

Aktueller Stand des PFAS-Beschränkungsverfahrens Verbot vs. Teilerlaubnis

Fluorocarbon Polymer Solutions (FPS) GmbH

In Kooperation mit der Fluoropolymergroup des pro-K

Dr. Michael Schlipf

Burgkirchen, Germany

38. VDI-/ITAD Fachkonferenz
Thermische Abfallbehandlung 2026
23. und 24. September 2026
Würzburg

Inhalt

- Übersicht PFAS und ihr Anteil an Fluoremissionen
- Fluorpolymere als Basis einer modernen Gesellschaft
- Zum Stand des EU-Beschränkungsverfahrens
- Lebenslaufbetrachtung von ausgewählten PFAS
- Verfahren zur Emissionsvermeidung
- Sichere End-of-Life Verfahren: Müllverbrennung
- Einführung der Kreislaufwirtschaft bei Fluorpolymeren: Das UpCycling-Verfahren
- Schlussfolgerungen und Ausblick

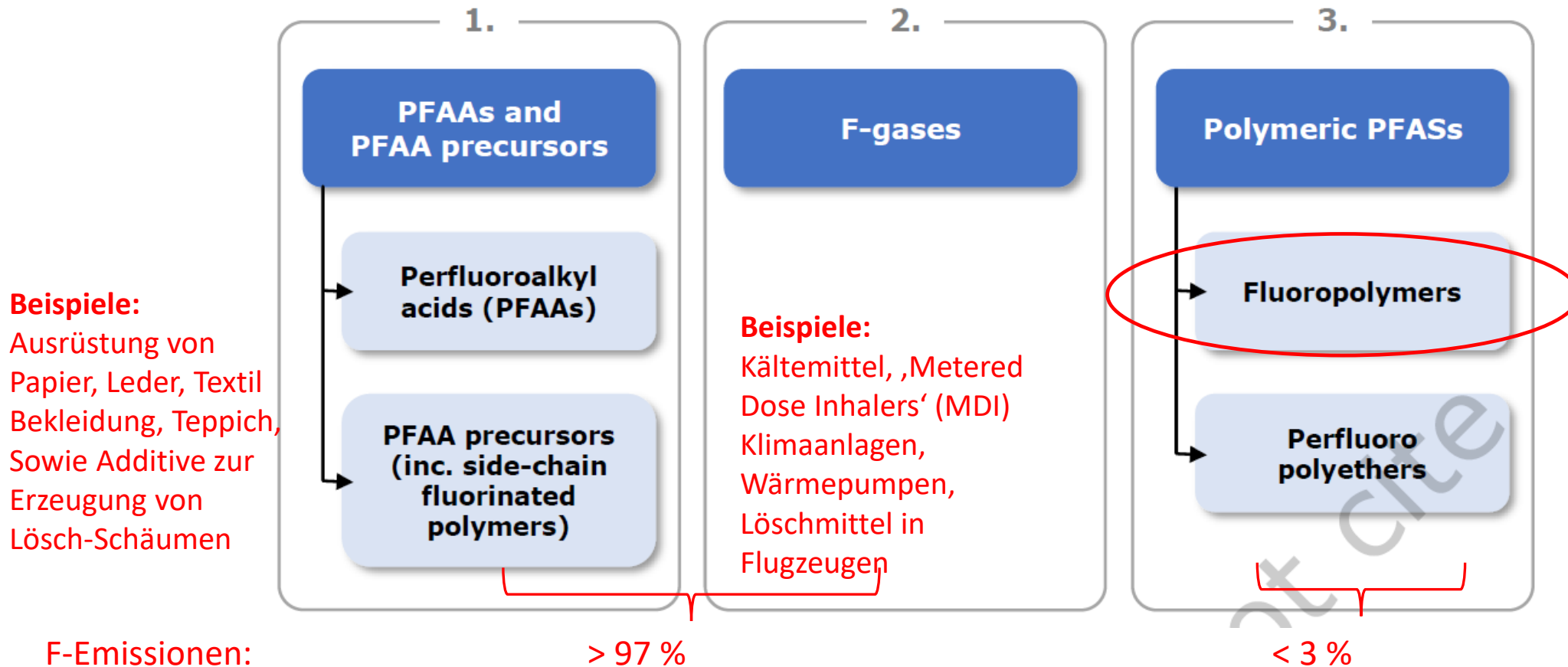
Fluorpolymere in der PFAS-Diskussion

- Die PFAS-Gruppe umfasst entsprechend der gewählten Definition*) mehr als 10.000 Substanzen. Bezüglich der Risikobetrachtung stellen sie keine einheitliche Stoffgruppe dar.
- “Persistenz” wird als übergreifende Eigenschaft genannt, aber sie allein definiert noch kein Risiko
- Hinsichtlich Toxizität, Mobilität und Bio-Akkumulation unterscheiden sich die Vertreter der PFAS-Gruppe in grundsätzlicher Art
- Fluorpolymere stellen kein “unakzeptierbares Risiko” dar und sie werden als sicher eingestuft aufgrund ihrer Nicht-Mobilität und Unlöslichkeit; sie sind nicht bio-verfügbar und nicht bio-akkumulativ. Angenommener Beitrag zur Gesamtemission an PFAS: < 3%.
- Fluorpolymere finden eine breite Anwendung in anspruchsvollen Anwendungen wie z.B. in der Halbleiterindustrie, im Verkehr (Straße, Luft, Wasser), bei erneuerbaren Energien (Sonne, Wind) u.v.a.m. Hier sind Alternativwerkstoffe mit vergleichbaren Eigenschaften nicht verfügbar.

*) : Stoffe, die eine $-CF_2$ oder $-CF_3$ – Gruppe enthalten. Beispiele: Kältemittel in Klimaanlage, Textil- und Leder-Imprägnierung, Antibiotika, minimalinvasive Chirurgie, Pflanzenschutzmittel, Komponenten in Dialysegeräten, E-Mobilität, Photovoltaik-Module, Windräder, 5G Datenübertragung u.v.a.m.

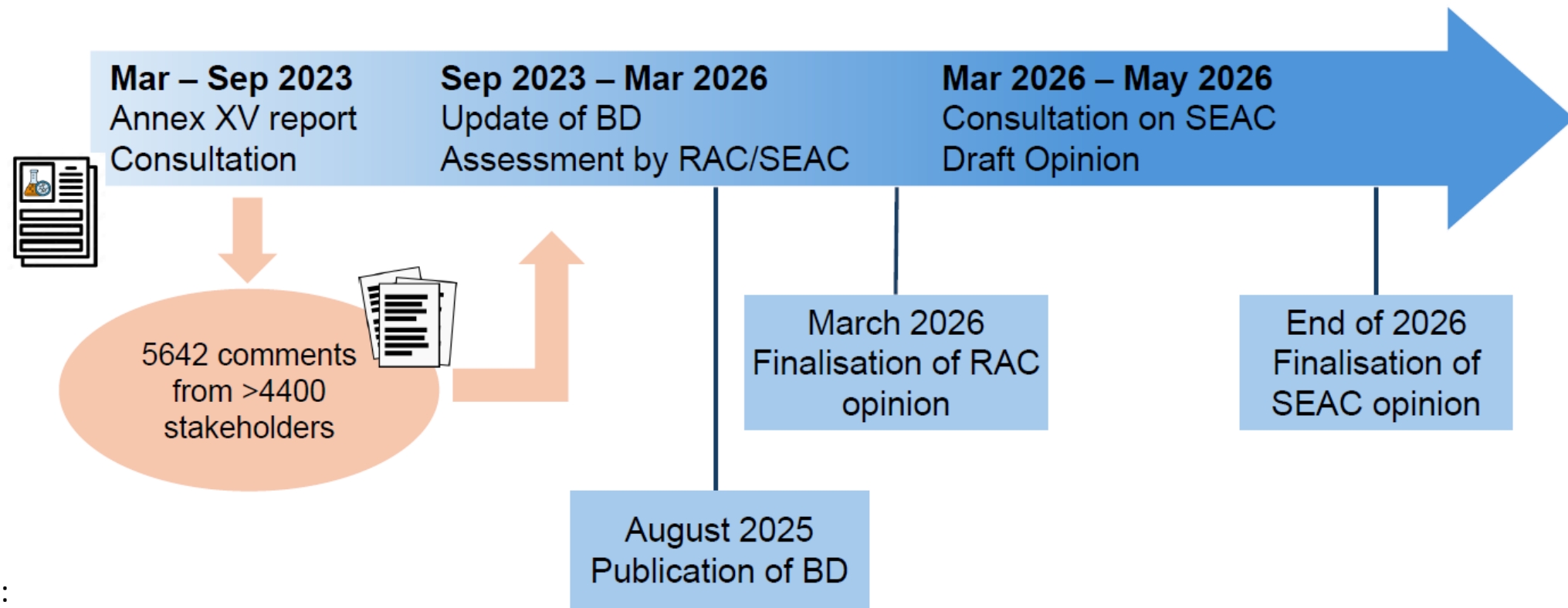
Beiträge zu Fluor-Emissionen: Schwerpunkt Fluorpolymere (38 Polymere)

Insgesamt umfasst die PFAS-Gruppe mehr als 10.000 Substanzen



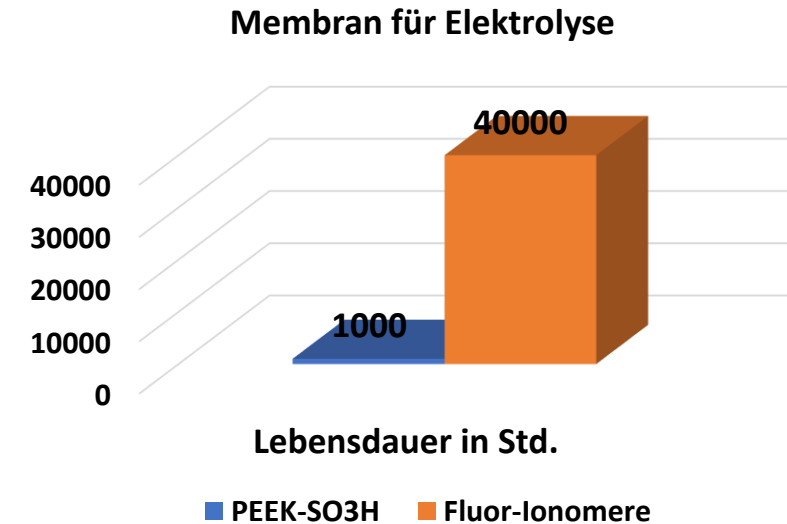
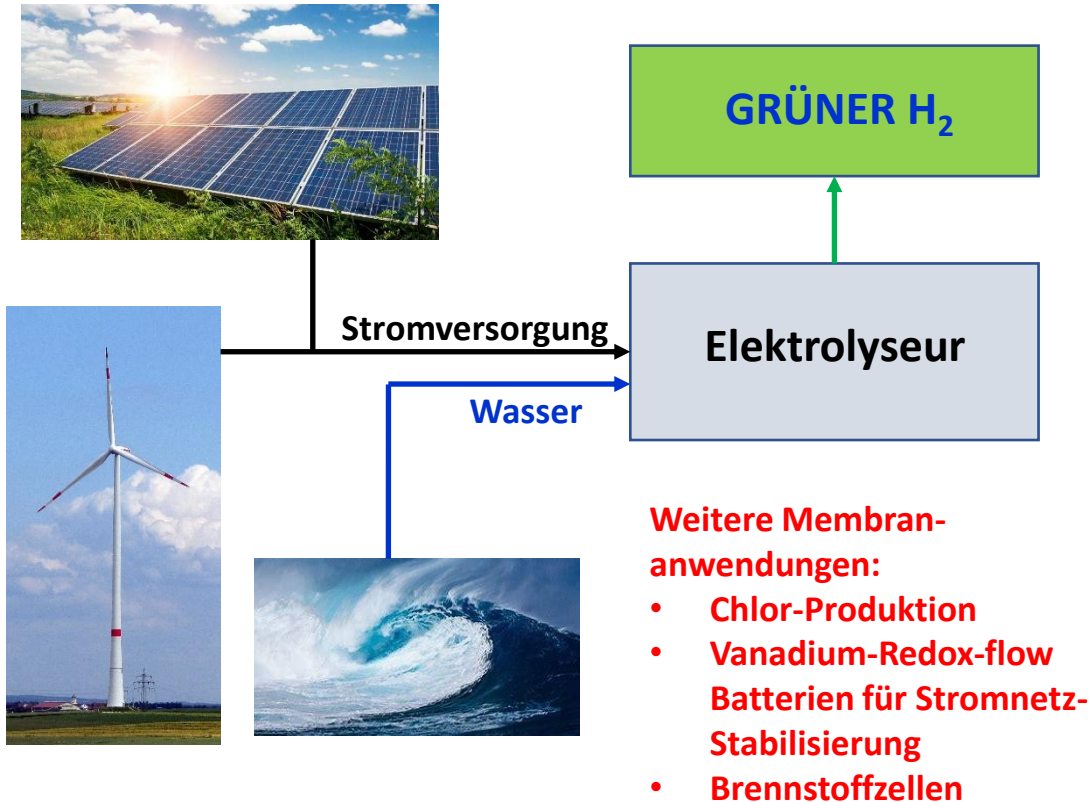
Aktueller Stand des PFAS-Beschränkungsverfahrens

Phase II – Public consultations / Assessment by RAC/SEAC



Quelle:
BAUA, Dortmund, 30.03.2026

Anwendungsbeispiele für Fluorpolymere: Erneuerbare Energien



Ergebnis der Suche nach Alternativen:

Es gibt keine wirklichen Alternativen zu Fluormembranen^{*)} für H₂-Elektrolyse, Chlor-Produktion, Redox-flow Batterien oder Brennstoffzellen. Für spezielle Anwendungen werden aber auch Membranen aus PBI oder Keramik eingesetzt

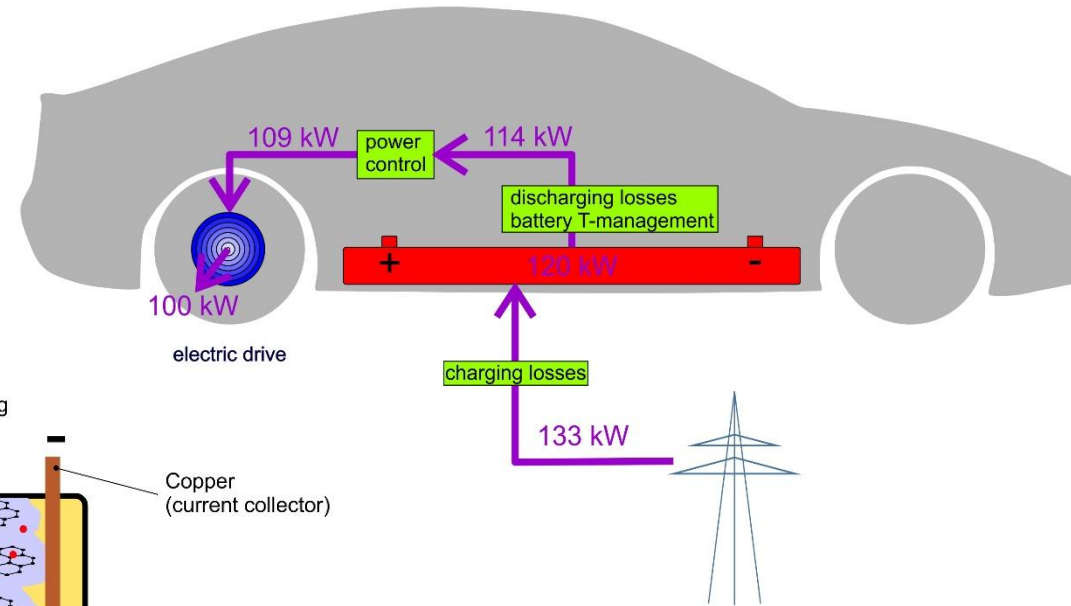
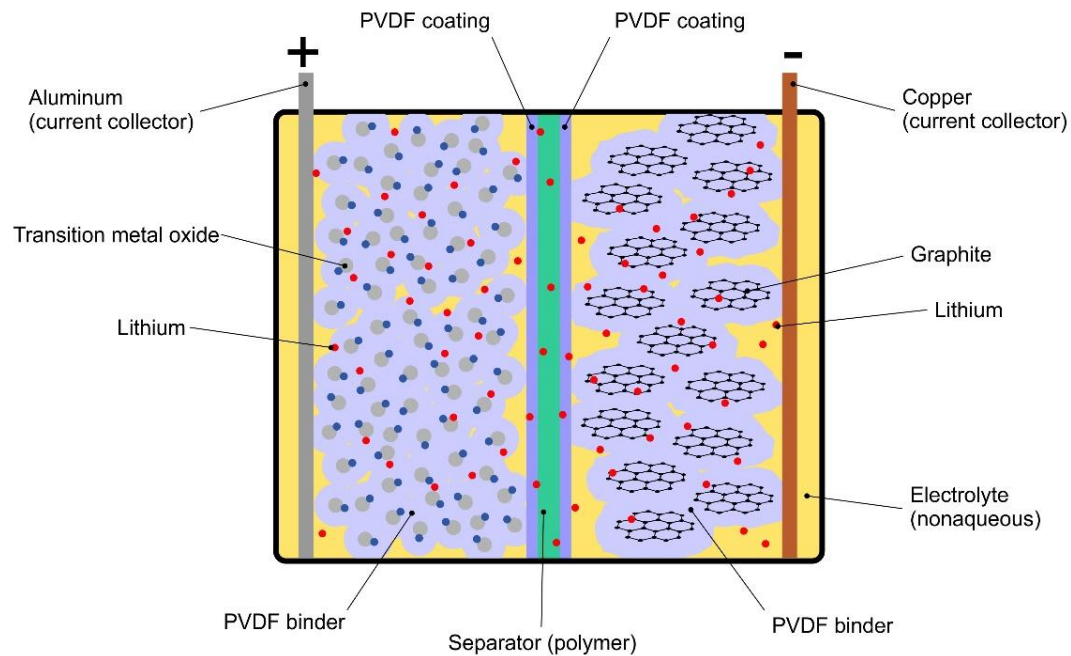
^{*)}: Membranen vom Typ Nafion® / Flemion®

Anwendungsbeispiele für Fluorpolymere: E-Mobilität

Megatrends: E-Mobilität

Starkes Wachstum für Fluorpolymere

→ **Wachstumsfaktor > 10 in E-Autos (im Vergleich zum Verbrenner)**



Neue Anwendungen:

- **PVDF & PTFE in Batterien**
- **PTFE & FEP in Leiterplatten**
- **ETFE als Kabelisolierung**
- **Poröses PTFE für Ventilation von Elektronik**
- **Poröses PTFE für die Sicherheit → Berstscheibenfunktion**

Fluorpolymere: Betrachtung des Lebenszyklus

- Die Bedenken über Fluorpolymere beschränken sich auf die mögliche Freisetzung von nicht-polymeren PFAS während ihres Lebenszyklus, insbesondere in den Phasen:
- Herstellungsprozess:
 - Die Industrie hat inzwischen nachhaltige Prozesse eingeführt, indem sie in verbesserte Technologien investiert hat und gleichzeitig auf sicherere Rohstoffe umgestellt hat. Beide Maßnahmen haben zu einer signifikanten Verminderung an Emissionen geführt.
- End-of-Life Phase: (Verbrennung und weitere Technologien^{*)})
 - Die Verbrennung bei hohen Temperaturen, sowohl bei den Temperaturen für Hausmüll- als auch denen für Sondermüll-Verbrennung, stellt eine wirkungsvolle End-of-Life Management Route dar, die in kompletter Mineralisierung endet. Flüchtige, nicht-polymere PFAS werden nicht in die Umwelt eingetragen.

^{*)}: Aktuell: Einführung der Kreislaufwirtschaft bei Fluorpolymeren in Verbindung mit chemischem Recycling, sog. UpCycling-Verfahren

Sichere Gestaltung des Lebenszyklus von Fluorpolymeren

Sichere E-o-L Maßnahmen stehen bereit: Verbrennung und Kreislaufwirtschaft



**Vermeidung fluorierter
Polymerisationshilfsmittel /
Minimierung von Emissionen**

**Bei Anwendung von 13
OECD-PLC-Kriterien:
„Fluorpolymere sind
sicher“**

**Es muss sichergestellt sein, dass
nach E-o-L keine toxische
Emissionen generiert werden**

**Neue
Entwicklungen /
Systemlösungen:**

Selbsterklärung der FPG:

- Emissions-Verminderungs-Programm

Fluorpolymerhersteller:

- Einsatz von NFPA: nicht-fluorierte PM-Hilfsstoffe
- Einsatz von: NFS: nicht-fluorierte Tenside
- Geschlossene Produktions-Kreisläufe

End-of-life Maßnahmen (E-o-L):

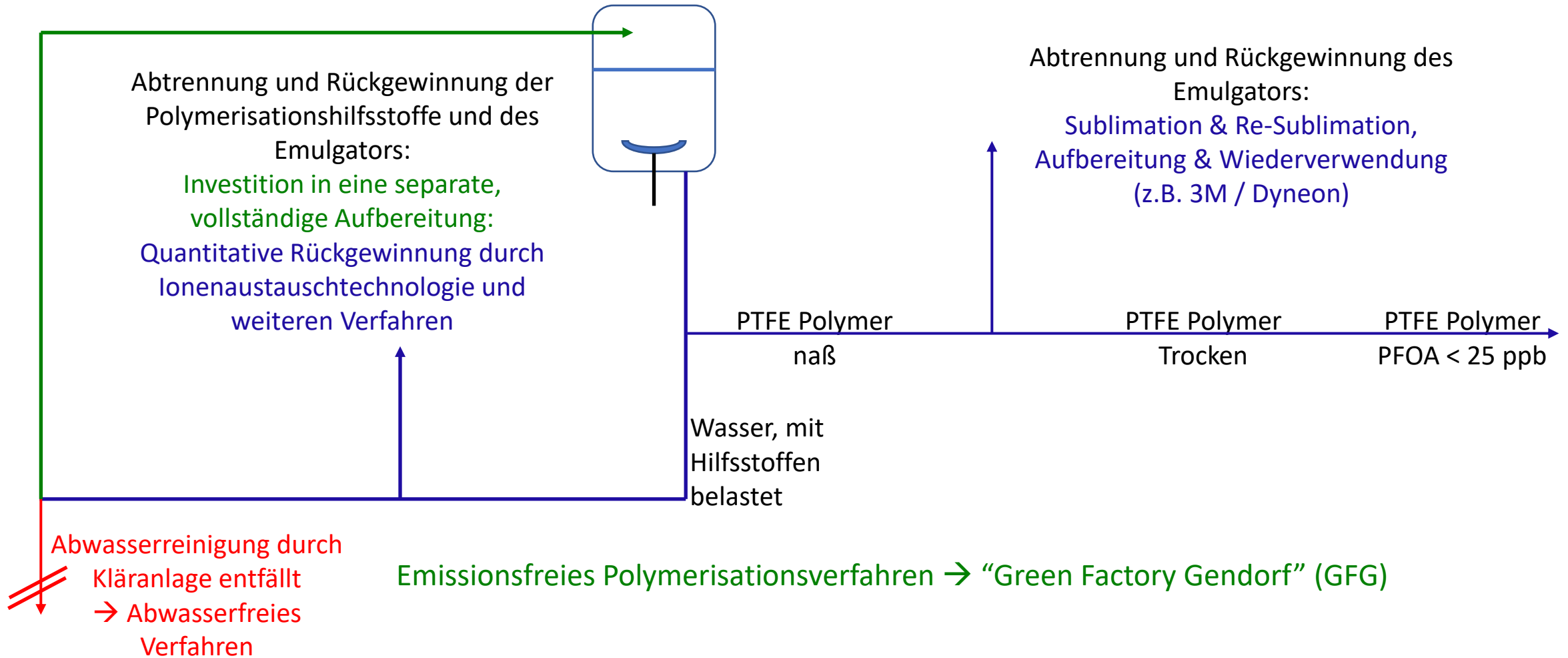
Sichere Verbrennung:

- Verbrennung von Haus- und Industriemüll unter T > 860°C mit > 2 sec Verweildauer

Kreislaufwirtschaft:

- Sammeln von E-o-L Fluorpolymeren
- UpCycling Technologie: Zurück zu den Monomeren
- Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks um ca. 80%

Umweltgerechte Produktion von Fluoropolymeren – Hintergrund: Immissionsschutz Kreislauffahrweise im Polymerisationsprozess



Herstellungsprozess: PFAS Emissionen sind ‘im Griff’: Selbstverpflichtung der Fluorpolymerhersteller: ‘Manufacturing Program’ der FPG

Im ‘Background Document’ wurde eine zeitlich unbegrenzte Ausnahmeregelung vorgeschlagen (RO3) für die Herstellung von PFAS, einschließlich der Fluorpolymere, unter streng kontrollierten Bedingungen:

Bis Ende 2030: 0.0090% in die Luft, 0.0010% in das Wasser und 0% in den Boden für Emissionen an nicht-polymeren PFAS, Restmengen an Polymerisationshilfsstoffen aus der Fluorpolymerfertigung

Ab Ende 2030 : 0.0030% in die Luft, 0.0006% in das Wasser und 0% in den Boden für Emissionen an nicht-polymeren PFAS, Restmengen an Polymerisationshilfsstoffen aus der Fluorpolymerfertigung

6,5 Jahre nach EiF: 0.01% in Luft, Wasser und Boden für alle PFAS Emissionen

Hierfür ist eine zusätzliche Kontrolle
für nicht-umgesetzte Monomere
und für Polymerisations-
Nebenprodukten erforderlich

Diese Grenzwerte (Boden
ausgenommen) werden von
allen Fluorpolymerherstellern
akzeptiert

Erste Ergebnisse von Studien zum Kontakt mit PTFE-Partikeln

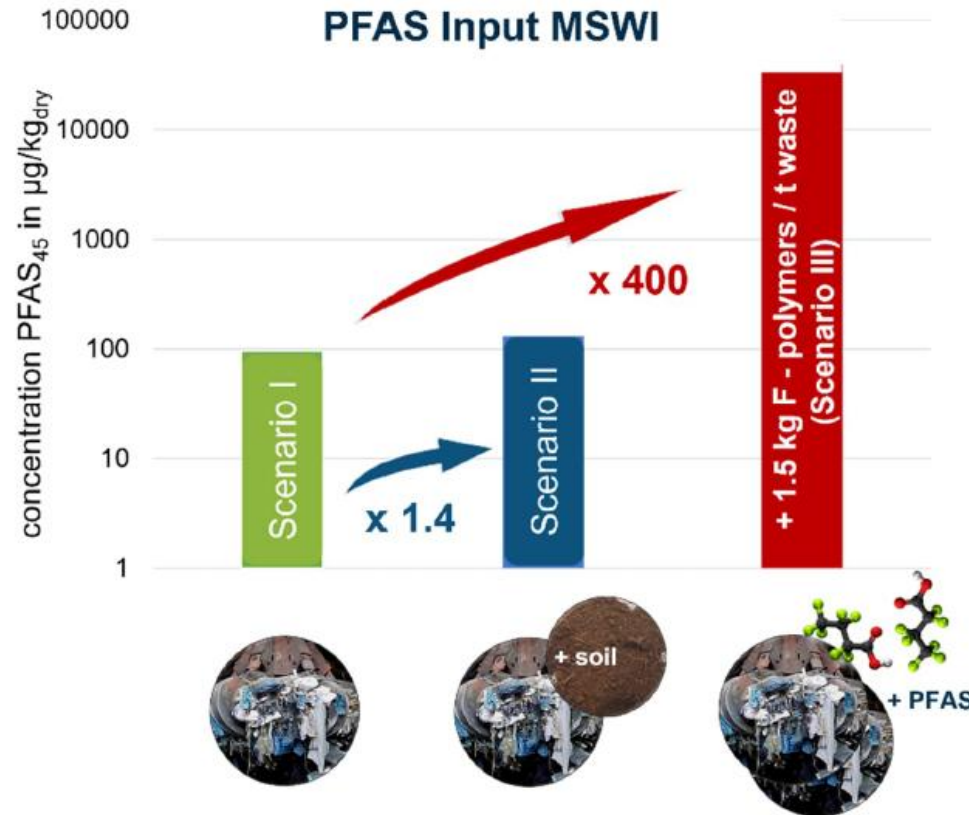
- Das MPPD^{*)} - Modell berechnet die Ablagerung und die Beseitigung von Partikeln im menschlichen Atmungstrakt auf Basis der Physiologie des Atmungstraktes, der Luftströmung und der Partikelcharakteristik.
- **Annahmen für die Modellberechnung:** eher unwahrscheinliche Konditionen des Ausgesetztseins (Worst-Case Szenario)
 - PTFE Konzentration von 10 mg/m³, 6 Std./Tag, 5 Tage/Woche, Keine Arbeitsschutzkleidung (PPE)
- **Ablagerung:** >93% der Ablagerung am oberen Ende (außerhalb der Brust =extra thoracic) des Atmungstraktes
- **Tiefere Lungen-Region:** 1.5–2.4% erreichen den Tracheobronchial-Raum; 1.1–1.6% erreichen den Alveolar-Region (wabenförmige Zellen)
- **Beseitigung/Freiräumen**^{**}: >99% der Tracheo-Bronchialregion sind am Ende einer Arbeitswoche wieder freigeräumt
- **Schlussfolgerung:** Selbst bei dem zugrundegelegten Worst-Case Szenario sind die tieferen und damit die empfindlichsten Lungenregionen bei einem gesunden, erwachsenen Menschen im permanenten Umgang mit PTFE-Mikropartikeln bei Aufnahme durch Einatmen nur sehr wenig betroffen.

)*: MPPD = Multiple-Path Particle Dosimetry ; *)*: Ein Freiräum-Modell für das obere Ende des Atmungstraktes ist im MPPD-Ansatz nicht enthalten (v3.04)

Im Großmaßstab, unter Echtzeitbedingungen durchgeführte Verbrennungsstudie an der GKS Müllverbrennungsanlage

Drei Szenarien:

- 1.) Verbrennung von Hausmüll (Hausmüll- und industrie-ähnlicher Hausmüll) als Referenz-Szenario I.
- 2.) Gemeinsame Verbrennung von mit PFAS belasteter Erde mit Kompost und Klärschlamm, die dem Abfallstrom von Szenario I zugegeben wurden.
- 3.) Massive Überdosierung einer PFAS-Mischung, die dem Abfallstrom von Szenario I zugegeben wurde.



Ergebnis:

Müllverbrennungsanlagen stellen eine Senke für PFAS dar, die eine Fluor-bezogene "Total Delta Destruction Rate" (TD²R) von > 99.9999 Gew.-% erreichen.

Anmerkungen:

Bisherige Annahmen sind von einer (TD²R) von 98.0 bis 99,0 Gew.-% ausgegangen.

Vergleich der Risikoabschätzung nach End-of-Life (Verbrennung)

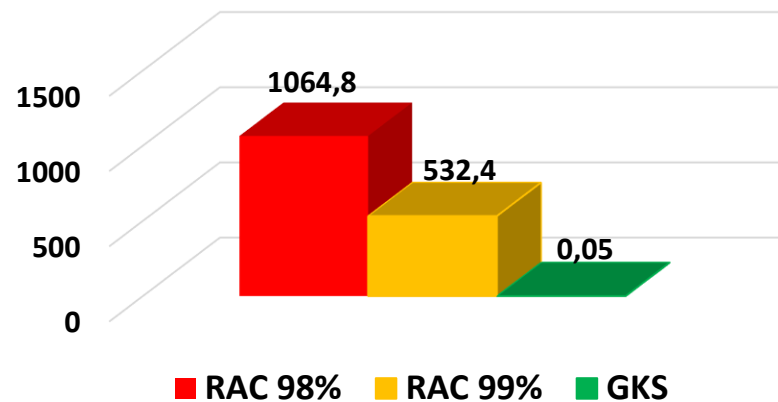
Annahme RAC*):

Abbau-Effizienz (Mineralisierung)
von PFAS bei der Verbrennung:

- 99% bei Sondermüllverbrennung
- 98% bei Hausmüllverbrennung

RAC*): Risk assessment committee

Emissionen an nicht-polymeren PFAS in
Tonnen/Jahr



Nachweis durch GKS-Studie:

Abbau-Effizienz von PFAS bei der
Verbrennung: 99,9999 % (GKS
Müllverbrennungsanlage).

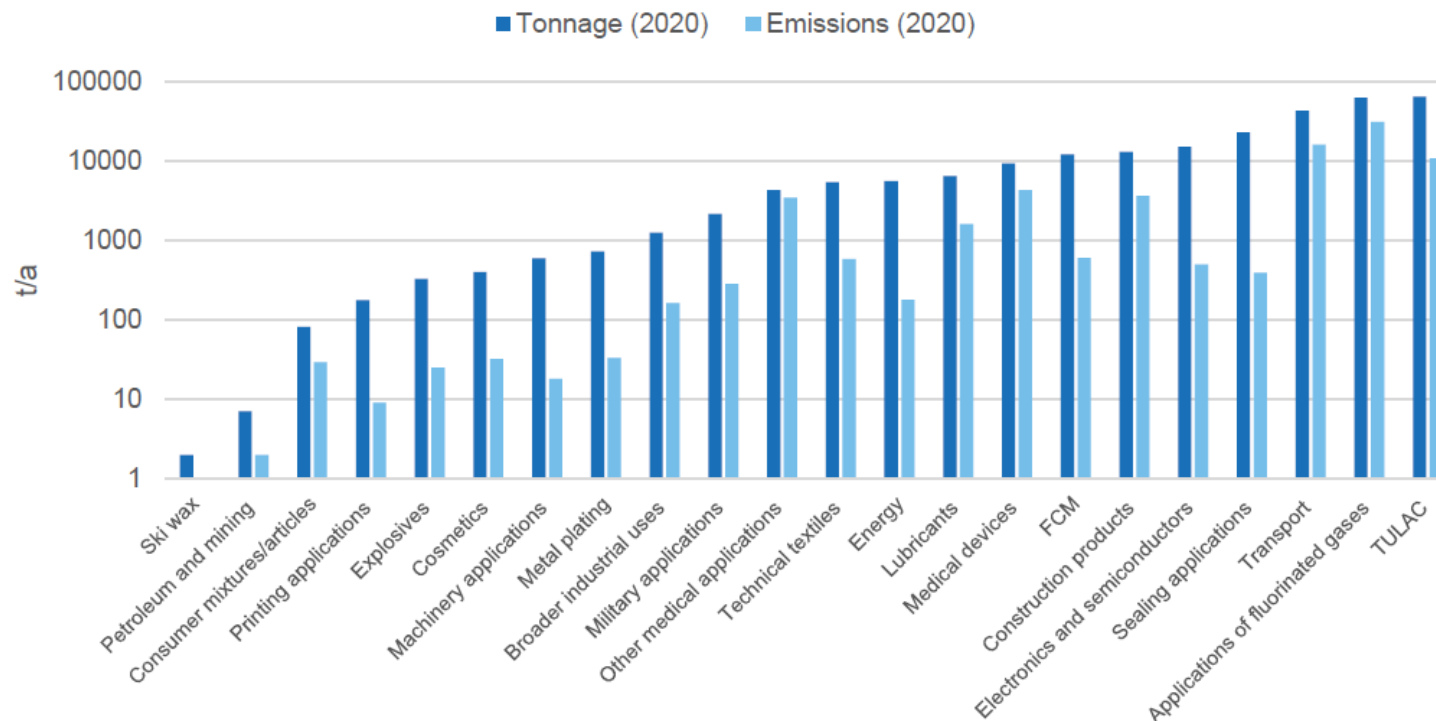
Die Ergebnisse der vorangegangenen
KIT-Studie werden dadurch bestätigt.

Basis für die Risikoabschätzung:

Conversio Studie: Fluoropolymer Waste in Europe 2020 (Published January 2023)
End-of-Life (EOL) analysis of fluoropolymer applications, products and associated waste streams
84% des Fluoropolymerabfalls werden durch Verbrennung entsorgt. Szenario Hausmüll- und Sondermüllverbrennung werden betrachtet.

Ergebnisse der Studien durch KIT und GKS fanden bisher im Regulierungsverfahren keine Berücksichtigung

Annahmen RAC: PFAS → Eingesetzte Tonnagen und Emissionen



=> Tonnages and Emissions updated based on consultation input

190,000 – 340,000 tonnes of PFASs newly introduced to market annually

4.7 mio tonnes of emissions over 30 year period (2025 – 2055)

Aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, insbesondere den Studien von KIT und GKS, müssen die angenommenen Mengen an PFAS-Emissionen neu überdacht werden

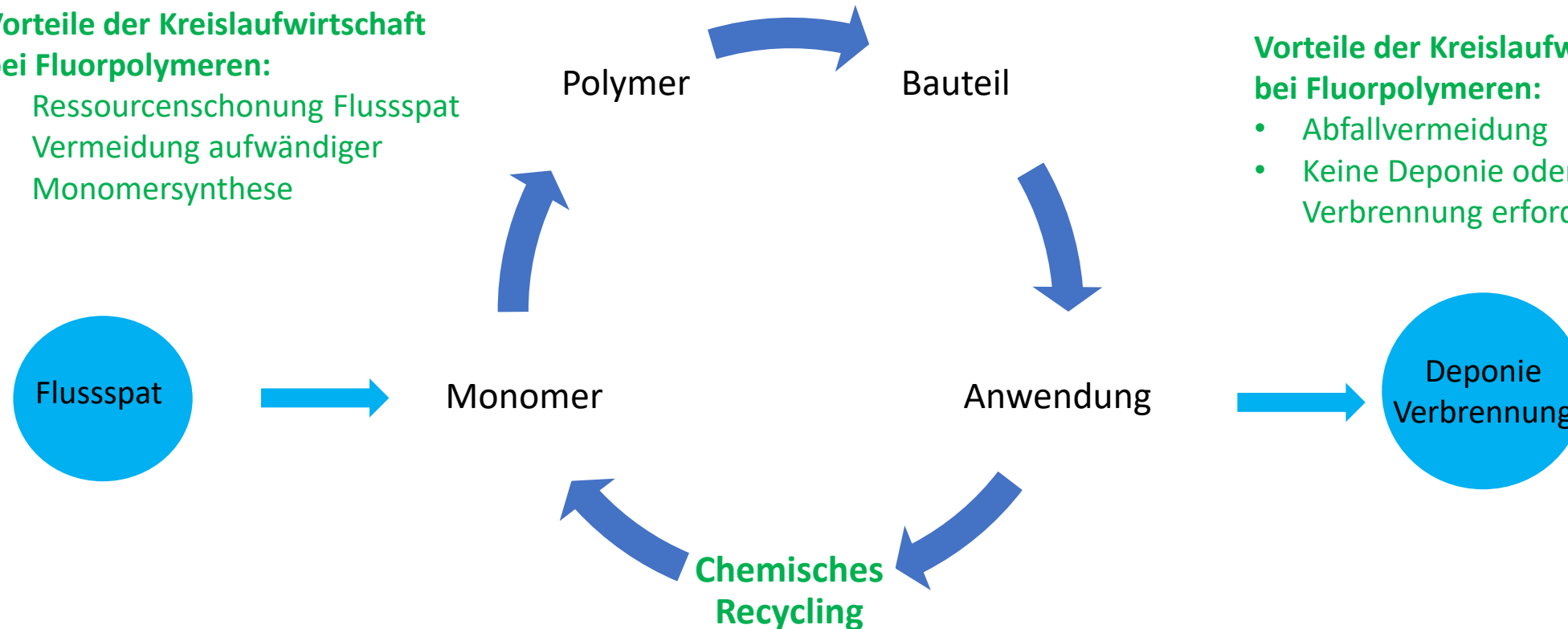
Einführung der Kreislaufwirtschaft bei Fluoropolymeren

Vorteile der Kreislaufwirtschaft bei Fluoropolymeren:

- Ressourcenschonung Flussspat
- Vermeidung aufwändiger Monomersynthese

Vorteile der Kreislaufwirtschaft bei Fluoropolymeren:

- Abfallvermeidung
- Keine Deponie oder Verbrennung erforderlich



Kreislaufwirtschaft bei Fluoropolymeren reduziert den Carbon Footprint dieser Hochleistungswerkstoffe um ca. 80 – 90% und ist damit extrem klimafreundlich

Sichere Entsorgung am Ende des Lebens (EOL) und Kreislaufwirtschaft: UpCycling-Prozess



Konzept der Kreislaufwirtschaft (CE^{*)}) Europa:
Beispiel für eine 'Grüne Zukunft':

- 52.000 to Fluorpolymerbedarf (2021)
 - 42.000 to Fluorpolymer-Verarbeitung
 - 25.000 to EOL- und Produktionsabfälle
 - 500 to/a: UpCycling-Pilotanlage
 - 5.000 to/a: Gewerbliche UpCycling-Anlage
 - 2 gewerbliche Anlagen = 10.000 to
 - Grad der FP-Verwertung bei CE^{*)} ca. 40%
- Vergleich:
- Recyclinggrad aller Kunststoffe in der EU: 14,9%
 - Weltweit: < 10%



500-Tonnen-Pilotanlage am Standort

Gendorf, dyneon, Oberbayern

Finanzierung:

Umweltbundesamt UBA

Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU

CE^{*)}:

Circular Economy

Schlussfolgerungen

- Fluorpolymere sind sichere Produkte: sie sind nicht mobil oder bio-akkumulativ und sie sind nicht toxisch
- Emissionen während der Herstellung können wirkungsvoll kontrolliert und minimiert werden durch Einführung verbesserter Verfahren
- Sichere E-o-L Verfahren sind verfügbar
- Deshalb unsere Forderung der Umkehr des Regulierungsansatzes:
 - Anstatt des aktuellen Ansatzes: Pauschales Verbot mit vielen verschiedenen Ausnahme- und Übergangsregelungen
 - Ein neuer Ansatz: Stoffbezogene Regulierung bei erkanntem und nachgewiesenen Risiko

Deshalb müssen Fluorpolymere aus dem PFAS-Beschränkungsprozess ausgenommen werden, in der Herstellung und in allen Anwendungen (den sog. 'Sektoren'). Konzentrieren wir uns stattdessen auf die Implementierung verbesserter Methoden entlang der Wertschöpfungskette.

Fluorpolymere sind die Basis einer modernen Gesellschaft und moderner Technologien. Die Beschränkung von Fluorpolymeren ist keine Option – nur die Ausnahme von der Beschränkung zählt!

Vielen Dank