

ZeroTrace

Neue Adsorptionsmaterialien und Regenerationsverfahren zur Elimination von Spurenstoffen in kommunalen und industriellen Kläranlagen
[FKZ: 03XP0098B | 01.02.2017 – 31.07.2020]

MachWas-Abschusskonferenz | 12.02. bis 13.02.20 | 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

- Aktivkohle ist etabliert, aber fossiler Rohstoff
- GAK ist regenerierbar -> nachhaltiger als PAK
- Logistischer und energetischer Aufwand zur Regeneration



EVERZIT, Fa. EVERS

Aufgaben

1

Entwicklung von Komposit-Aktivkohlen aus regenerativen Materialien und mit verbesserter elektrischer Leitfähigkeit

2

Entwicklung und Umsetzung einer EFSA*-Regeneration zur on-site Regeneration [*Electric Field Swing Adsorption]

3

Demonstration des Aktivkohleverfahrens mit integrierter Regenerationsstufe unter realen Bedingungen

4

Stoffstrombasierte Multikriterien-Analyse der neuen Technologie für Entscheidungsträger aus Politik und Wasserwirtschaft

GEFÖRDERT VOM

1

ENTWICKLUNG DER ZEROTRACE AKTIVKOHLEN



1 | Überblick zur Entwicklung der ZeroTrace Aktivkohle (CAC-ZT)

AK-SK | AK-HK
AK-KK | **BHM**



Pech | Palatinose |
Pechöl | **Dicksaft**



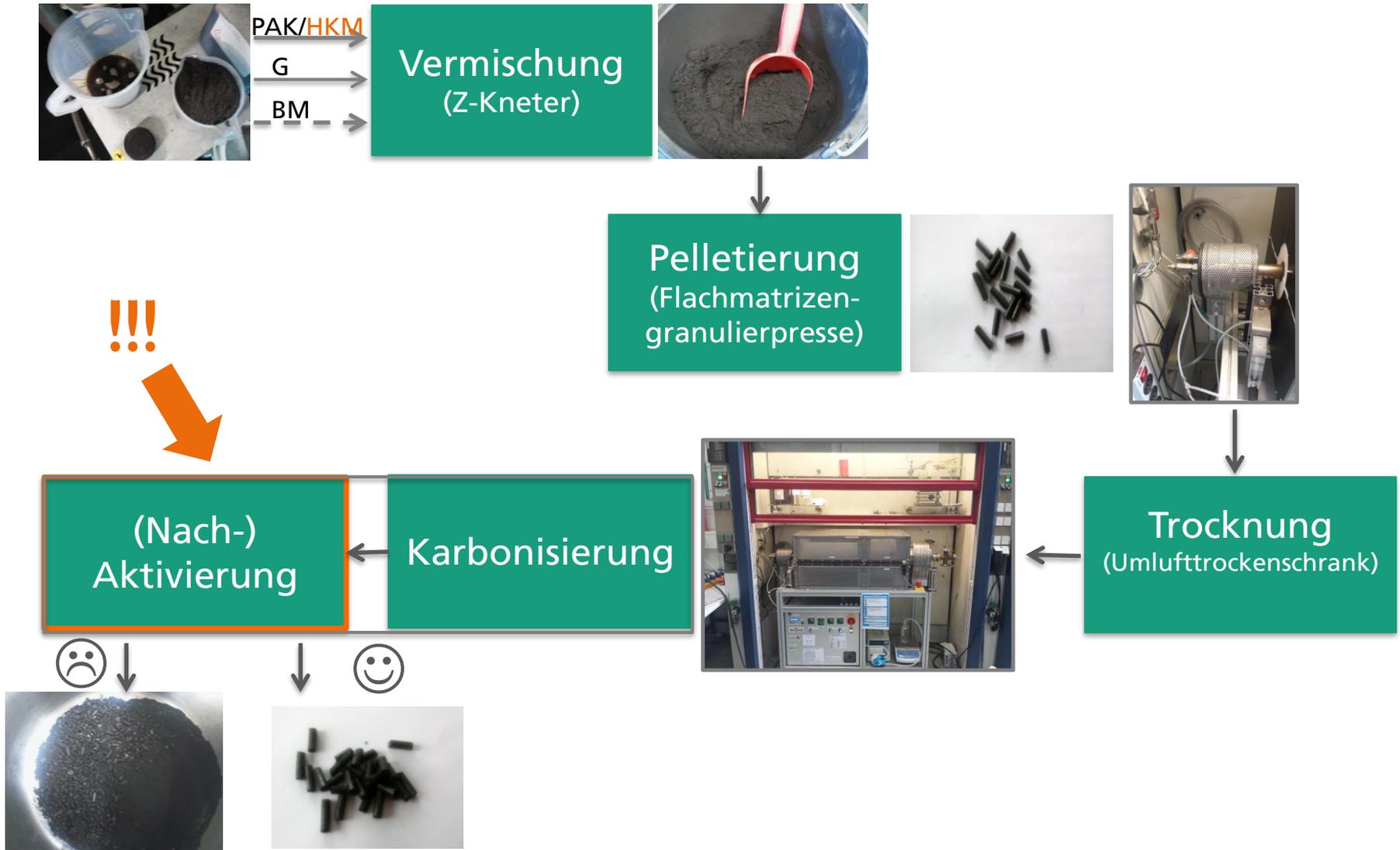
21 Rezepturen
13 % **Graphit**



20 Aktivierungen
3 kg **CAC-ZT**

CAC-ZT: Composite Activated Carbon ZeroTrace | AK-SK: Aktivkohle aus Steinkohle | AK-HK: Aktivkohle aus Holzkohle
AK-KK: Aktivkohle aus Kokosnussschalen | HKM: Holzkohlenmehl

1 | Herstellung der ZeroTrace Aktivkohle (CAC-ZT)



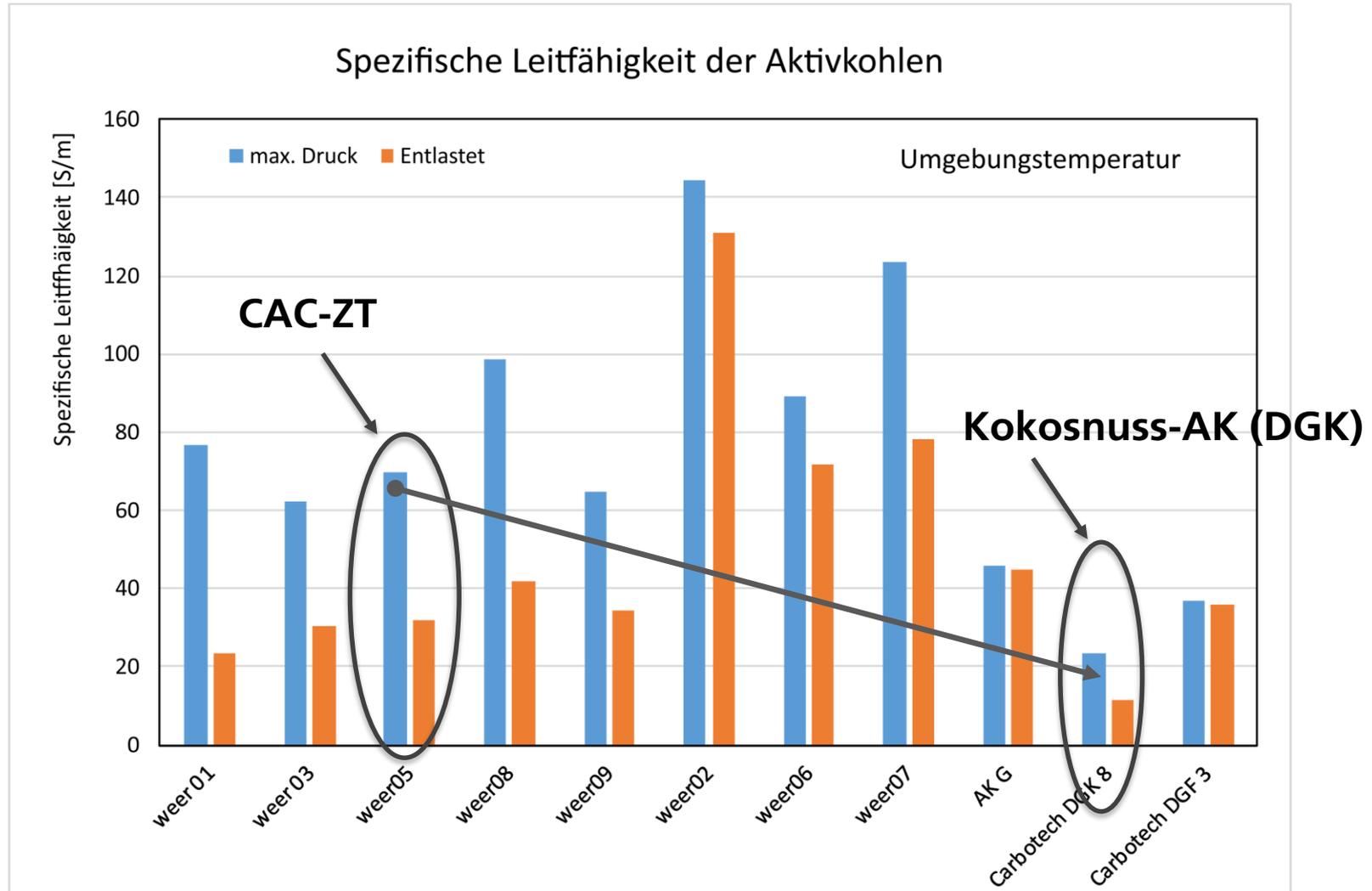
GEFÖRDERT VOM

1 | Morphologische Eigenschaften der ZeroTrace Aktivkohle

	Kat.	Name	Output	Ausbeute	Schüttgewicht	Rütteldichte	Wasser	Asche	Flüchtige	BET	IZ	SH
			g	%	g/L	g/L	wg -%	wg-%	wg-%	m ² /g	mg/g	%
0	Vorversuch	CAC-ZT VV	141,7	47,2	452	461				652	691	80,2
1	Versuch	CAC-ZT #1	154,0	38,5	410	418		8,4	2,7	720	750	49,9
2	Versuch	CAC-ZT #2	170,0	42,5	405	420		7,8	3,8	675	760	56,3
3	Versuch	CAC-ZT #3	167,2	41,8	408	409		7,6	2,8	716	742	80,5
4	Versuch	CAC-ZT #4	170,8	42,7	404	406		7,7	3,4	721	733	63,1
5	Versuch	CAC-ZT #5	171,8	43,0	400	407		7,6	2,9	704	768	67,4
6	Versuch	CAC-ZT #6	167,7	41,9	400	414		8,1	2,7	705	736	72,3
7	Versuch	CAC-ZT #7	157,2	39,3	384	400	0,2	9,6	4,0		705	57,4
8	Versuch	CAC-ZT #8	145,7	36,4	376	400	0,3	9,2	4,2		639	56,2
9	Versuch	CAC-ZT #9	161,5	40,4	395	413	0,2	9,2	2,7		707	58,8
10	Versuch	CAC-ZT #10	128,7	32,2	378	403	0,2	9,8	2,9		699	46,4

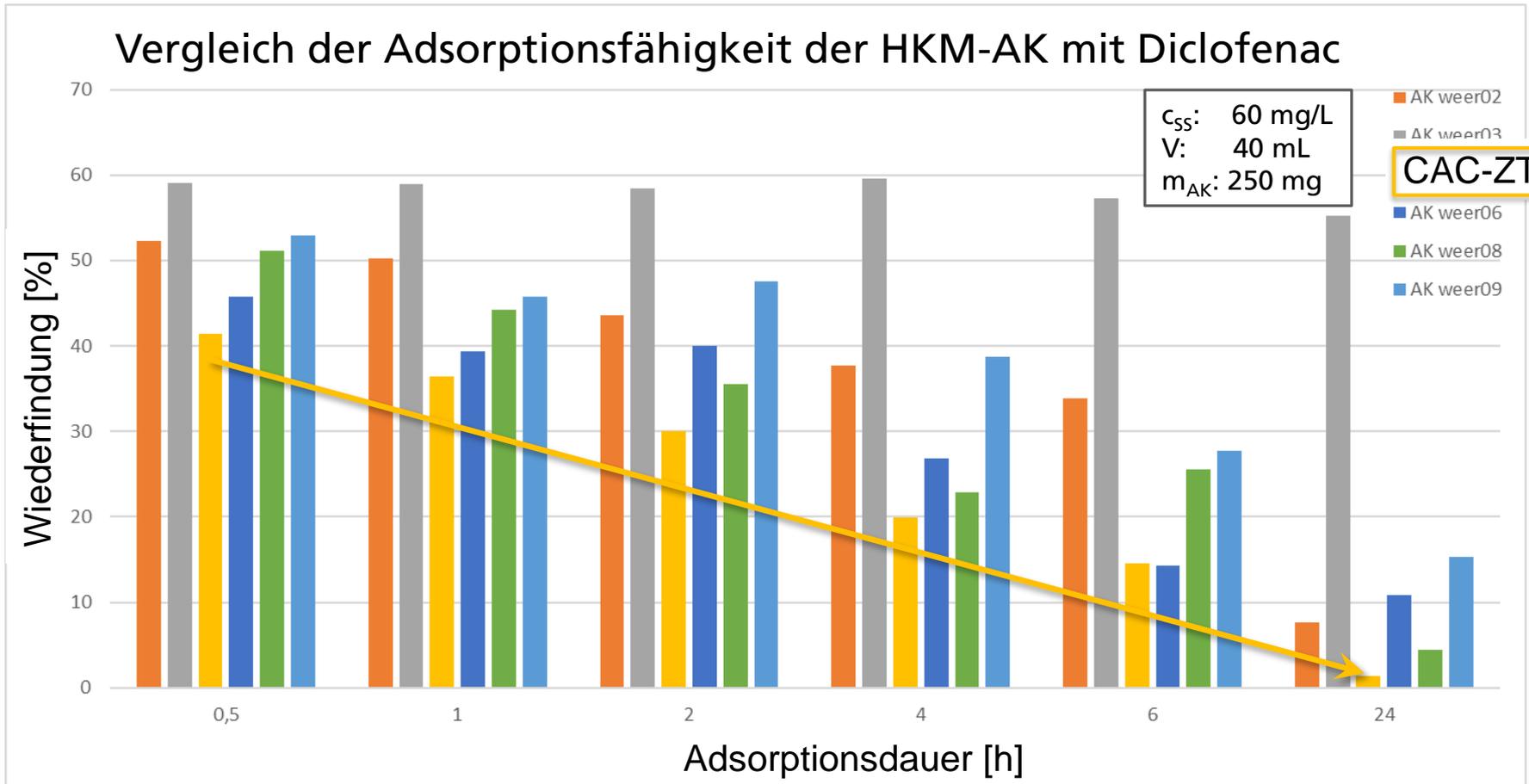
GEFÖRDERT VOM

1 | Elektrische Eigenschaften der ZeroTrace Aktivkohle



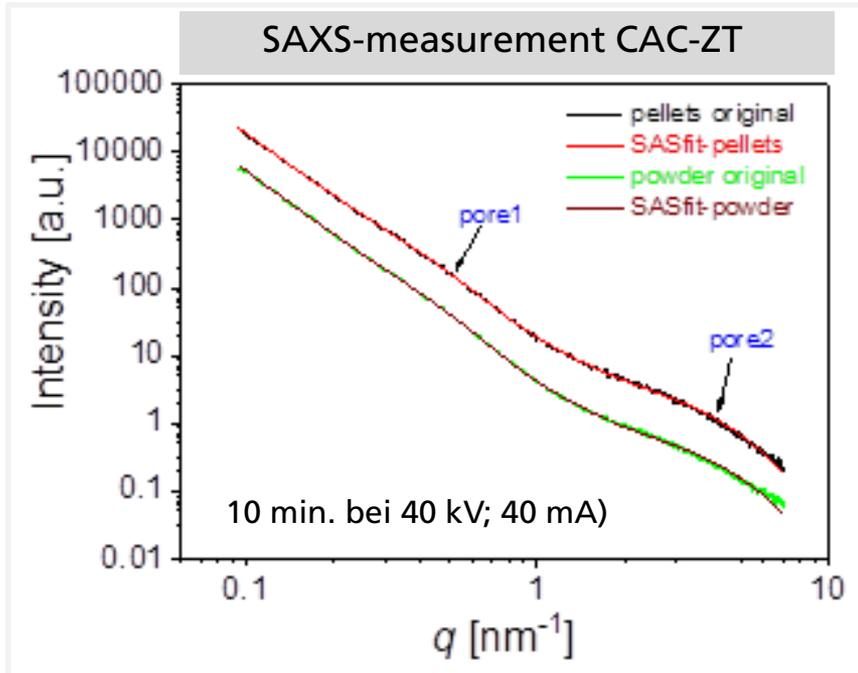
GEFÖRDERT VOM

1 | Adsorptionsverhalten: indirekt

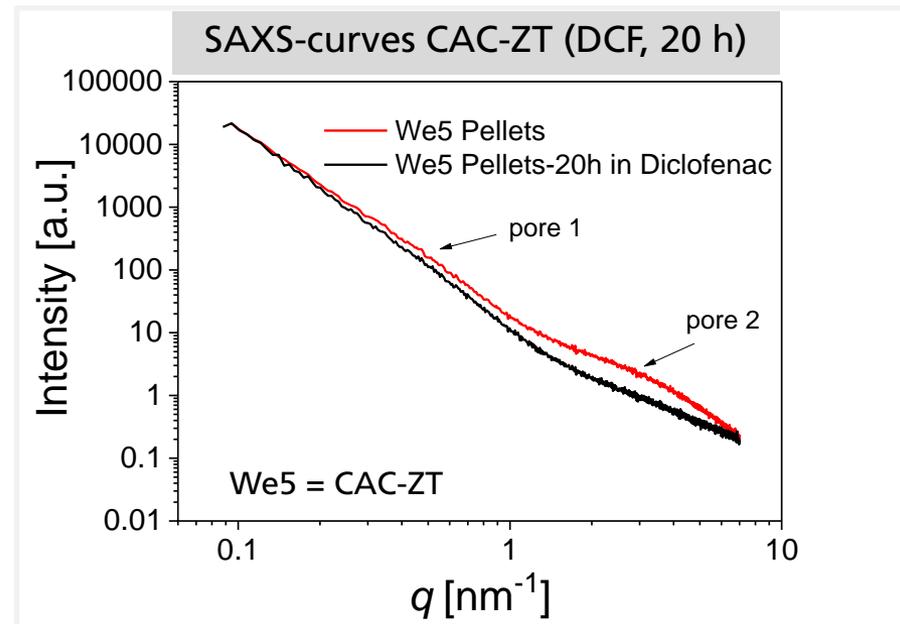


GEFÖRDERT VOM

1 | Adsorptionsverhalten: direkt (SAXS-BAM)



- ⇒ Große Porenanzahl (2), $r = 0,35$ nm
- ⇒ Kleine Porenanzahl (1), $r = 4,1$ nm



Anzahl Pore 2 original: 19,65

Anzahl Pore 2 (20h Diclofenac): 5,83

⇒ 70 % weniger freies Volumen Pore 2

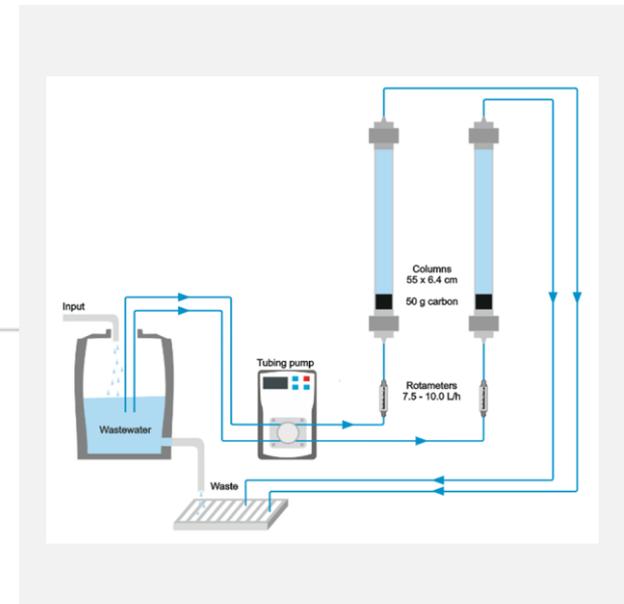
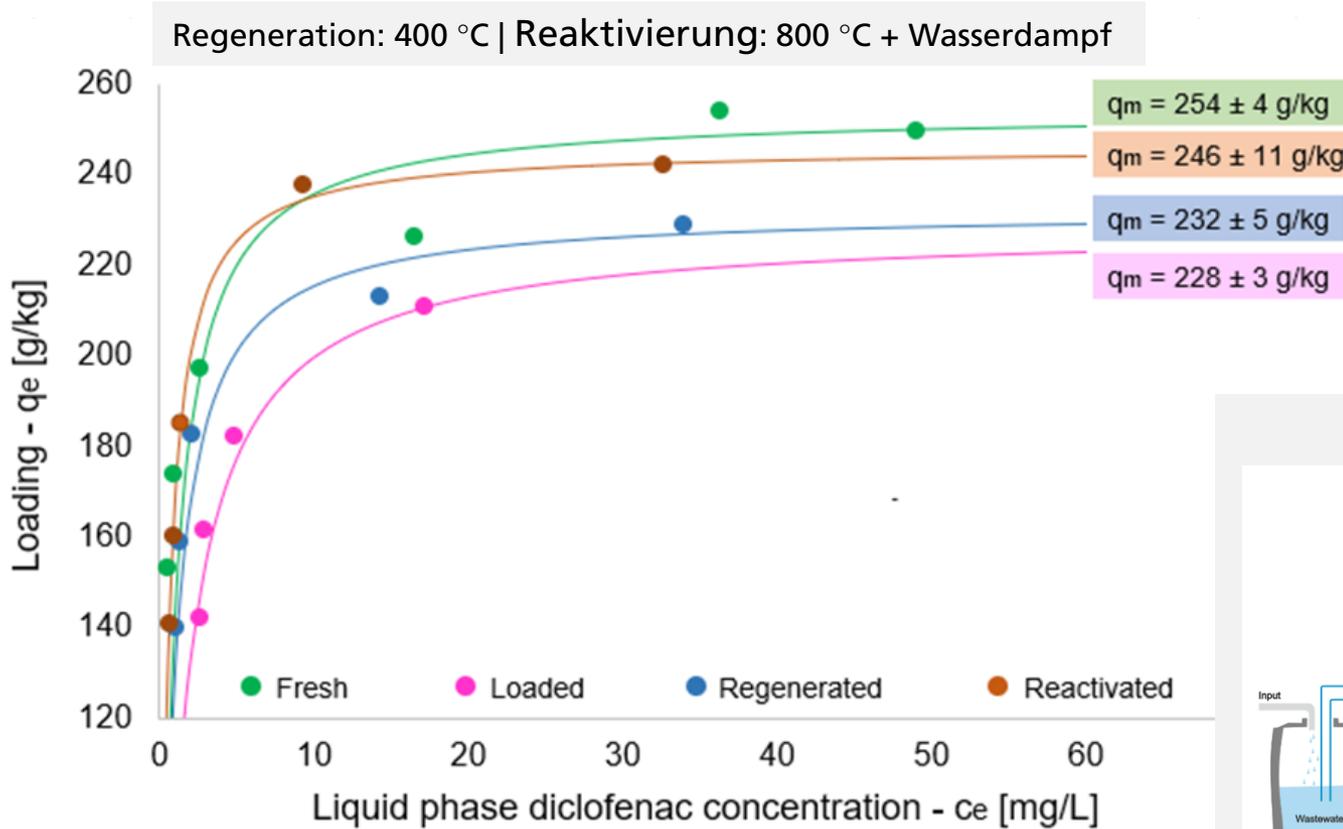
Anzahl Pore1 original: $9,65 \cdot 10^{-4}$

Anzahl Pore1 20h Diclofenac: $6,8 \cdot 10^{-4}$

⇒ 30 % weniger freies Volumen Pore 1

GEFÖRDERT VOM

1 | Regeneration/Reaktivierung der ZeroTrace AK im Drehrohrföfen



CAC-ZT [mg/L]: 50, 100, 200, 300, 350, 400 | DCF [mg/L]: 60

GEFÖRDERT VOM

FAZIT

Die ZeroTrace-Aktivkohle ist:

regenerativ



mechanisch stabil



regenerierbar und reaktivierbar



adsorptionsfähig



deutlich leitfähiger als das Basismaterial



1

GEFÖRDERT VOM

EFSA-REGENERATION

[Electric Field Swing Adsorption]

2 | Aufbau der Labor-EFSA



GEFÖRDERT VOM

3 | Adsorptionsversuche auf der KA-Buchenhofen



Ablauf: Industrielles Abwasser

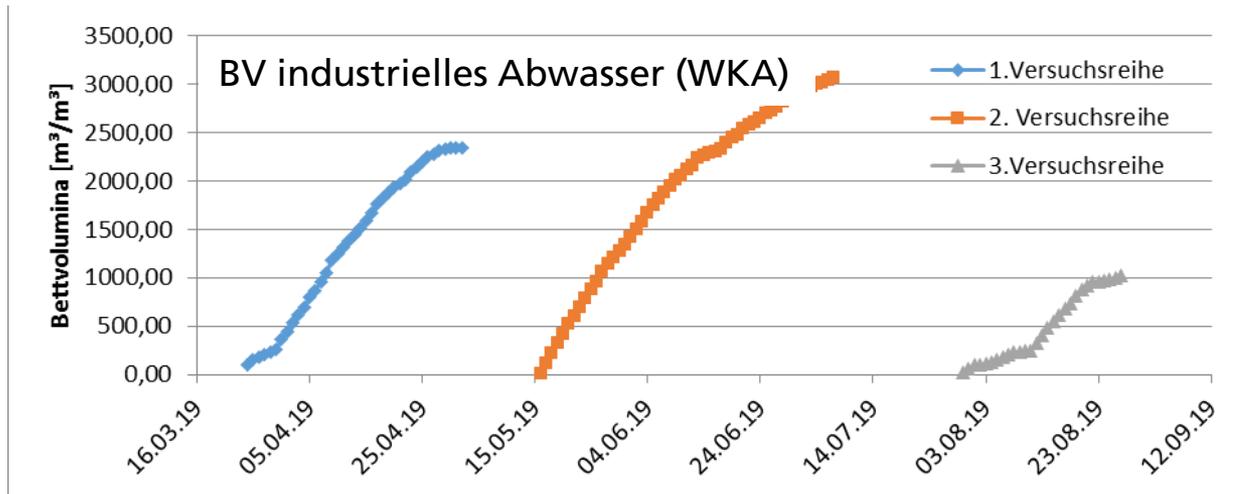
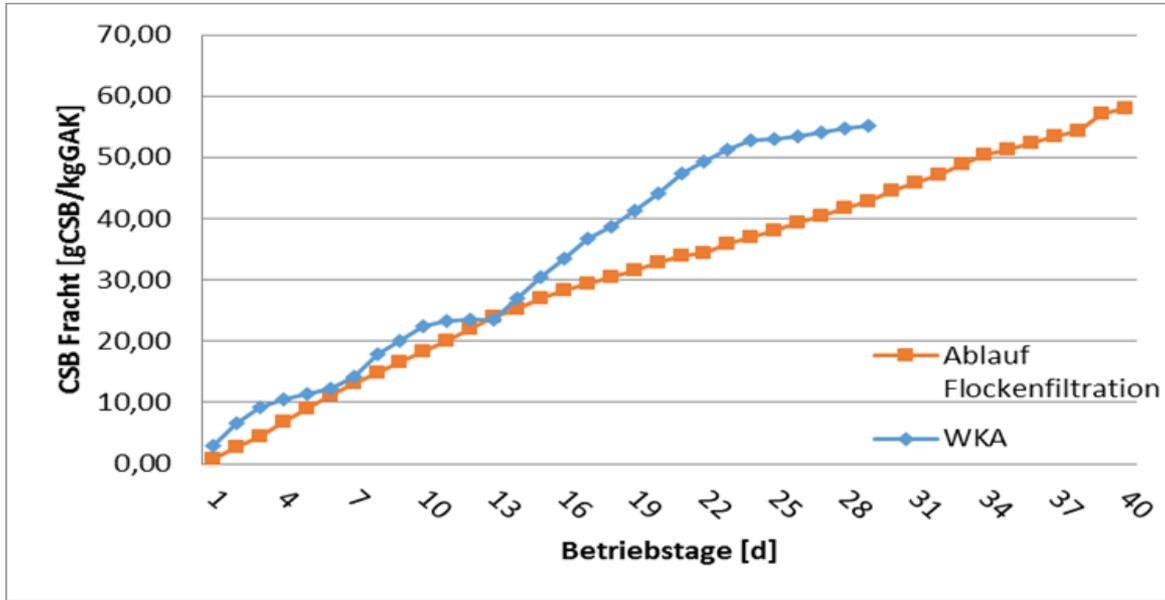


Ablauf: Kommunales Abwasser



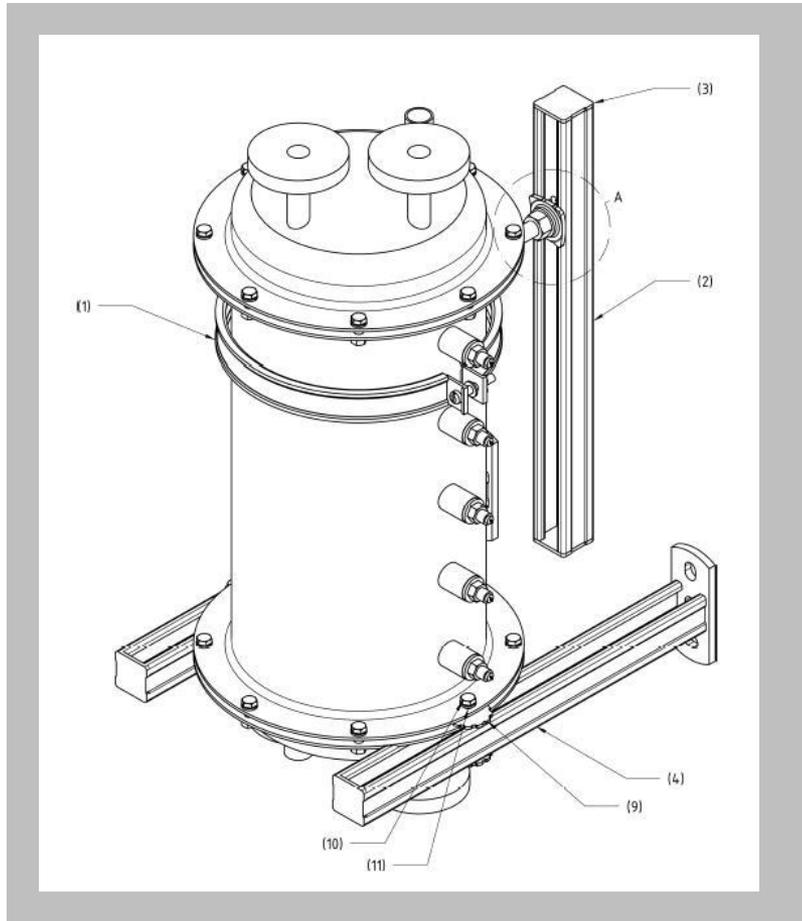
GEFÖRDEBT VOM

3 | Adsorptionsversuche auf der KA-Buchenhofen 3

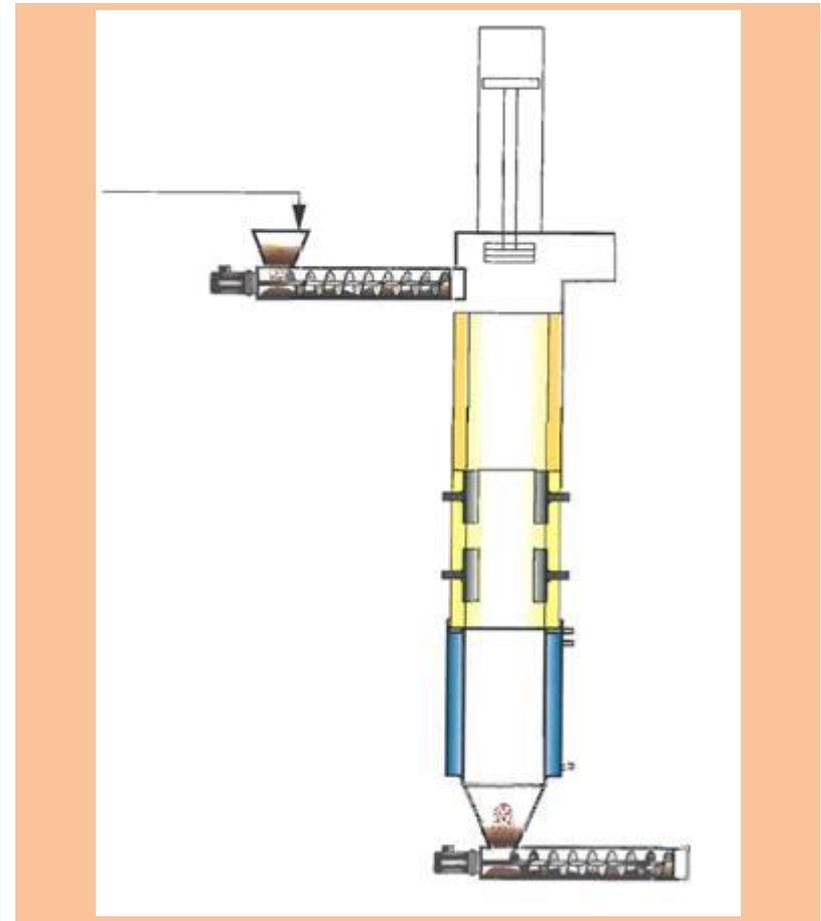


GEFÖRDERT VOM

3 | Konzeptionierung und Aufbau der Demonstrations-EFSA



DESIGN 1.0



DESIGN 2.0

FAZIT

- Aufbau des Labor EFSA-Reaktors abgeschlossen → 😊
- stabiler Betrieb des Labor EFSA-Reaktors demonstriert → 😊
- Beladung der Kohlen in den Versuchsreaktoren und in Kleinsäulenversuchen abgeschlossen → 😊
- Fertigstellung der Demonstrations-EFSA 03/20 → 😐
- weitere Beladungsversuche auf der KA gestartet → 😐
- Parameterstudie zu den EFSA-Anlagen starten 03/20 → 😐

2|3

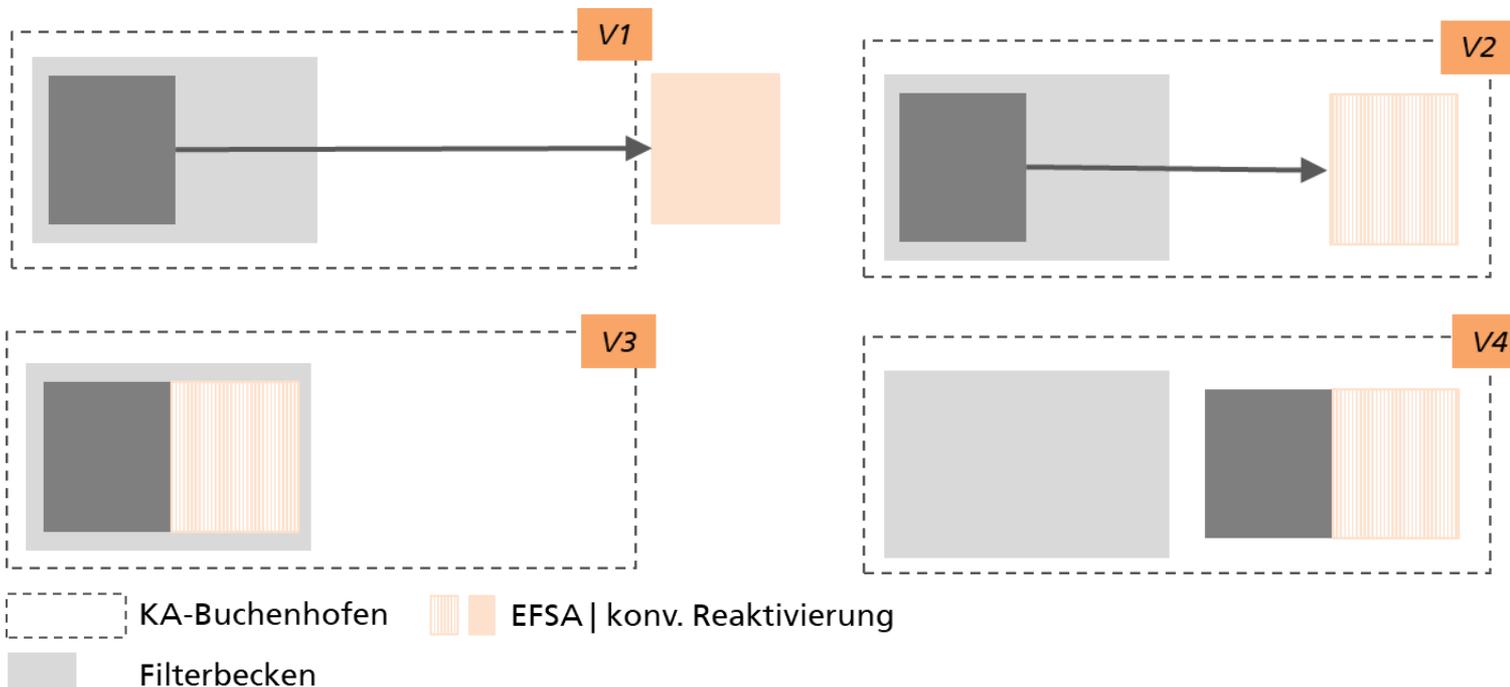
STOFFSTROMBASIERTE MULTIKRITERIEN-ANALYSE

[MKA]

4 | Verfahrens- und Materialvarianten für die MKA

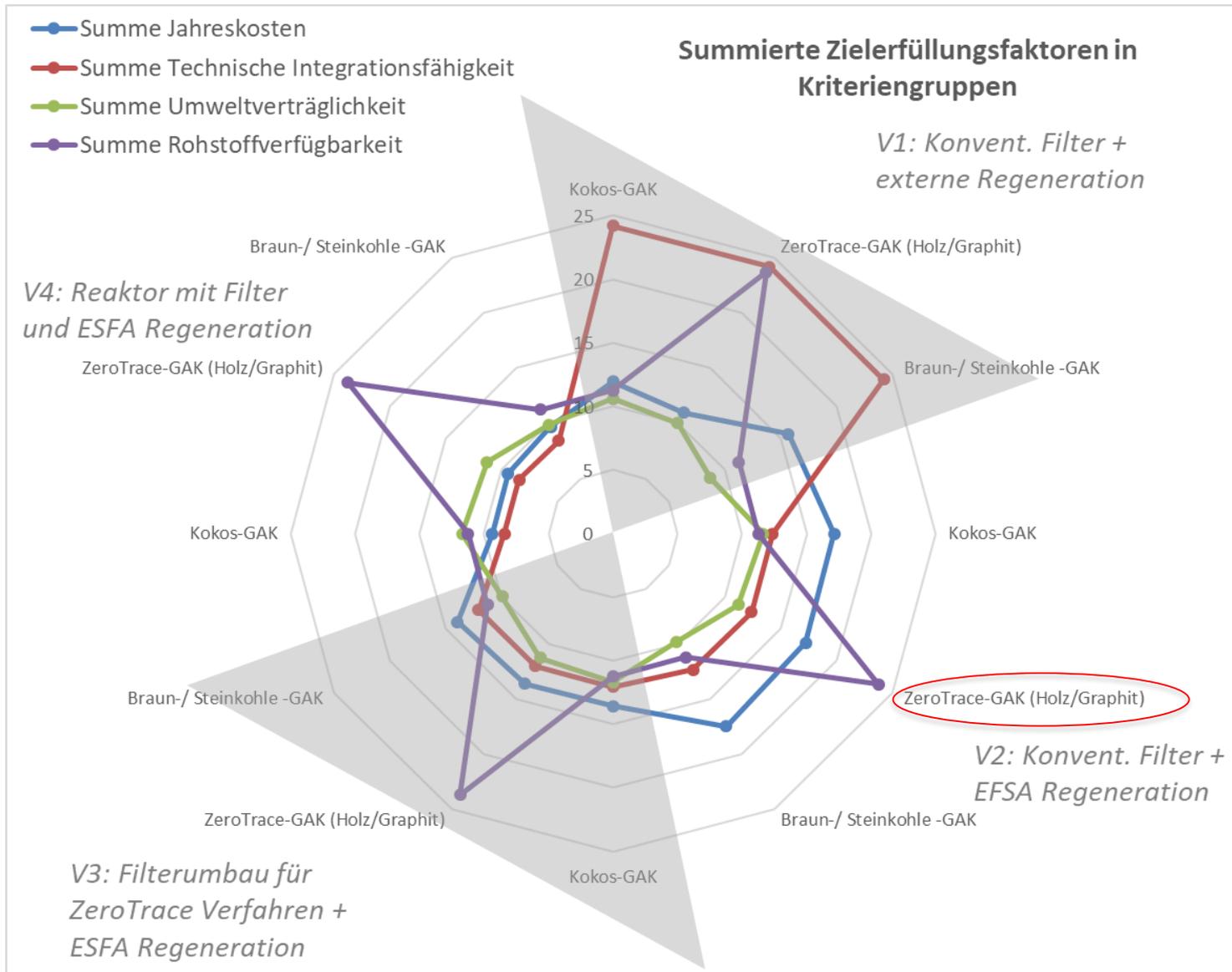
CAC-ZT | Kokosnussschalen (DGK) | Ref.: Braun-/Steinkohlen AK (Hydraffin AR)

- V1 | Konv. GAK Verfahren mit externer Regeneration
- V2 | Konv. GAK Verfahren mit on-site ZeroTrace Regeneration im EFSA-Reaktor
- V3 | GAK-ZeroTrace Verfahren mit integrierter ZeroTrace Filtration und on-site Regeneration in Filterkammer
- V4 | GAK-ZeroTrace Verfahren mit integrierter ZeroTrace Filtration und on-site Regeneration im EFSA Reaktor (120 m³)



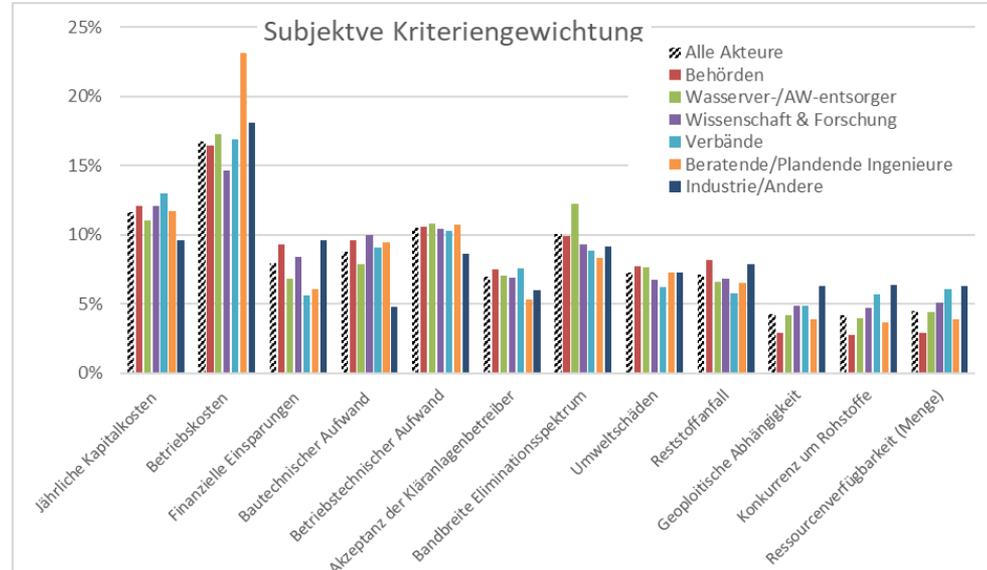
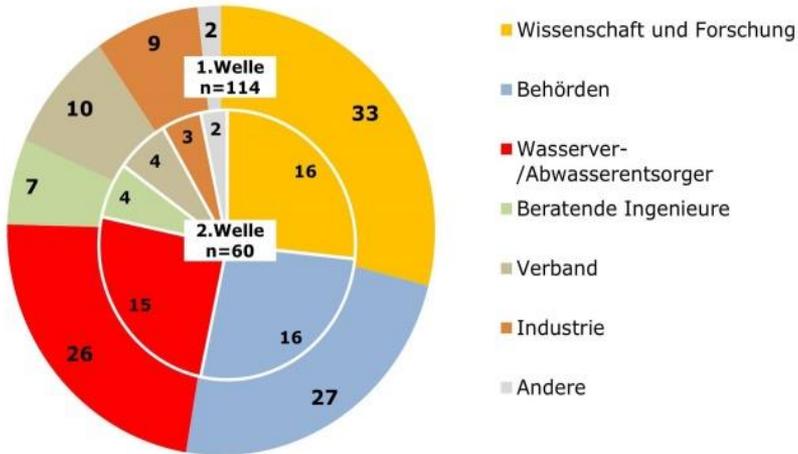
GEFÖRDERT VOM

4 | Verfahrens- und Materialvergleich über Kriterien-Gruppen (vorl.)

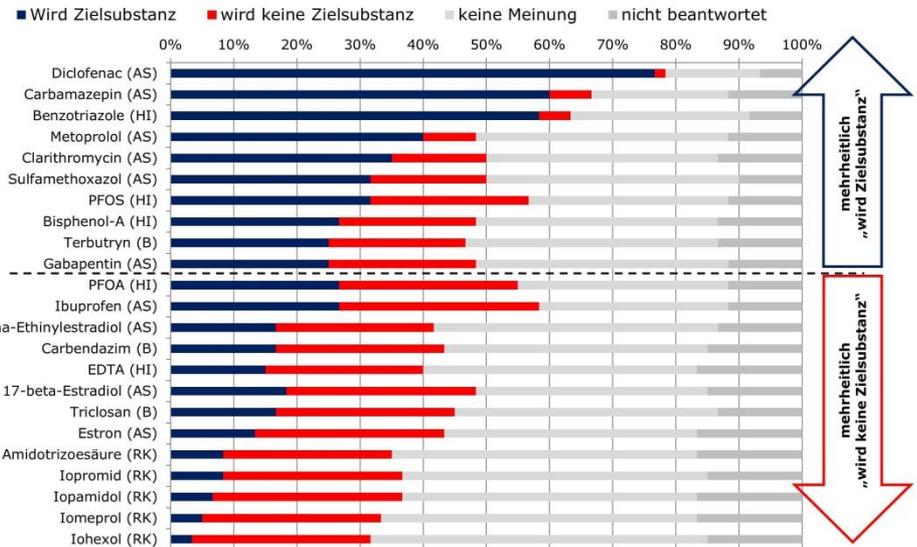


GEFÖRDERT VOM

4 | Vorgelagerte Delphi-Befragung für Stakeholder Perspektiven

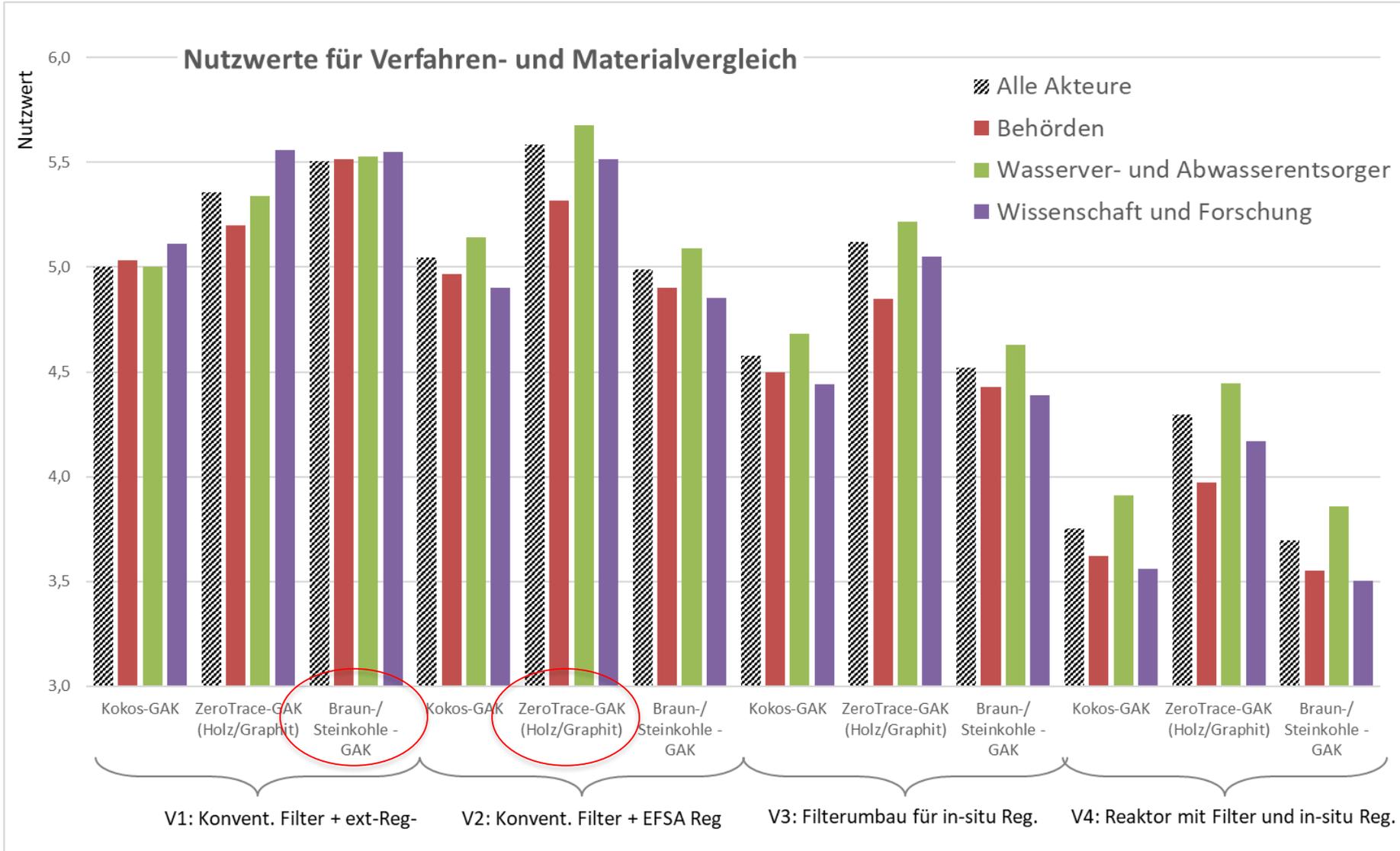


Welches sind aus Ihrer Sicht die vielversprechendsten Verfahren und Kombination mit dem aktuell höchsten Einsatzpotenzial für die Spurenstoffentfernung? (maximal 3)



GEFÖRDERT VOM

4 | Verfahrens- und Materialvergleich: Stakeholder Nutzwerte (vorl.)



GEFÖRDERT VOM

FAZIT

4

- Charakterisierung von Anwendungsszenarien
 - Entwicklungsbegleitender Abgleich mit Anwendungsanforderungen
 - Integration von Stakeholder Perspektiven
 - Vergleichende Bewertung der Innovationen
- ZeroTrace GAK mit ESFA ähnlich gut wie konvent. GAK Verfahren
- Betriebskosten, Betriebs- und Bauaufwand größter Optimierungshebel
- Stärken: geringer Rohstoffverbrauch u. Kreislaufführung auf der KA

Zusammenfassung und Ausblick

In ZeroTrace wurde/n:

- Kompositaktivkohlen hergestellt, die
 - ... mechanisch stabil und effizient ist,
 - ... aus nachwachsenden Rohstoffen besteht und
 - ... elektrothermisch regenerierbar ist.
- wiss. Erkenntnisse zum Adsorptionsverhalten und der Morphologie gewonnen (SAXS, Adsorptionsisothermen).
- Anlagen im Labormaßstab für die EFSA und im Demonstrationsmaßstab für die Adsorption aufgebaut und betrieben.

GEFÖRDERT VOM

ZERO|TRACE

Vielen Dank!



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