

**Fachtagung des
Bayerischen Landesamtes für Umwelt
PFC-Schadensfälle - Erkundung, Sanierung und
Zukunftsperspektiven
am 08.04.2014 in Augsburg**

**Neue Sanierungstechnologie unter Anwendung
eines innovativen Adsorbens**

Dipl.-Ing. Martin Cornelsen

Cornelsen Umwelttechnologie GmbH

www.cornelsen-umwelt.de

Auf folgende Fragen sollen Antworten gegeben werden:

Wo sind Risiken zu vermuten, bzw. welche Randbedingungen werden bei der Auswahl des optimalen Prozesses / des Adsorbens allzu häufig falsch eingeschätzt?

Wie kann ein methodisches Vorgehen bei einer projektbezogenen Auswahl eines optimalen Reinigungsprozesses sowie Adsorbens/Ionentauschers zur Behandlung PFC-kontaminierter Grundwässer aussehen?

Worin bestehen die Chancen bei der Anwendung der neuen Sanierungstechnologie von Cornelsen?

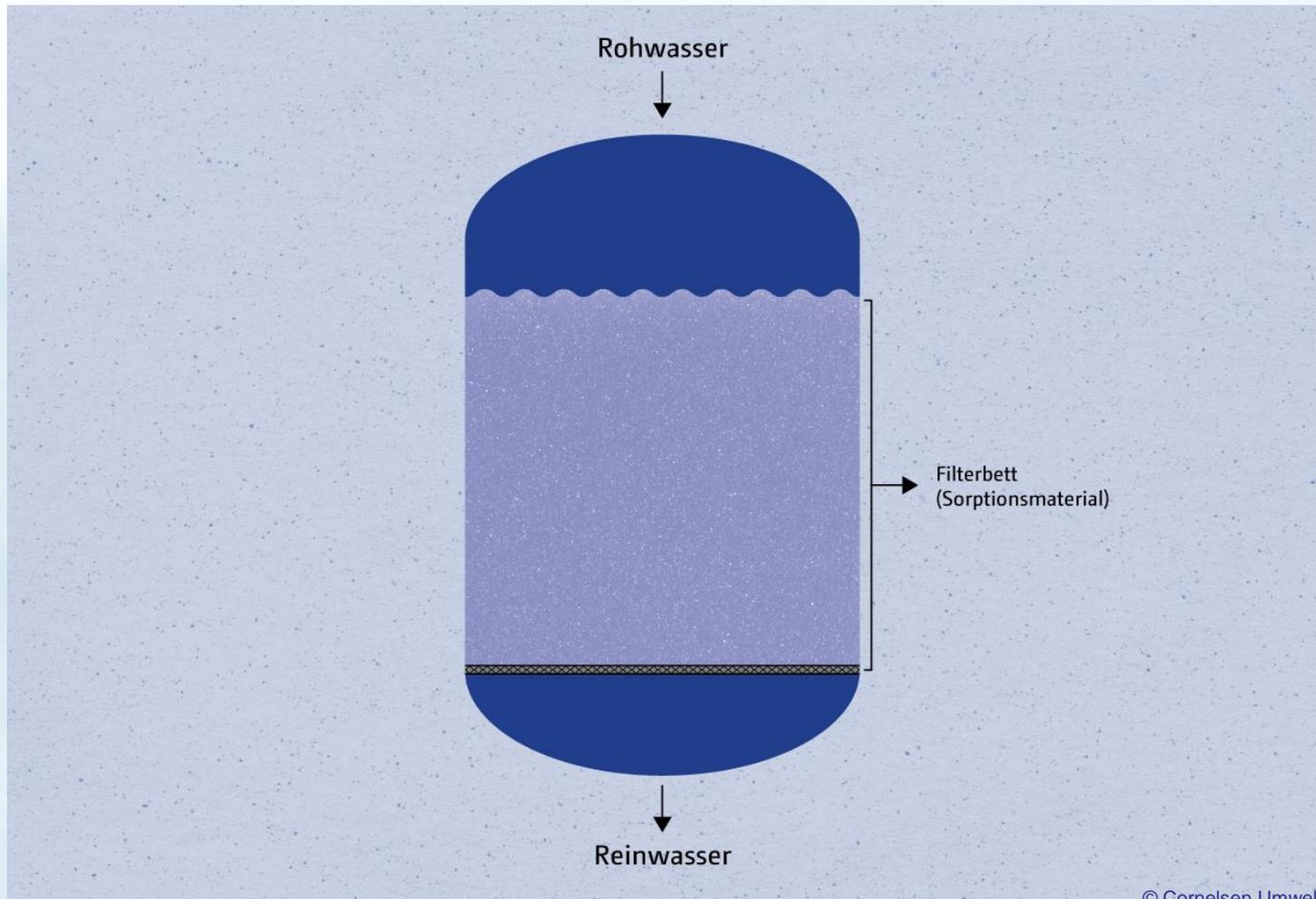
Adsorption vs. Alternativverfahren (1)

- es stehen wissenschaftlich abgesicherte Grundlagen über Möglichkeiten und Grenzen von Adsorptionsverfahren zur Verfügung
- der Markt stellt eine breite Palette unterschiedlicher Adsorbentien und Ionentauscherprodukte zur Verfügung
- der baulich Umfang sowie die Komplexität der Anlagen- u. Apparatechnik von Adsorptionsanlagen sind im Vergleich zu vielen anderen Wasserreinigungsverfahren überschaubar

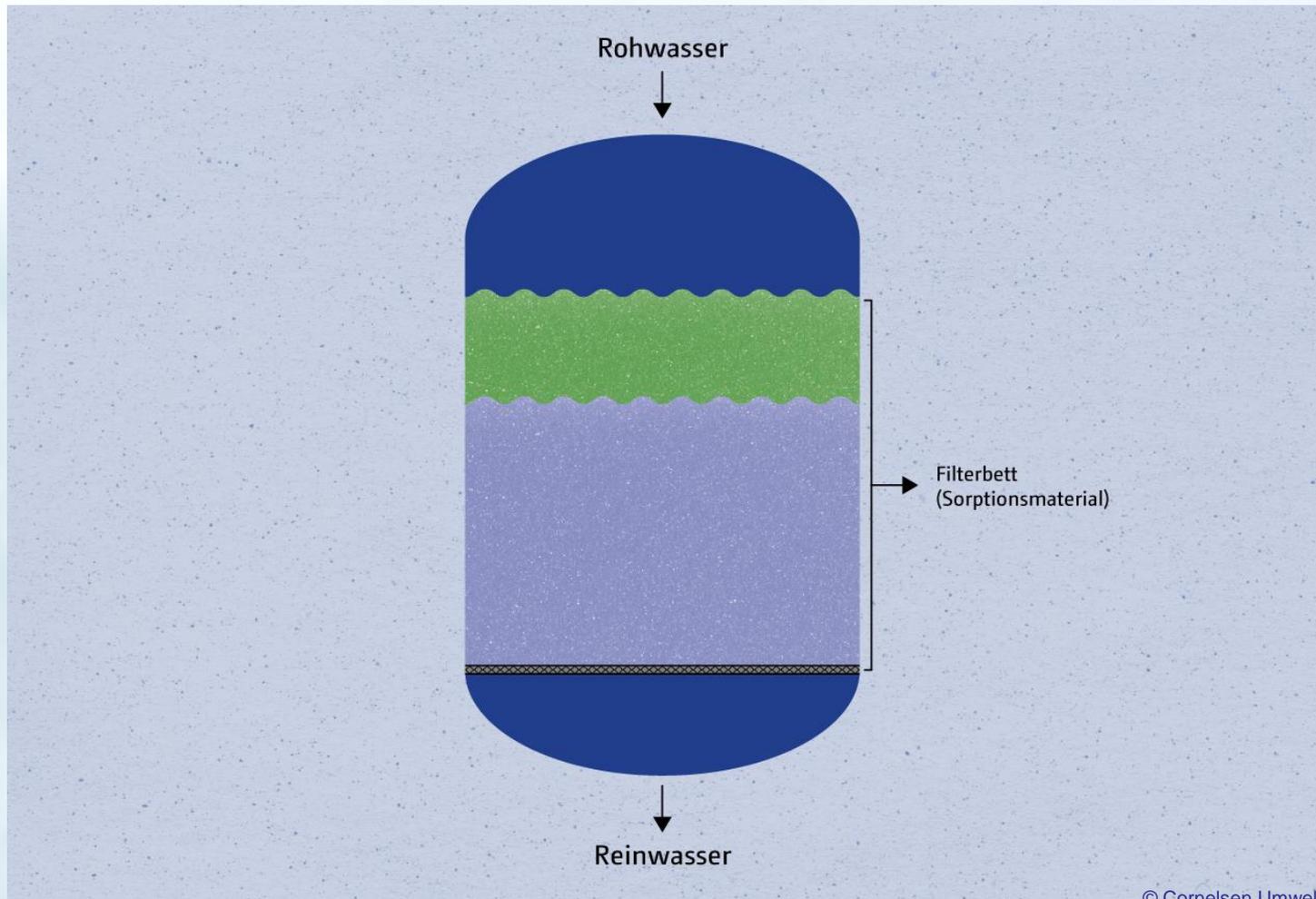
Adsorption vs. Alternativverfahren (2)

- Elimination der PFT aus Wasser erfolgt ohne Bildung unbekannter Abbauprodukte
- das Aufbereitungsziel ist die Entfernung „moderater PFT-Belastungen“ aus Wässern und nicht eine Rückgewinnung von Produkt
- die Verfahrensauswahl muss bei Anwendungsfällen außerhalb der Grundwasserreinigung nicht zwangsläufig auf Adsorptionsverfahren hinauslaufen

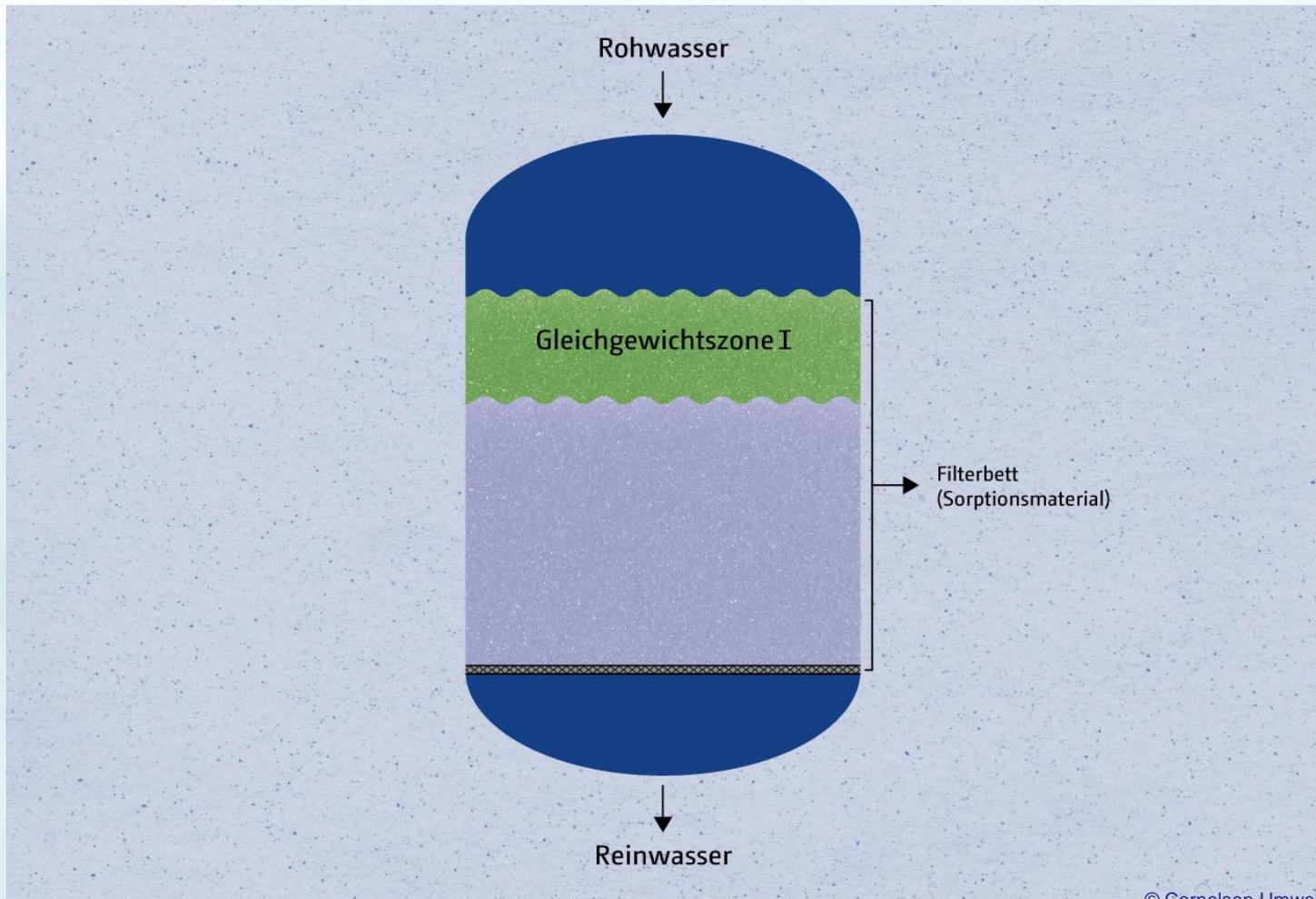
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mono-Kontamination des Rohwassers (1)



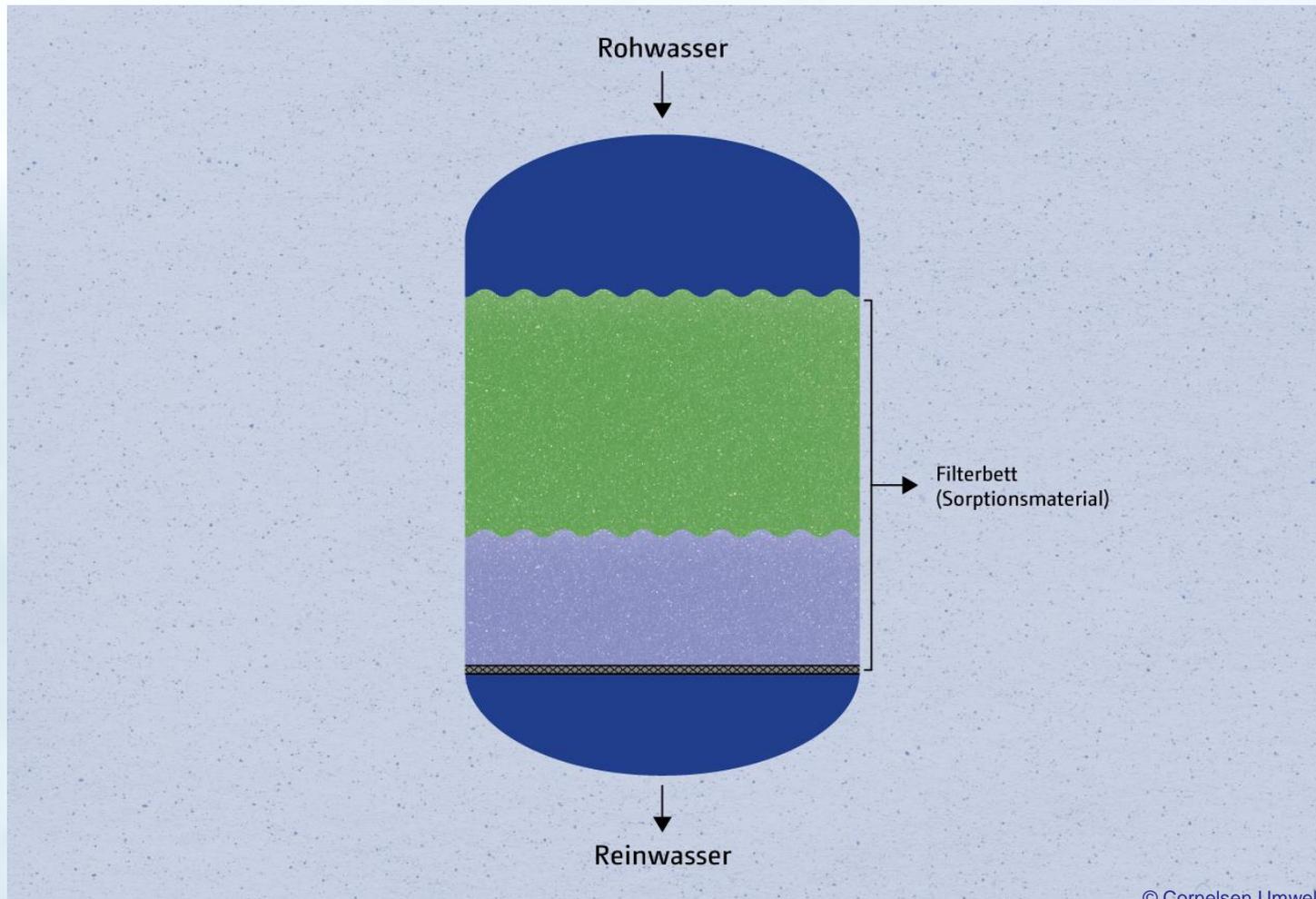
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mono-Kontamination des Rohwassers (2)



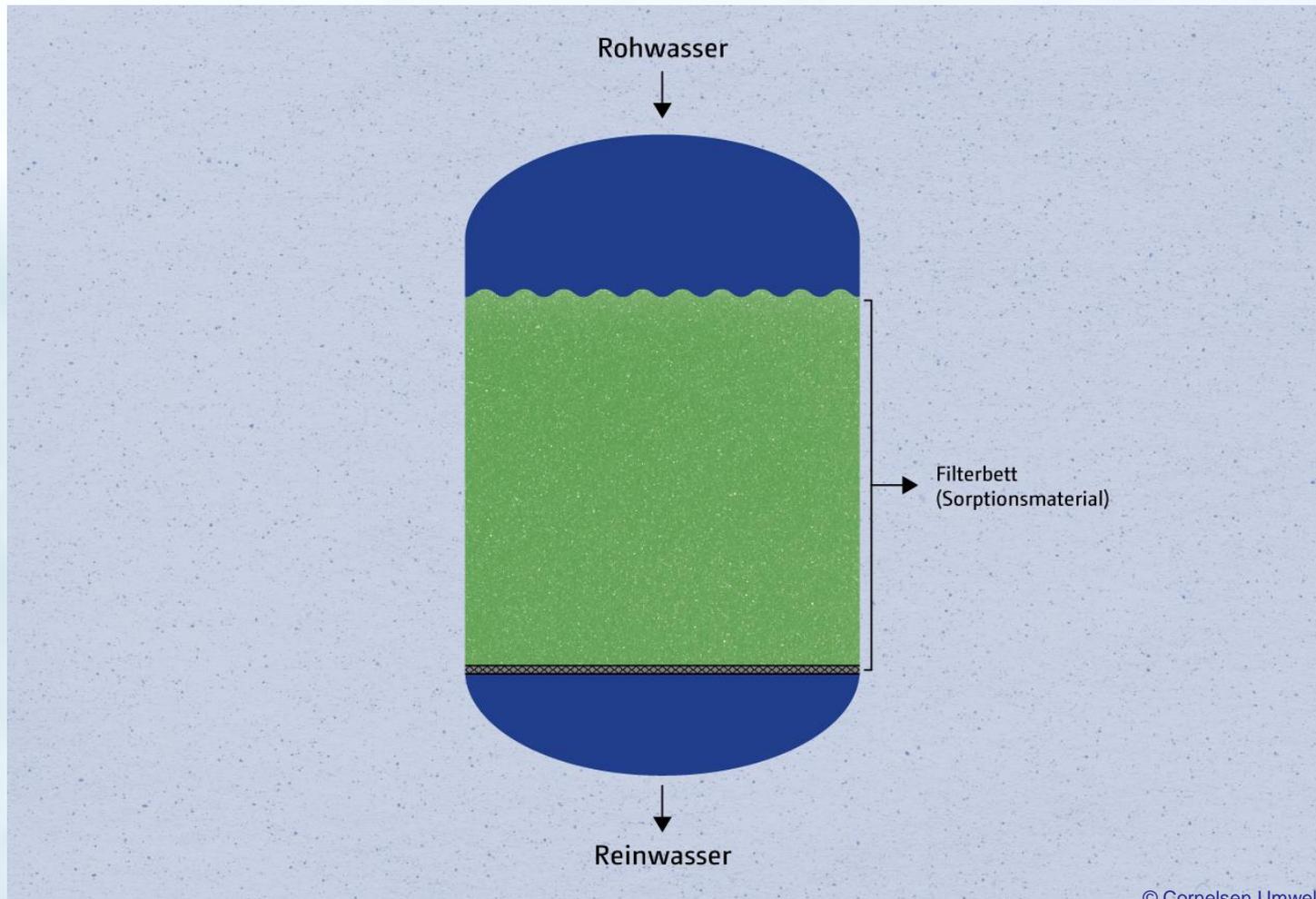
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mono-Kontamination des Rohwassers (3)



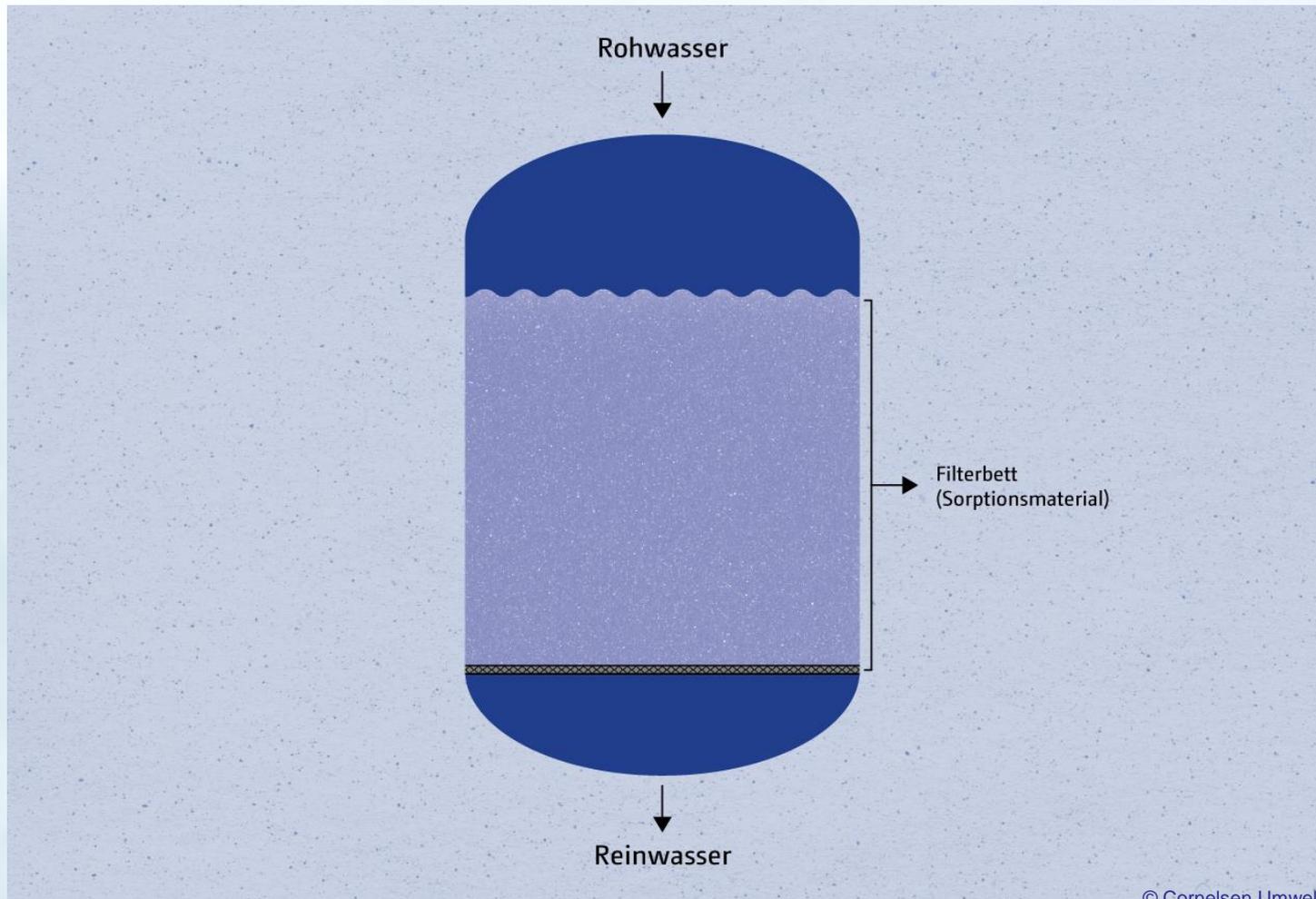
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mono-Kontamination des Rohwassers (4)



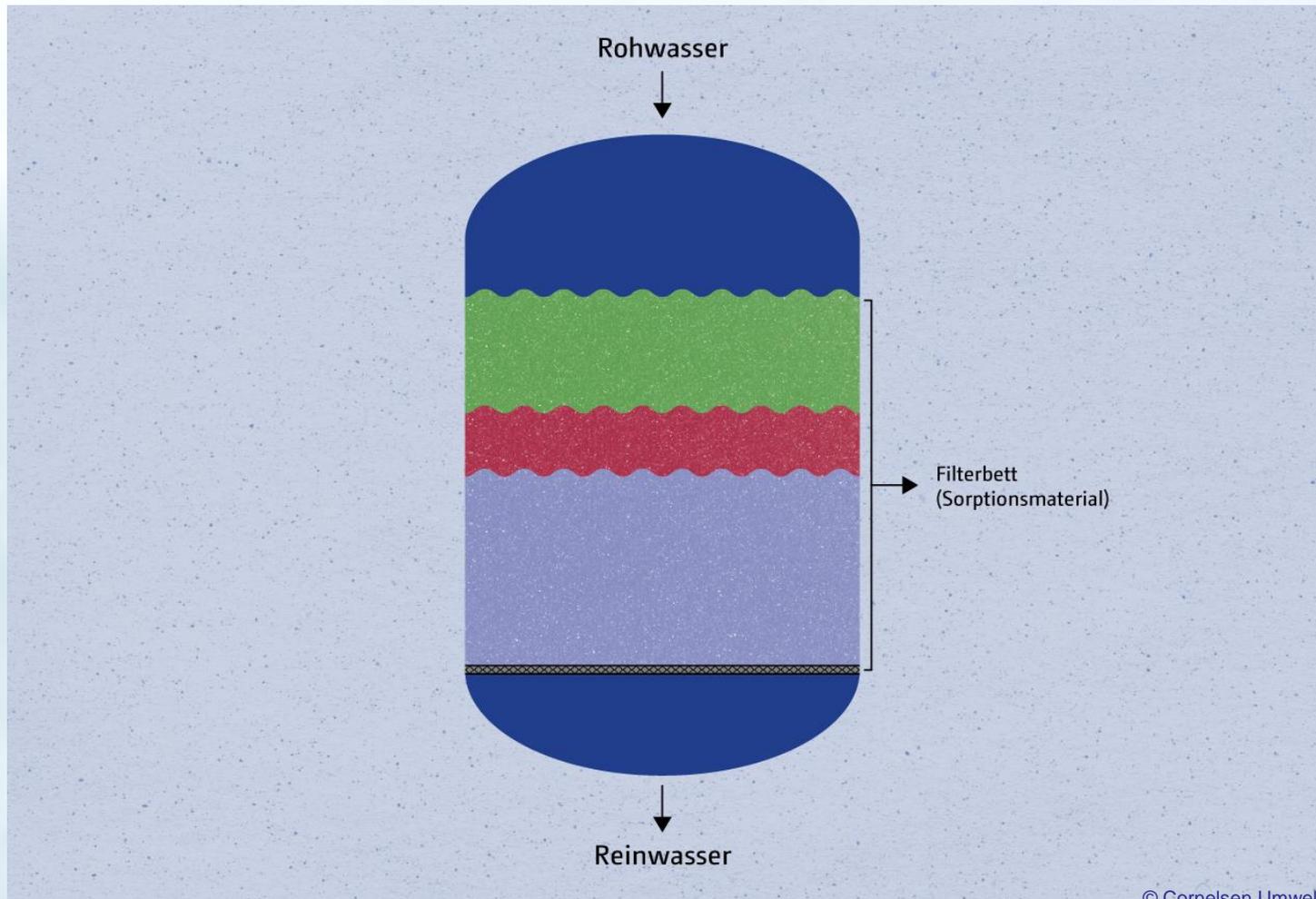
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mono-Kontamination des Rohwassers (5)



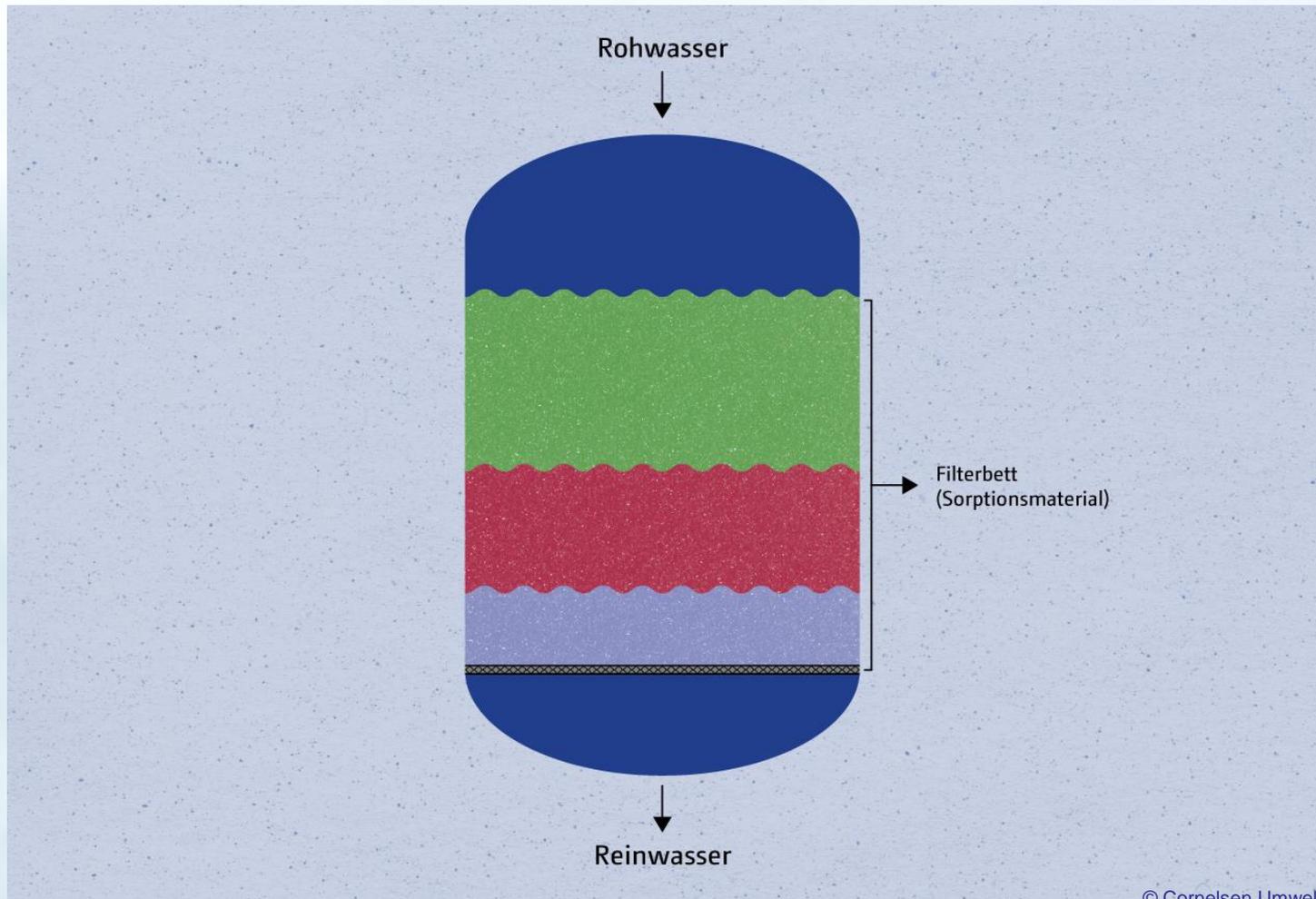
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (1)



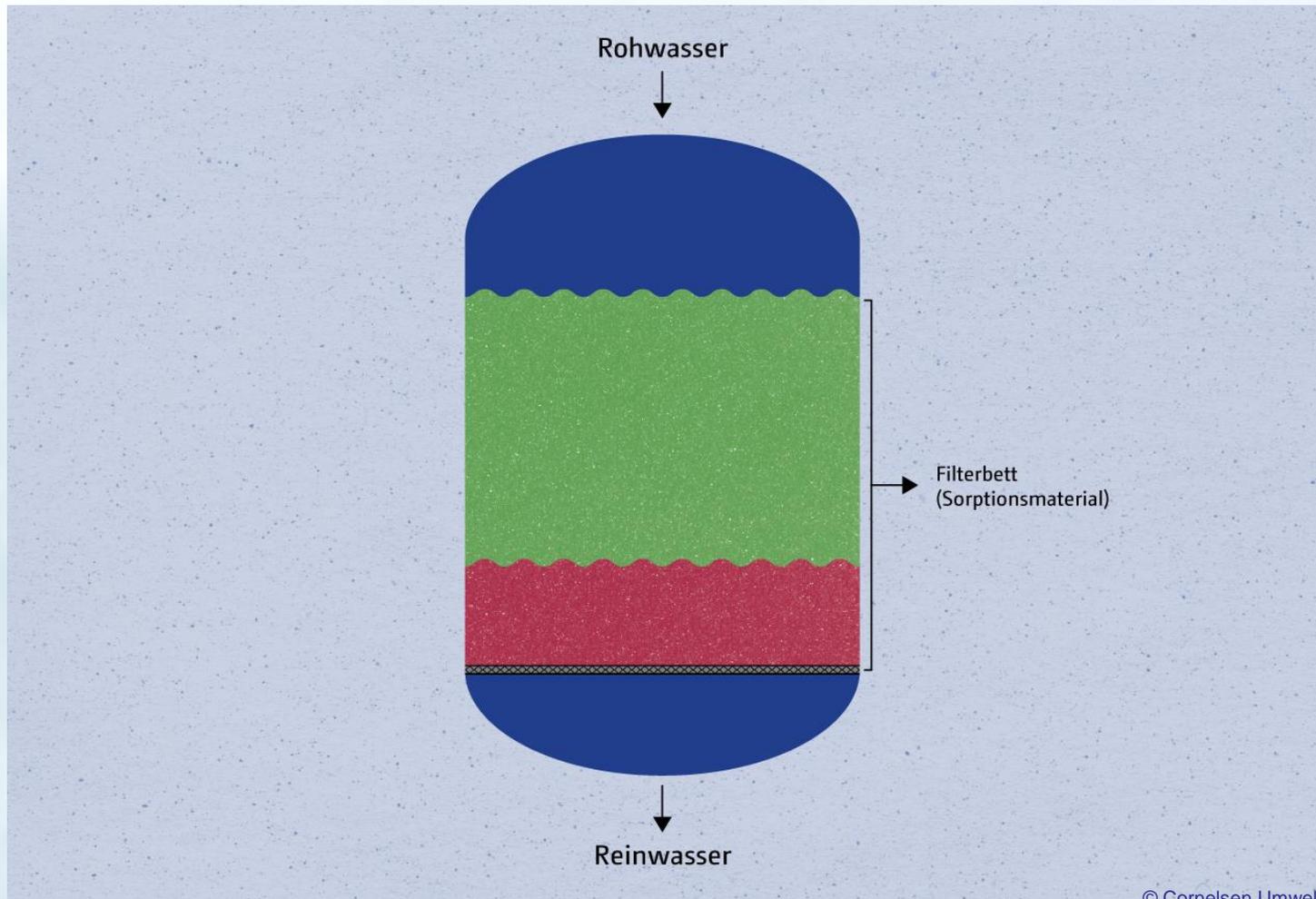
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (2)



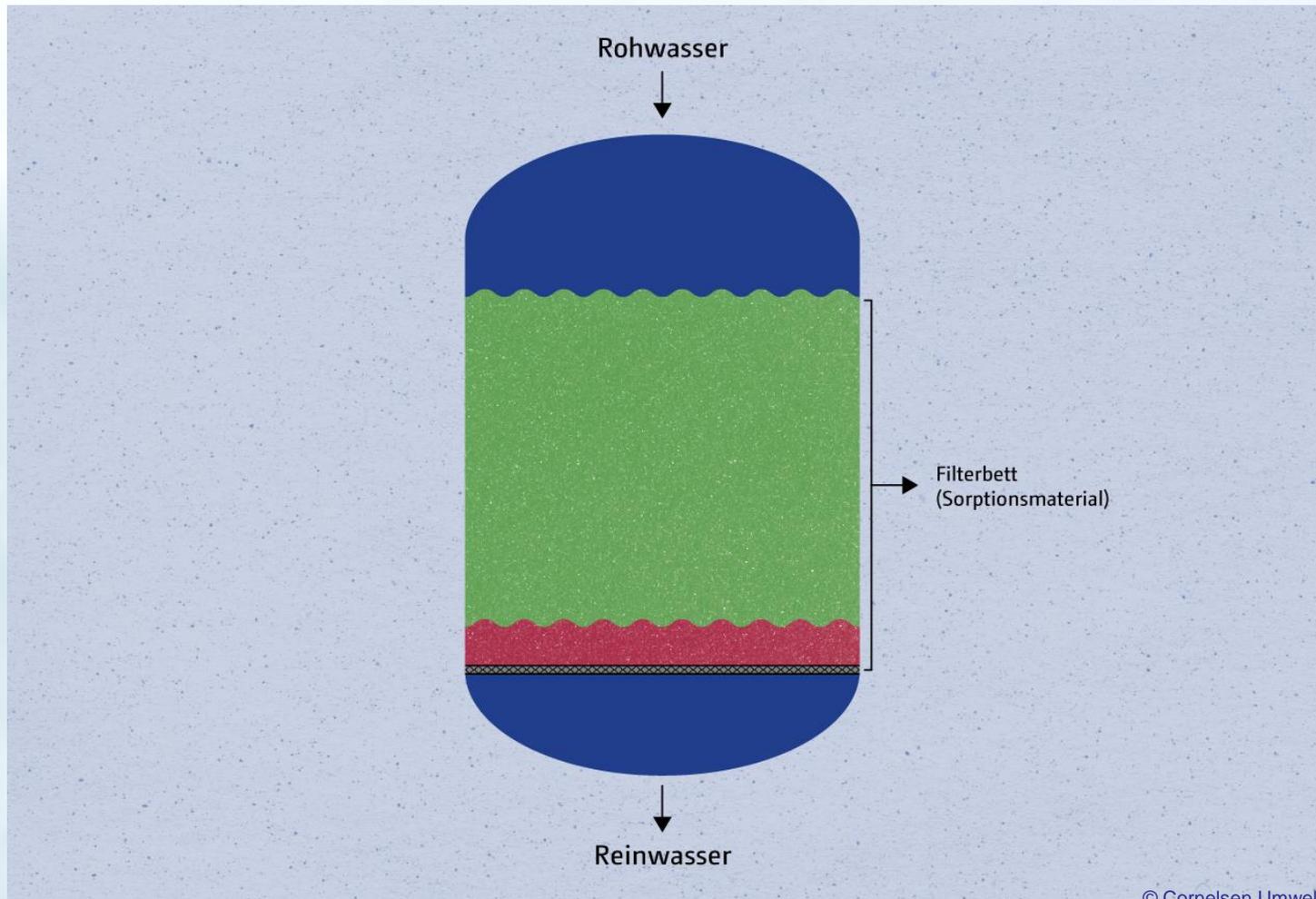
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (3)



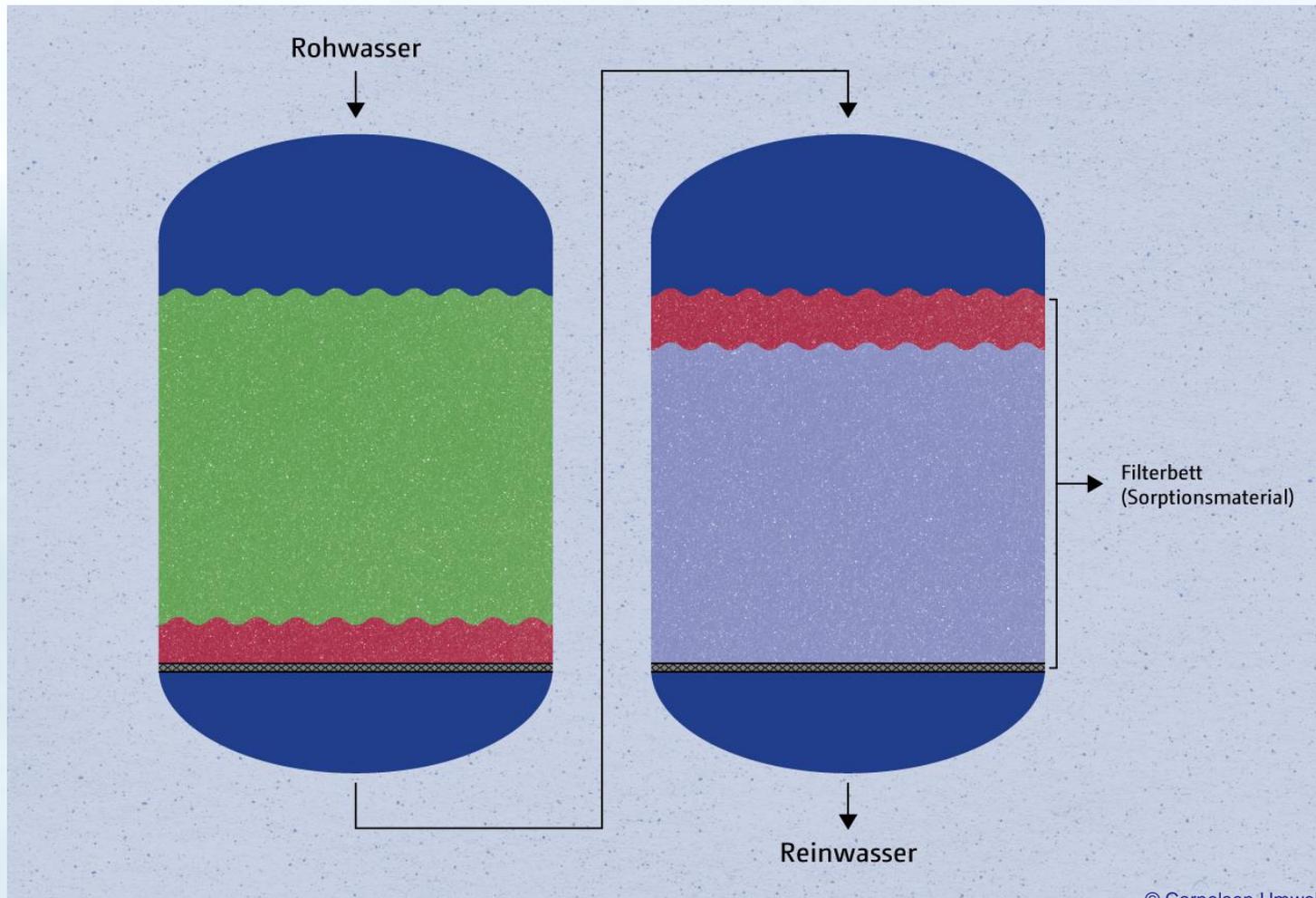
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (4)



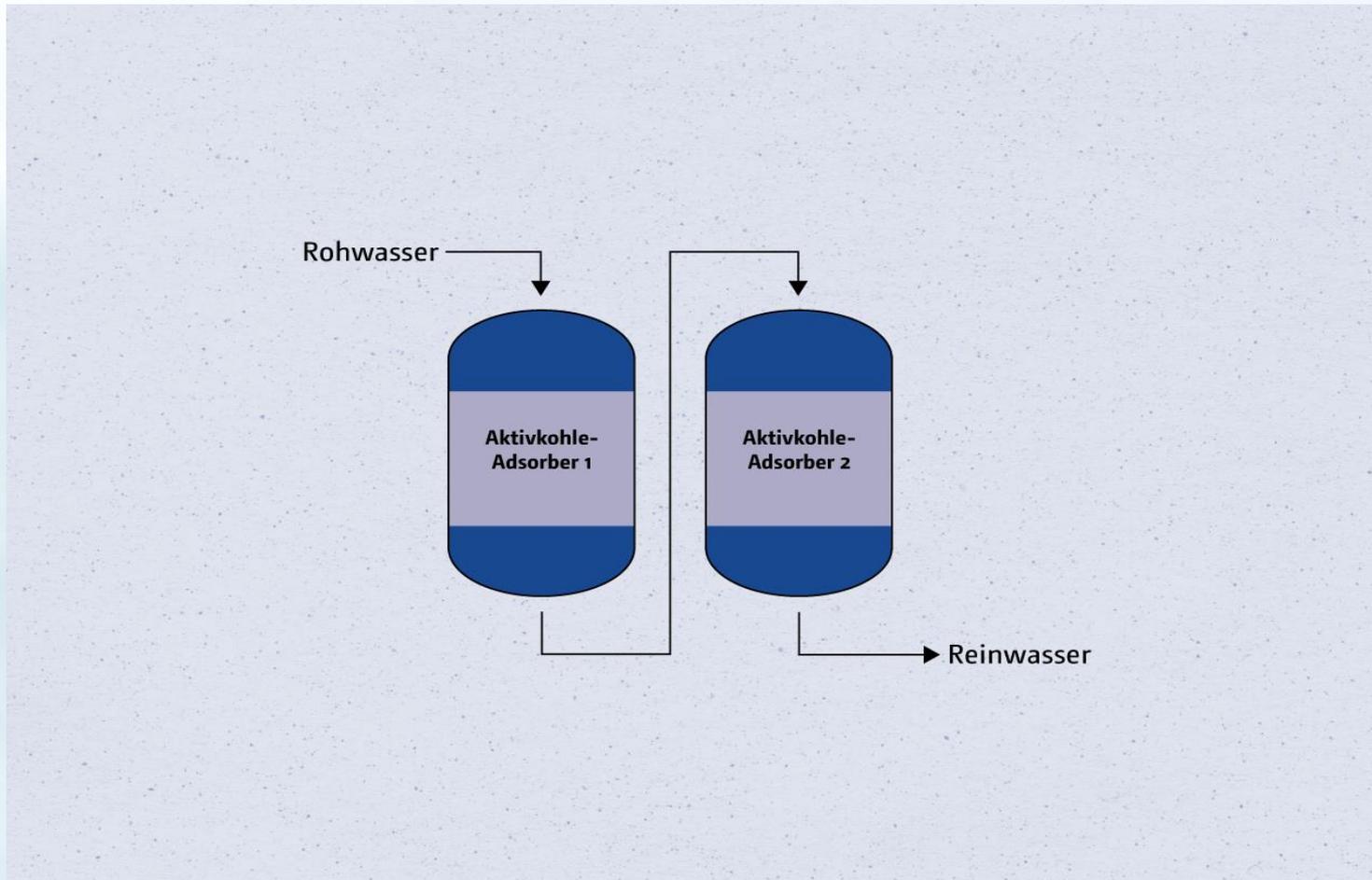
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (5)



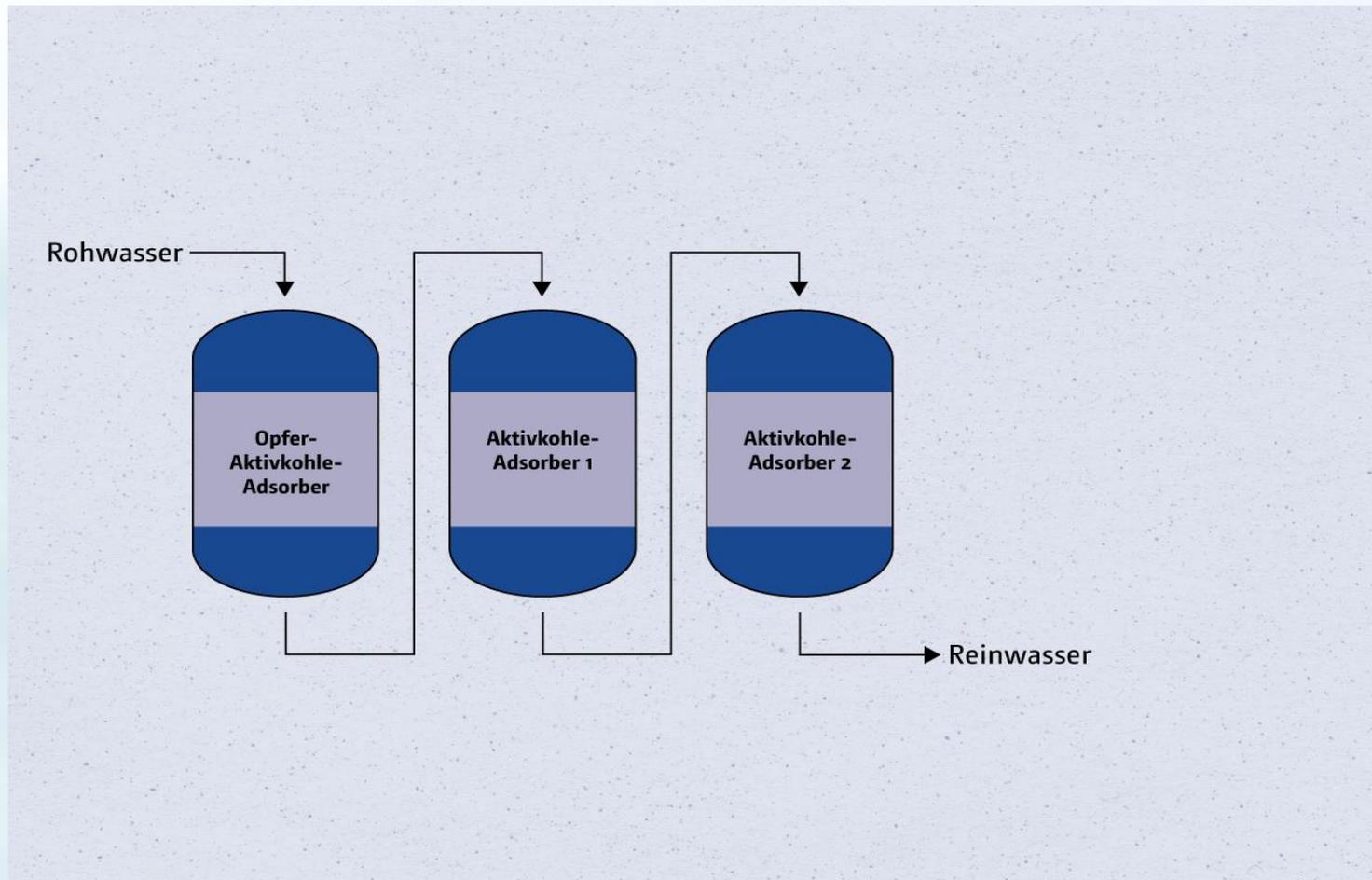
Vereinfachte Darstellung des Durchbruchverhaltens eines Aktivkohlefilters bei einer Mischbelastung des Rohwassers (6)



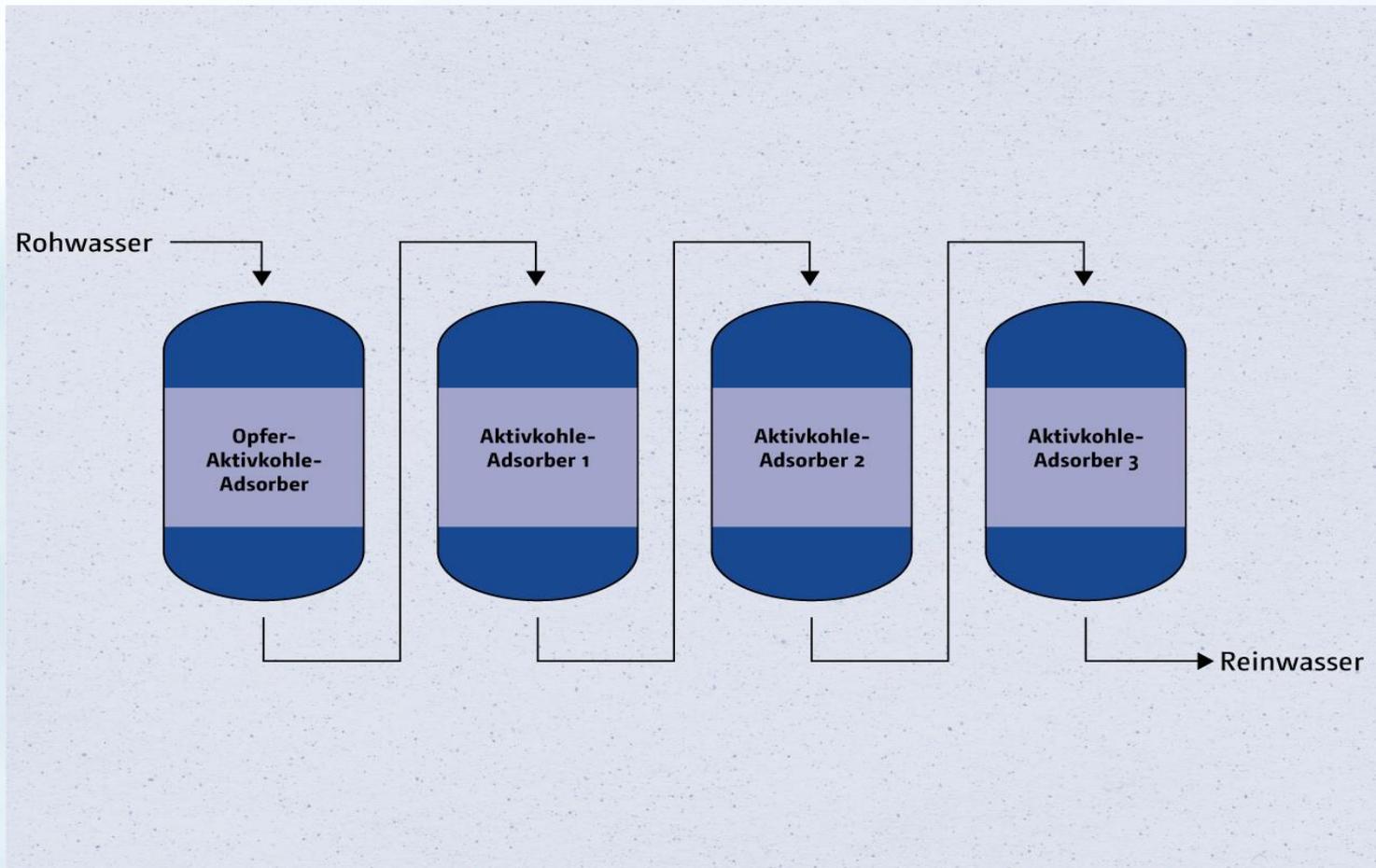
Adsorption im Festbettreaktor (1)



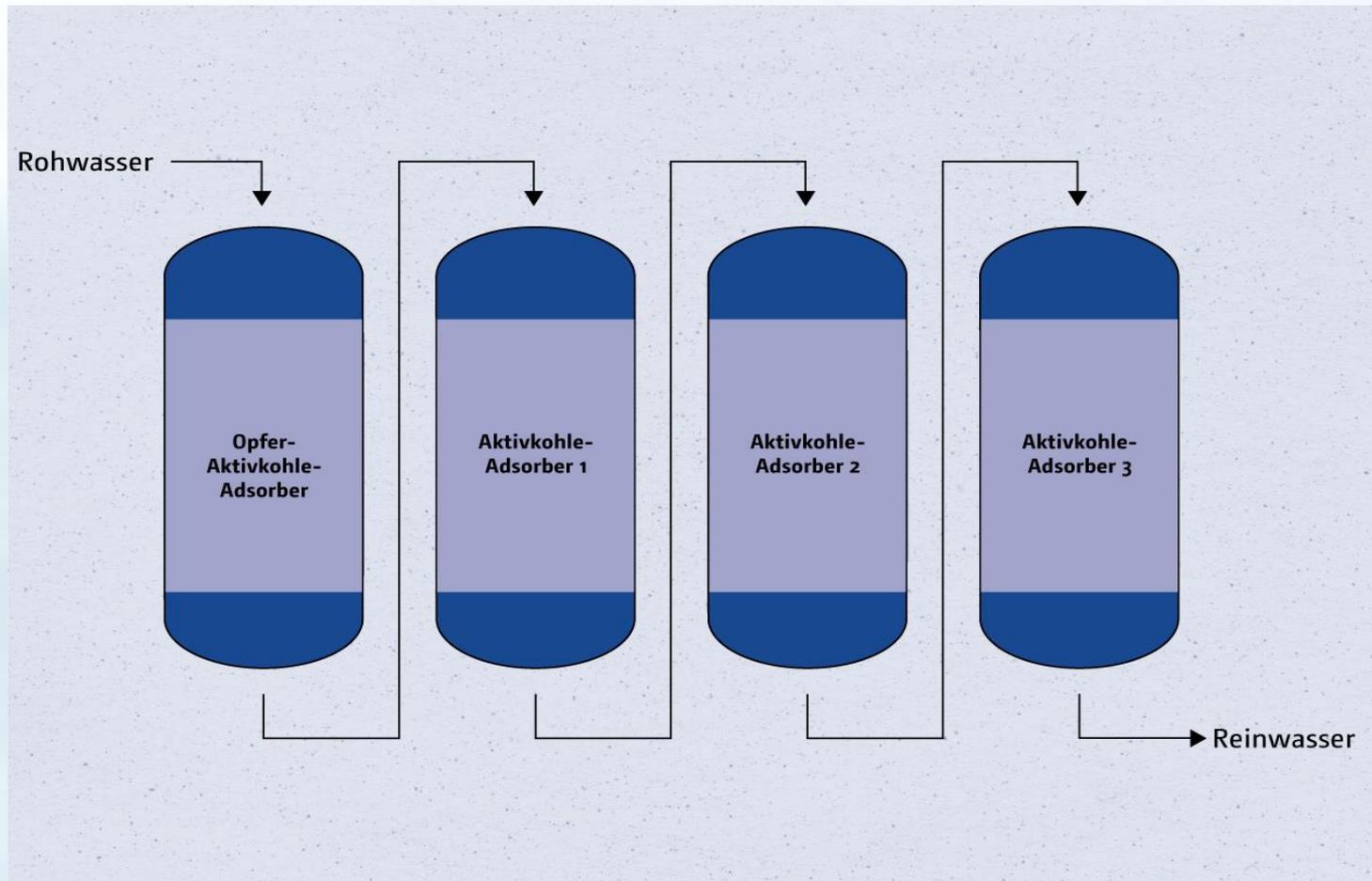
Adsorption im Festbettreaktor (2)



Adsorption im Festbettreaktor (3)



Adsorption im Festbettreaktor (4)



Adsorption im Festbettreaktor (5)



Adsorption im Festbettreaktor (6)



„Stellschrauben“ bei dem Einsatz von Festbettreaktoren / Aktivkohle-Filtern

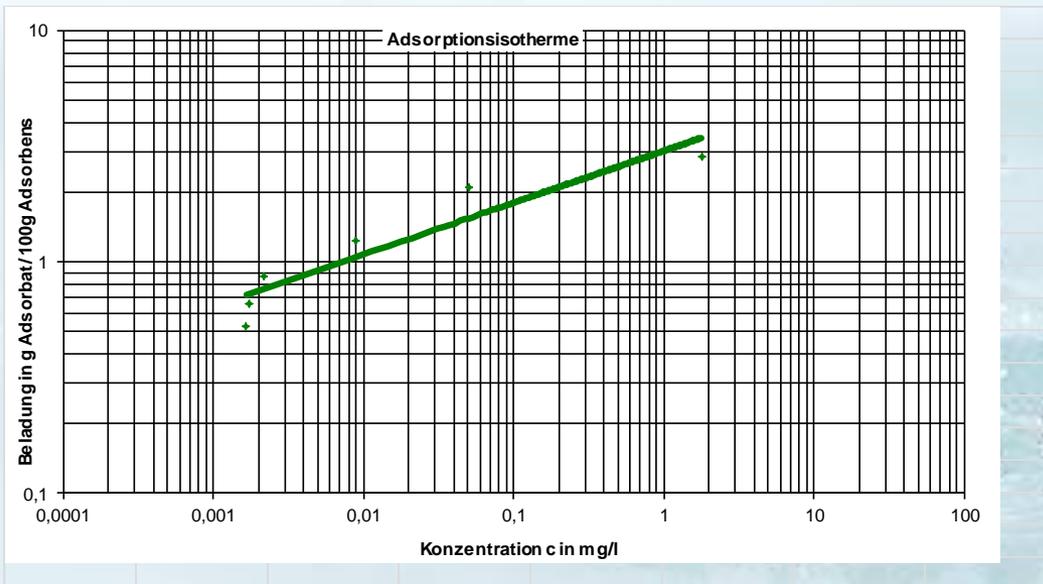
- **Aufenthaltszeit im Festbett** (Größe der Anlage bzw. Menge des eingebauten Adsorbermaterials)
- **Filtergeschwindigkeit im Festbett** (Größe der Anlage, d.h. Anzahl od. Durchmesser der Behälter)
- **Adsorbermaterial** (Art bzw. Eignung der Aktivkohle oder des Ionentauschers)
 - **Häufigkeit des Adsorbermaterialwechsels** (Aktivkohleverbrauch)

Ist eine Auswahl von Aktivkohle für PFC-Schäden anhand allgemeiner Produktinformationen möglich?

- Steinkohle, Torfkohle, Kokosnuss, ...
- Frischware / Reaktivat / Poolkohle / Regenerat
- **BET - Oberfläche [m²/g]**
- Porenverteilung
- Aschegehalt [Gew.-%]
- Korngröße, Über- und Unterkorn
- Schüttdichte [kg/m³]
- Feuchtigkeitsgehalt
- pH-Wert
- Jodzahl [mg/g]
- Methylenblauadsorption [g/100g]
- Phenoladsorption [g/100g]
- **Isothermen**
- Preis [Euro/kg]

Adsorptions-Isothermen für Aktivkohlen (1)

- Die Isothermen geben das Verhältnis von adsorbierter zu in Lösung verbliebener Verunreinigungsmenge an
- Maßgebliche Einflussgrößen für die Aufnahme von Isothermen:



- Aktivkohle in Art und Menge
- Korngröße der Aktivkohle
- Schadstoff in Art und Menge
- Temperatur
- Kontaktzeit
- pH-Wert
- Wassermatrix (i.d.R. VE-Wasser)

Y-Achse: Gleichgewichtsbeladung der AK

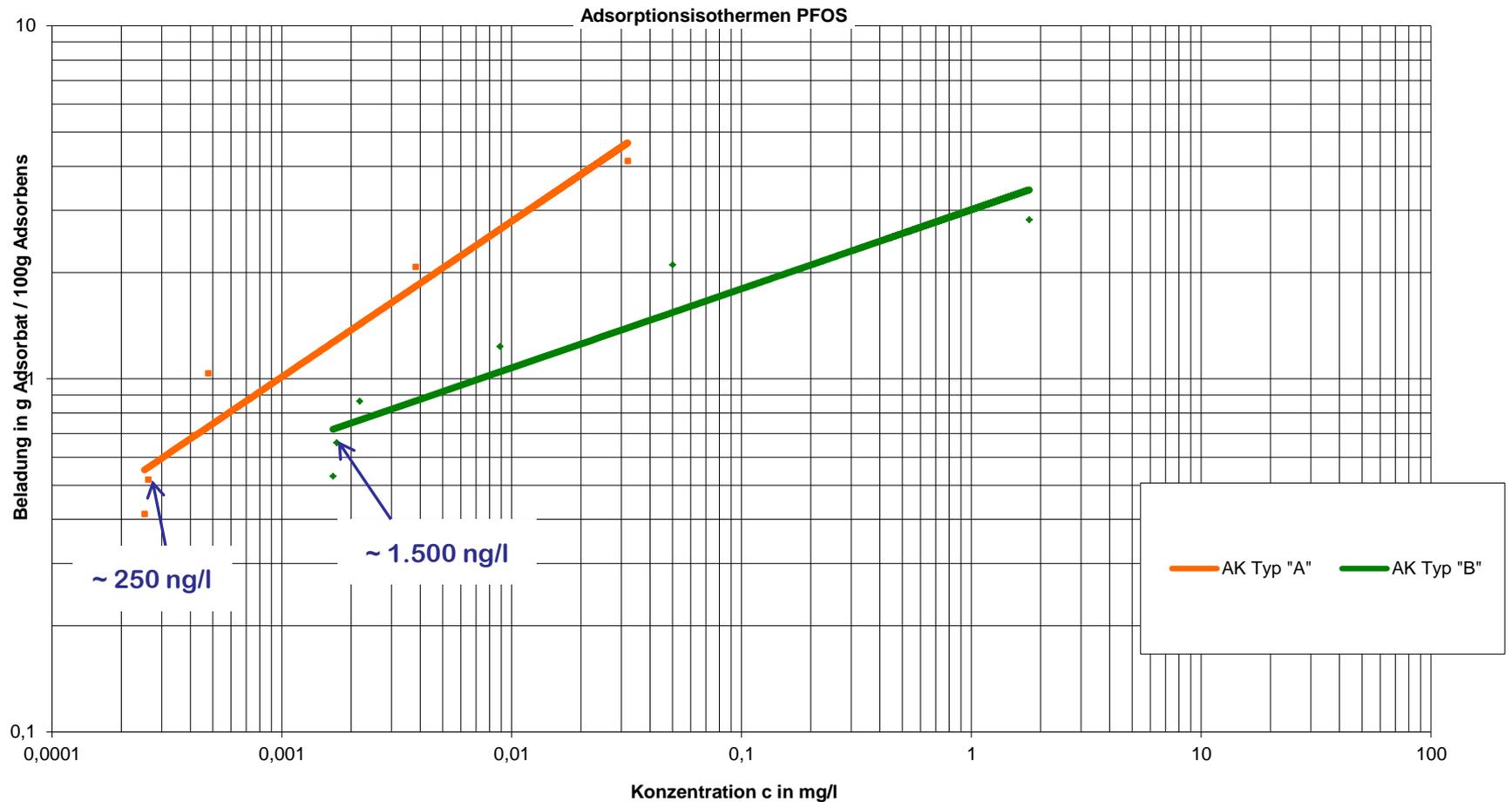
X-Achse: Gleichgewichtskonzentration (Restkonzentration des Adorptivs)

Adsorptions-Isothermen für Aktivkohlen (2)

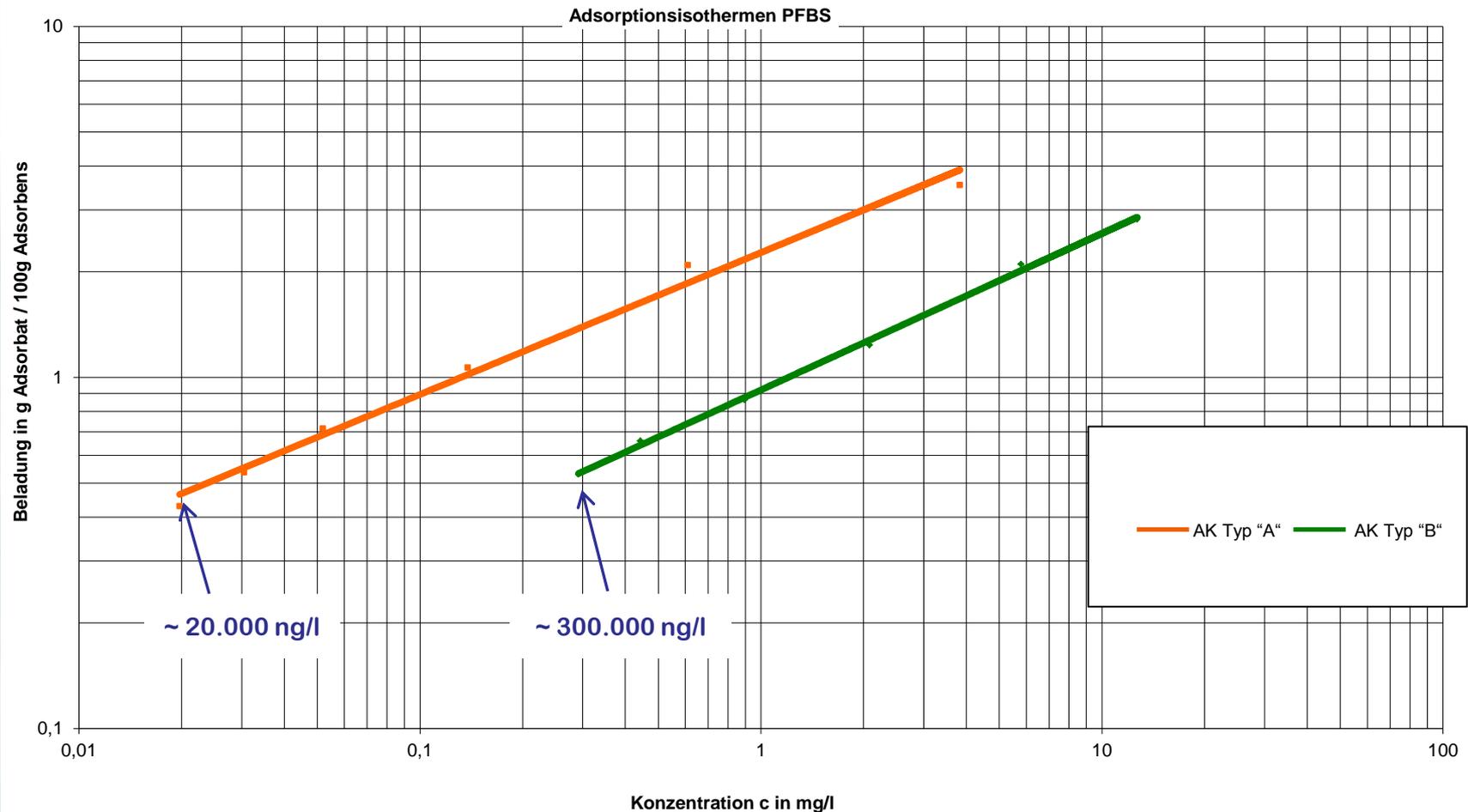
Vorsicht

- Eine direkte Übertragung von Aussagen der Isotherme (aufgenommen im Batch-Verfahren) auf ein Filtrationsprinzip ist nicht möglich!
- Es empfiehlt sich bei einer Verwendung von Isothermen immer der Abgleich mit empirisch gewonnenen Daten, sowie die Durchführung eines Adsorptionsversuches im Filtrationsprinzip (unter möglichst realen Bedingungen). Dieses ist umso wichtiger, wenn Mehrstoffgemische vorliegen und schwerer adsorbierbare Substanzen vorhanden sind !

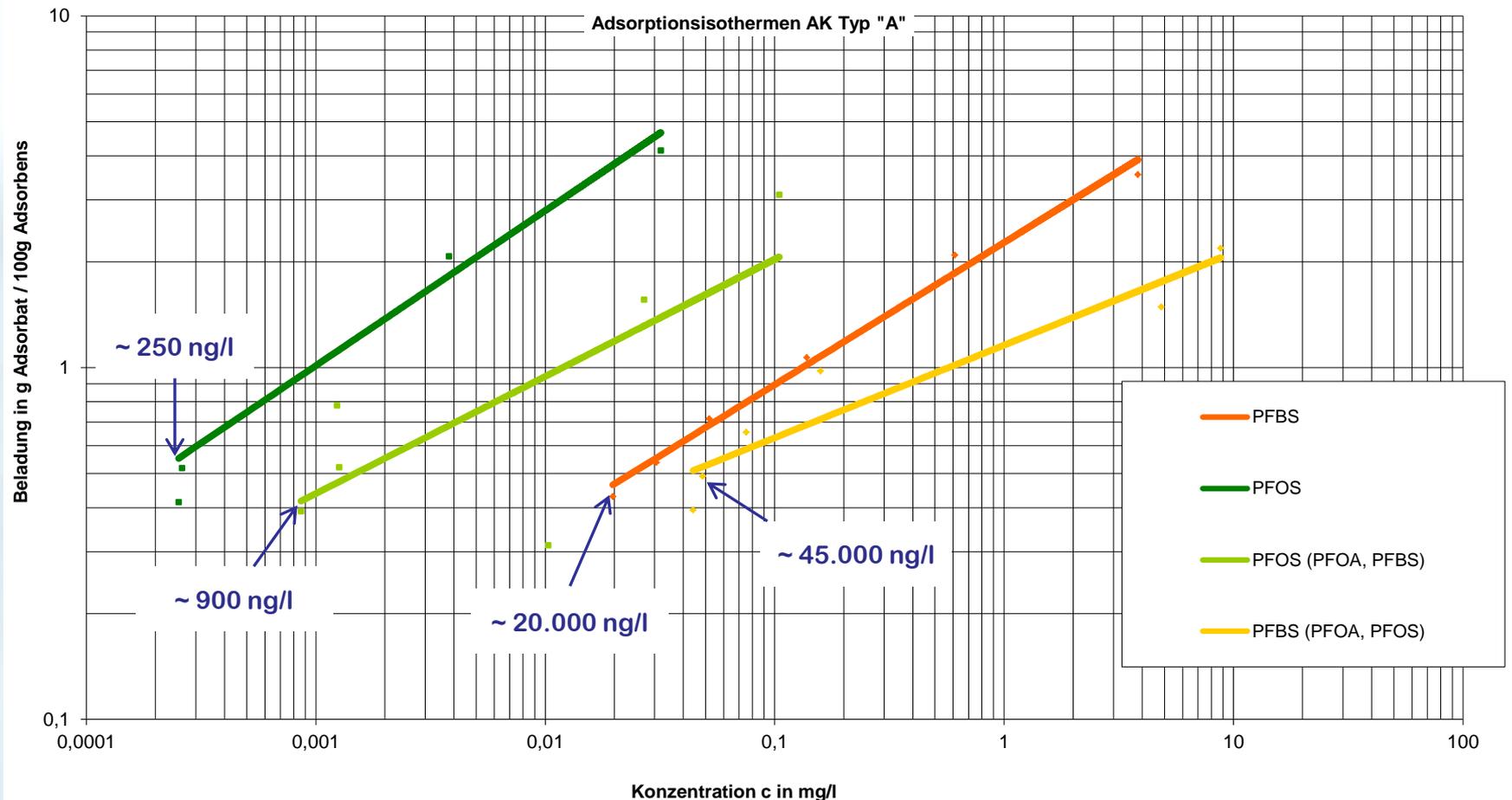
Adsorptionsisothermen für PFOS bei Verwendung zweier unterschiedlicher Aktivkohlen



Adsorptionsisothermen für PFBS bei Verwendung zweier unterschiedlicher Aktivkohlen



Adsorptionsisothermen für PFOS und PFBS bei Verwendung einer geeigneten Aktivkohle im Falle von Mischbelastung



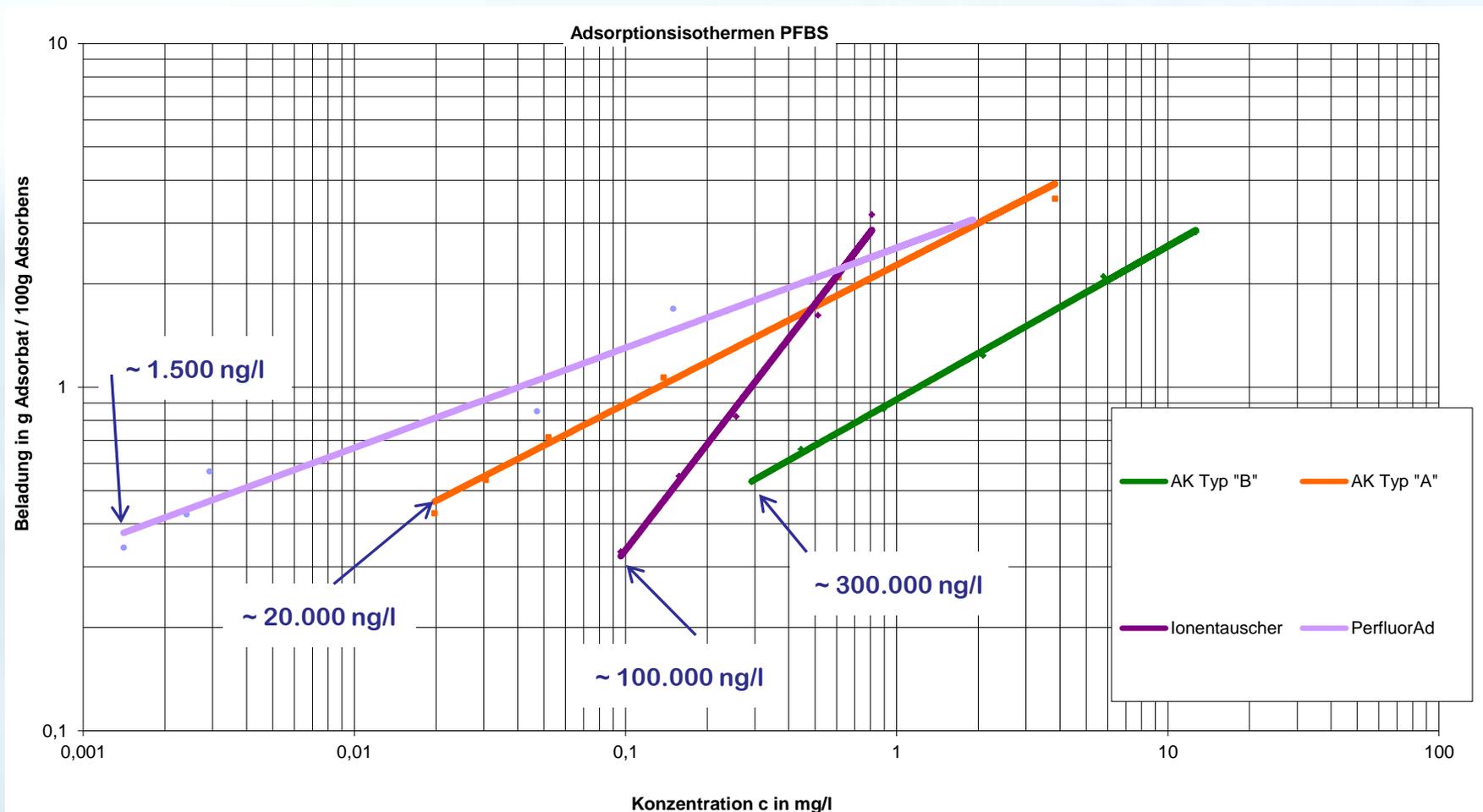
Entwicklung eines Adsorptionsverfahrens für schwer adsorbierbare PFT-Verbindungen

- Cornelsen hat in Kooperation mit Fraunhofer UMSICHT im Rahmen eines vom BMWi geförderten Projektes ein „kostenoptimiertes (Adsorptions-) Verfahren zur Reinigung von PFT-kontaminierten Wässern“ entwickelt
- Cornelsen erprobt in Zusammenarbeit mit dem AAV Altlastensanierungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW im Rahmen halbtechnischer Versuche Verfahrenstechniken zur PFT-Abreinigung aus Grundwässern

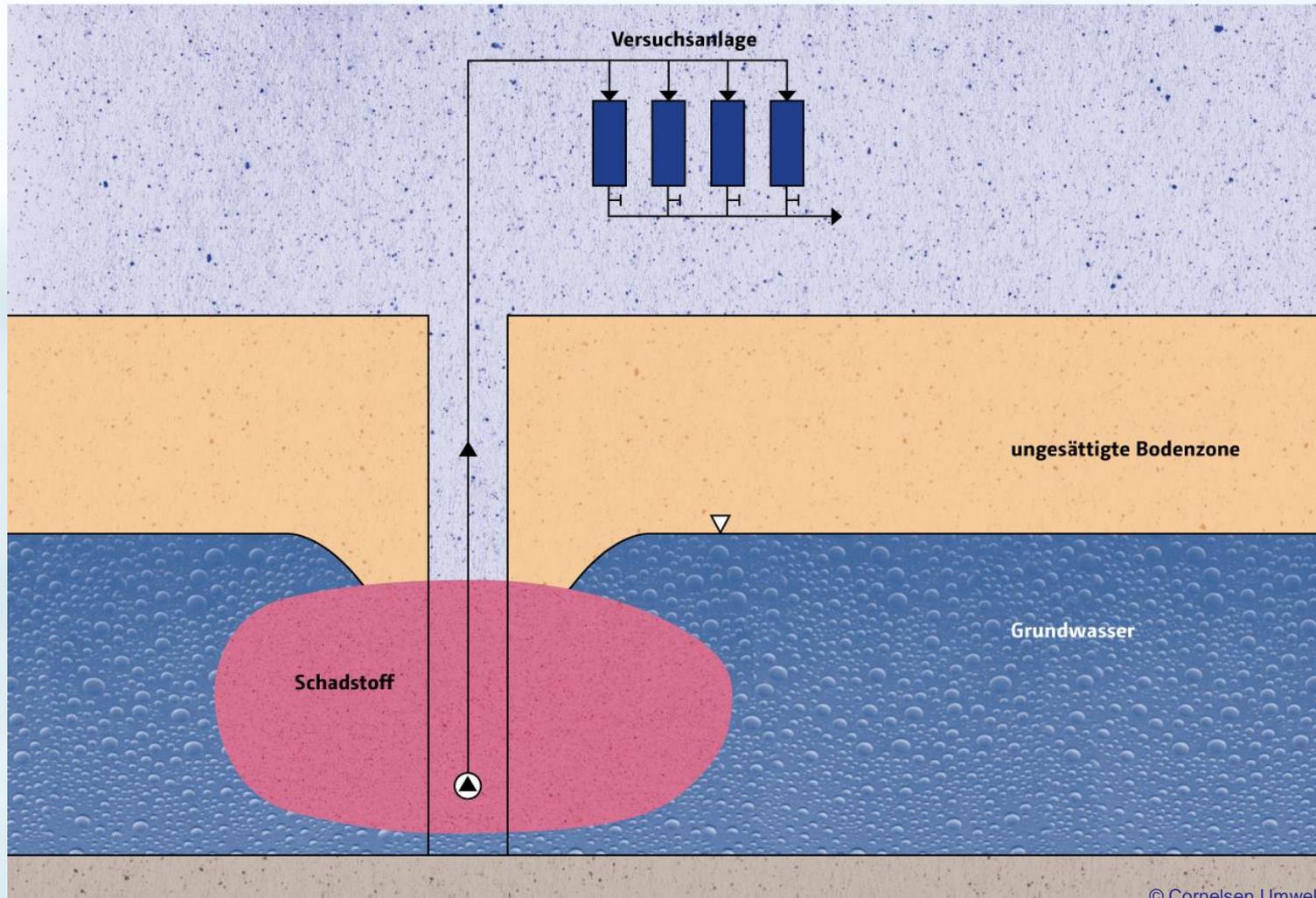


PerfluorAd

Adsorptionsisothermen für PFBS bei Verwendung unterschiedlicher Adsorbentien / Tauschermaterialien



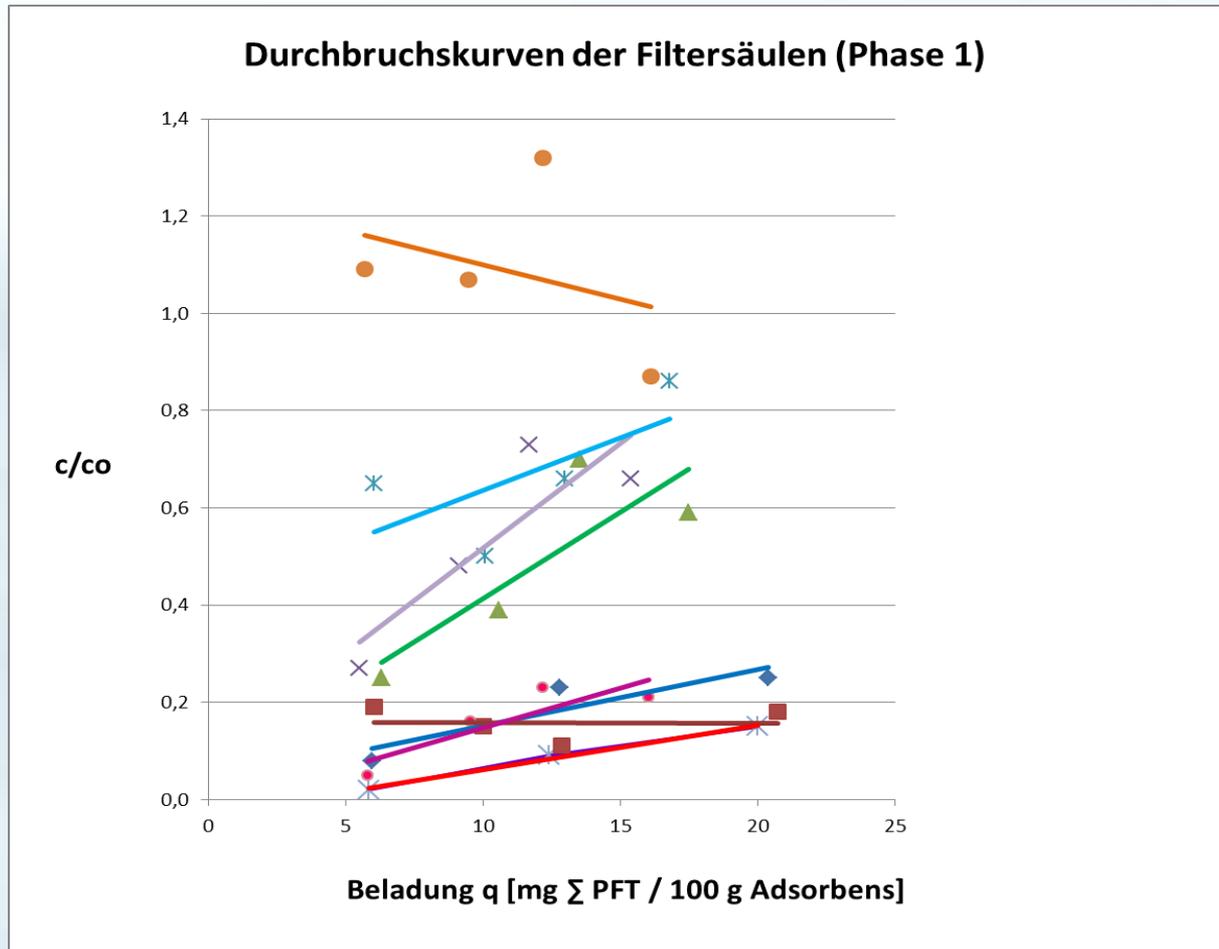
Säulenversuche (1)



Säulenversuche (2)

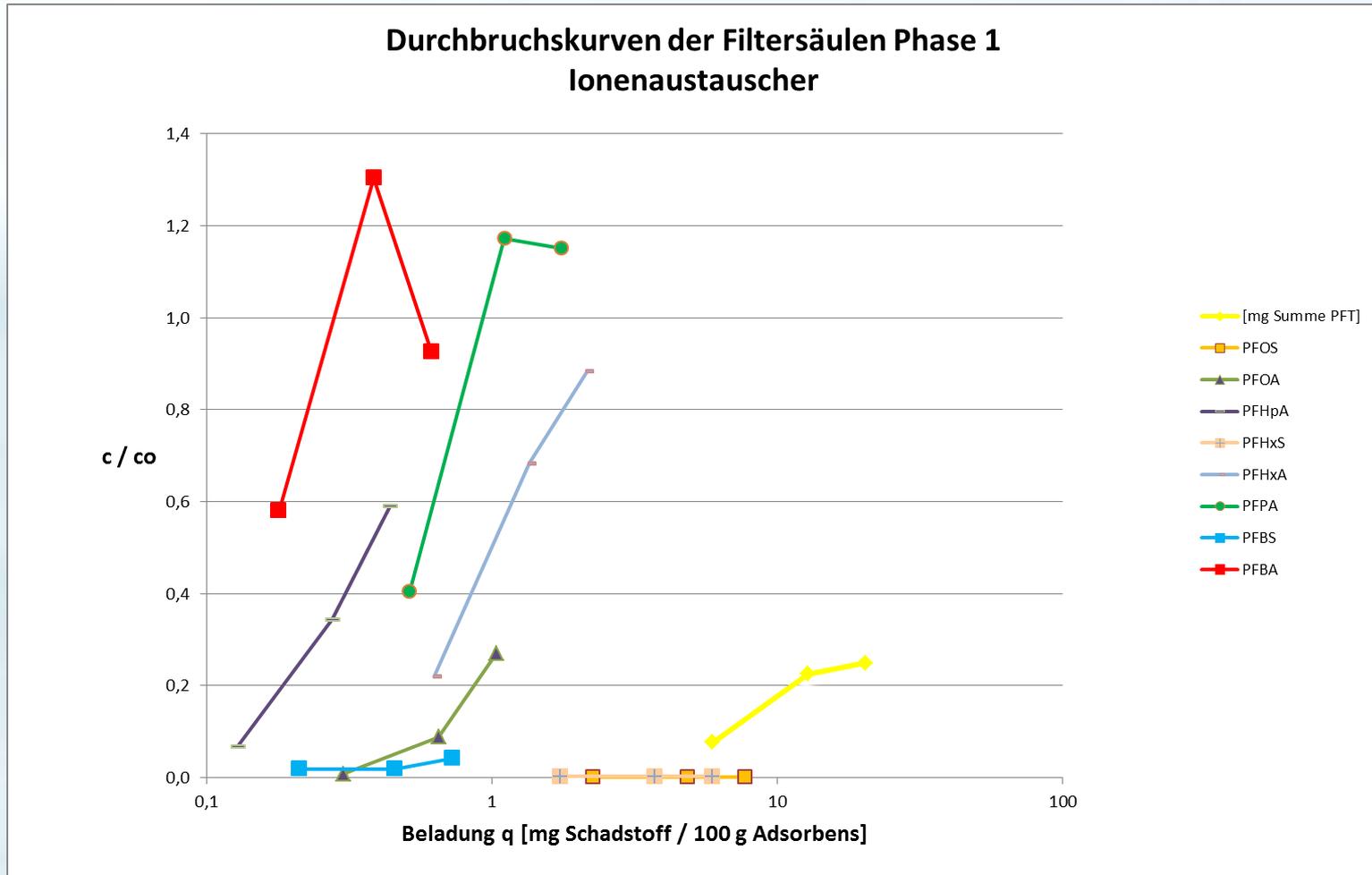


Säulenversuche (3)

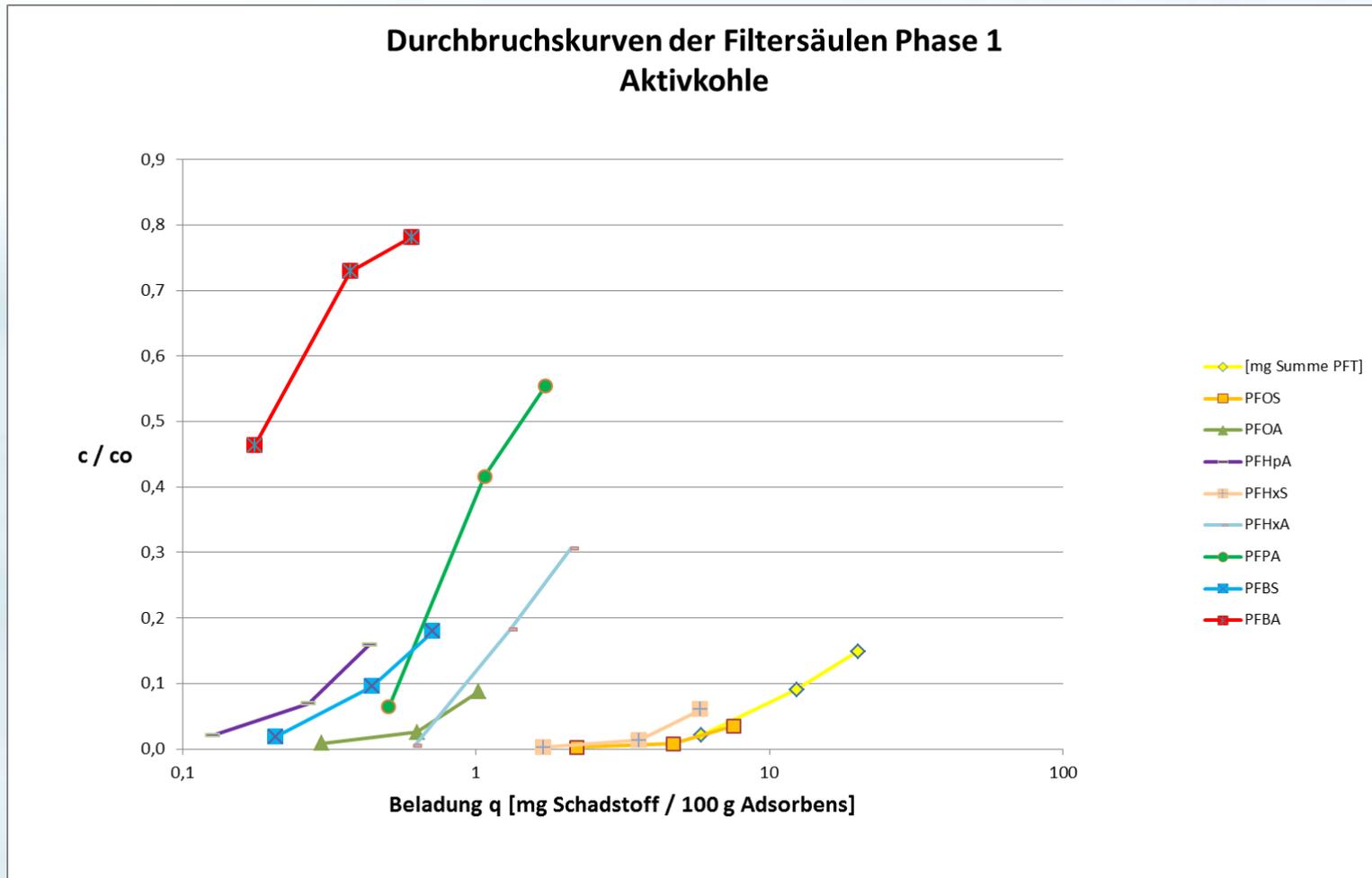


- gute Ergebnisse bei zwei Ionentauscherprodukten, einer Aktivkohle sowie dem Spezialadsorbens PerfluorAd
- unbefriedigende Ergebnisse bei 4 Aktivkohlen

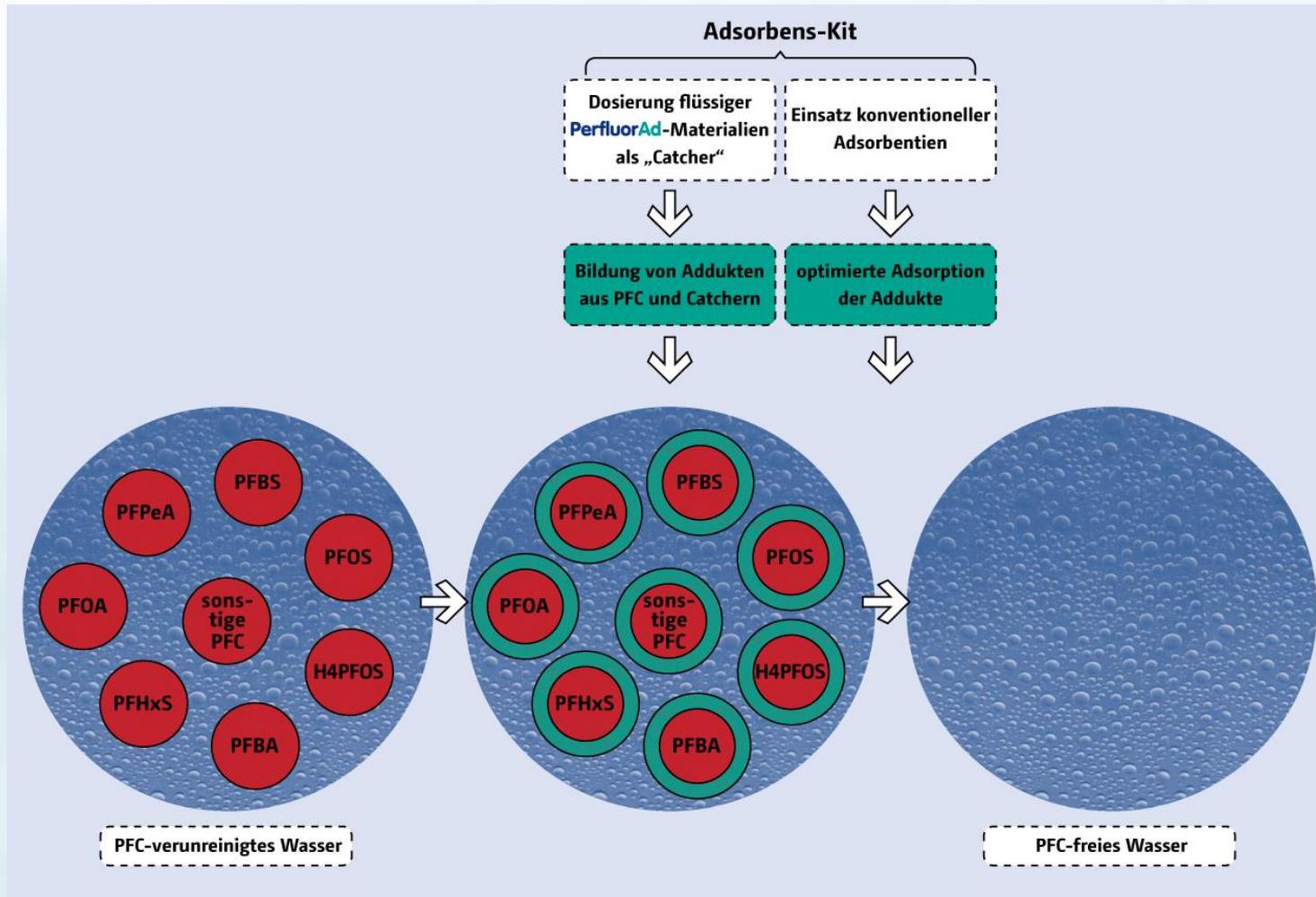
Säulenversuche (4)



Säulenversuche (5)



Einsatz von PerfluorAd im „Adsorbens-Kit“

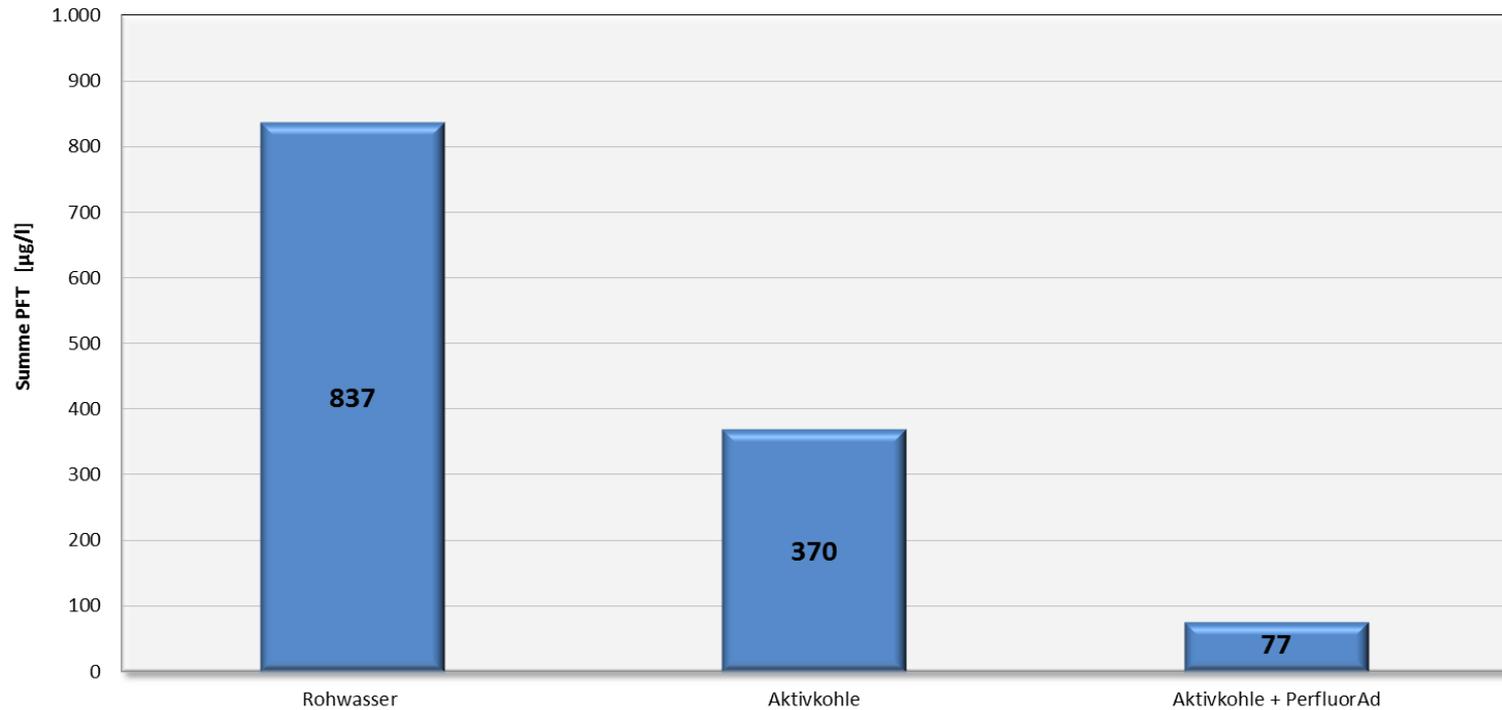


„Stellschrauben“ bei dem Einsatz von PerfluorAd im Adsorbens-Kit

- das **Catchermaterial PerfluorAd** kann in seiner Art flexibel auf die jeweilige Rohwassersituation angepasst werden
- die Dosiermenge des **Catchermaterials PerfluorAd** kann flexibel auf die jeweilige Rohwassersituation eingestellt werden
- durch einen **kombinierten Einsatz verschiedener Applikationen** des Catchermaterials PerfluorAd kann auf unterschiedliche PFT-Einzelstoffe bestmöglich eingegangen werden

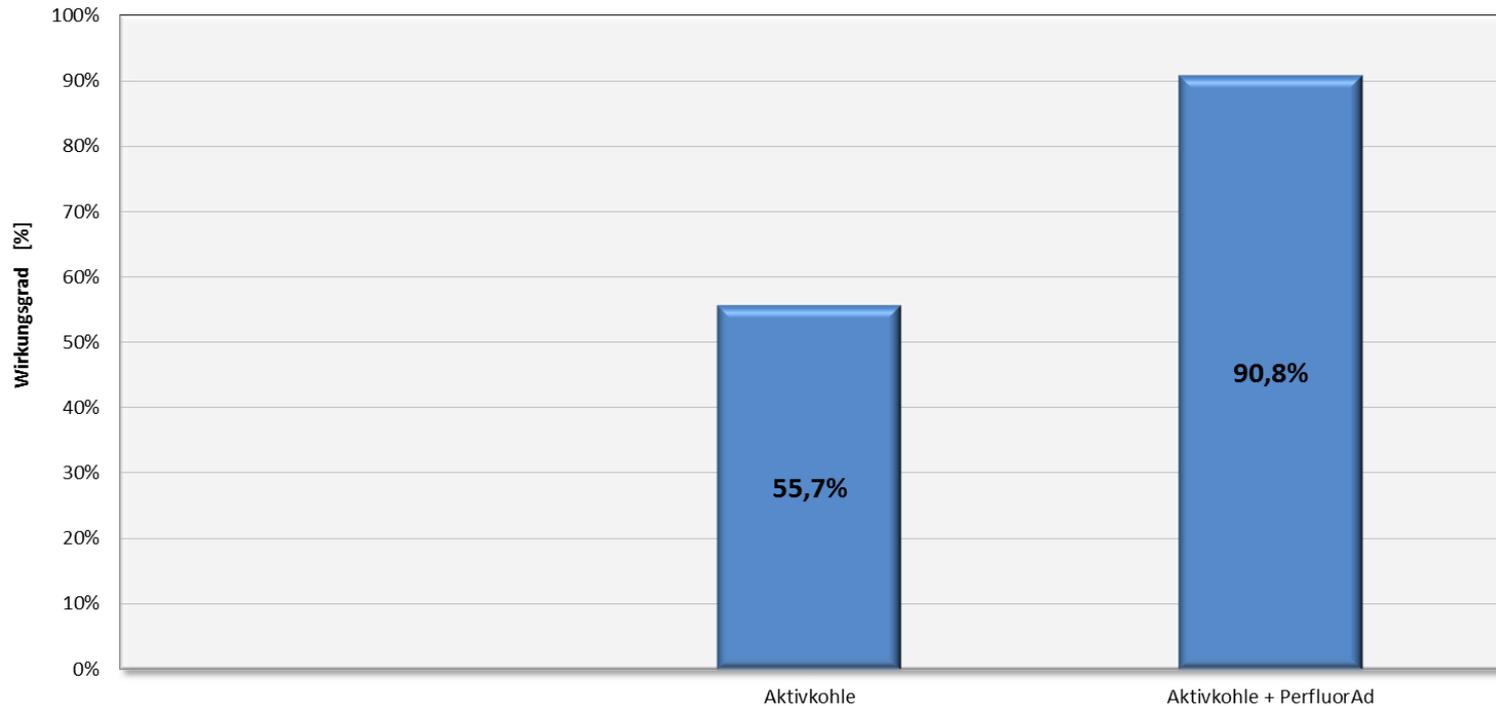
PerfluorAd-Ergebnisse (1)

Adsorption von PFC (Grundwasser des Flughafens Nürnberg)
PFT-Restkonzentrationen in µg/l

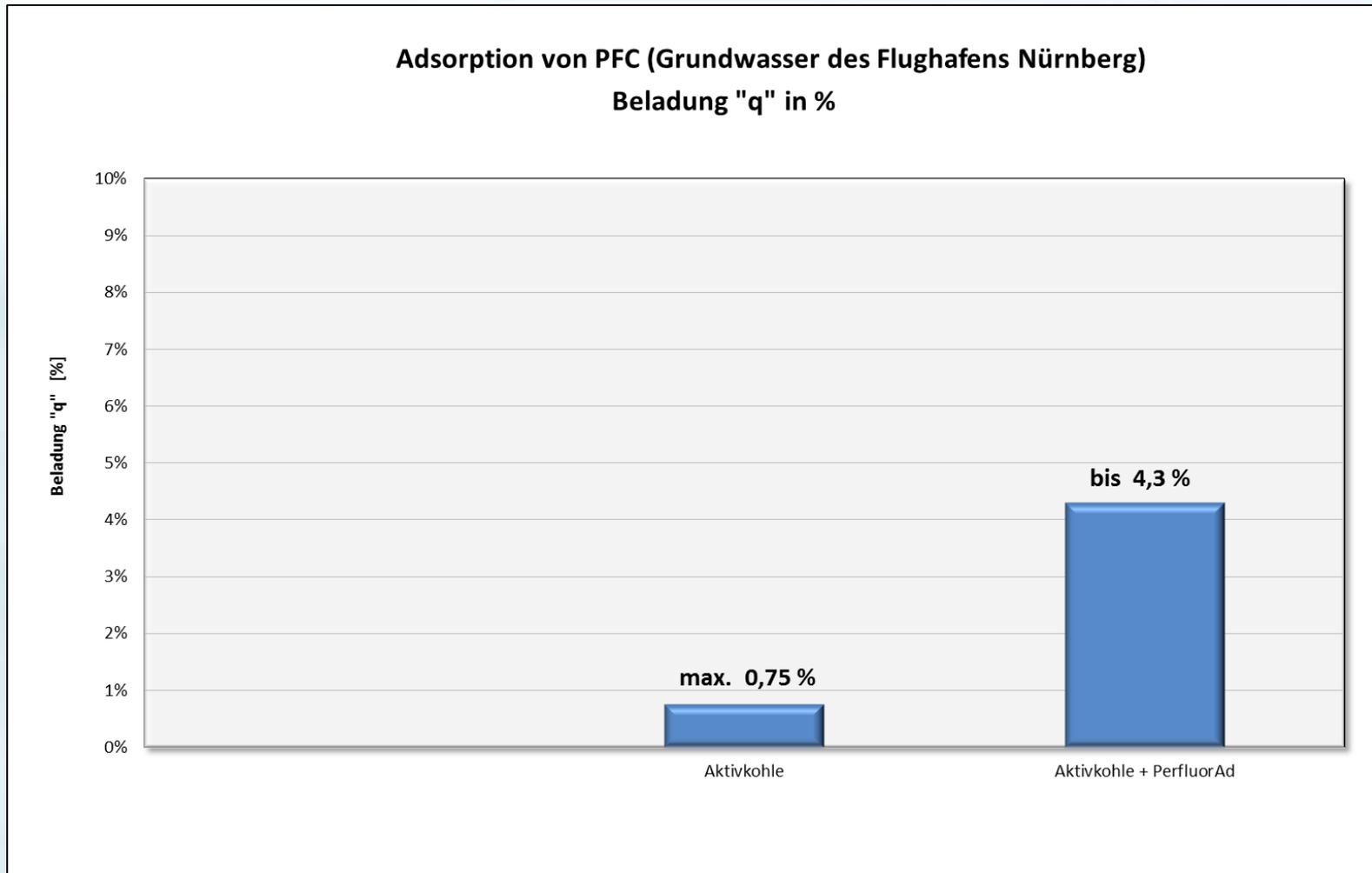


PerfluorAd-Ergebnisse (2)

Adsorption von PFC (Grundwasser des Flughafens Nürnberg)
Wirkungsgrad der PFT-Elimination in %



PerfluorAd-Ergebnisse (3)



Fazit (1)

- PFT-Verbindungen sind unterschiedlich gut/schlecht adsorbierbar
- längerkettige Komponenten (insb. PFOS und PFOA) sind durch den Einsatz „standortbezogen identifizierter Adsorbentien“ und einer „sehr konservativen Anlagendimensionierung“ mit hinreichender Zuverlässigkeit aus Wässern entfernbar
- kurzkettige Komponenten (wie PFBS und PFBA) sind an bislang bekannten marktgängigen Adsorbentien extrem schwer bzw. nicht ausreichend adsorbierbar

Fazit (2)

- erzielbare Beladungen von PFT auf Aktivkohlen und Ionentauschermaterialien sind im Vergleich mit anderen Schadstoffgruppen, die über AK gereinigt werden, sehr gering
- Die **Zusammensetzung der PFT-Einzelverbindungen** sowie die **organische Hintergrundbelastung** des Wassers stellen wichtige Einflussgrößen dar und haben einen signifikanten Einfluss auf den Aufbereitungserfolg und die erreichbaren Beladungen (d.h. auf die Standzeit der Festbettadsorber)

Fazit (3)

- Eine gewissenhafte Vorerkundung des Schadensfalles (Schadstoffsituation im Untergrund, Hydrogeologie, etc.) sowie eine standortbezogene und systematisch durchgeführte Identifizierung geeigneter Adsorbentien sind als unabdingbare Grundvoraussetzungen anzusehen
- Bei unfachmännischer Vorbereitung und Durchführung einer Aktivkohle- / Ionentauscher-Anwendung bestehen Risiken hinsichtlich schlechter Wirkungsgrade, unvollständiger Abreinigung und überhöhter Betriebskosten

Fazit (4)

- Es liegen mittlerweile Erkenntnisse über Möglichkeiten und Grenzen für die Behandlung PFT-belasteter (Grund-)Wässer vor, deren uneingeschränkte Berücksichtigung die Aufgabenstellung beherrschbar werden lassen
- Bei komplex gelagerten PFT-Schadensfällen sollten dennoch in **vorlaufenden Technikumsversuchen** und **halbtechnischen Pilotversuchen** Grundlagen geschaffen werden, die eine optimale Auswahl und Dimensionierung der Aufbereitungsanlage, eine Identifizierung des/der „fallbezogen optimalen Adsorbentien“ sowie eine zuverlässige Betriebskostenprognose ermöglichen

Fazit (5)

- Der Einsatz der neuen flüssigen **PerfluorAd-Materialien als Catcher-Substanzen für PFC** kann zukünftig die Reinigungsleistung und somit auch die Betriebskosten von Aktivkohlefilteranlagen in Form eines **Adsorbens-Kits** optimieren helfen.

Dieses gilt für PFC-belastete Grundwässer, für sonstige PFC-verunreinigte Wässer sowie für extrem komplex belastete Wässer, wie z.B. Löschwässer.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Martin Cornelsen

Cornelsen Umwelttechnologie
GmbH

Graf-Beust-Allee 33

D - 45141 Essen

Tel. + 49 201 52037-0

Fax + 49 201 52037-19

E-Mail: cornelsen@cornelsen-umwelt.de

Internet: www.cornelsen-umwelt.de

