

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Optionen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Medizintechnik, Mikroelektronik und Sensorik

Arno Maurer, OST Institut für Mikrotechnik und Photonik IMP

OST Coffee Lectures FS23 «Polymers for the Future – eco | micro | smart»
15.03.2023, OST Campus Buchs

Department Technik | OST – Ostschweizer Fachhochschule

Überblick

- Was ist Nachhaltigkeit und wie kann man sie messen
- Herausforderung nachhaltiger Kunststoffeinsatz in der Medizintechnik
- Substitution und Recycling von Kunststoffen in der Mikroelektronik
- Nachhaltigkeit und Sensorik
- Zusammenfassung, Ausblick

Abstract

Welche Optionen bietet der Einsatz von Kunststoffen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Medizintechnik, Mikroelektronik und Sensorik? Ausgehend von den Nachhaltigkeitszielen für Materialien und Prozesse erläutert dieses Referat, wie durch Auswahl erneuerbarer Rohstoffe, durch zirkuläres Design und fortgeschrittene Recyclingoptionen Kunststoffe zum Schutz von Ressourcen und Klima beitragen können. Dabei wird auf komplexe regulatorische Situationen und Stoffinventare, wie sie insbesondere in den Branchen Medizintechnik und Mikroelektronik anzutreffen sind, Bezug genommen und es werden erste Lösungsansätze aus der Forschung und der Praxis vorgestellt, gefolgt von einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

Was ist überhaupt Nachhaltigkeit?

«eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können»

- Synonyme: **Zukunftsfähigkeit, Enkeltauglichkeit, Sustainability**
[Brundtland-Bericht – Wikipedia](#)

17 Ziele für nachhaltige Entwicklung

- Sustainable Development Goals (SDGs) der UN zur Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene bis 2030. eda.admin.ch
- z.B. SDG 12: Nachhaltige/r Konsum und Produktion



Wie kann man Nachhaltigkeit messen?

Lebenszyklusanalyse

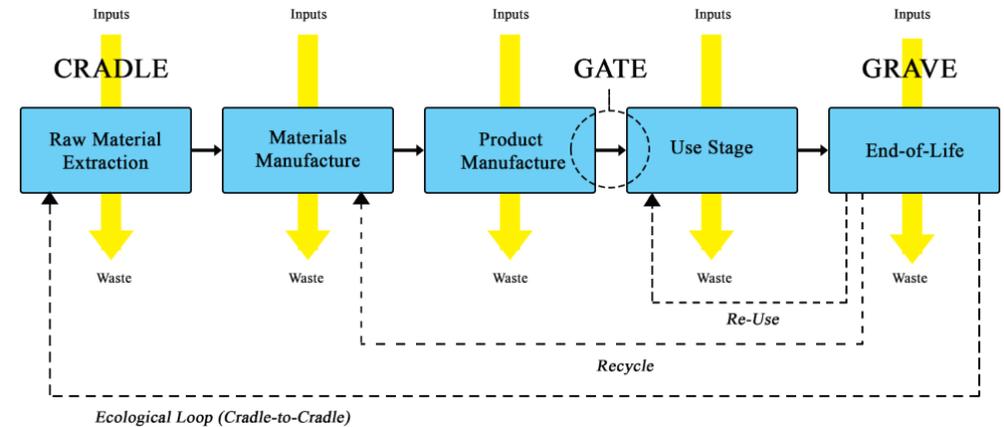
- Analyse der Umweltwirkungen und der Energiebilanz von Produkten während des gesamten Lebensweges. Definition von Zielgrößen z.B. CO₂-Emission oder Umweltbelastungspunkte [Methode der ökologischen Knappheit](#)

CO₂-Fussabdruck (carbon footprint)

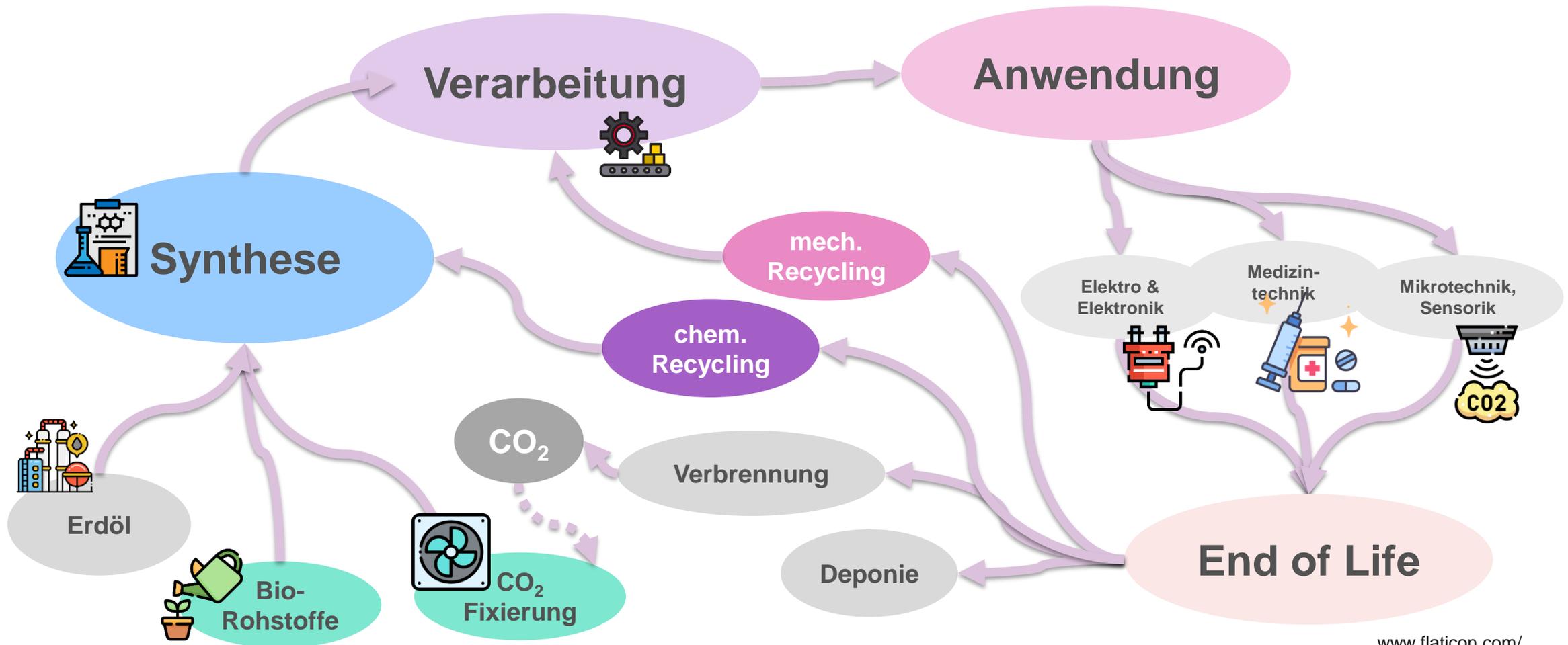
- Maß für den Gesamtbetrag von Treibhausgas-Emissionen, welche direkt bzw. indirekt durch Produkte oder Personen entstehen, in kg CO₂-eq/kg [CO₂-Bilanz – Wikipedia](#)

LCA-Berechnungstools

- z.B. OpenLCA <https://www.openlca.org/>
- oder IDEMAT Smartphone App
 - Beispiel: Polyethylen 3.29 kg CO₂eq/kg
 - **Recycelt:** **0.57 kg CO₂eq/kg**



Lebenszyklus der Kunststoffe



www.flaticon.com/

Lösungsansätze für Kunststoffe

Das 9 R-Konzept der Kreislaufwirtschaft

- Umfasst alle Massnahmen der zirkulären Wertschöpfung

Materialsubstitution

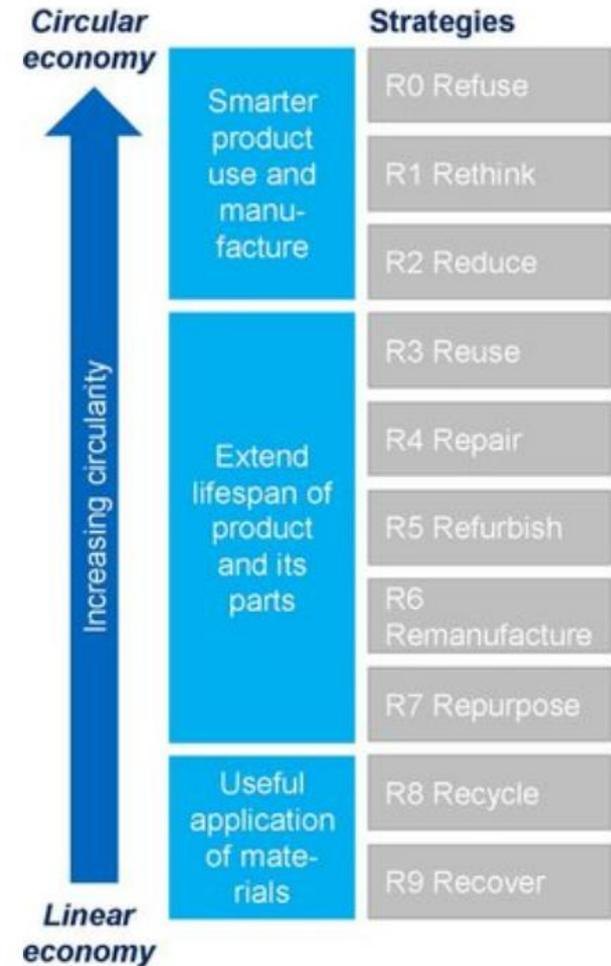
- Ersatz durch gleichwertige, aber CO2-neutrale (biobasierte, recycelte) Polymere

Design for Recycling (DfR)

- Optimierung von Material und Design bezüglich Erfassung, Trennung, Aufbereitung

Recyclingverfahren

- Mechanisches Recycling
- Chemisches Recycling, Umwandlung in Rohstoffe



[Conceptualizing the Circular Economy \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/354111111_Conceptualizing_the_Circular_Economy)

Kunststoffe in der Medizintechnik

Bestrebungen von Medizintechnik-Herstellern zur Klimaneutralität umfassen auch Materialaspekte

- in Medizinprodukten ca. 50% Kunststoffanteil, in der Regel Einwegprodukte (Schweiz: 4.9 % aller verarbeiteten Kunststoffe gehen in die Medizinbranche)
- >3 Mio t Polymere im Medizinalbereich weltweit (geschätzt nach Umweltbundesamt, 2020)
- Kunststoffverbrauch insgesamt steigt global bis 2050 um Faktor 3-4 (dann für ca. 10 -15 % der CO₂-Emissionen verantwortlich)

Substitution, Design und Recycling sind hier sehr herausfordernd

- Materialien müssen hohe Standards an Beständigkeit, Biokompatibilität etc. erfüllen
- Die MDR regelt das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme von Medizinprodukten und deren Zubehör in der EU, dazu gehört z.B. Kennzeichnung, Rückverfolgbarkeit von Materialien
- Krankenhausabfälle sind Sondermüll und dürfen nicht generell deponiert, recycelt oder unsterilisiert transportiert werden

Aktuelle Situation und Tendenzen

- Intensive Diskussionen in der Fachwelt
- Bisher keine oder wenige generell praktikable Lösungen

Forschung an der OST mit Medizintechnik-Partnern:

- Bachelorarbeit «Potenziale von biobasierten Kunststoffen in der Medizinbranche - **Nachhaltigkeit bei medizinischen single-use-Produkten**», Martin Meier, BSc Wirtschaftsingenieurwesen, 2022
- **Alterungsuntersuchungen** an medizinischen Einwegprodukten aus Kunststoff
- Untersuchungen zur **Medienbeständigkeit von Kunststoffen** in der Medizintechnik



Materials substitution in der Medizintechnik

Stand der Technik, Ergebnisse der Bachelorarbeit

- Kunststoffe mit biobasierten oder recycelten Anteilen, z.B. PE, PP oder PC, sind am Markt
- für Medizintechnik-Produkte mittel-/langfristig in der geforderten Quantität und Qualität lieferbar
- chemischer Aufbau, Eigenschaften und technische Daten identisch oder vergleichbar mit entsprechenden erdölbasierten Materialien
- Insgesamt geringere Umweltauswirkungen durch biobasierten Kunststoffe

Chancen

- Drop-in-Lösungen (1:1 Ersatz) grundsätzlich möglich
- Potential von biobasierten Kunststoffen in der Medizinbranche ist hoch

Herausforderungen

- Materialien haben bisher keine MDR-Zulassungen
- Höhere Materialkosten
- Bei einzelnen Umweltkriterien schneiden die biobasierten Kunststoffe schlechter ab als die fossilen



Recycling von medizinischen Kunststoffabfällen

Getrenntsammlung nicht kontaminierter Behälter

- Verwertung durch mechanisches Recycling

Bsp. Deutschland: Klinikum Kassel, Ecoflag-Initiative

- Einsparung 10 t Kunststoffmüll geplant im Pilotversuch

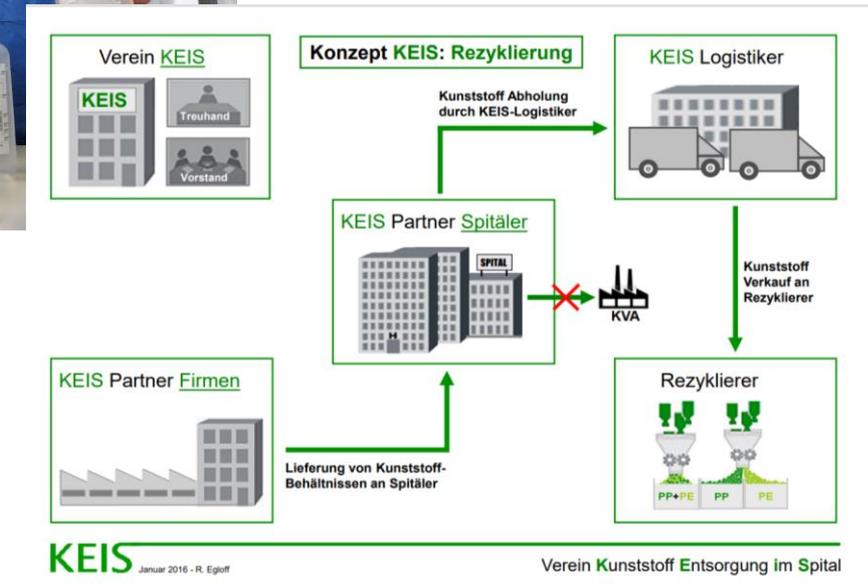
Bsp. Schweiz: KEIS Verein Kunststoff-Entsorgung im Spital

- 140 Mitglieder
- Eigene Logistik
- Einsparung 296 t (2020) PE und PP



<https://www.zukunft-krankenhaus-einkauf.de/club/best-practice/>

<https://www.keis.ch/cms/>



Potentiale für chemisches Recycling

Prinzip

- Thermische Zersetzung unter Luftausschluss zu flüssigen Chemikalien und Koks

Vorteile

- Geeignet auch für vermischte, verschmutzte und biol. kontaminierte Kunststoffe
- Eingeschränkt auch für Verbunde und Gemische mit Papier etc.
- Vorteile im Vergleich zur Verbrennung: keine/geringe CO₂-Emissionen
- Kohlenstoffverbindungen weitgehend nutzbar → Beitrag zur Kreislaufwirtschaft
- Im Fall biologischer Quellen wird Carbonisierung zur Netto-Emissions-Technologie

Nachteile

- Prozesstechnik noch in Entwicklung; Verwertung der Produkte marktabhängig
- Energieaufwendiger im Vergleich zu Werkstoffrecycling
- Emissionen müssen kontrolliert werden



Alf Inge Myhre Tunheim | Wikipedia
Eigenes Werk CC BY 2.5

Kunststoffe in der Mikroelektronik und Mikrotechnik

Vielseitiger Einsatz

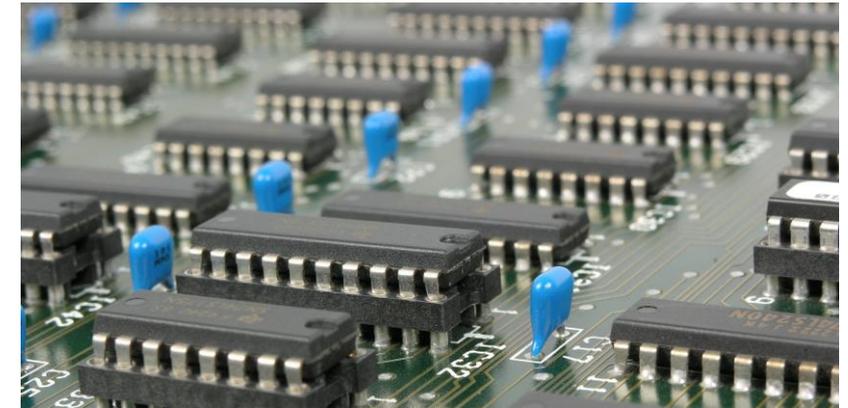
- Kunststoffe für das Electronic und MEMS Packaging, Prozessierung, Kleben, Vergiessen, Umspritzen u.v.a.
- 2-6 % aller Kunststoffe verwendet für Elektrotechnik/Elektronik

Substitution, nachhaltiges Design und Recycling sind in der Mikroelektronik sehr herausfordernd

- Je kleiner die Strukturen und je spezieller die verwendeten Polymere, umso komplexer gestaltet sich eine Schließung von Stoffkreisläufen

Aktuelle Fachkongresse zum Thema Nachhaltigkeit

- [IVAM Hightech Summit 2022](#) Solutions for Sustainability
- [Electronics Goes Green](#) 2020, 2024



Steven | Pixabay

<https://pixabay.com/de/photos/hauptplatine-elektronik-rechner-581597/>



Nachhaltige Mikroelektronik?

Sustainable electronics – Wikipedia

- elektronische Produkte, die ohne giftige Chemikalien,
- mit recycelbaren Teilen und
- niedrigen Kohlenstoffemissionen produziert werden

Forschung zu umweltgerechtem Design für Elektroniksysteme

- Fraunhofer IZM: [Umweltbewertung für Elektroniksysteme](#)
- INM Leibniz-Institut: [Recyclability by Design](#)
- EU-Projekte u.a. [Increase the share of recycled plastics in added value products \(increace-project.eu\)](#)

Circular Product Design in the Electronics Sector

- Vortrag von G. Dimitrova, Fraunhofer IZM und T. Feenstra, Pezy [OST Coffee Lectures 16. Nov. 2022](#)
- Design Guidelines: [Circular Design Guidelines \(pezygroup.com\)](#)



Recycling von Kunststoffen aus WEEE

Erfassung

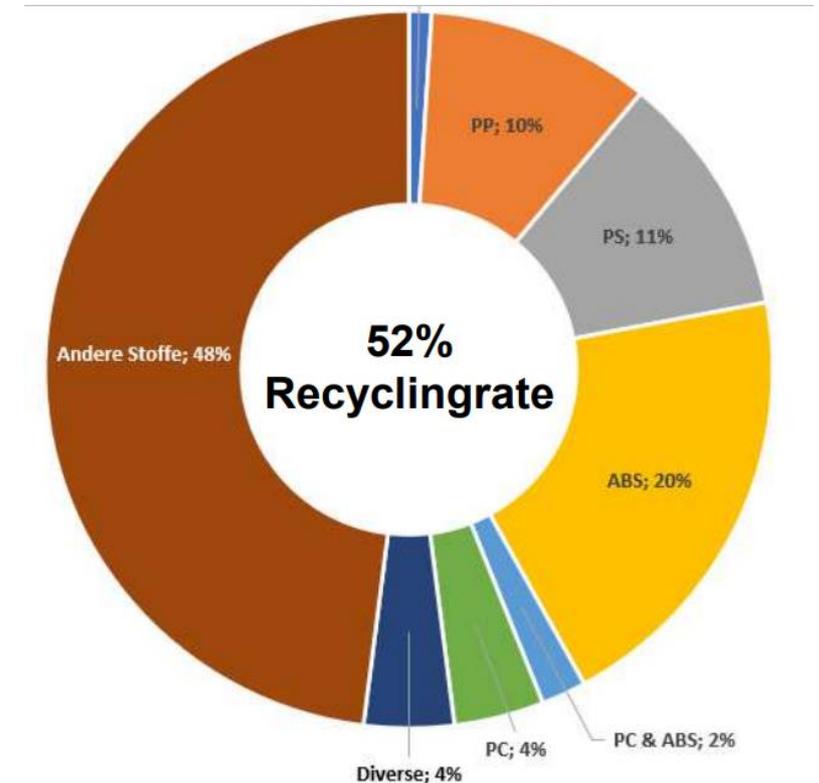
- Anteil an Kunststoffen in Elektroschrott ca. 25 %
- in der Schweiz Rückgabequote von 95 % (vgl. EU Zielwert: 45 %)

Sortentrennung

- bis zu 52% der Kunststoffe wiedergewinnbar, v.a. ABS, PS und PP
- Bei elektronischen Klein- und Kleinstgeräten Trennung zunehmend aufwendig. Hier wäre ein «Design for Shreddability» sinnvoller als DfR

Recycling

- Sortenreine, unbelastete technische Kunststoffe werden zunehmend recycelt für neue Geräte; z.T. Engpässe am Markt
- Gehalt an problematischen Stoffen muss berücksichtigt werden. Empa-Studie: [Kunststoff im Elektroschrott: entsorgen oder recyceln?](#)
- Bei Demontage lassen sich Teile mit bromierten Flammschutzmitteln ausschleusen und der Verbrennung zuführen

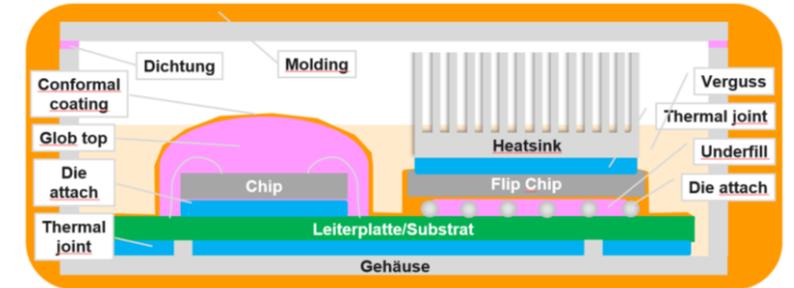


[S. Krattiger: Recyclingpraxis und –Perspektiven für Kunststoffe aus Elektronikschrott, OST Coffee Lectures, 03.06.2021](#)

... und Duroplaste...?

Wo findet man Duroplaste?

- viele Anwendungen in der Mikroelektronik/-technik, z.B. Aufbau- und Verbindungstechnik, Kleben, Packaging etc.
- Ebenso in Verbundmaterialien für grosse Strukturen (Autos, Züge, Gebäude, Windkraftanlagen)



© Arno Maurer, IMP

Thermisch/mechanisch/chemisch sehr widerstandsfähig

- Herstellung leistungsfähiger/langlebiger Produkte
- **nicht mechanisch recyclebar, werden deponiert/verbrannt**

Nachhaltigkeitsoptionen für Duroplaste

- Herstellung aus nachwachsenden Rohstoffen («Bio-Epoxies»)
- Recycling durch Pyrolyse, Solvolyse («chemisches Recycling»)
- Recyclbare Duroplaste («Vitrimer»)



[Wind Energy News \(wind-watch.org\)](http://wind-energy-news.com/wind-watch.org)

Mikrotechnik/Sensorik und Nachhaltigkeit

Eine grosse Herausforderung

- Herstellungsprozesse für Mikrostrukturen und Mikroelektronik sind z.T. sehr chemie- und energieintensiv; benötigen aufwendige Infrastrukturen
- der CO₂-Footprint für ein typisches IC-Package beträgt z.B. 1356 kg CO₂e/kg (entspricht ca. 50 ICs)

Aber: Sensorik bietet ein hohes Potential bei Scope 4 Emissionen

- Scope 4 = Einsparung von Emissionen der Kunden/Nutzer dank effizienteren Produkten
- Sensoren und MEMS helfen die Herausforderungen im Hinblick auf Infrastruktur, Ressourcen und Gesundheit in den kommenden Jahrzehnten zu meistern



www.sensoren.de

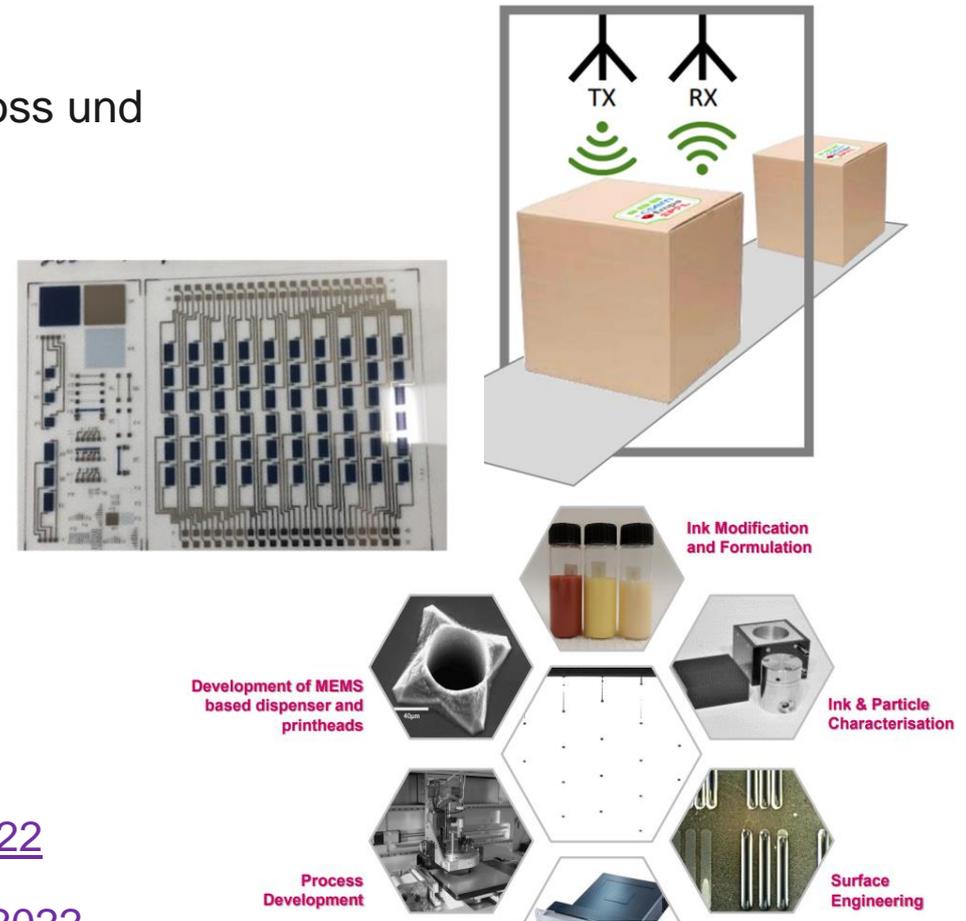
Ansätze zu einer nachhaltigen Sensorik

Polymere aus erneuerbaren Quellen

- Marktangebot an recycelten oder biobasierten Polymeren ist gross und stark zunehmend

“grüne” Sensortechnik

- Drucken von Elektronik und Mikrostrukturen
z.B. gedruckte Sensoren; lab-on-chip
- vorwiegend polymerbasierte Materialien/Tinten
→ leicht zu substituieren oder sogar biologisch abbaubar
- Beispiele gezeigt bei den Coffee Lectures:
 - David Schmid, CSEM: Green tag, [6. Okt. 2020](#)
 - C. Trudeau, INO: Green sensors by printed photonics, [09. Feb. 2022](#)
 - K. Albrecht, OST: InkJet Printing of Functional Materials. [09. Feb. 2022](#)



Optionen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Medizintechnik, Mikroelektronik und Sensorik

Herzlichen Dank für Ihr Interesse!

Hierbei helfen wir Ihnen:

- Beratung, Coaching
- Machbarkeitsstudien, Auftragsforschung
- Innosuisse-Förderprojekte
- Abschlussarbeiten



Mehr Info

- [INOS Kick-off Event mit Apéro](#) am kommenden Montag 20.03. am OST Campus Buchs
- Bleiben Sie dran: Demnächst weitere spannende Beiträge bei den [Coffee Lectures](#)
- Aktueller Review: A. Maurer, J. Ulmer, D. Schwendemann: [JAHRBUCH Dichten. Kleben. Polymer. 2023](#)

...besuchen Sie uns am OST Campus Buchs!