

ZeroTrace

Neue Adsorptionsmaterialien und Regenerationsverfahren zur Elimination von Spurenstoffen in kommunalen und industriellen Kläranlagen
[FKZ: 03XP0098B | 01.02.2017 – 31.01.2020]

MachWas-Statustreffen, 29.05. bis 30.05.18, Frankfurt

Ilka Gehrke, Fraunhofer UMSICHT



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



MachWas
MATERIALIEN FÜR EINE
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

Vorsprung in Wassertechnik



ENVIROCHEMIE



inter3
INSTITUT FÜR RESSOURCENMANAGEMENT



Fraunhofer
UMSICHT



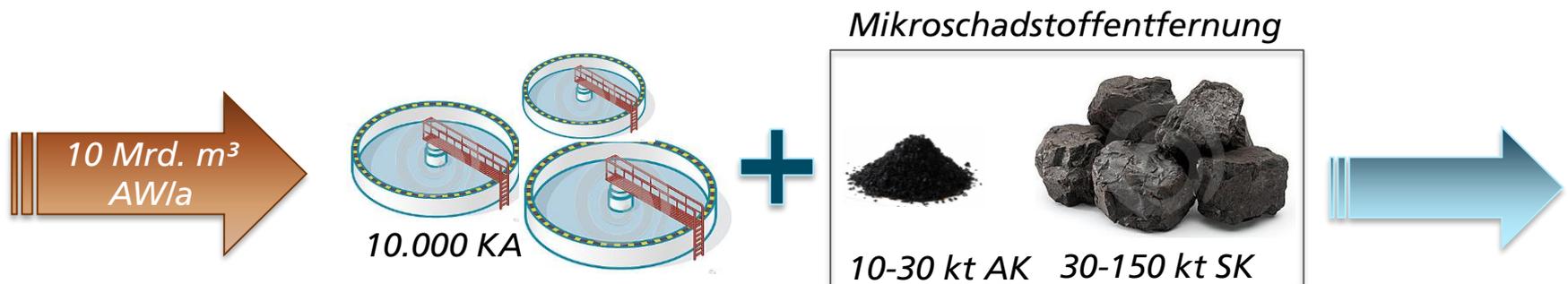
CarboTech AC
GmbH
Your Adsorption Company



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt

Hintergrund von ZeroTrace

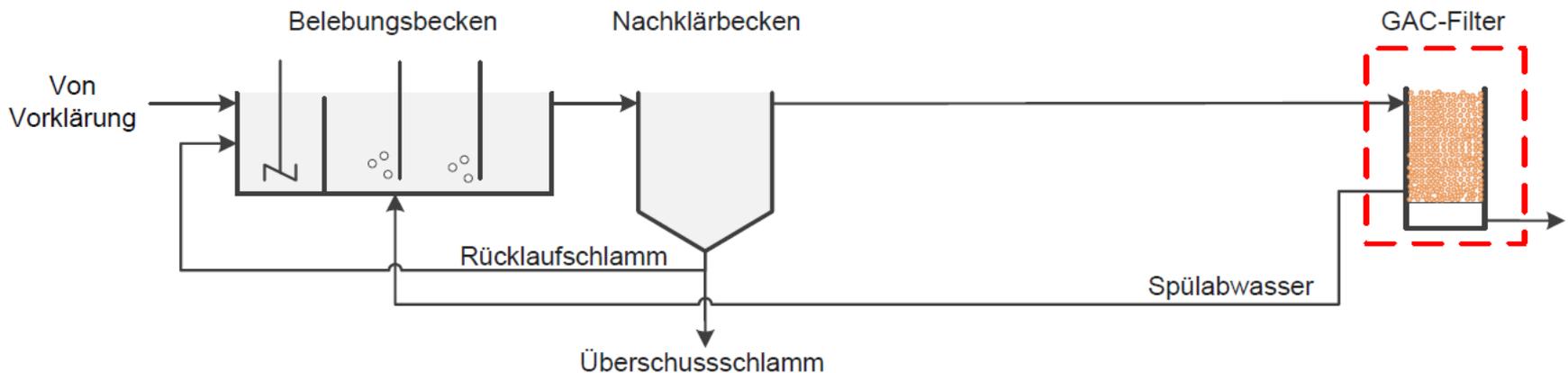
- Problem: Mikroschadstoffe -> weitere Reinigungsstufe empfehlenswert
- Aktivkohle ist etabliert, aber fossiler Rohstoff
- GAK ist regenerierbar -> nachhaltiger als PAK
- Logistischer und energetischer Aufwand zur Regeneration



Projektidee

■ Entwicklung von Aktivkohle, die

- in großen Mengen preiswert verfügbar ist, —————> *Wirtschaftlichkeit*
- möglichst nicht aus fossilen Rohstoffen besteht, —————> *Nachhaltigkeit*
- Mikroschadstoffe effizient entfernt und —————> *Wirksamkeit*
- vor Ort regenerierbar ist —————> *Innovation!*



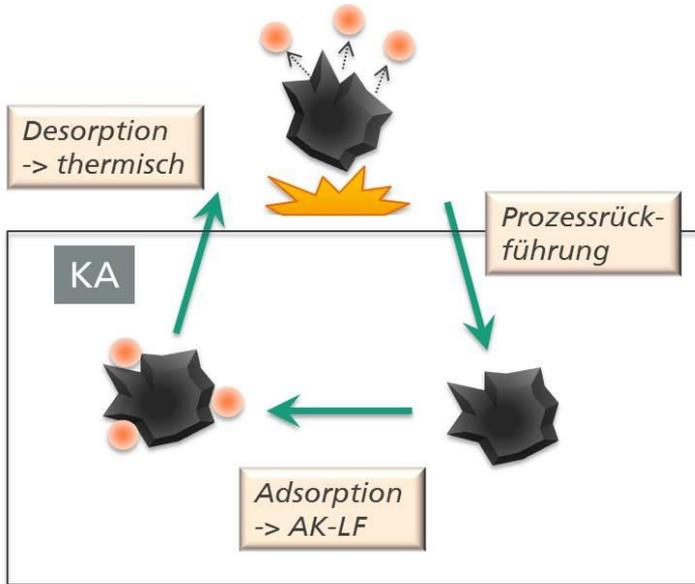
Aktivkohlefiltration (GAK) zur Mikroschadstoffentfernung

UBA-Bericht: Mikroschadstoffe, 2015

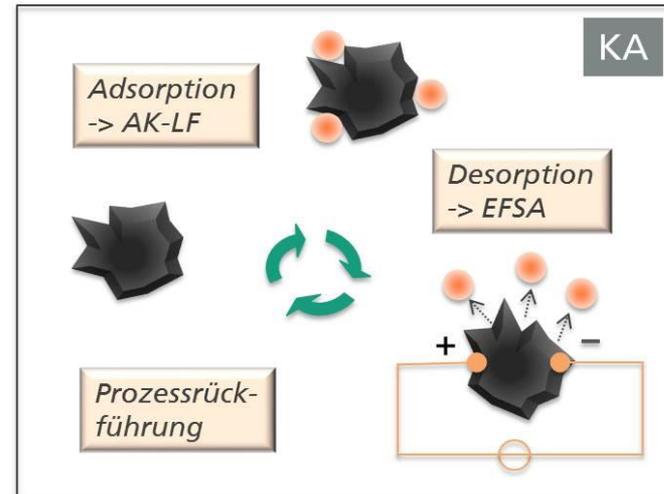
Projektidee

- Entwicklung eines vor-Ort-Regenerationsverfahrens,
 - das energieeffizient,
 - gut steuerbar und
 - kostengünstig ist.

⇒ EFSA: Electric Field Swing Adsorption



Aktivkohlefiltration mit externer Regeneration



Aktivkohlefiltration nach dem ZeroTrace-Verfahren

GEFÖRDERT VOM



MachWas
MATERIALIEN FÜR EINE
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



CarboTech AC
GmbH
Your Adsorption Company

inter3

INSTITUT FÜR RESSOURCENMANAGEMENT

Vorsprung in Wassertechnik



ENVIROCHEMIE



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt



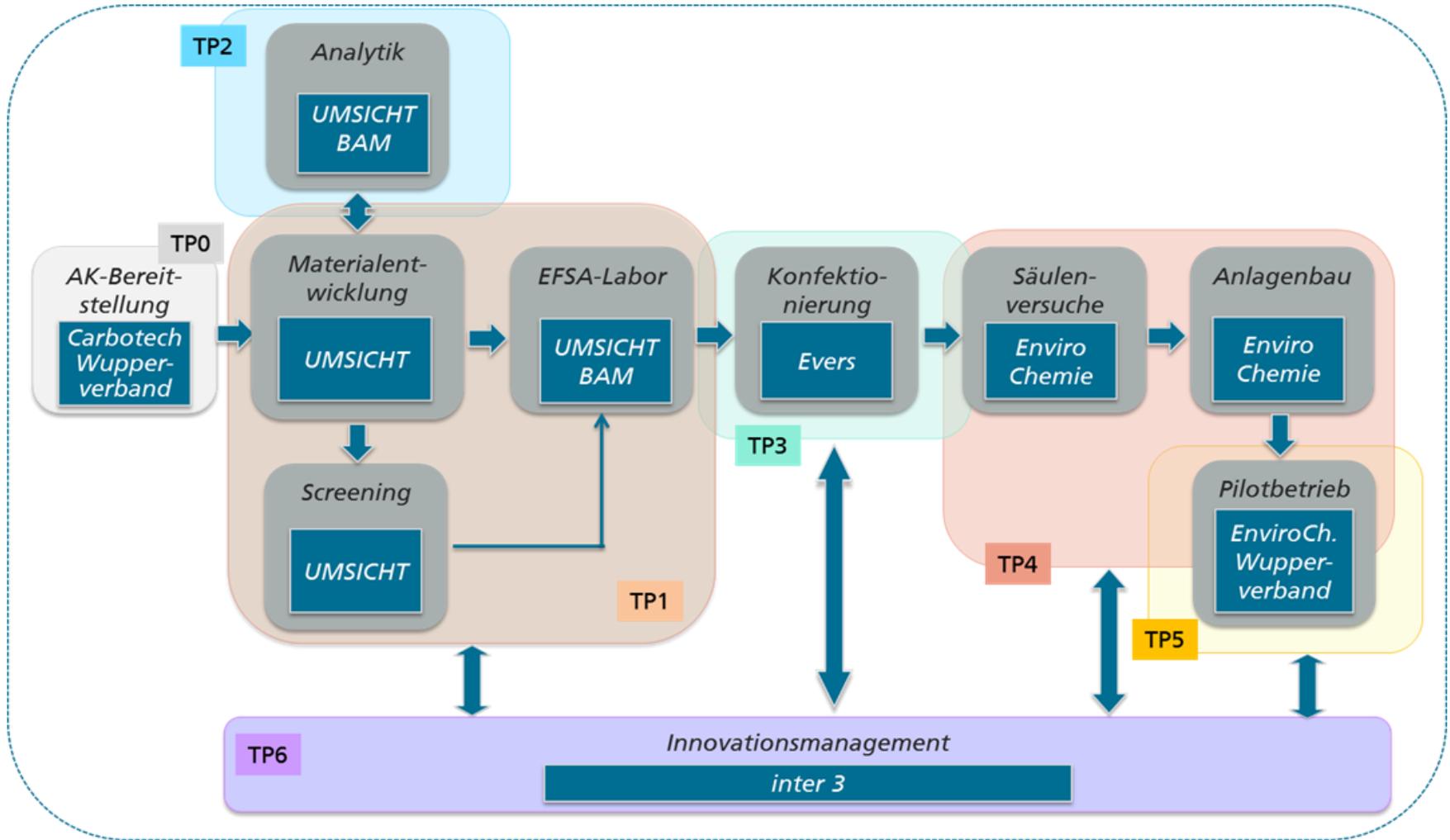
Fraunhofer
UMSICHT

Technische Ziele

- Entwicklung von Komposit-Aktivkohlen
 - vorzugsweise auf Basis regenerativer Rohstoffquellen,
 - mit verbesserter elektrischer Leitfähigkeit -> ortsnah regenerierbar
- Entwicklung und Umsetzung einer vor-Ort-Regeneration -> „electric field swing adsorption“ - EFSA-Regeneration
- Demonstration des Aktivkohleverfahrens mit integrierter Regenerationsstufe unter realen Bedingungen
- Stoffstrombasierte Multikriterien-Analyse der neuen Technologie für Entscheidungsträger aus Politik und Wasserwirtschaft hinsichtlich einer nachhaltigen Breitenanwendung



Vernetzung der Arbeiten, Partner und Teilprojekte



GEFÖRDERT VOM

AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Parameterstudie

	Aktivkohlen			Additiv
	PAK AH	PAK CS	PAK CC	Graphit
C-Quelle	Holzkohle	Steinkohle	Kokosnussschale	
Wassergehalt	10 %	10 %	max. 8 %	<1 %
Aschegehalt	5 %		max. 3 %	
BET-Oberfläche	1500 m ² /g			
Iodzahl	950 mg/g	850 mg/g	1000 mg/g	
Rütteldichte	300 g/mL	450 g/mL	470 g/mL	
pH-Wert	4		9	
Durchschnittliche Partikelgröße	44 µm	45 µm	< 100 µm	71 µm

Ausgangsmaterialien

Bindemittel: Pech, Pechöl, Palatinose, Dicksaft

Testsubstanzen: Diclofenac (leicht adsorbierbar), Gabapentin (mittelschwer adsorbierbar), Acesulfam (schwer adsorbierbar)

⇒ 17 von 21 Rezepturen wurden bis zum Trockenformling umgesetzt.

AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Adsorptionsfähigkeit PAK AH

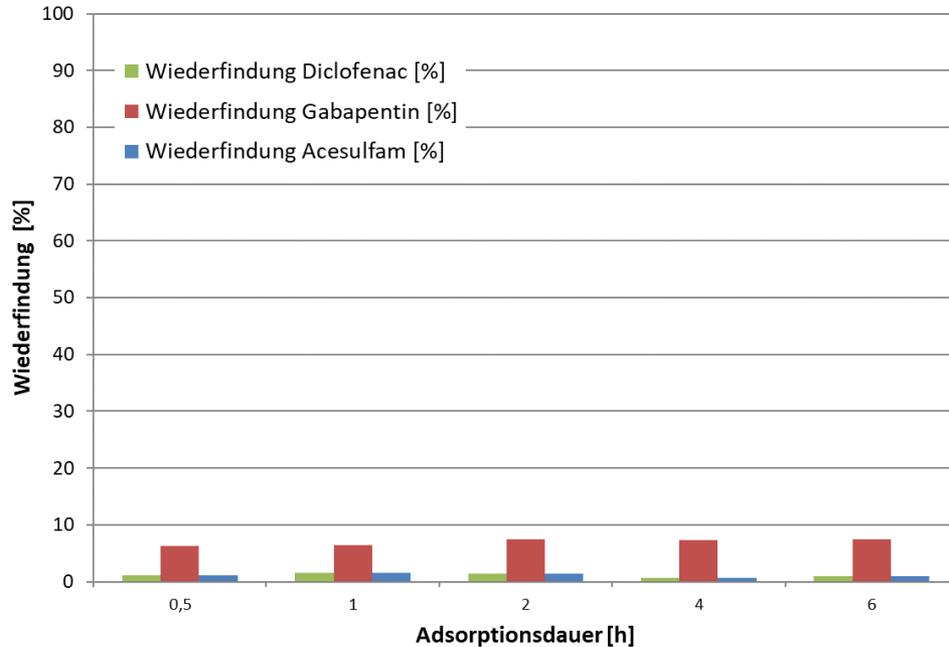


Abb. 1: Einzelsubstanzen

c_{SS} : 60 mg/L, V: 40 mL, m_{AK} : 250 mg, n: 3

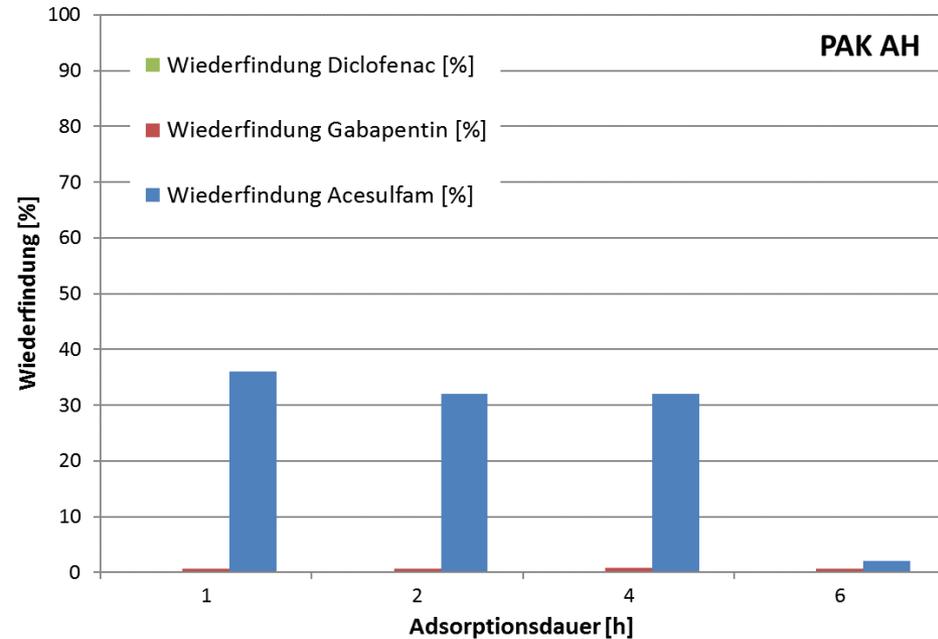


Abb. 2: Substanzgemisch

c_{SS} : DCF:GBP:ACS -> 1:1,7:16,7; V: 40 mL,
 m_{AK} : 250 mg, n: 4

GEFÖRDERT VOM

AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Adsorptionsfähigkeit PAK CS

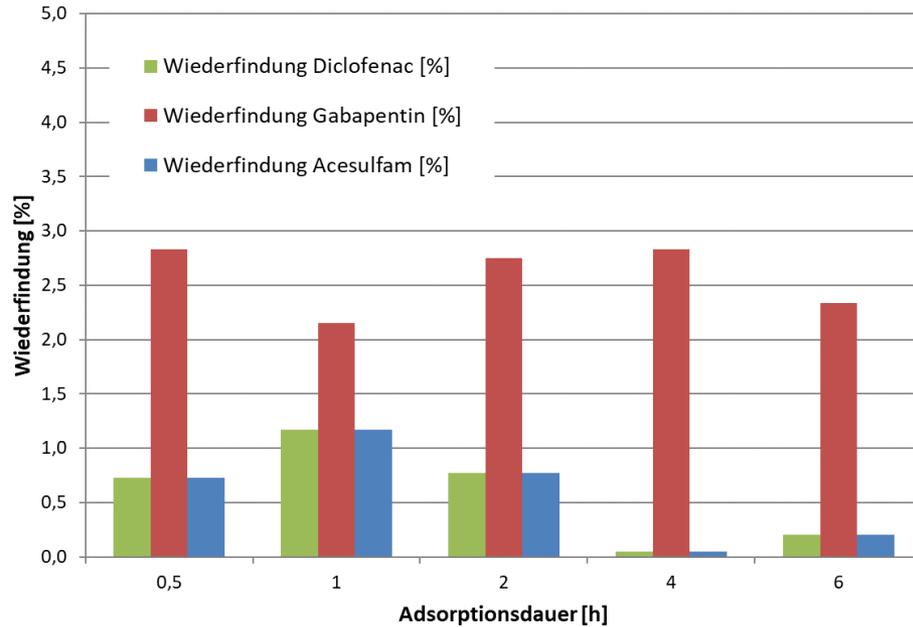


Abb. 1: Einzelsubstanzen

c_{SS} : 60 mg/L, V: 40 mL, m_{AK} : 250 mg, n: 3

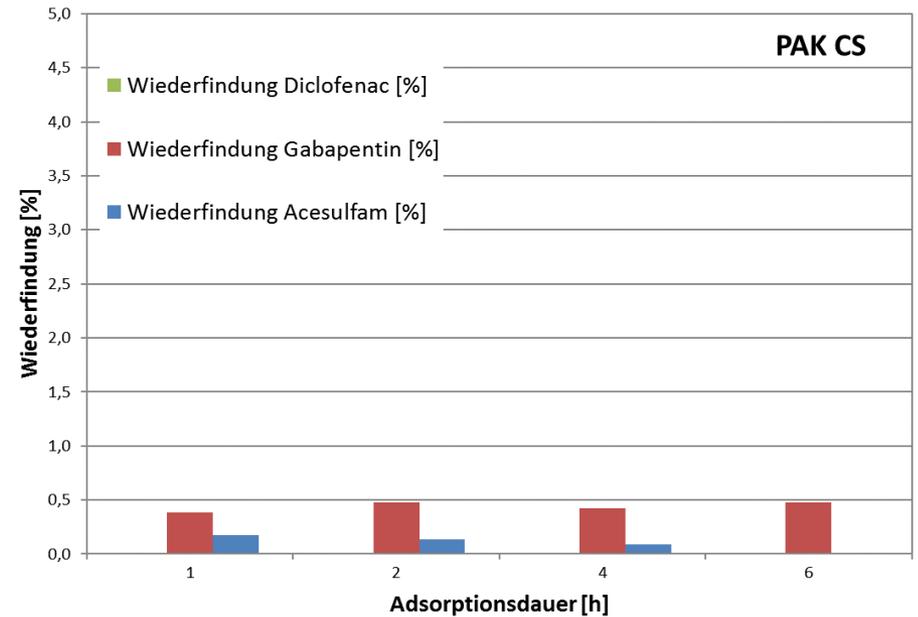


Abb. 2: Substanzgemisch

c_{SS} : DCF:GBP:ACS -> 1:1,7:16,7; V: 40 mL,
 m_{AK} : 250 mg, n: 4

GEFÖRDERT VOM

AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Adsorptionsfähigkeit PAK CC

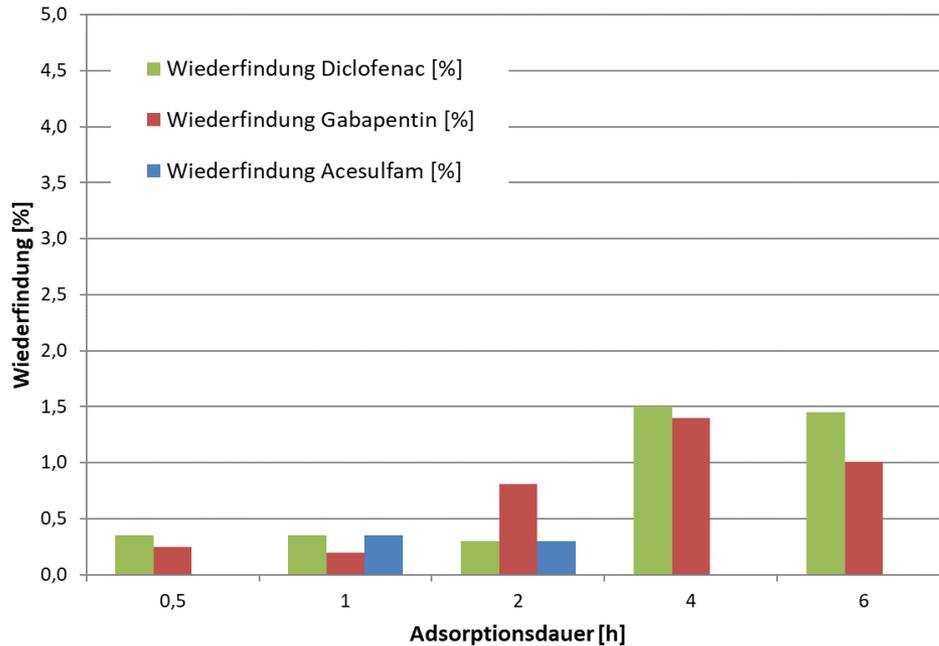


Abb. 1: Einzelsubstanzen

c_{SS} : 60 mg/L, V: 40 mL, m_{AK} : 250 mg, n: 3

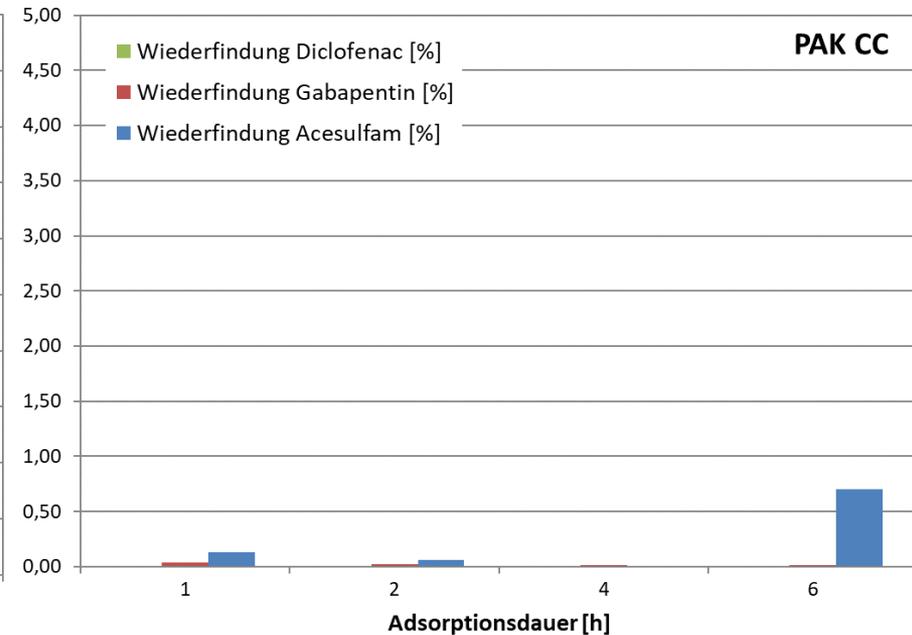


Abb. 2: Substanzgemisch

c_{SS} : DCF:GBP:ACS -> 1:1,7:16,7; V: 40 mL,
 m_{AK} : 250 mg, n: 4

GEFÖRDERT VOM

Meilenstein (28.02.18)

Anforderungen an die Komposit-Aktivkohle:

- stabil → ?
- pelletierbar → ?
- adsorptionsfähig → ?
- deutlich leitfähiger als das Basismaterial → ?

Nichterfüllung: Austausch Basismaterialien und/oder leitfähigen Komponente

⇒ Meilensteinbericht



MachWas
MATERIALIEN FÜR EINE
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



CarboTech AC
GmbH
Your Adsorption Company

inter3

INSTITUT FÜR RESSOURCENMANAGEMENT

Vorsprung in Wassertechnik



ENVIROCHEMIE



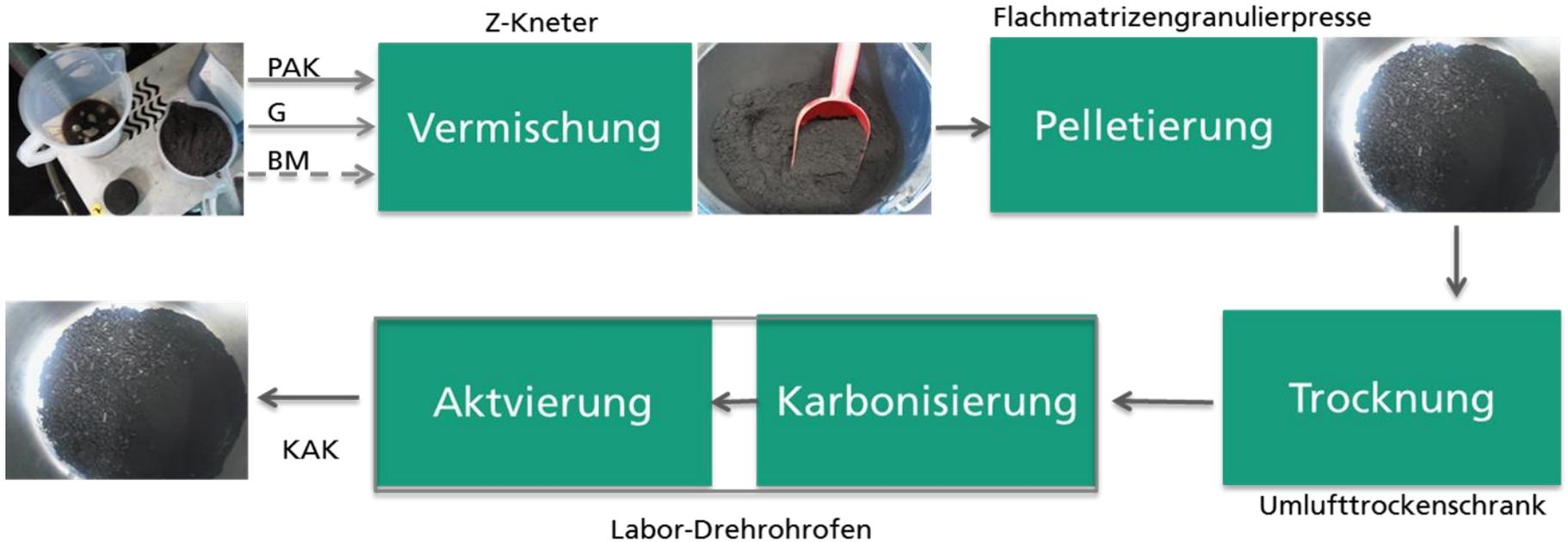
WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt



Fraunhofer
UMSICHT

AP 1 | Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Herstellungsverfahren



AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Herstellung von KAK-Rohpellets

Anzahl Versuche	C-Träger [%]		Graphit [%]	Bindemittel				Wasser* [%]
	PAK	HKM		Pech [%]	Pechöl [%]	Dicksaft [%]	Palatinose [%]	
12	40-70	22-37	4-20	16-26	22-30	30-54	30-37	44-53
Bewertung	±	+	+	±	-	+	+	±

*nur bei P+PÖ



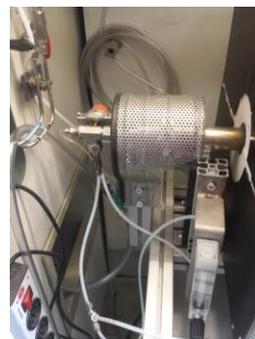
GEFÖRDERT VOM



AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Karbonisierung und Aktivierung der KAK-Rohpellets

Charge	M _{RP}	Zeit Karb.	T Karb.	M _K	Zeit Akt.	T Akt.	N ₂ Karb.+Akt.	H ₂ O Akt.	M _{KAK}	A _{KAK/RP}
	[g]	[min]	[°C]	[g]	[min]	[°C]	[l/h]	[ml]	[g]	[%]
A	24,8	45	500	17,3	60	850	40	13,9	14,4	58
B	25,7	"	"	18,1	120	"	"	36,8	15,1	59
C	76,7	"	"	n.b.	60	"	"	38,1	51,3	67
D	100	"	"	n.b.	60	"	"			
...										



GEFÖRDERT VOM

AP 1 | Erste Ergebnisse zur Aktivkohlemodifikation

Elektrische Leitfähigkeit der nativen, modifizierten und aktivierten PAK

Probe:	U_{res} [V]	l_{Pellet} [mm]	R_{Pellet} [Ω]	G_{Pellet} in S	κ in S/m
PAK CC Pellet	4,8	9,2	24,12	0,04	171,0
PAK-AHM Pellet (20 % Graphit)	4,4	10,1	22,2	0,05	208,2
PAK-AHM-Aktiviert (20 % Graphit)	1,43	8,2	7,14	0,14	520,6



PAK-AHM (Holzkohlemehl), PAK CC (Kokosnussschale),
Mittelwerte aus 5-10 Versuchen mit verschiedenen Pellets einer Charge

GEFÖRDERT VOM

Meilenstein (28.02.18)

Anforderungen an die Komposit-Aktivkohle:

- stabil → (+)
- pelletierbar → (+)
- adsorptionsfähig → (+)
- deutlich leitfähiger als das Basismaterial → (+)

AP2 | Säulenversuche



Abb. 1: Säulenversuchsstand im Technikum der EnviroChemie GmbH

- 4 parallele, unabhängige Säulen
- On-Line SAK₂₅₄-Messung
- Automatische Probenehmer zur Bestimmung von u.a.
 - TOC
 - CSB
 - TN_b
 - Leitfähigkeit
- Möglichkeit der Reihenschaltung aller 4 Säulen

AP2 | Säulenversuche

Säulenversuche:

Versuchsreihen:

- Variation Kontaktzeiten
- Variation des Salzgehaltes
- Deponiesickerwassermatrix

Folgende Versuchsreihen:

- Projektaktivkohle

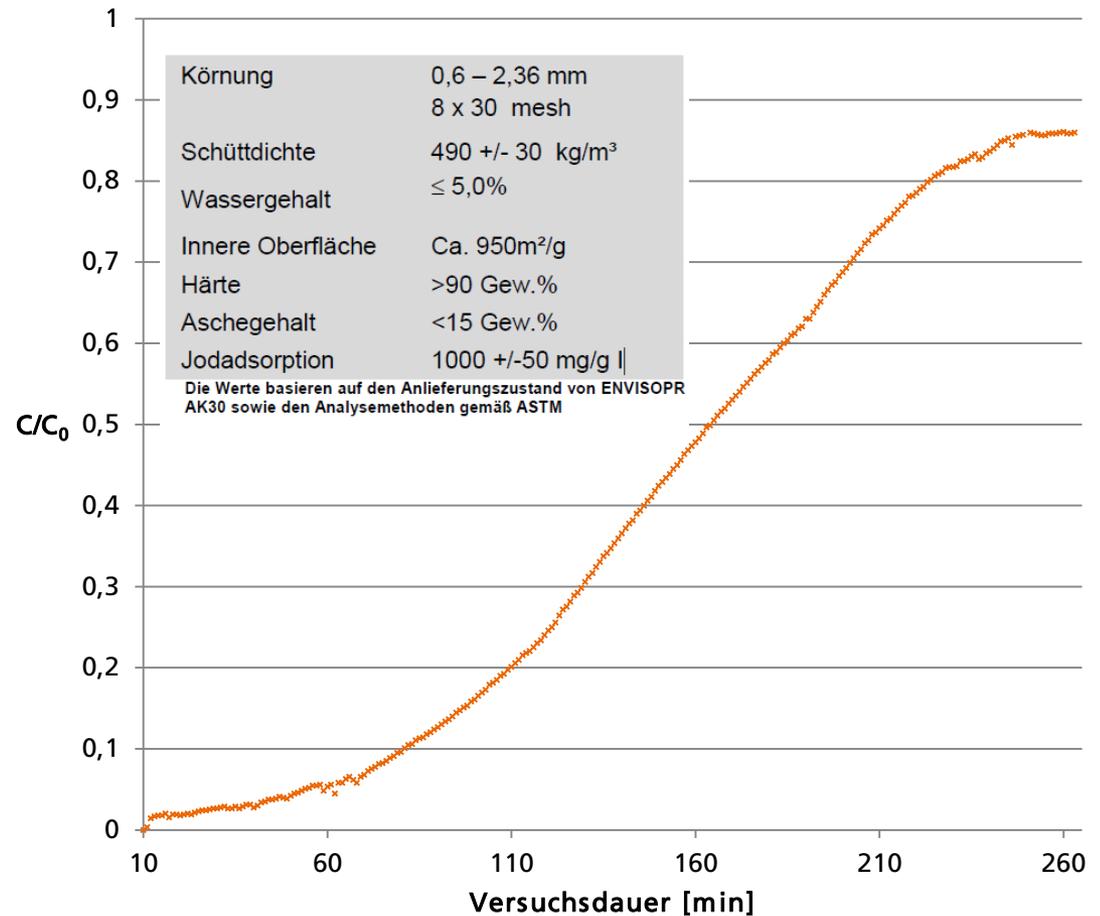
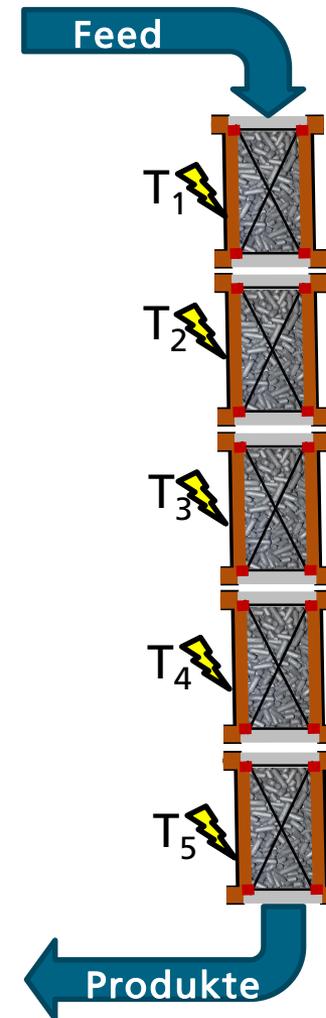
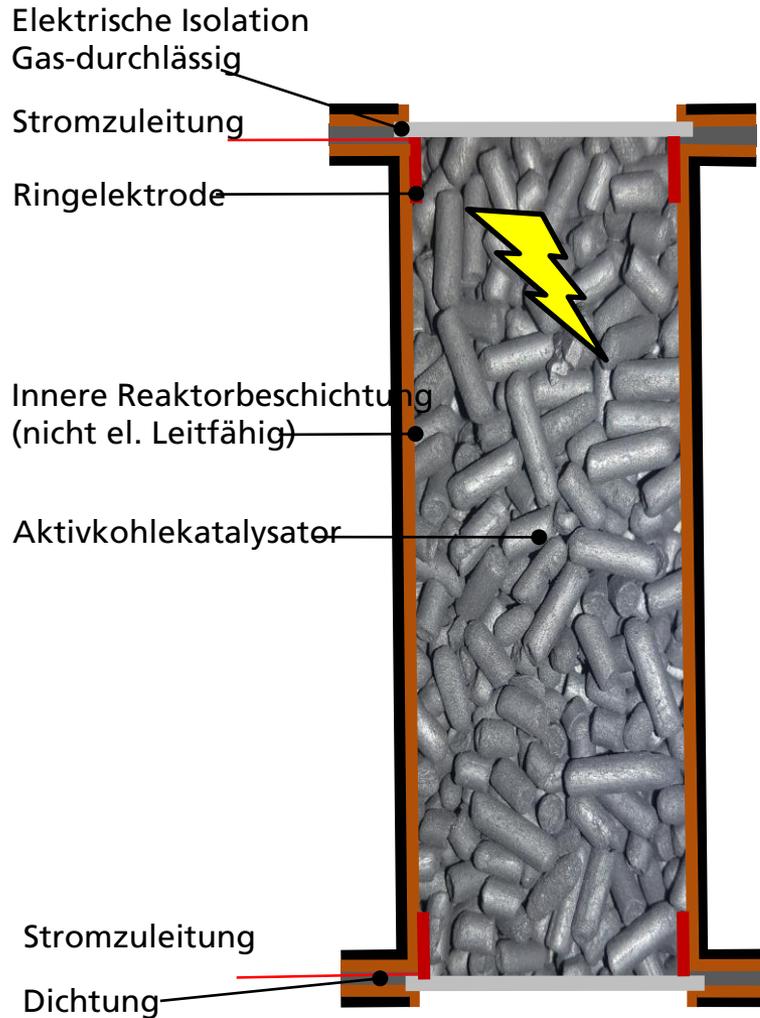


Abb. 2: Durchbruchkurve Acesulfam K (0,06 g/L) in Stadtwasser

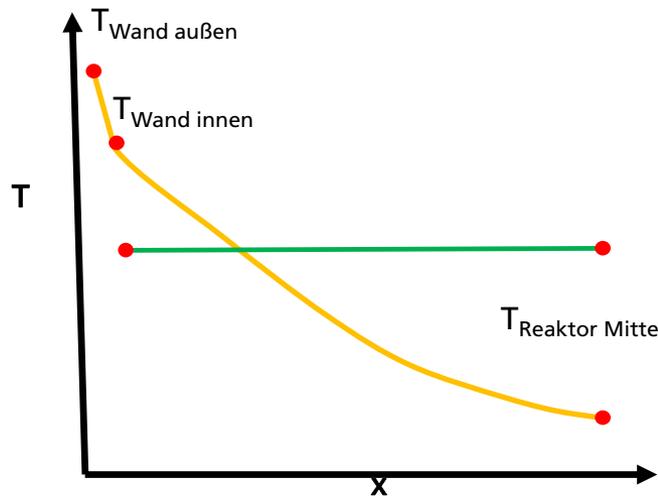
AP 3 | Ergebnisse zur Labor-EFSA



GEFÖRDERT VOM

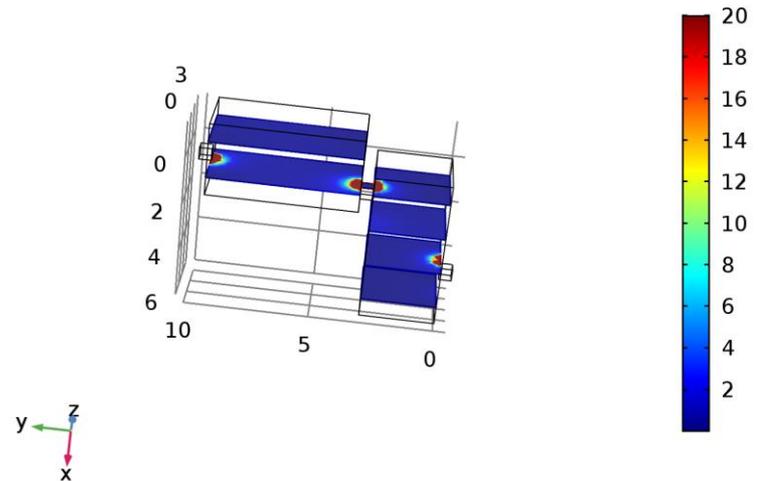
AP 3 | Ergebnisse zur Labor-EFSA

Konstruktionsentwurf



- Mit Strom direkt von innen beheizt
- Konventionell von außen beheizt

Time=0 s Slice: Volumetric loss density, electric (W/cm^3)



AP 7: Innovationsmanagement

- 1. Welle Delphi- Expertenbewertung abgeschlossen,
2. Welle in Vorbereitung

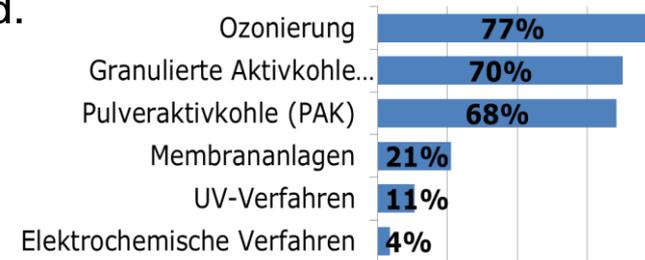
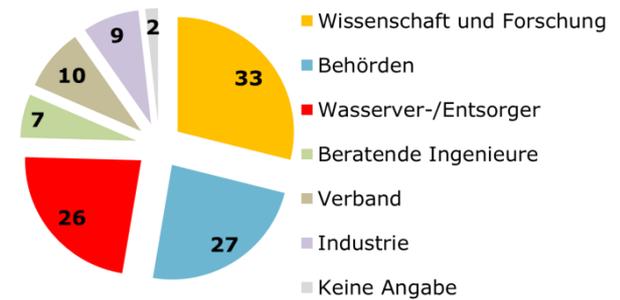
- > 100 Umfrageteilnehmer:

Bundesweit Experten aus Wissenschaft, Behörden und Wasserver- und Abwasserentsorgern.

- Online Umfrage zu Themenkomplexen:

- Relevanz von Spurenstoffen in der Wasserwirtschaft.
- Zukünftiges rechtliches und organisatorisches Umfeld.
- Technische Aspekte der Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen.

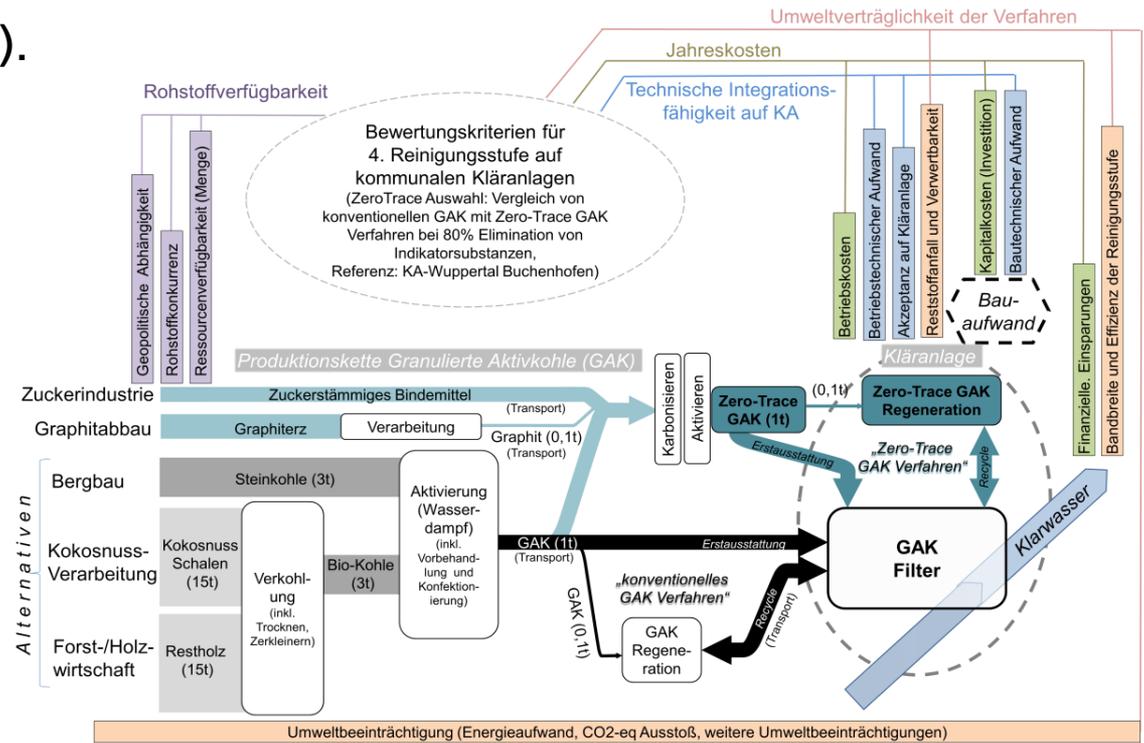
Verteilung nach Akteursgruppen



→ Zeigt zukünftige Entwicklungskorridore auf und gibt Impulse für Materialentwicklung

AP 7: Innovationsmanagement

- Stoffbilanzierung von konventionellen GAK und Zero-Trace GAK Verfahren.
- Nachhaltigkeitskriterien entlang der Produktions- und Nutzungskette definiert.
- Nutzwertanalyse zur Verfahrensbewertung im Aufbau.
- Technische Perspektive bei Materialentwicklung mit sozio-ökonomischer Sicht ergänzt (Materialauswahl).



Ausblick

- Verfeinerung der Rezeptur für die Komposit-Aktivkohle (Adsorptionsfähigkeit <-> Leitfähigkeit, Minimierung des Bindemittels)
- Online-Analyse des Adsorptionsverhaltens mittels SAXS
- Herstellung und Konfektionierung von Granulaten
- Bau der Labor-EFSA und Bestimmung optimaler Betriebsparameter
- Zweite Runde der Delphi-Umfrage

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kläranlage Wuppertal-Buchenhofen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



MachWas
MATERIALIEN FÜR EINE
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

Vorsprung in Wassertechnik

ENVIROCHEMIE



inter3
INSTITUT FÜR RESSOURCENMANAGEMENT



Fraunhofer
UMSICHT



CarboTech AC
GmbH
Your Adsorption Company



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt