



Beitrag von Kunststoffen zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft

Vorstandssitzung

DGAW

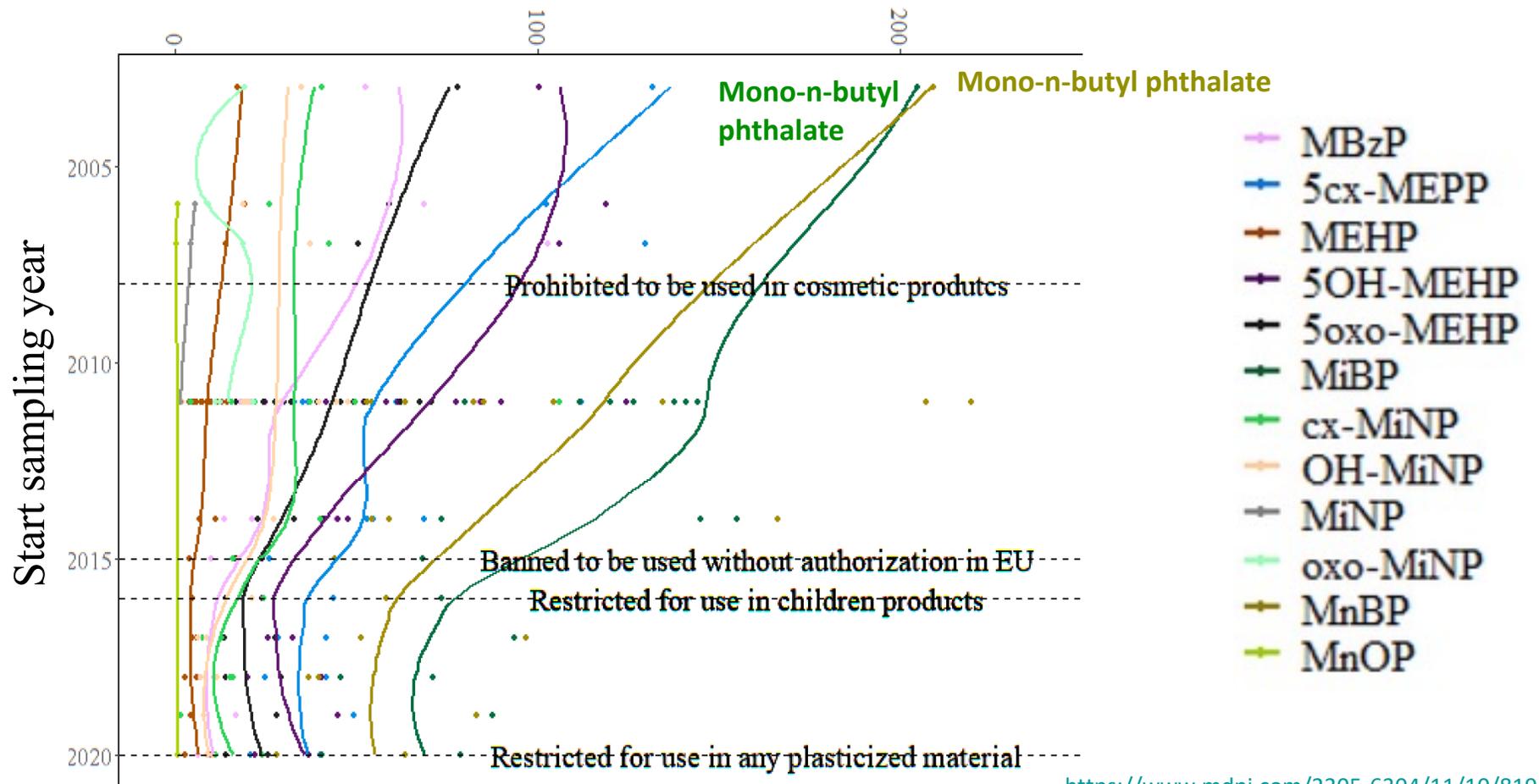
13.6.2024

Prof. Dr. (habil.) Uwe Lahl

BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, www.bzl-gmbh.de

Nachhaltigkeit I: Chemikaliensicherheit (EU CSS)

Time patterns for urinary levels of regulated phthalates & metabolites in children from 5 to 12 years old, in $\mu\text{g/g}$ creatinine, 90-percentil



Wir haben die „Fingerabdrücke“ der Kunststoffchemie in unseren Körpern.

Hier Phthalate & Metabolite im Urin von Schulkindern.

Hormonähnlich, daher einige verboten.

<https://www.mdpi.com/2305-6304/11/10/819>

Human Biomonitoring – Weichmacher in Kunststoffen

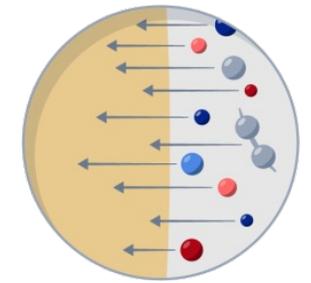
- Die Verbote von gefährlichen Additiven haben Wirkung gezeigt. Die Belastung der Kinder ging zurück (auf 20–30%).
- Zur Jahrtausendwende wurden die gesundheitsbezogenen Richtwerte (HBM I) für mehrere Phthalate (insbesondere DnBP, DiBP, DEHP) noch recht häufig überschritten (GerES IV).
- DEHP, DnBP, DiBP, BBzP sind in der EU verboten. Der Rückgang verläuft insgesamt aber zu langsam (siehe 90-Perzentil) und unvollständig. Es verbleibt ein „Sockel“, der unterschiedliche Ursachen hat.
- Zu beobachten sind zudem „Cluster“ und „Spitzen“, die für den Gesundheitsschutz problematisch sind. HBM-Werte korrelieren mit Hausstaub-Belastung.

Daher ist das Einhalten der Stoffverbote weiterhin prioritär (Sockel und Spitzen).

Um was geht es chemisch insgesamt und was ist verboten?

Bei den **Additiven**, die aus Kunststoffen emittieren und den Verbraucher belasten, handelt es sich insbesondere folgende **Stoffe/Stoffgruppen**:

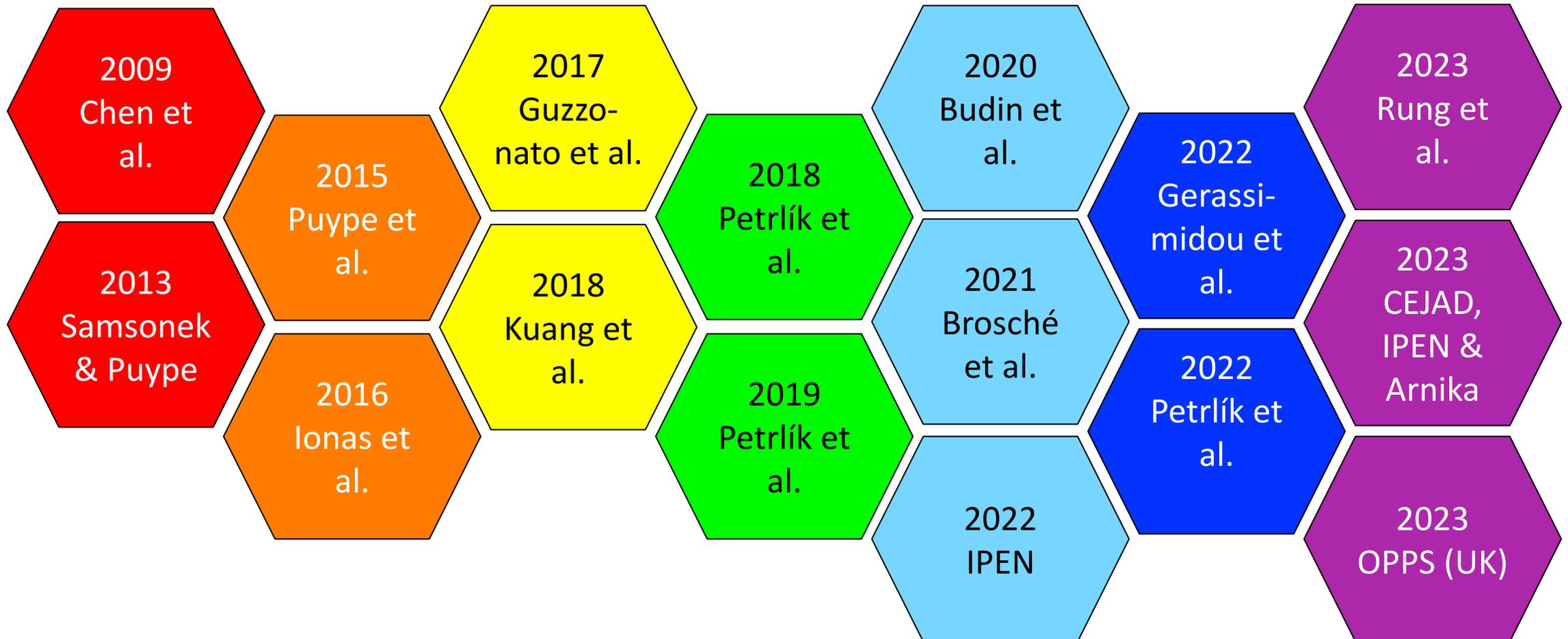
- Weichmacher (insbesondere Phthalate),
- bromierte Flammschutzmittel,
- Organophosphor-Flammschutzmittel,
- Per- und Polyfluor Alkylsubstanzen (PFAS),
- Tetrabrom-Bisphenol A (TBBPA),
- kurz- und mittelkettige Chlorparaffine,
- Bisphenol A,
- Bisphenol-A-Dimethacrylat,
- Blei und Cadmium,
- Organozinn-Verbindungen,
- Arsenhaltige Biozide
- 4-Nonylphenol,
- Methyl-tert-Butylether,
- Azofarbstoffe, PAK
- Benzol und viele andere VOCs



Weber et al. (2023) haben die Literatur zusammengestellt, die belegt, dass viele diese Stoffe gesundheitlich bedenklich sind.

Die Datenlage ist erdrückend, aber nicht wirklich überraschend

Verbotene Inhaltsstoffe in Rezyklaten und Produkten aus Rezyklaten:



Mit welcher Strategie weitermachen?

Eine Strategie zum Umgang mit gefährlichen Rezyklaten:

- Strategie 1:
Die Chemikalienregulierung muss ein Recycling-Privileg einführen.

ODER

- Strategie 2:
Rezyklate müssen die Anforderungen an virgin plastics einhalten.

Kompromiss:

Dort wo ein unmittelbarer, **intensiver Kontakt** der Nutzer/ Verbraucher besteht, sollten **grundsätzlich** keine ungesicherten Rezyklate mehr eingesetzt werden (Moratorium).



Für welche Produkte ist ein intensiver Kontakt gegeben?

- Kinderspielsachen,
- Food Contact Material, FCM (Verpackungen),
- Küchenutensilien,
- Indoor-Produkte:
 - Baustoffe wie Profile, Tapeten,
 - Heimtextilien wie Vorhänge, Teppiche,
 - Möbel,
 - PKW-Innenausstattung.
- Kleidung.



Wie könnte ein Moratorium rechtlich ausgestaltet werden?

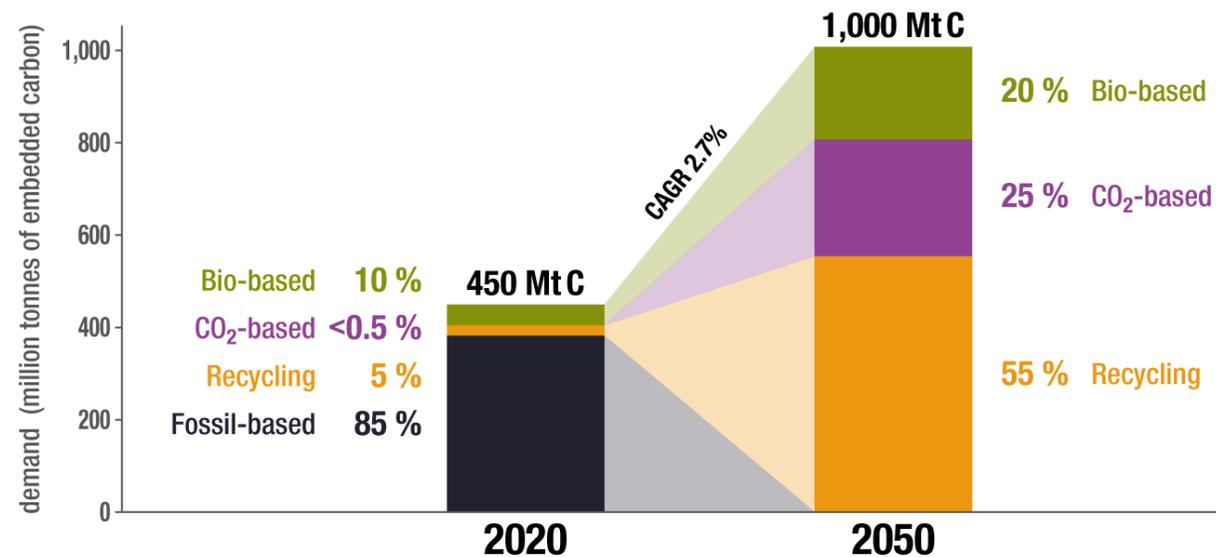
- **Moratorium** gilt EU-weit, ist befristet,
 - Z.B. 10 Jahre, danach Überprüfung,
- **Rechtsetzung während des Moratoriums: Repressives Verbot mit Erlaubnisvorbehalt** in Anlehnung an die Rechtslage FCM (1):
 - Grundsätzliches Verbot des Einsatzes ungesicherte Rezyklate für den genannten Produktbereich.
 - Kein Freitesten von einzelnen Rezyklat-Chargen, weil zu unsicher (Schadstoffvielfalt).
 - Recycling aus geschlossenen, überwachten Produktkreisläufen kann unter folgenden Voraussetzungen genehmigt werden:
 - Keine Mischkunststoffe, kein Risk Cycling,
 - Einheitliche Kunststoffe, kontrollierte closed loop-Sammlung (wie PET-Flaschen),
 - Closed loop beispielsweise: FCM-Rezyklate nur aus vormaligen FCM
 - Zulassung als Technologieentscheidung oder als Einzelentscheidung,
 - Öffentlich zugängliches Register,
 - Intensive Kontrollen
- Kontrolle durch Mitgliedsstaaten und EU-Behörde, Bewehrung der Vorschriften

1) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1616>



Nachhaltigkeit II: Klimaschutz (EU Green Deal)

Global Carbon Demand for Chemicals and Derived Materials in 2020 and Scenario for 2050 (in million tonnes of embedded carbon)



available at www.renewable-carbon.eu/graphics

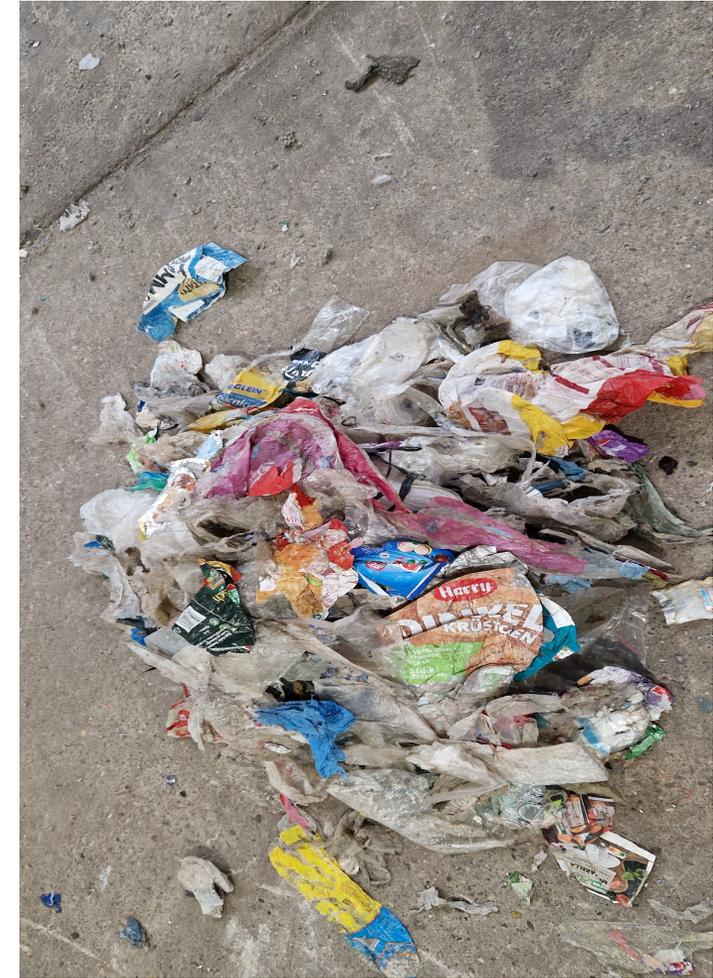
©  -Institute.eu | 2021

<https://renewable-carbon.eu/publications/product/global-carbon-demand-for-chemicals-and-derived-materials-png/>

Neujustierung erforderlich: Substitutionsquoten für virgin plastic

Kreislaufwirtschaft am Beispiel Kunststoffe

- Die **Defossilisierung** der Kunststoffindustrie hat u.E. höchste Priorität!
- Polymer-Compounds werden im Kreis geführt. Das spart die Produktion von fossilem Neumaterialien ein.
- Der angestrebte Endzustand des stofflichen Recyclings ist der **vollständig geschlossene Polymer-Kreislauf** (closed loop).
- Physikalisch oder chemisches Recycling müssen sich ergänzen.
- Open loop-Recycling mit Substitution von Holz, Ton oder Zement ist nicht zielführend.



Was haben wir erreicht – physikalisches Recycling

Open loop Recycling-Quoten:

- LVP: Nicht einmal 20% der verkauften Verpackungen werden zu Rezyklaten (von uns abgeschätzt) [1]
- PVC: 12 % (post consumer Rezyklate) [2]
- Elektro-Elektronik-Altgeräte (EEG): post-consume 1,1 % [3]
- Altfahrzeuge: post-consumer 1,8 % [3]
- Häufig werden minderwertige Produkte hergestellt.



Closed loop Recycling-Quoten

- Keine offiziellen Zahlen verfügbar, bis auf PET (40 % bottle to bottle)
- Wir schätzen die anderen Kunststoffe auf **wenige Prozent**.

[1] Lahl, U., Lechtenberg, D., Zeschmar-Lahl, B (2024): Kunststoffrecycling und gefährliche Stoffe – Risk Cycle. Müll und Abfall 4, 195–204

<https://muellundabfall.de/ce/kunststoffrecycling-und-gefaehrliche-stoffe-risk-cycle/detail.html>

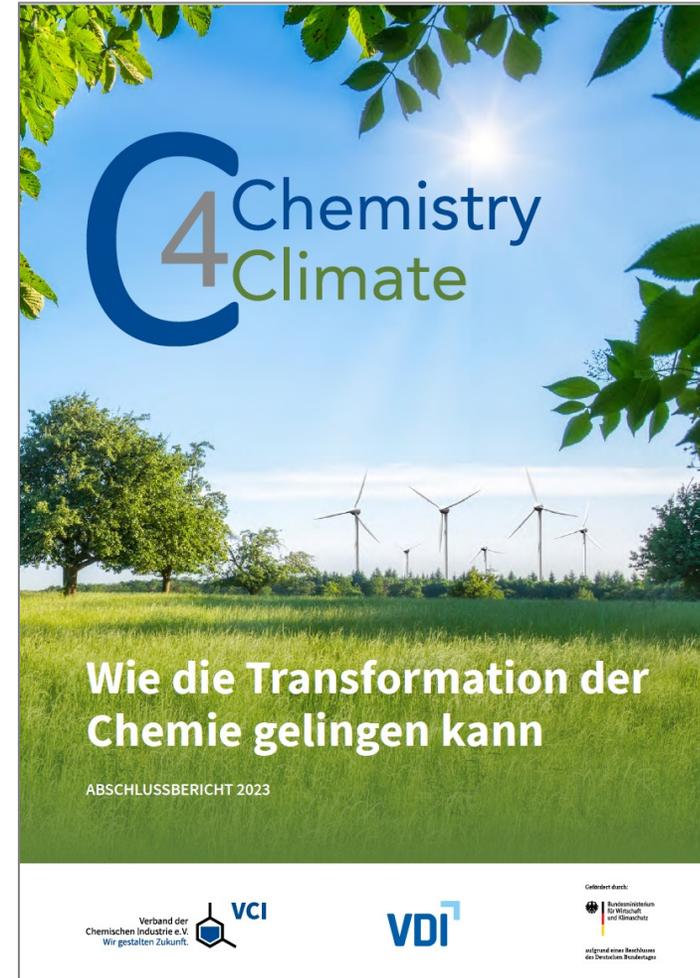
[2] Lahl, U., Zeschmar-Lahl, B. (2024): More than 30 years of PVC recycling – a critical inventory. Sustainability 2024, 16, 3854. <https://doi.org/10.3390/su16093854>

[3] UBA-Texte 24/2024

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/24_2024_texte_kurea.pdf

Chemisches Recycling – heute nur wenige Promille

VCI: „Insgesamt könnten bei vollständiger Nutzung des Potenzials für das chemische Recycling rund 1,5778 Mio. t Kohlenstoff für die weitere stoffliche Nutzung bereitgestellt werden. ...“

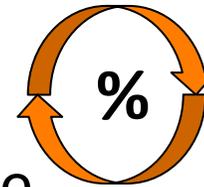


<https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung.pdf>

Zukunft im „Green Deal“

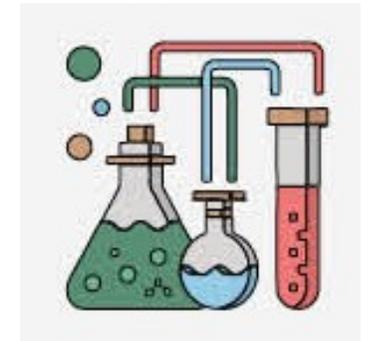
These 1:

Die heutigen open loop-Quoten sollten zu closed loop-Quoten weiterentwickelt werden – als Kreislaufwirtschafts- oder Substitutionsquote. Für Verpackungsabfälle wird dies wahrscheinlich über die EU PPWR ab 2030 (Artikel 7) kommen.



These 2:

Denn die Versorgung mit (nicht fossilem) Kohlenstoff wird für die Wirtschaft in Deutschland zum wichtigen Standortfaktor.



Zukunft im „Green Deal“

These 3:

Chemisches und physikalisches Recycling mit Kohlenstoff-Substitutionsquoten oberhalb von 50 % sind **gleichwertig** und sollten sich komplementär ergänzen.



© HIF GLOBAL

Thesen, die im Konsensfall Weichenstellungen werden

These 4:

Die Defossilisierung der Rohstoffbasis der chemischen Industrie durch closed loop-Recycling und CCU führt zu einer **Einsparung an Treibhausgasemissionen**. Diese sind den durch andere Reduktionsmaßnahmen erreichten THG-Einsparungen gleichwertig und sollten daher auch für den **Emissionszertifikatehandel** zugelassen werden.



<https://dehst.de/Auktionierung>

Über 30 Jahre Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe

- Rhetorisch haben wir sehr viel erreicht. Vielleicht eines der erfolgreichsten Narrative etabliert.
- Ohne Klarheit beim Thema Risk Cycle wird es keine hohen Investitionen zum Hochlauf des stofflichen Recyclings geben, ergo weitere Stagnation.
- Erhöhung von open loop-Quotenerhöhungen sollte DGAW mit Schadstoff- und Klimaschutzargumenten ablehnen.
- Besser: Substitutionsquoten für virgin plastics verlangen, wie EU PPWR. 2030: 10 % FCM (nicht PET), andere Verpackungen 35%; 2040 FCM 25 %, ansonsten 65 %. Wird u.E. nur über Hochlauf des chemischen Recyclings gelingen.
- Substitutionsquoten fordern viel Engagement und Investitionen, dass keine Notwendigkeit für den Recycling-Streit (chemisch versus physikalisch) besteht.
- Übrigens: MVAs sind auch zukünftig notwendige Schadstoffsinken und u.E. im Falle von CCU für die Herstellung von Basischemikalien (wie Methanol) Teil des chemischen Recyclings.



Kontakt



Prof. (habil.) Dr. Uwe Lahl

**BZL Kommunikation und
Projektsteuerung GmbH**

Lindenstr. 33

D-28876 Oyten

Fon +49 4207 699 837

Mobile +49 170 100 6513

ul@bzl-gmbh.de

www.bzl-gmbh.de

Backup: Standard zur Bewertung der Recyclingfähigkeit

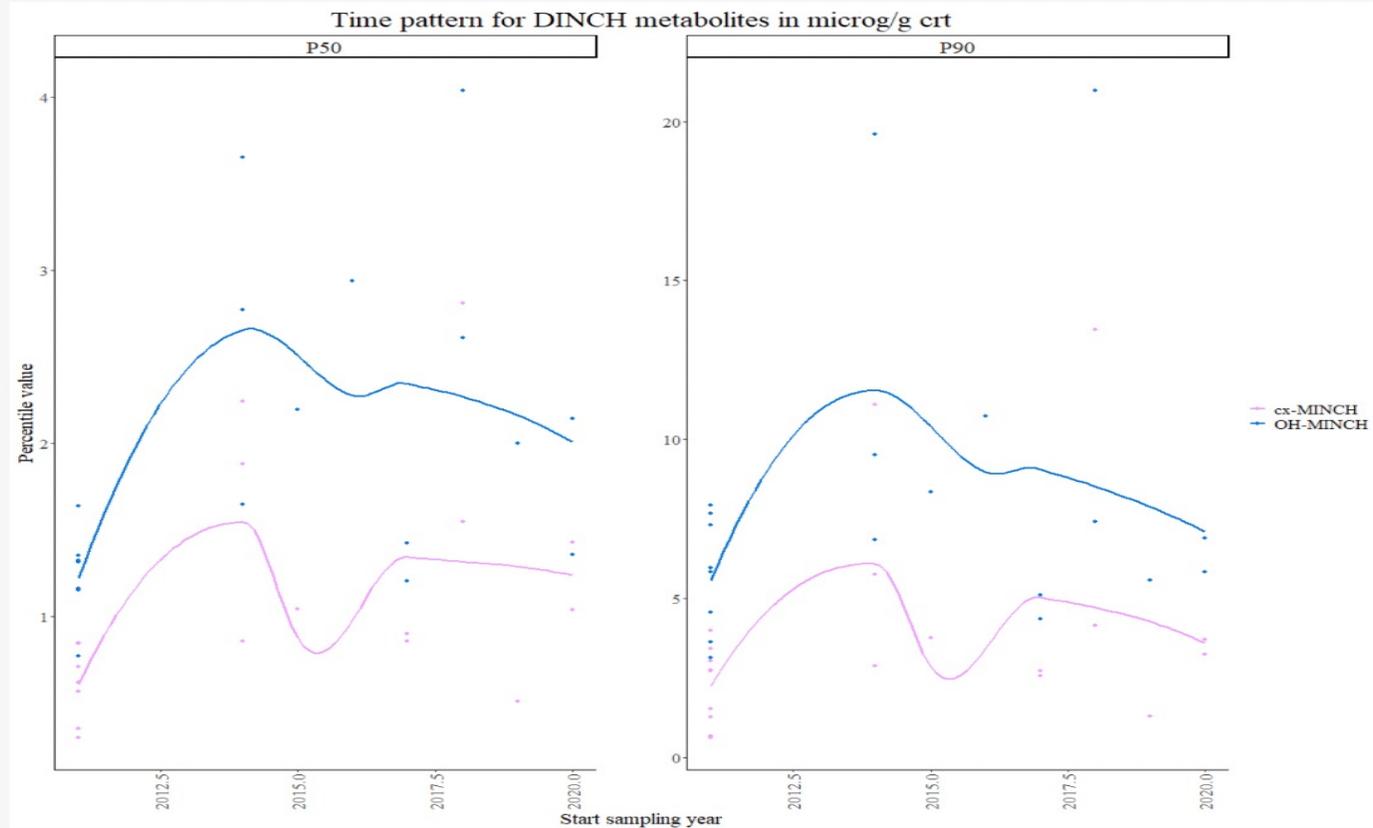
Studie von cyclos-HTP im Auftrag der BKV GmbH (Kurzfassung, 2024): „Auf der Basis der Vergleichsuntersuchungen unterschiedlicher Standards zur Bewertung der Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen und den Anwendungserfahrungen des Studiennehmers werden folgende Empfehlungen für Prüfpunkte bzw. konstruktive Änderungsvorschläge für die Konsultationsphasen gegeben:

1. Eine Kategorisierung sollte mindestens 4-stufig vorgenommen werden.
2. Für jede Guideline ist eine nachvollziehbare Wertstoffdefinition erforderlich; diese muss auch immer im Kontext zu der Rezyklatapplikation gestellt werden, die die Guideline als Referenz für die Beurteilung von Rezepturen und Bestandteilen einer Verpackungsspezifikation zugrunde legt.
3. Lediglich nicht abtrennbare Komponenten oder Materialien sind unter dem Aspekt „bedingter Kompatibilität“ oder „Inkompatibilität“ einzustufen.
4. An die Eingruppierung „Inkompatibilität“ (rote Kategorie) sind höchste Ansprüche zu stellen.
5. Schwellenwerte sind unbedingt zu vermeiden.
6. Bezug zum Stand der Technik muss für alle Prozessstufen (Sortierung, Recycling und Rezyklatanwendung) gelten.
7. Analog skalierte Kriterien sind auch analog in der Bewertung abzubilden.
8. Eine zusätzliche „graue Kategorie“ ist unbedingt zu implementieren, die signalisiert, dass ohne individuelle Untersuchung, keine Bemessung erfolgen kann.
9. In der abschließenden Prüfung sind unbedingt Anwendungstests komplexerer Verpackungen durchzuführen, um die Praktikabilität der Anwendung zu prüfen.
10. Analysevorschriften bei Messerfordernissen müssen praxisnah und wissenschaftlich fundiert sein.“

<https://www.bkv-gmbh.de/files/bkv/studien/Kurzfassung%20Vergleich%20untersch.%20Standards%20Bewertung%20Recyclingf%C3%A4higkeit%20K-Verpackungen.pdf>

Backup: Human Biomonitoring - Ersatzstoffe

Figure 4. Time patterns for urinary levels of unregulated DINCH metabolites in children from 5 to 12 years old. Percentile value is shown in $\mu\text{g/g}$ creatinine.



Mit dem Rückgang der Phthalate stieg die Belastung mit Ersatzstoffen (hier DINCH) und bleibt bis heute auf hohem Niveau.

Hoffentlich keine erneute „regrettable substitution“.

<https://www.mdpi.com/2305-6304/11/10/819>

Backup: Humanbiomonitoring Flammschutzmittel

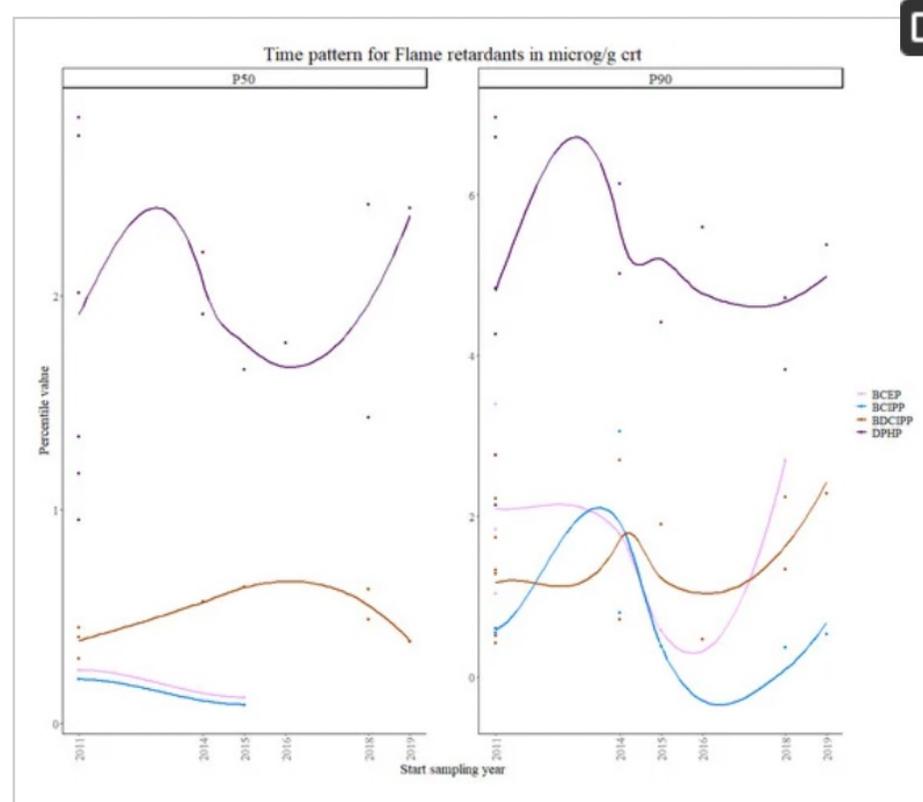
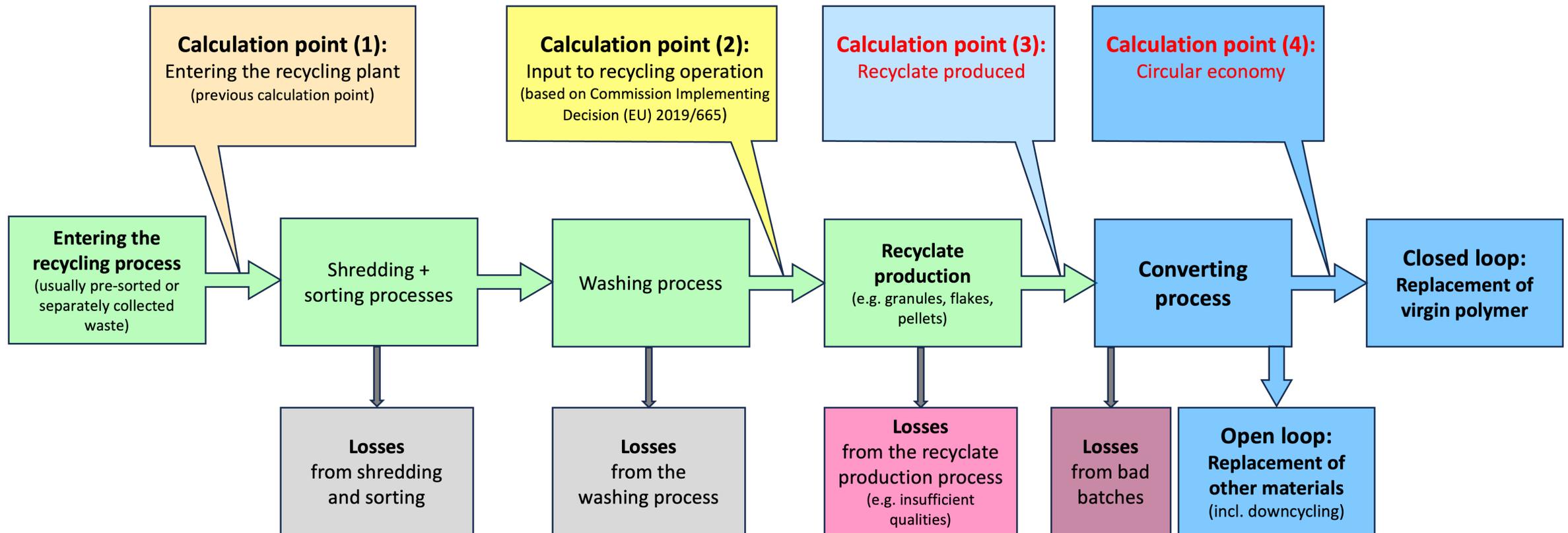


Figure 5. Time patterns for urinary levels of flame retardants in children from 5 to 12 years old. Percentile value is shown in $\mu\text{g/g}$ creatinine.

<https://www.mdpi.com/2305-6304/11/10/819>

Backup: Closed loop Recycling

Die Recycling-Quoten – eine Analyse



Lahl U., Zeschmar-Lahl B. (2024): <https://doi.org/10.3390/su16093854>

EU-Ziele für Nachhaltigkeit mit Relevanz für Kunststoffe



Europäischer „Green Deal“

Mehr Klimaschutz :

- Senkung der Netto-THG-Emissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990
- Bis 2050 kein Ausstoß mehr Treibhausgasen (netto),
- Abkopplung des Wachstums von der Ressourcennutzung.

<https://op.europa.eu/o/opportal-service/download-handler?identifier=ed23f3b1-8375-11ea-bf12-01aa75ed71a1&format=pdf&language=de&productionSystem=cellar&part=>

Drei Strategien, die sich ergänzen



Europäische

„Chemicals Strategy for Sustainability“

Mehr Gesundheitsschutz:

- Verbot der schädlichsten Chemikalien in Verbraucherprodukten, Zulassung ihrer Verwendung nur dort, wo sie unbedingt erforderlich sind,
- Cocktail-Effekt von Chemikalien bei der Bewertung der Risiken von Chemikalien berücksichtigen,
- Kein Export von in der EU verbotenen Chemikalien exportieren.

<https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-chemicals-strategy/>



Europäischer

„Zero Pollution Action Plan“

Mehr Umweltschutz:

- Der Aktionsplan legt die Vision einer schadstofffreien Welt dar und vereint alle laufenden und geplanten Bemühungen in einer integrierten Strategie, bei der die Vermeidung von Schadstoffbelastungen an erster Stelle steht.
- 50 % weniger Plastikmüll im Meer und 30 % Mikroplastik weniger, das in die Umwelt freigesetzt wird.

https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en

Chemisches Recycling – heute nur wenige Promille

BKV/Plastics Europe: Technology Readiness Level (TRL) for the valued technology pathways and the combined treatment steps.

Process	Pre-treatment Feedstock	Con-version	Upgrading Raw gas / crude	Product Utilization
Fixes Bed Gasification (BGL)	9	8	7	Methanol synthesis
Fluidized Bed Gasification (CFB)	9	8–9	7	Methanol synthesis
Entrained Flow Gasification (EFG)	5–6	6	9	Methanol synthesis
Pyrolysis	9	5–6	3	Steam cracker

“The results show:

1. Looking on the treatment chain for all processes, it is shown that there is a lack in the technological development for every process chain.
2. The lack of development occurs on different stages.
3. One of the most interesting technologies – Pyrolysis – shows for the core process as well as the upgrading step, that an elaborate development is still necessary.”

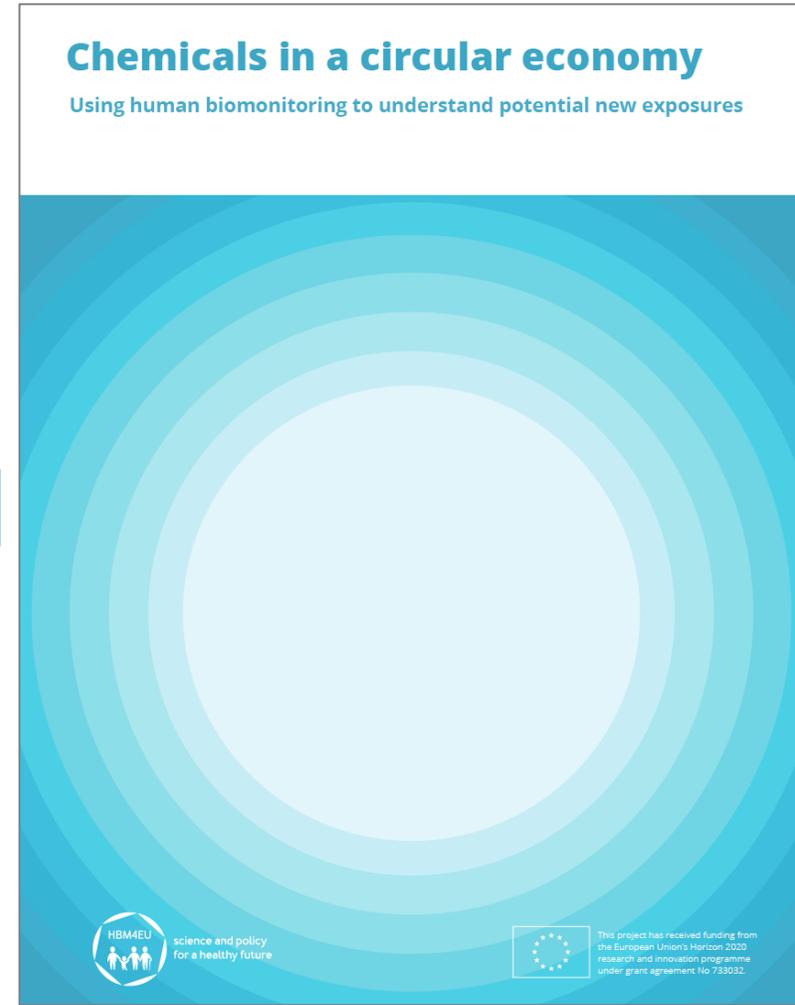
[https://www.bkv-gmbh.de/files/bkv/studien/Thermal Processes for Feedstock Recycling of Plastics Waste short.pdf](https://www.bkv-gmbh.de/files/bkv/studien/Thermal%20Processes%20for%20Feedstock%20Recycling%20of%20Plastics%20Waste%20short.pdf)

Human Biomonitoring – Weichmacher in Kunststoffen

HbM4EU: „Kunststoffe enthalten eine große Anzahl chemischer Additive, und das zunehmende Recycling von Kunststoffen hat zu **Bedenken** hinsichtlich des Vorhandenseins von Chemikalien in den auf dem europäischen Markt gekauften **Produkten aus recyceltem Kunststoff** geführt.

....

Mit Hilfe des Human-Biomonitorings kann die **Exposition der Verbraucher gegenüber gefährlichen Stoffen in Produkten, die recycelte Materialien enthalten**, und insbesondere die Exposition der Verbraucher gegenüber Altstoffen bewertet werden, um die im Rahmen der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit vorgesehene Eliminierung gefährlicher Stoffe aus den Produktströmen zu verfolgen.“



<https://www.hbm4eu.eu/wpcontent/uploads/2022/07/ChemicalsCircularEconomy.pdf>