

„Emissionen reduzieren, PFAS regulieren, Fluorpolymere erlauben – Hochleistungswerkstoffe unter Druck in der EU“

Fluorocarbon Polymer Solutions (FPS) GmbH

In Kooperation mit der Fluoropolymergroup des pro-K

Dr. Michael Schlipf

Burgkirchen, Germany

Digitales Expertengespräch der
Bundesfachkommission
Umwelt- und Klimapolitik
29. Juli 2026
ONLINE

Inhalt

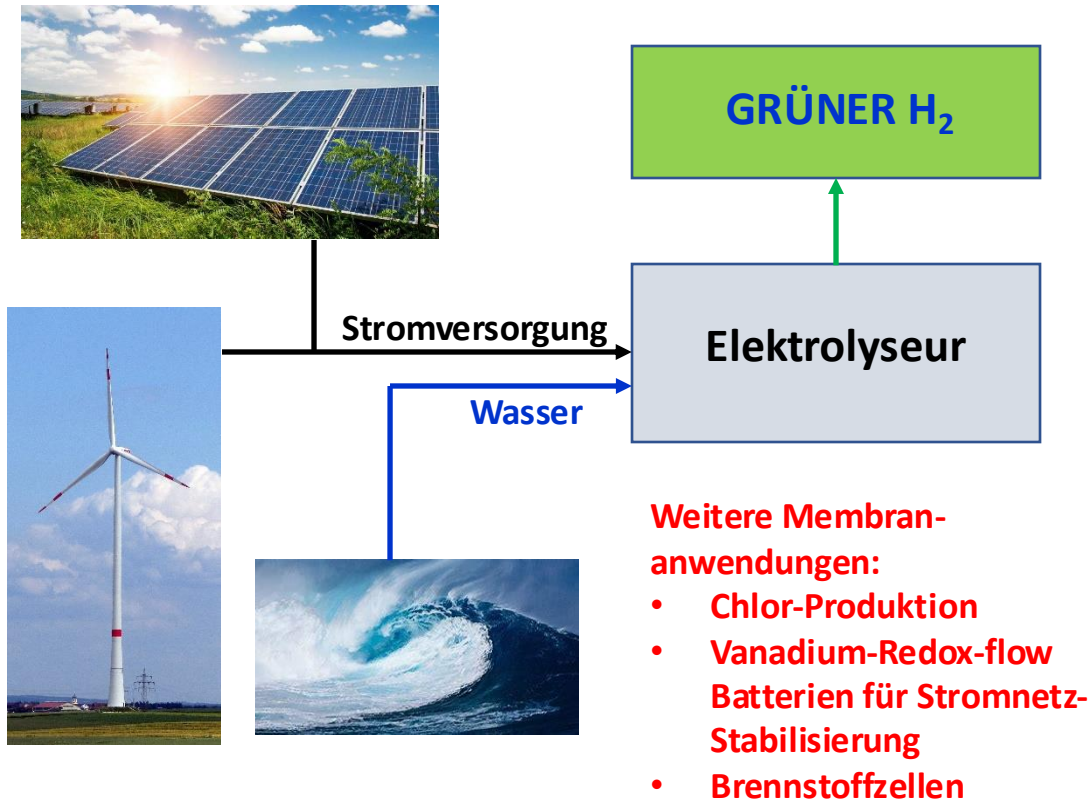
- Fluorpolymere in der PFAS-Diskussion
- Video: Die Bedeutung der Fluorpolymere in unserem täglichen Leben
- Anwendungsbeispiele in aktuellen Megatrends
- Fluorpolymere: Die Bewertung des Lebenszyklus und dessen sichere Gestaltung
- PFAS-Emissionen in der Herstellungsphase
- Sichere End-of-Life Verfahren: Ergebnisse der GKS-Verbrennungsstudie (MSWI)
- Studienergebnisse zum Kontakt mit PTFE-Partikeln
- Einführung der Kreislaufwirtschaft bei Fluorpolymeren
- Schlussfolgerungen

Fluorpolymere in der PFAS-Diskussion

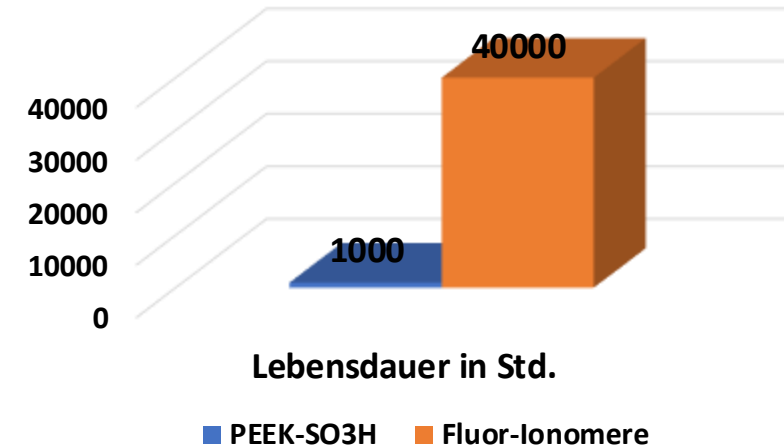
- Die PFAS-Gruppe umfasst entsprechend der gewählten Definition*) mehr als 10.000 Substanzen. Bezüglich der Risikobetrachtung stellen sie keine einheitliche Stoffgruppe dar.
- “Persistenz” wird als übergreifende Eigenschaft genannt, aber sie allein definiert noch kein Risiko
- Hinsichtlich Toxizität, 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.

Anwendungsbeispiele für Fluorpolymere: Erneuerbare Energien



Membran für Elektrolyse



Ergebnis der Suche nach Alternativen:

Es gibt keine wirklichen Alternativen zu Fluormembranen^{*)} für H₂-Elektrolyse, Chlor-Produktion, Redox-flow Batterien oder Brennstoffzellen

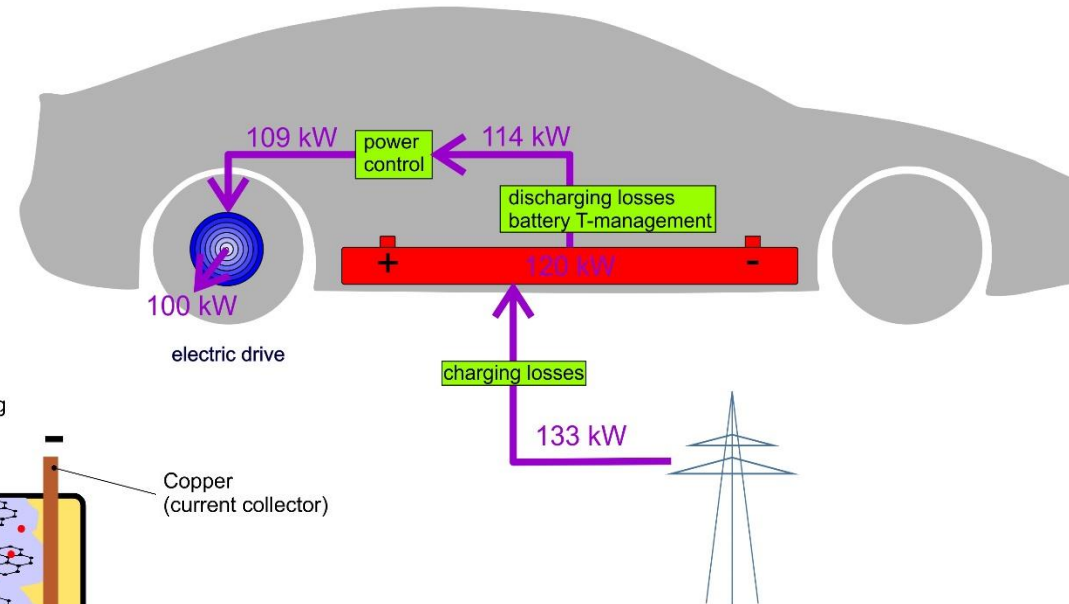
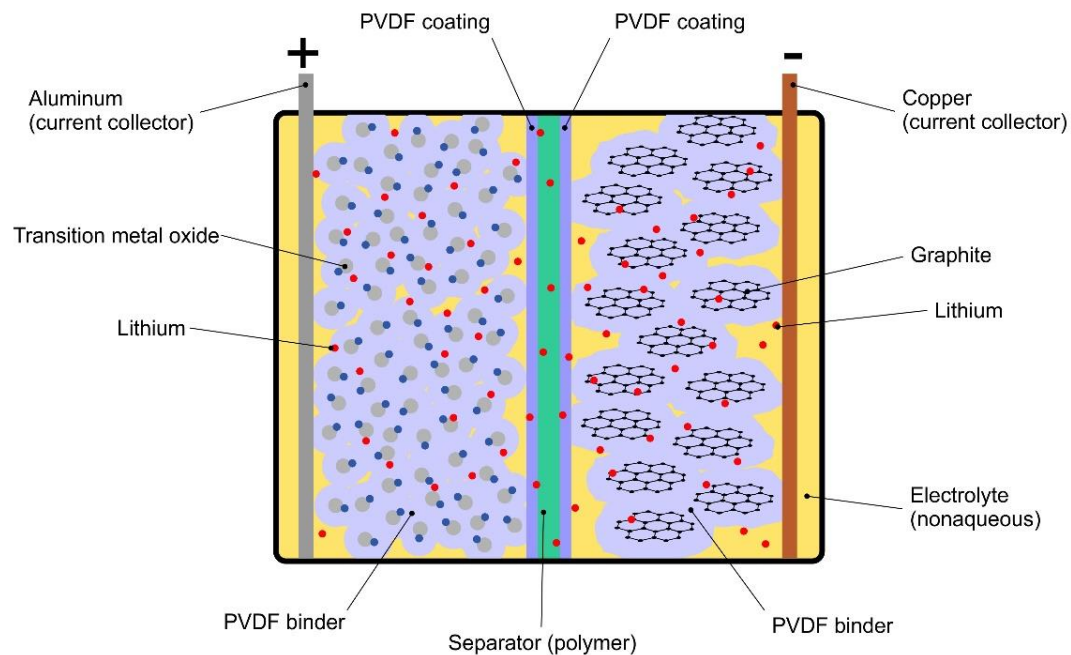
^{*)}: Membranen vom Typ Nafion® / Flemion®

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 PCB
- **ETFE** in Kabel
- **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

Herstellungsprozess: PFAS Emissionen sind ‘im Griff’

Im ‘Background Document’ wurde eine zeitlich unbegrenzte Ausnahmeregelung vorgeschlagen 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

Im Großmaßstab, unter Echtzeitbedingungen durchgeführte Verbrennungsstudie an der GKS Müllverbrennungsanlage (I)

Mitfinanziert durch das **Umweltbundesamt (UBA)**

Durchführung: 2025; Bekanntgabe der Ergebnisse: Januar 2026

Einbezogen sind **40 WtE (Waste to Energy) Verbrennungseinheiten** sowie angesehene Institute und Interessenvertreter, wie z.B.:

- ITC/KIT: Institut für Technische Chemie
- TEER: Department of Thermal Processes and Emission Reduction in Waste Management and Recycling Industry
- ATAB: Working Group of Waste-Fired Power Plants in Bavaria
- ITAD: Association of German Municipal Waste Incineration Plants
- ESWET: European Suppliers of Waste-to-Energy Technology
- VDI: Air Quality Control Standardization Committee
- Multiple German testing institutes & PFAS testing laboratories

Wesentliche Ergebnisse:

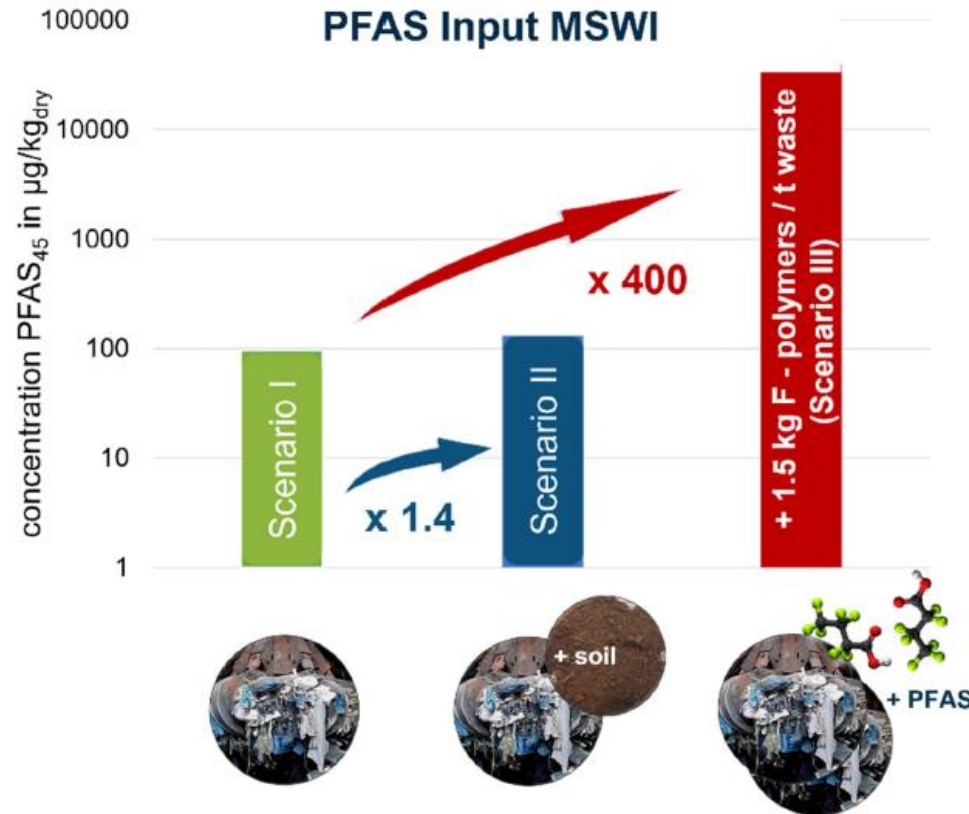
Nachweis, daß toxische PFAS Emissionen aus der Müllverbrennungsanlage (MSWI) in die Luft unbedeutend sind. Es wurde weiterhin bestätigt, dass eine sehr hohe Abbau-Effizienz für Fluorpolymere durch die Verbrennung gegeben ist.

Effizienz des Abbaus: Total Delta Destruction Rate (TD2R) estimated to be $\geq 99,9999$ %

Im Großmaßstab, unter Echtzeitbedingungen durchgeführte Verbrennungsstudie an der GKS Müllverbrennungsanlage (II)

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.

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)*

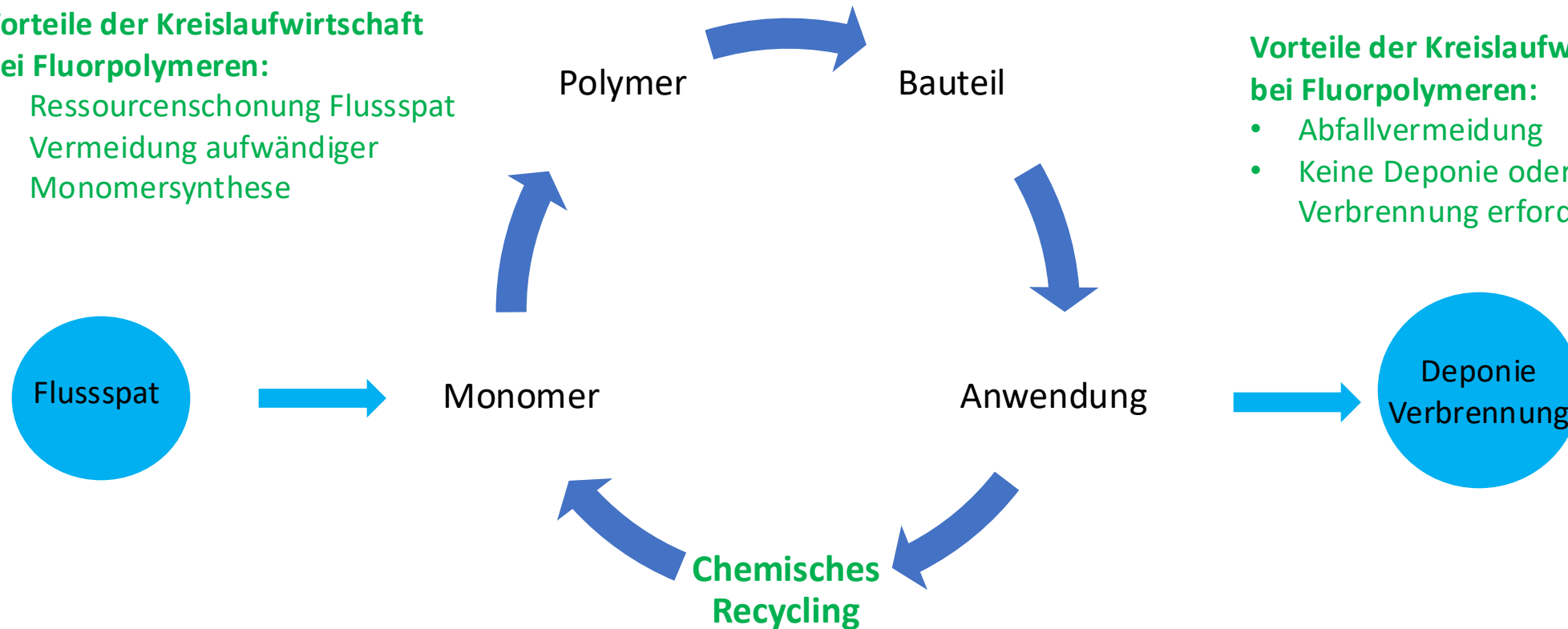
Einführung der Kreislaufwirtschaft bei Fluoropolymeren

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

Schlussfolgerungen

- Fluorpolymere sind sichere Produkte → sie sind nicht bio-akkumulativ und sie sind nicht toxisch
- Emissionen während der Herstellung können wirkungsvoll kontrolliert und minimiert werden durch Einführung verbesserter Verfahren
- Mineralisierung von Fluorpolymeren bei der Verbrennung:
 - Die Zerstörungs-Effizienz beim Verbrennen erreichte Werte von 99.9999%. Das ist ein Hinweis darauf, daß Fluorpolymere sicher gehandhabt werden können durch die bestehende Infrakstruktur zur Abfallbehandlung. Nicht-polymere PFAS werden dabei nur in minimalstem Maße in die Umwelt freigesetzt. Bisherige Schätzungen der Emissionen müssen neu gedacht werden.

Fluorpolymere stellen ein unbedeutendes Risiko für die Umwelt dar. Neue Daten belegen, daß eine nahezu vollständige Mineralisierung von Fluorpolymeren unter Standard Verbrennungsbedingungen in Verbrennungsanlagen für kommunalen und industriellen (Sonder-) Abfall erfolgt.

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. Deren Beschränkung ist keine Option – nur die Ausnahme von der Beschränkung zählt!

Vielen Dank