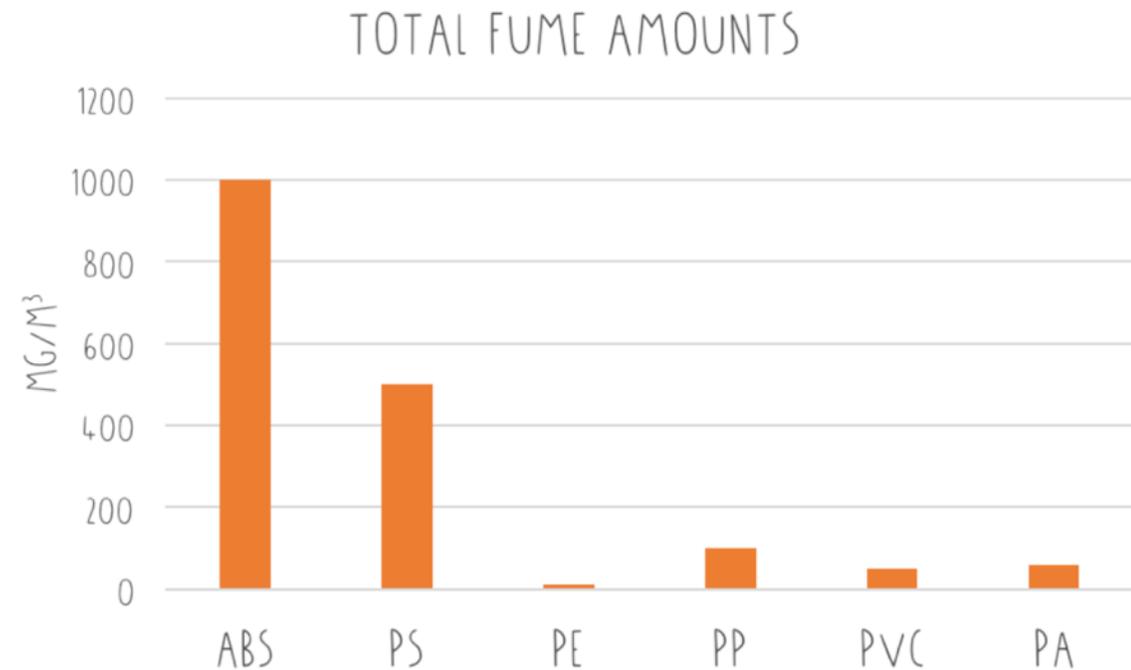
## Dunstproduktion bei der Spritzgussmaschine

1. Dunst entweicht aus dem Trichter, wenn der Hebel oben ist.
2. Dunst entweicht aus der Nozzle, wenn keine Form installiert ist.

Precious Plastic: Injection Machine, (CC-BY-SA 4.0)

## Sicherheit und Rauch/Dunst

- Bitte **auf keinen Fall Plastik verbrennen**. Der Rauch ist toxisch.
- schmelzen -> 😎
- verbrennen -> 😞
- **ABS und PS** erzeugen am meisten schädlichen Dunst (circa 5-7 mal mehr)
- **Am sichersten sind PP und PE**, weil sie am wenigsten Dunst und Schadstoffe abgeben.
- Achtung! Obwohl **PVC und PA** vergleichsweise wenig Dunst erzeugen, ist dieser **besonders schädlich**.



Precious Plastic: Fume Graph (CC-BY-SA 4.0)

### Noch ein paar wichtige Hinweise

- Kunststoff vor der Verarbeitung gut abwaschen und ordentlich abspülen.  
-> **Rückstände von Reinigungsmitteln erzeugen auch schädliche Dämpfe.**
- **Niemals ungetrenntes Plastik schmelzen** – verschiedene Kunststoffe = verschiedene Schmelzpunkte. Manche Kunststoffe verbrennen, während andere schmelzen.
- PS oder ABS nicht mehr als 8 Stunden die Woche schmelzen.
- Bitte **nur Gasmasken und Absaugungen mit Aktivkohlefilter** verwenden.
- Kunststoff immer bei **möglichst niedriger Temperatur für eine möglichst kleine Zeitspanne** schmelzen.
- Bei Schwindelgefühlen oder Atembeschwerden **sofort** an die frische Luft gehen.
- Bitte möglichst **von Dunstquellen fernhalten** – die Schadstoffbelastung ist dort 14 mal höher als empfohlen. Bitte ausschließlich mit Maske und mobiler Absaugung arbeiten.

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**  
**And please keep in mind:**



**DON'T MIX PLASTIC !**



Precious Plastic: Don't burn plastic; Don't mix plastic (CC-BY-SA 4.0)

 [makerspace@rub.de](mailto:makerspace@rub.de)

 <https://makerspace.rub.de/>

 [RUB Makerspace](#)

 [@rubmakerspace](#)

 [@rubmakerspace](#)