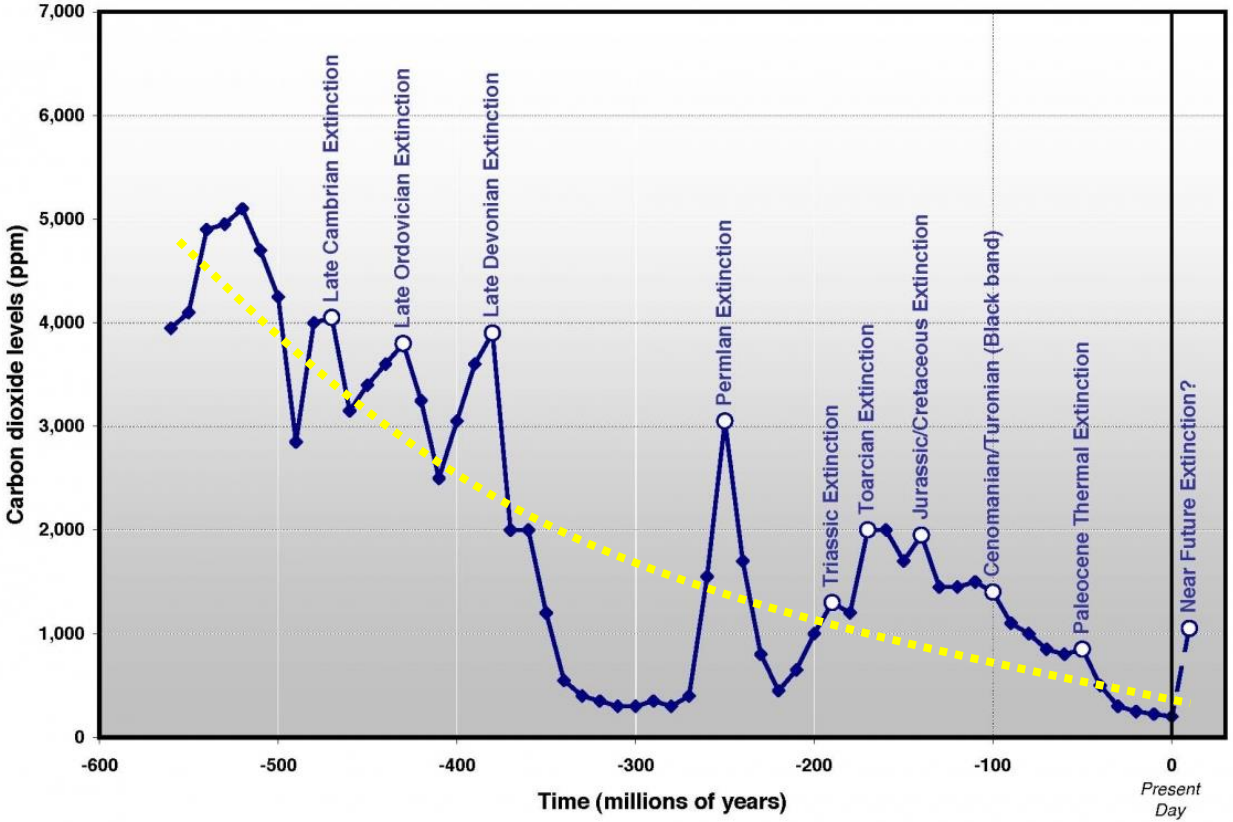
Empa
Materials Science and Technology

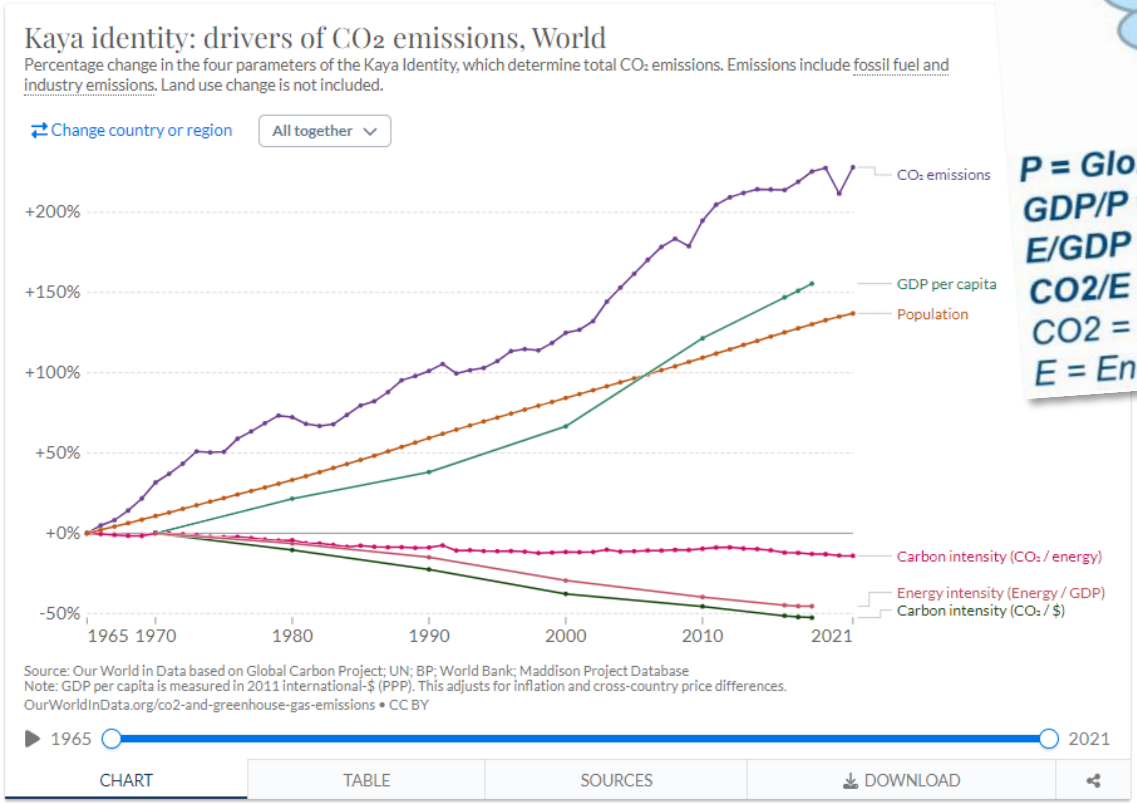
Kunststoff aufwerten und wiederverwenden

Prof. Dr. Manfred Heuberger, Dr. Sabyasachi Gaan

Zu viel Kohlenstoff in der Atmosphäre

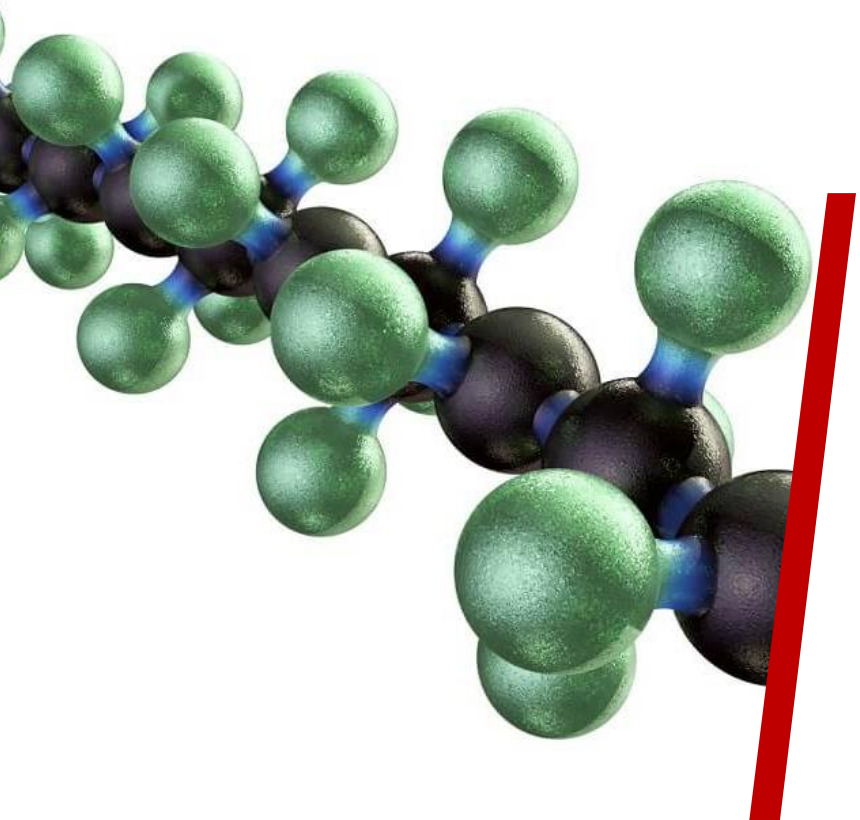


GDP drives CO_2 emission



$$CO2 = P * \left(\frac{GDP}{P}\right) * \left(\frac{E}{GDP}\right) * \left(\frac{CO2}{E}\right)$$

P = Global Population
GDP/P = GDP per capita
E/GDP = Energy Intensity
CO2/E = Carbon Intensity
$CO2 = CO_2$ Emissions
E = Energy Consumption

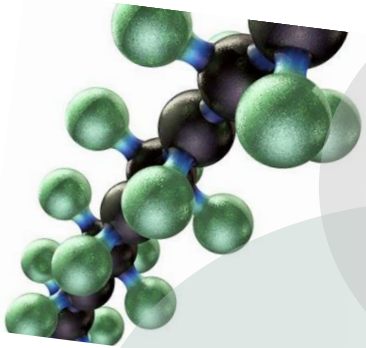


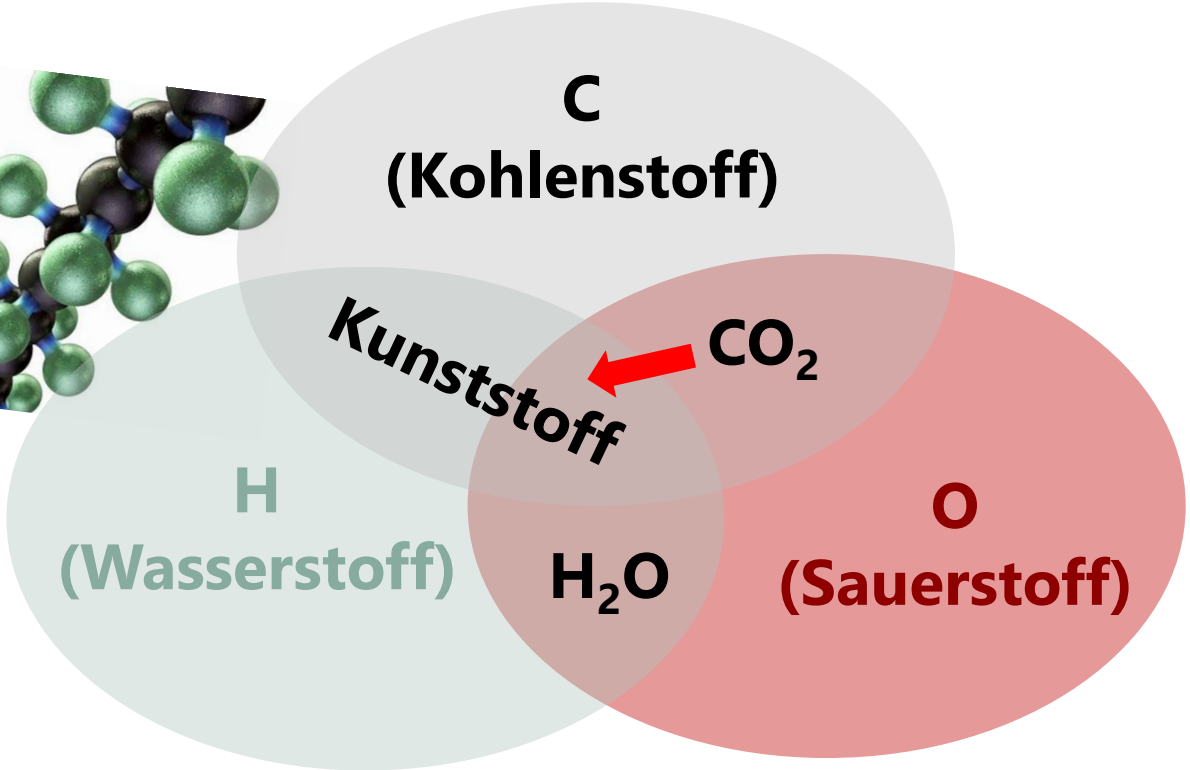
Struktur des Kunststoffs

ca. 80% Kohlenstoff
Preis ca. 1 CHF/Kg (LDPE)

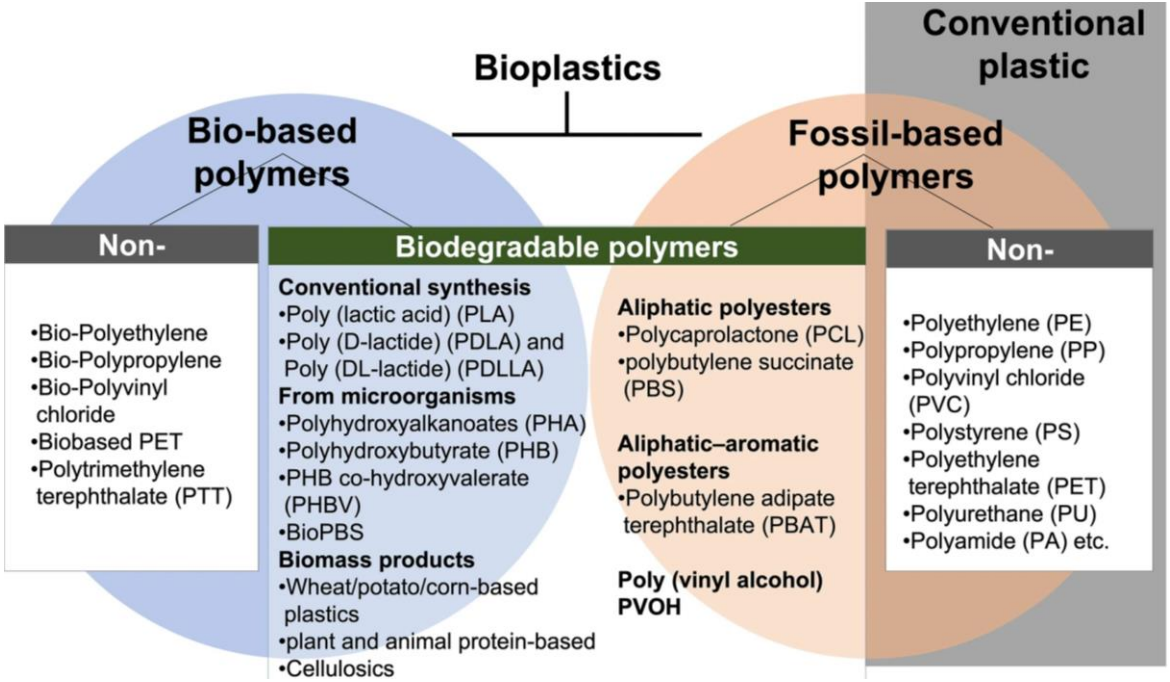
Preis CO_2: 0.12 CHF/Kg (Emission)

Die 3 Elemente





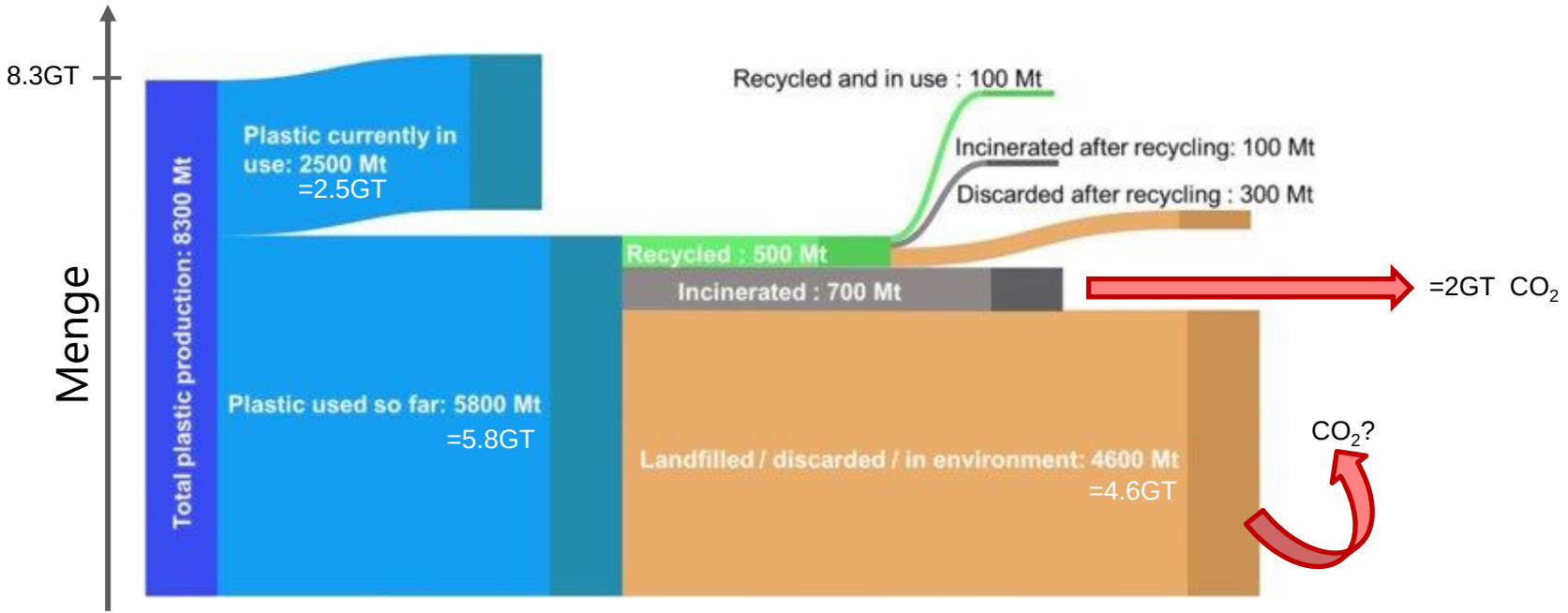
Wann sind Kunststoffe nachhaltig?



Journal of Polymers and the Environment (2020) 28:3055–3075

Menge von Kunststoff im globalen Einsatz

aktuell jährliche Kunststoff Produktion ≈0.5GT



Production to discarding of plastics from 1950 to 2015

(1) https://doi.org/10.1007/s42824-020-00012-0, https://packagingeurope.com/features/how-new-solutions-for-recycling-thermoset-materials-are-providing-fresh-opportunities/8129.article
(2) Peeters JR, Vanegas P, Tange L, Van Houwelingen J, Duflou JR. Closed loop recycling of plastics containing Flame Retardants. Resources, Conservation and Recycling. 2014;84:35-43.

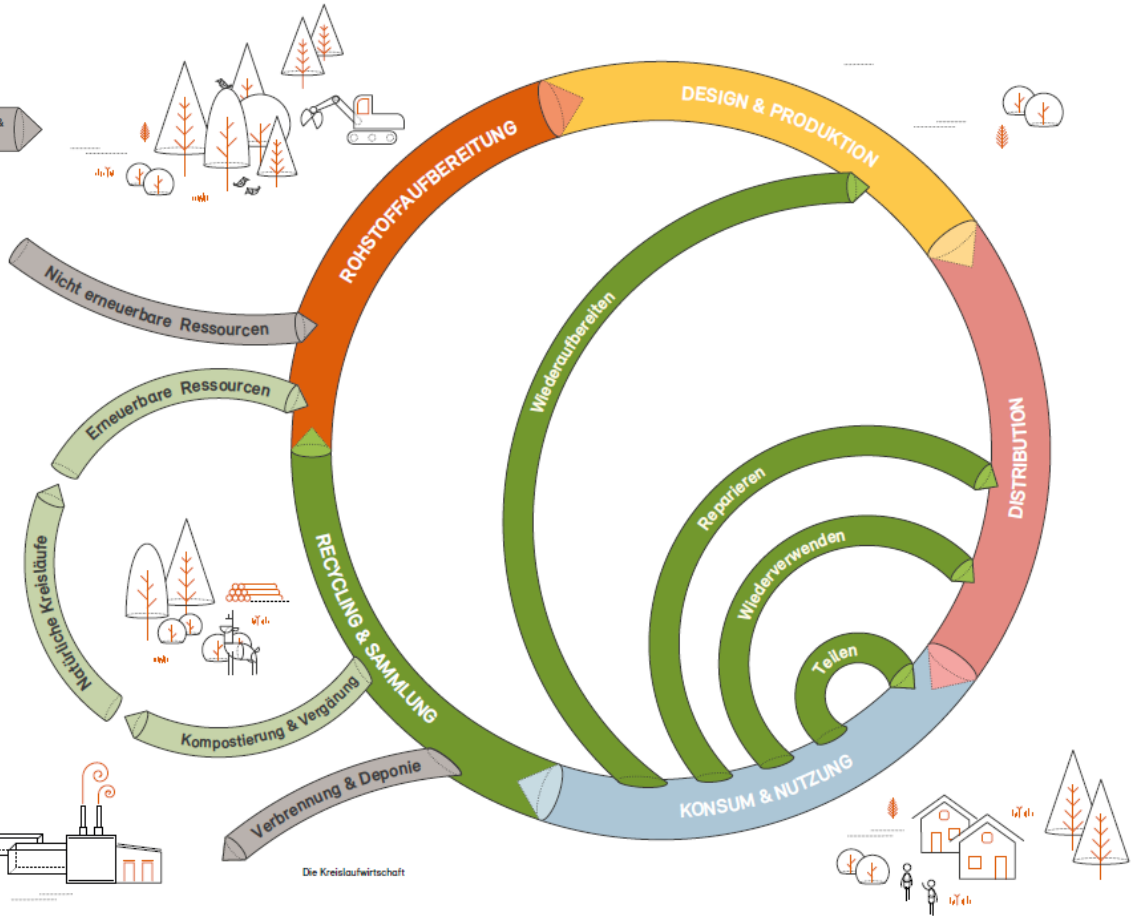
VON DER WEGWERFGESELLSCHAFT ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT

WEGWERFGESELLSCHAFT – EIN LINEARES WIRTSCHAFTSSYSTEM

Die heutige Wegwerfgesellschaft ist eine Folge des linearen Wirtschaftssystems. Dabei werden viele Rohstoffe abgebaut, Produkte hergestellt, konsumiert und weggeworfen. Das führt zu einer Rohstoffverknappung, grossen Mengen an Abfall und damit verbundenen Umweltproblemen.

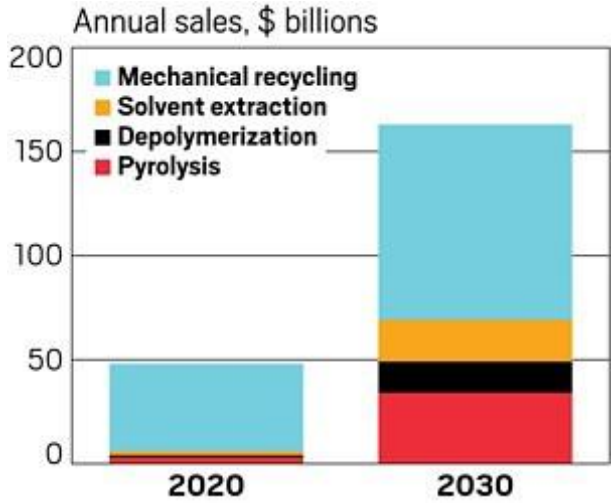
Das lineare Wirtschaftssystem

Quelle: BAFU
[Kreislaufwirtschaft (admin.ch)]



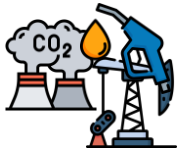
Die Kreislaufwirtschaft

Das wirtschaftliche Potential



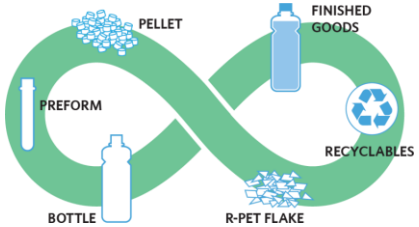
Resource: [Companies are placing big bets on plastics recycling. Are the odds in their favor? (acs.org)]

Vision: CO_2 Negative nachhaltige Kunststoffe



Atmosphärisches CO_2
statt fossil

Gebrauch
Langlebigkeit
Mehrwert



mechanisch

Energy, Gas, Öl, Asche / Monomere

Pyrolyse /
Katalyse

Abfall

chemisch

Chemochar / Carbides
Endlager

Abfall
Nicht
Verbrennen!

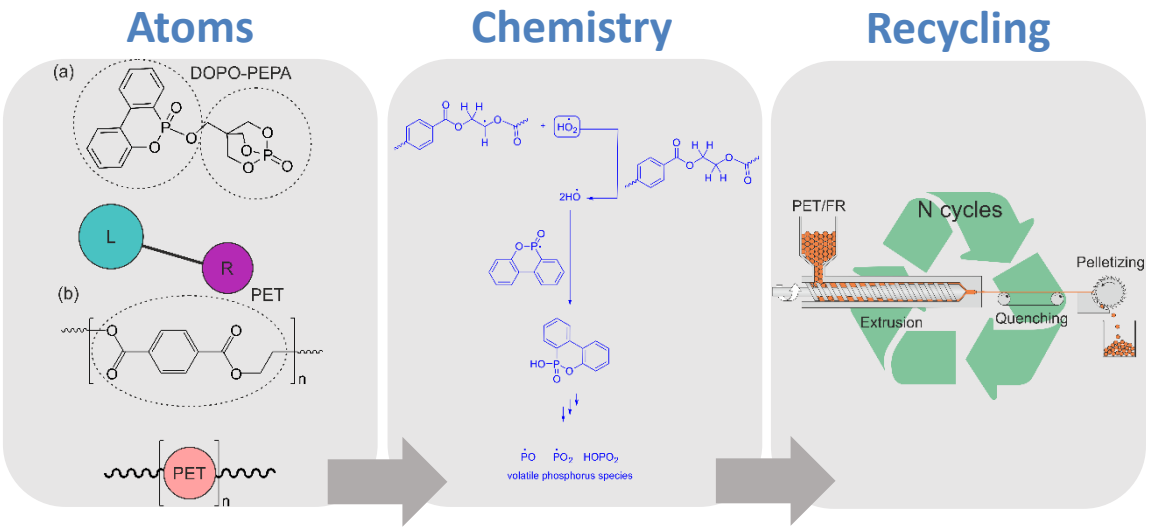
nachhaltige Energie?

Reinheit?

- Dr. Arvindh Sekar

Erhöhung der Zyklenzahl (mechanisch)

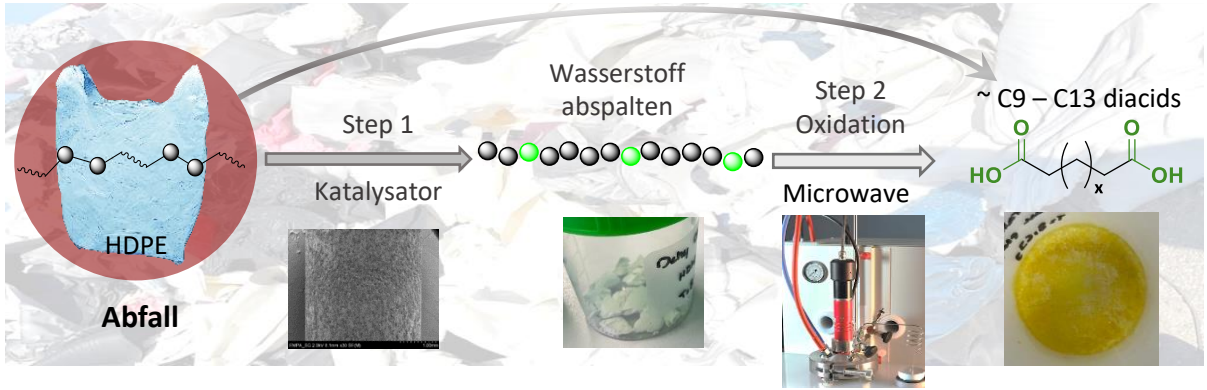
Empa
Materials Science and Technology



ETH zürich

Maastricht University

Energiesparende Depolymerisation (side- up-cycling)

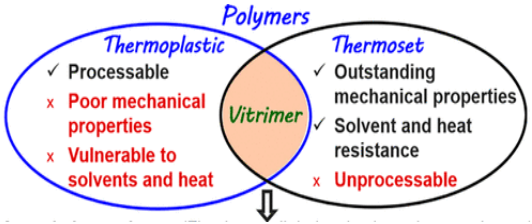


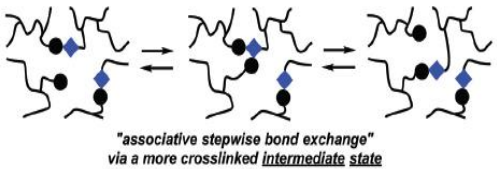
Neuartige rezyklierbare Polyester

Bundesamt für Umwelt BAFU

Rezyklierbare Komposite

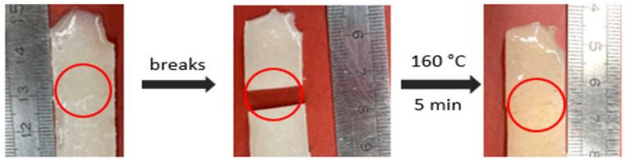
Lösbare chemische Verbindungen

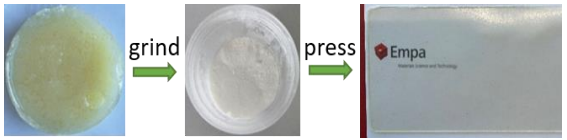




Montarnal, D.; Capelot, M.; Tournilhac, F.; Leibler, L. *Science* 2011, *334* (6058), 965-968.

Repair/ Reprocessable





W. Wu Klingler, S. Gaan et.al., Chemical Engineering Journal 466 (2023) 143051

Nachhaltige Kunststoffe der Zukunft
C-negative Kunststoffe der Zukunft

- manfred.heuberger@empa.ch
- sabyasachi.gaan@empa.ch