

Verband Schweizer  
Abwasser- und  
Gewässerschutz-  
fachleute

Association suisse  
des professionnels  
de la protection  
des eaux

Associazione svizzera  
dei professionisti  
della protezione  
delle acque

Swiss Water  
Association



# Il carbone può essere sostenibile?

Marc Böhler (Eawag) [marc.boehler@eawag.ch](mailto:marc.boehler@eawag.ch)

# SOSTENIBILITÀ

**La definizione originale di sostenibilità nasce in ambito forestale; nel 1713 Hans Carl von Carlowitz (sovrintendente minerario della Sassonia, 1645 – 1714), in una pubblicazione («Sylvicultura oeconomica») parlava dell'utilizzo sostenibile delle foreste, quindi del principio della gestione sostenibile delle risorse naturali.**

## SOSTENIBILITÀ

### Sostenibilità ecologica

- Conservazione della natura e dell'ambiente per le generazioni successive

### Sostenibilità economica

- Sistema economico che non sfrutta le risorse naturali
- Sostenibile nel lungo termine
- Base del benessere generale

### Sostenibilità sociale

- Equità tra nord e sud del mondo
- Tutela dei bisogni fondamentali di ogni persona
- Equa ripartizione dell'accesso alle risorse del mondo

## S O S T E N I B I L I T À

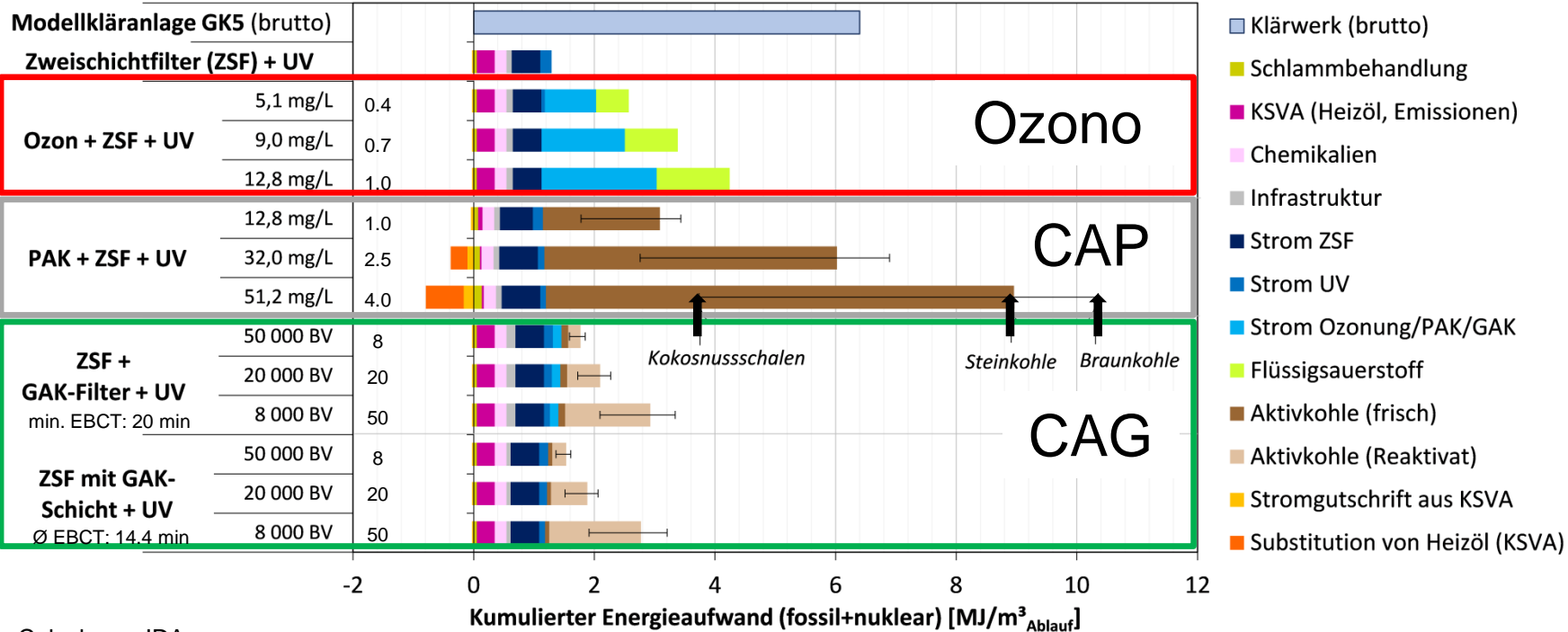
### Sostenibilità ecologica

○ Conservazione della natura e dell'ambiente per le generazioni successive

- Gli studi sul Life Cycle Assessment (LCA) possono produrre dichiarazioni quantitative
- Gli studi, tuttavia, sono molto complessi
- Diversi indicatori d'impatto:
  - Consumo energetico cumulativo (fossile + nucleare, «KEA»)
  - Potenziale di gas a effetto serra (impronta della CO<sub>2</sub>, «THP»)
  - Potenziale di acidificazione
  - Eutrofizzazione delle acque dolci, altro.....
- a oggi pochi studi nel settore microinquinanti

# Consumo energetico (KEA) dei processi (esempio!)

g/g COD

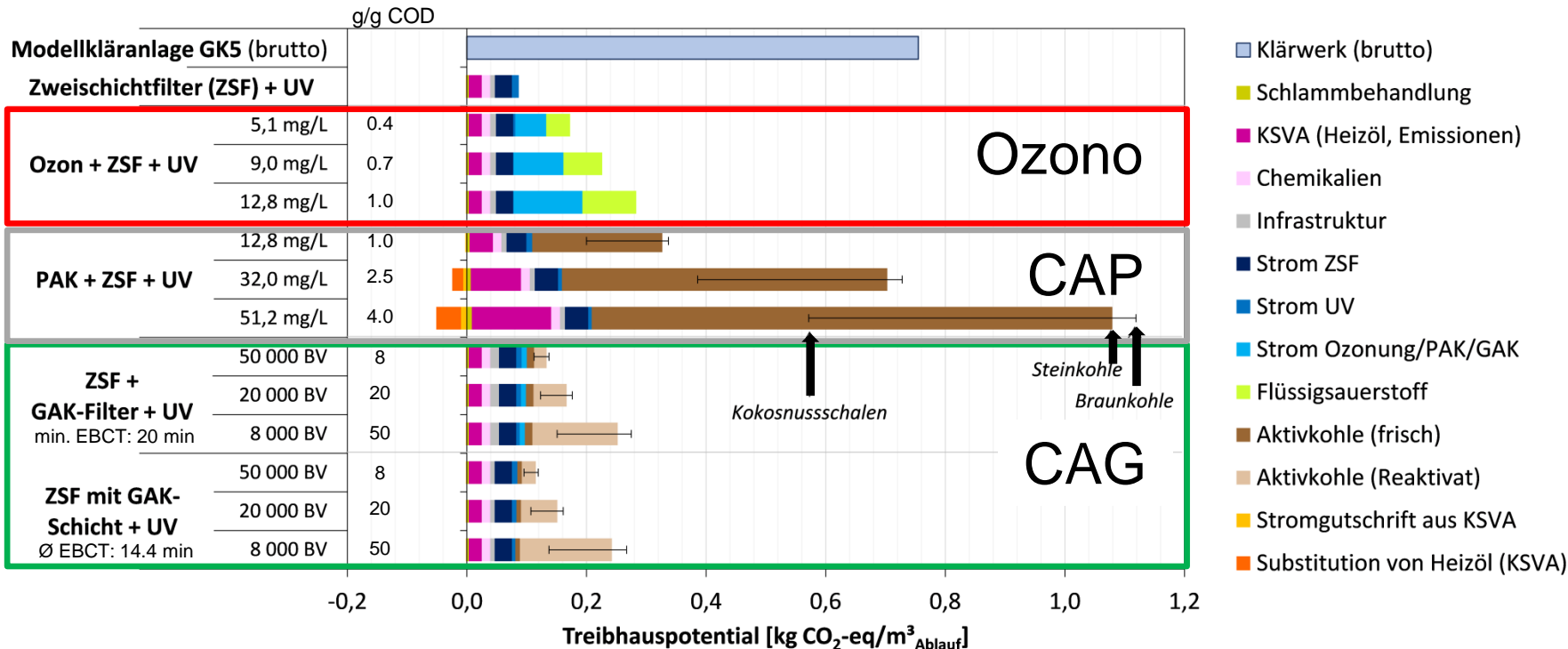


Calcolo per IDA:

- con alto COD 12.8 mg/L
- esigenze incrementate (obiettivi di Berlino) per eliminazione P < 0.1 mg P/L e disinfezione per acque di balneazione nel semestre estivo con trattamento UV
- Mix energetico tedesco
- CAG: 400 g/m<sup>3</sup>

**Fonte:** Mutz D., Remy C., Miehe U. e Sperlich A. (2017). Einfluss von Ozonung oder Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Entfernung organischer Spurenstoffe auf den Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Kläranlage. Korrespondenz Abwasser, Abfall 64(4), 310-20, aktualisierte Berechnung C. Remy 2019

# Potenziale gas effetto serra (THP) dei processi (esempio!)

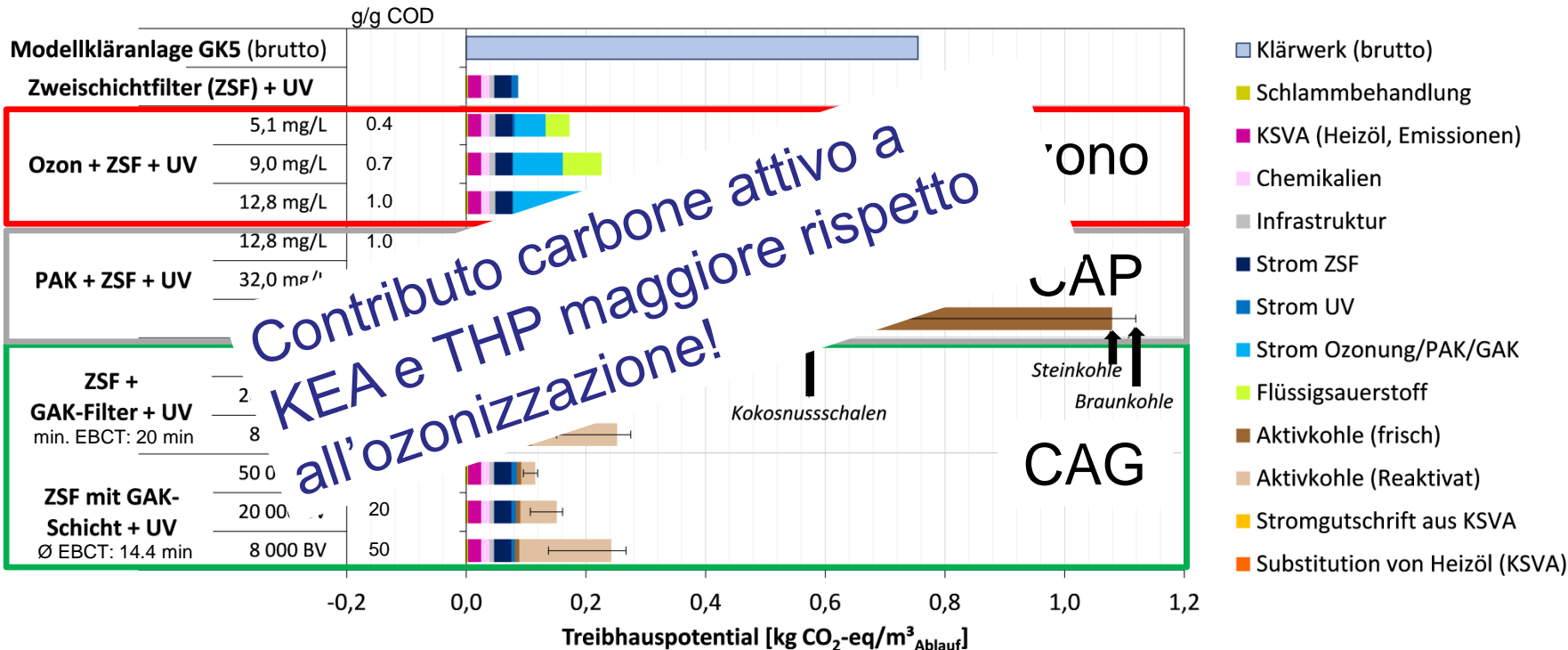


Calcolo per IDA:

- con alto COD 12.8 mg/L
- esigenze incrementate (obiettivi di Berlino) per eliminazione P < 0.1 mg P/L e disinfezione per acque di balneazione nel semestre estivo con trattamento UV
- Mix energetico tedesco
- CAG: 400 g/m<sup>3</sup>

**Fonte:** Mutz D., Remy C., Miehe U. e Sperlich A. (2017). Einfluss von Ozonung oder Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Entfernung organischer Spurenstoffe auf den Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Kläranlage. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 64(4), 310-20, aktualisierte Berechnung C. Remy 2019

# Potenziale gas effetto serra (THP) dei processi (esempio!)



Calcolo per IDA:

- con alto COD 12.8 mg/L
- esigenze incrementate (obiettivi di Berlino) per eliminazione P < 0.1 mg P/L e disinfezione per acque di balneazione nel semestre estivo con trattamento UV
- Mix energetico tedesco
- CAG: 400 g/m<sup>3</sup>

**Fonte:** Mutz D., Remy C., Miehe U. e Sperlich A. (2017). Einfluss von Ozonung oder Aktivkohleadsorption zur weitergehenden Entfernung organischer Spurenstoffe auf den Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Kläranlage. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 64(4), 310-20, aktualisierte Berechnung C. Remy 2019

## Fattori d'influenza sul fabbisogno di carbone attivo o sull'impronta



- *Quale processo e quale obiettivo di qualità?*
- *Quale matrice delle acque di scarico (COD, ...)*
- *Luogo/quota dosaggio?*
- *Quale strategia di dosaggio?*
- *Quale materia prima di partenza?*
- *Quale origine della materia prima?*
- *Quale metodo di produzione?*
- *Tipo, qualità ed efficienza del prodotto?*
- *È possibile la riattivazione?*
- *Il riciclo è possibile?*

# Quanto carbone attivo serve in Svizzera?



Ipotesi: 10 milioni di abitanti in Svizzera

50% con stadio microinquinanti

50% con O<sub>3</sub> / 50% carbone attivo (CA) = 25% degli abitanti

0.35 m<sup>3</sup>/abit\*giorno quantità di acque di scarico trattate

**Dose di carbone attivo:**

da 10 a 15 mg CA/L o da 1 a 2 mg CA/mg COD (CAP = CAG)

## Consumo carbone attivo per eliminazione microinquinanti CH:

circa **4000 tonnellate all'anno** o 0,5 kg/anno e abitanti

(riferim.: 8.42 mio. abitanti in Svizzera, 2017)

*per fare un confronto:*

## Consumo carbonella in Svizzera:

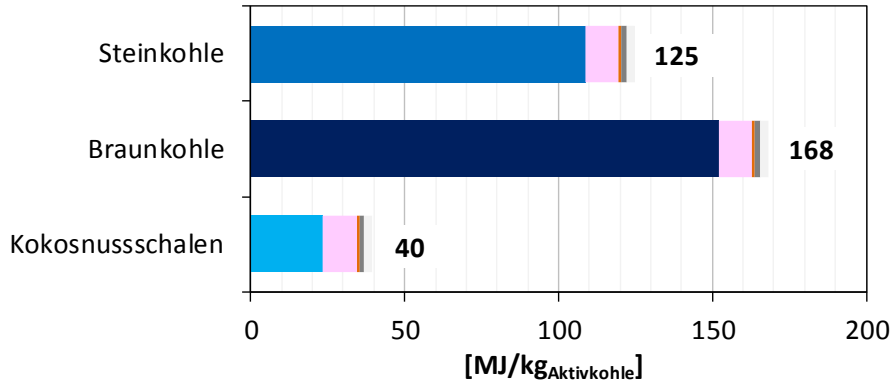
**Fonte:** WWF Svizzera, 2018

circa **13000 tonnellate all'anno** o 3,5 kg/anno e famiglia 2017

# Produzione di carbone attivo



## \* Kumulierter Energieaufwand (fossil): Herstellung von frischer Aktivkohle

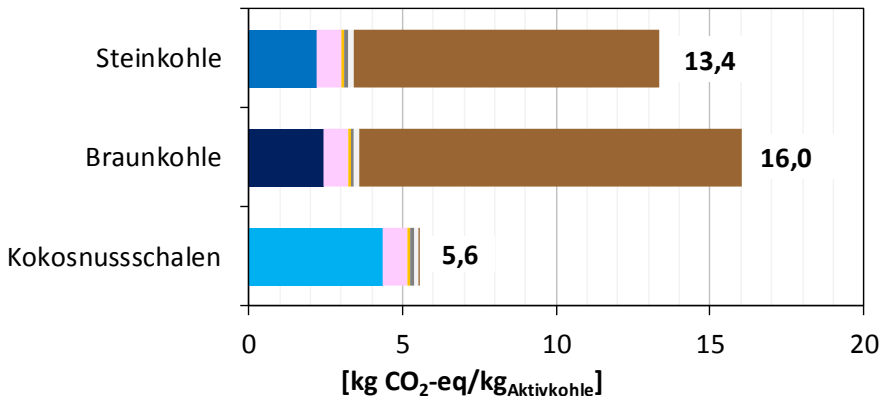


## materia prima di partenza biogena

- Fattore da 3 a 4 per KEA
- Fattore da 2.5 a 2.8 per THP

**Meglio!**

## \* Treibhauspotential (GWP 100a): Herstellung von frischer Aktivkohle



### pro kg Aktivkohle:

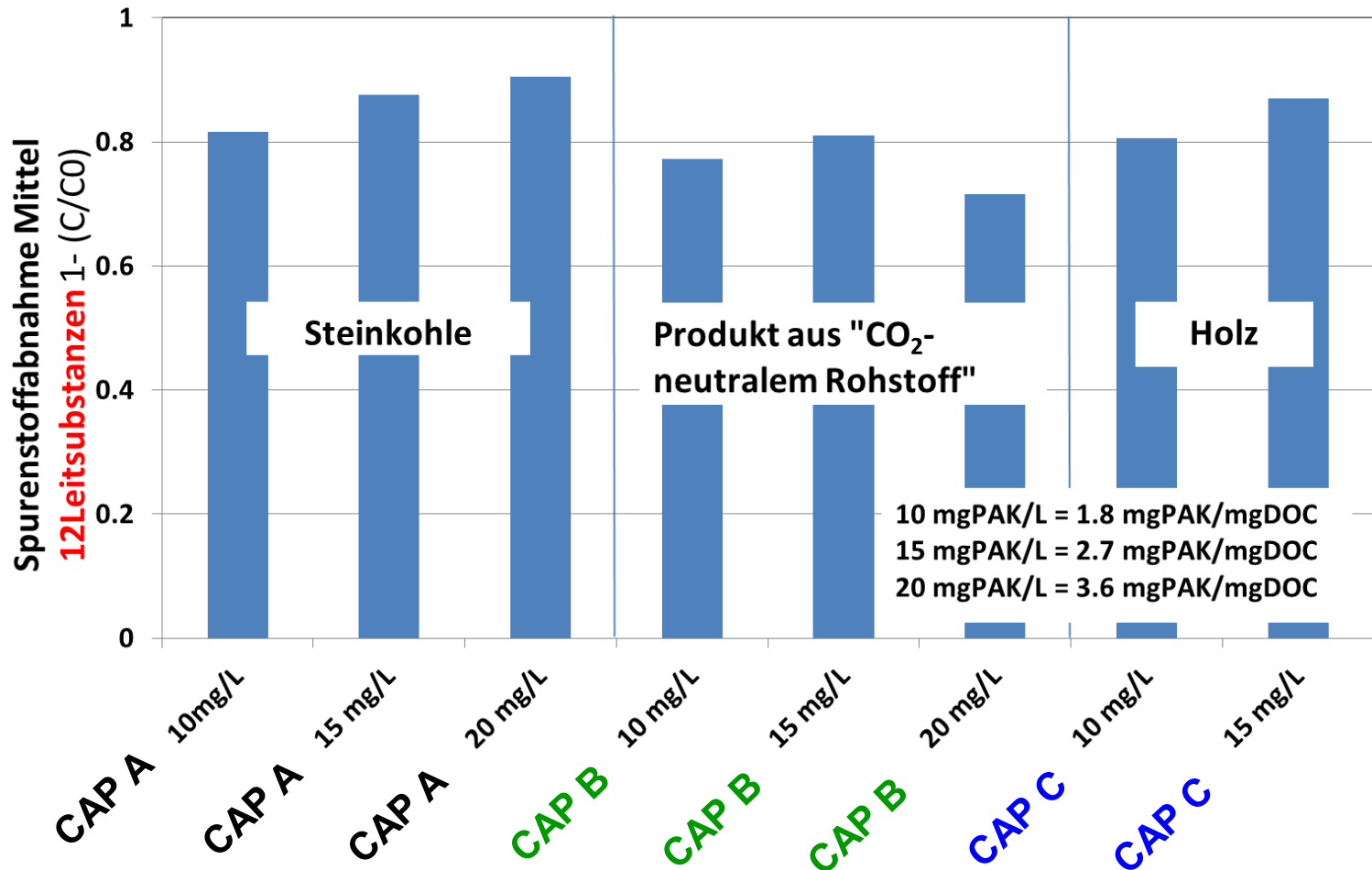
Steinkohle Gewinnung	4 kg
Biochar Herstellung	10 kg Rohmaterial = 3 kg Biochar
Braunkohle Gewinnung	5,5 kg
Dampf	3,5 kg
Strom [CN]	0,1 kWh
Transport, LKW	600 km
Transport, Schiff	15 000 km
Emissionen beim Abbrand	3 kg (StK), 4,5 kg (BrK), 2 kg (Biochar)

Fonte: Rapporto finale progetto ASKURIS, TU Berlino, 2015, \* aggiornato con indicazioni produttori AK (colloquio tecnico DWA) + fattori di valutazione dall'ecobilancio - Banca dati Ecoinvent, elaborazione C. Remy (KWB, Centro di competenza Acqua Berlino, 2019)

# Materie prime di partenza biogene a confronto



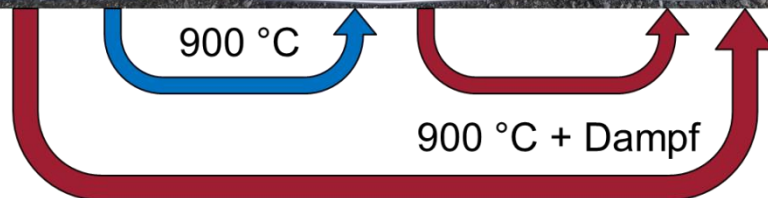
Trattamento microinquinanti dopo 24 h di prove batch con **CAP commerciali**:



# Progetto Emprion



Produzione di carboni attivi dal legno svizzero, da rifiuti biogeni e dal fango di depurazione



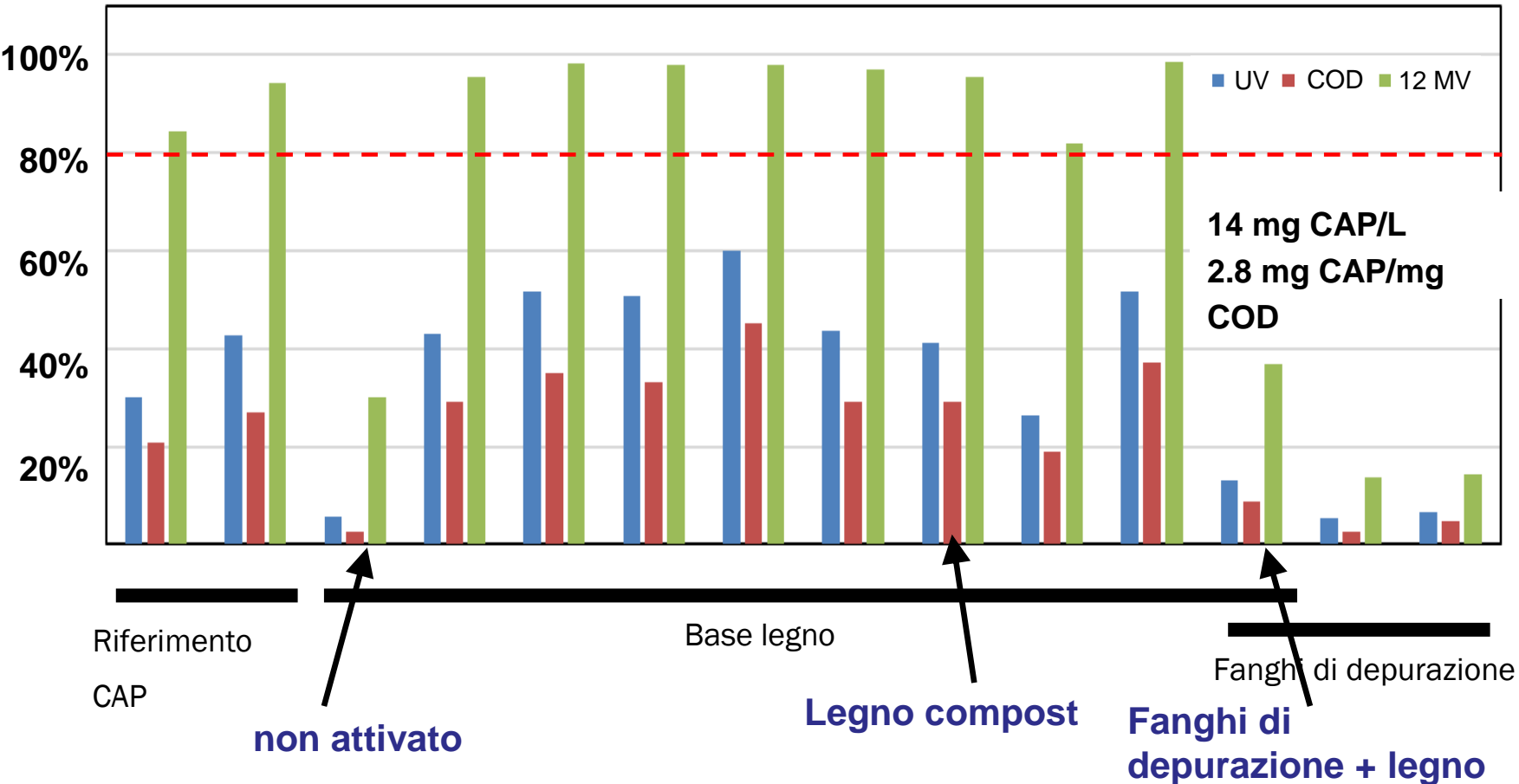
## Team di progetto:

N. Hagemann, I. Hilber, T. Bucheli  
(**Agroscope**),  
R. Kägi, M. Böhler, C. McArdel, A.  
Maccagnan (**Eawag**),  
H.-P. Schmidt (**Ithaka Institute**)  
*con il patrocinio dell'UFAM*

# Progetto Empyrion



Efficienza dei carboni attivi prodotti dopo 24 h di prove batch



Fonte: Hagemann, N., Bucheli, T., Schmidt, H.-P., Kägi, R., Böhler, M., McArdel, C.S. (2019): «Aktivkohle – Made in Switzerland!» Aqua & Gas, Bd. 1, 2018

# Progetto Empyrion



Efficienza dei carboni attivi prodotti dopo 24 h di adsorbimento a 120°C per la rimozione di COD e 12 MV. *AQUA & GAS N°1 | 2019*



Fonte: Hagemann, N., Bucheli, T., Schmidt, H.-P., Kägi, R., Böhler, M., McArdel, C.S. (2019): «Aktivkohle – Made in Switzerland!» Aqua & Gas, Bd. 1, 2018

# Progetto Emyrion



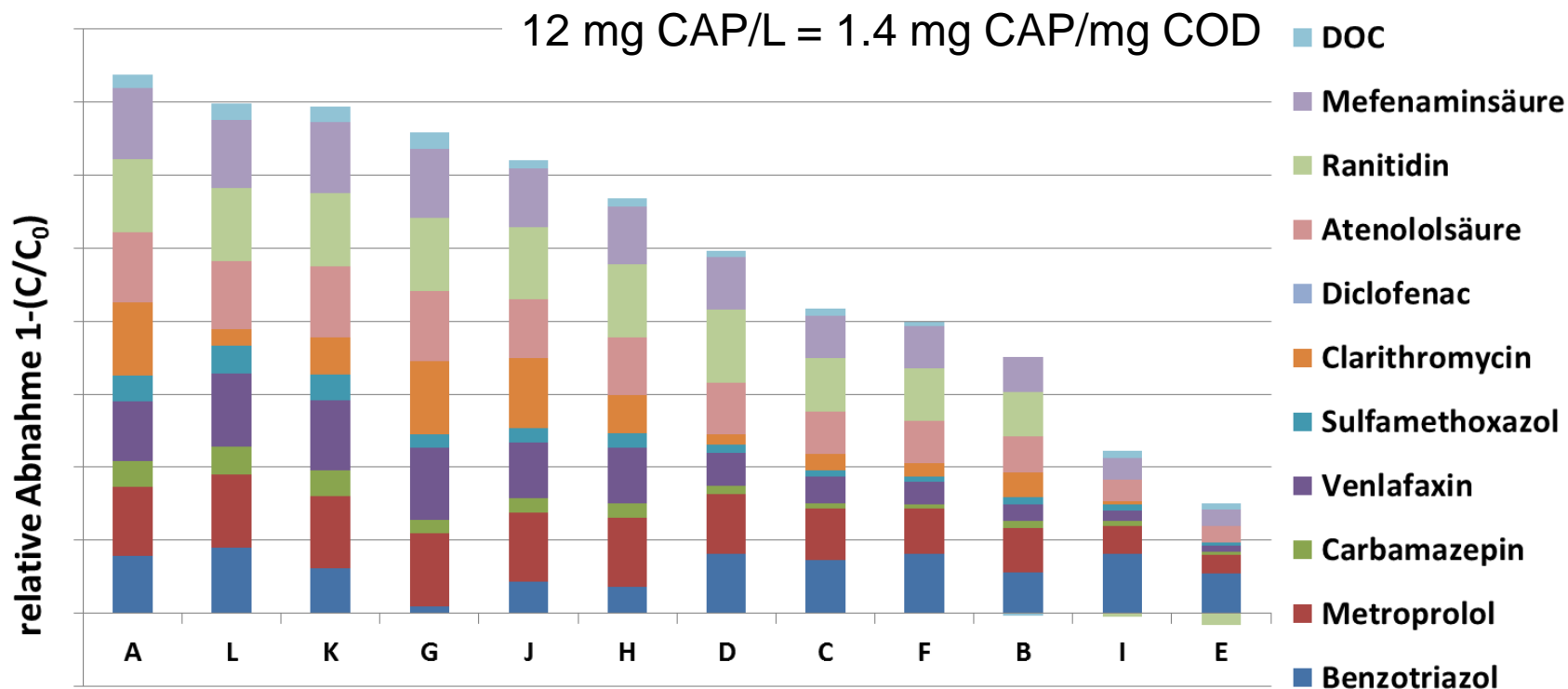
## EMPYRION 2

- (1) Idoneità dei CA svizzeri per l'eliminazione dei microinquinanti a livello di impianto pilota – IDA su larga scala*
- (2) Focus sulla materia prima di partenza «**Legno compost**»*
- (3) Produzione di CA da fanghi di depurazione – Azione del CA nei fanghi di depurazione*

## **Cooperazioni e partner opzionali** (scelta)

- *Diversi utilizzatori di biomassa (particelle legnose di grandi dimensioni)*
- *IDA ProRheno – Test del CA su base legno compost*
- *IDA Thunersee – Centro di biomassa di Spiez*
- *IDA Herisau – Carboni attivi da fanghi di depurazione*

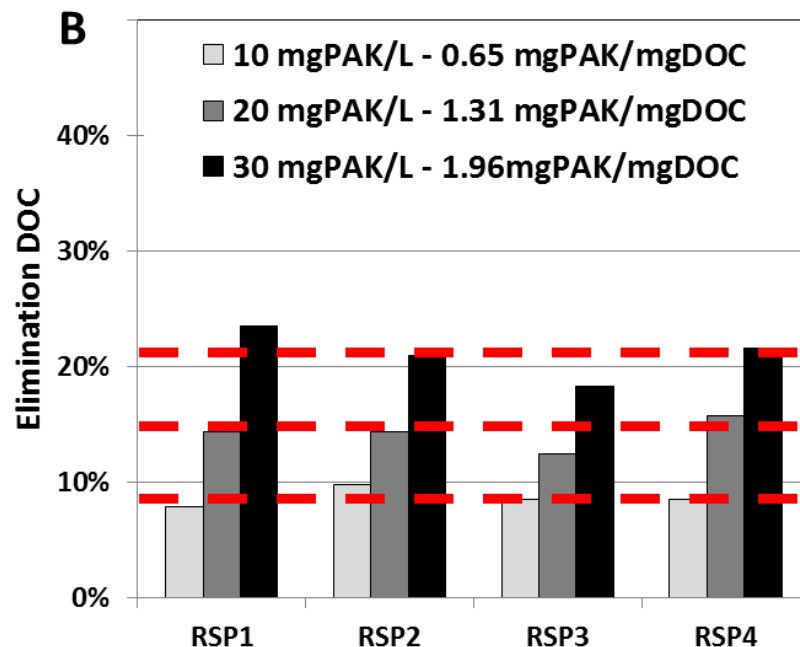
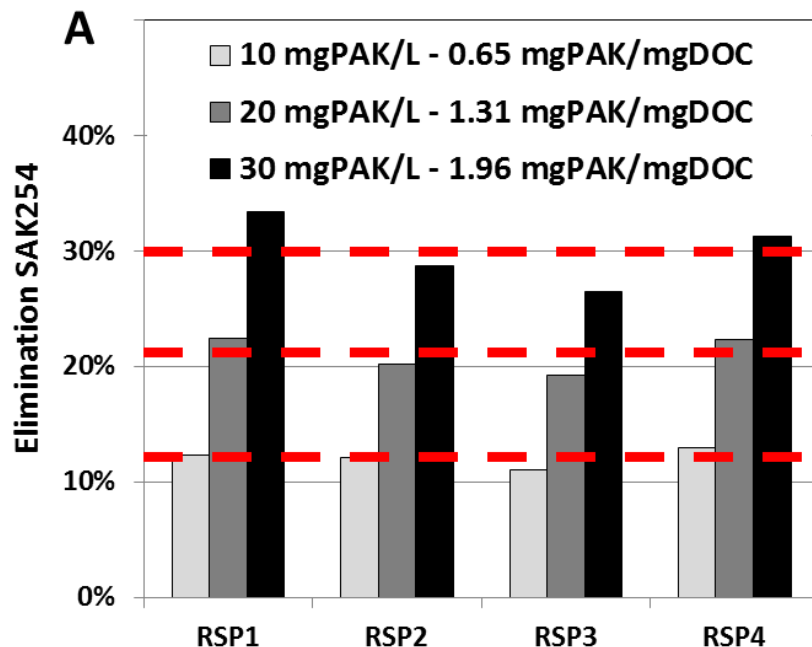
# Selezione, efficienza e qualità del CAP



Da A a L = diversi prodotti CAP di vari fornitori  
Acque reflue di un IDA con  $C_0 = 8.6$  mg COD/L

**Fonte:** Böhler, M. (2010): Test comparativo di diversi carboni attivi in polvere per l'eliminazione dei microinquinanti dalle acque di scarico comunali, Rapporto sintetico, Eawag, Dübendorf

# Selezione, efficienza e qualità del CAP



«RSP» = controcampione da fornitura CAP di un tipo di CAP  
Acque di scarico con  $C_0 = 15.3 \text{ mg COD/L}$

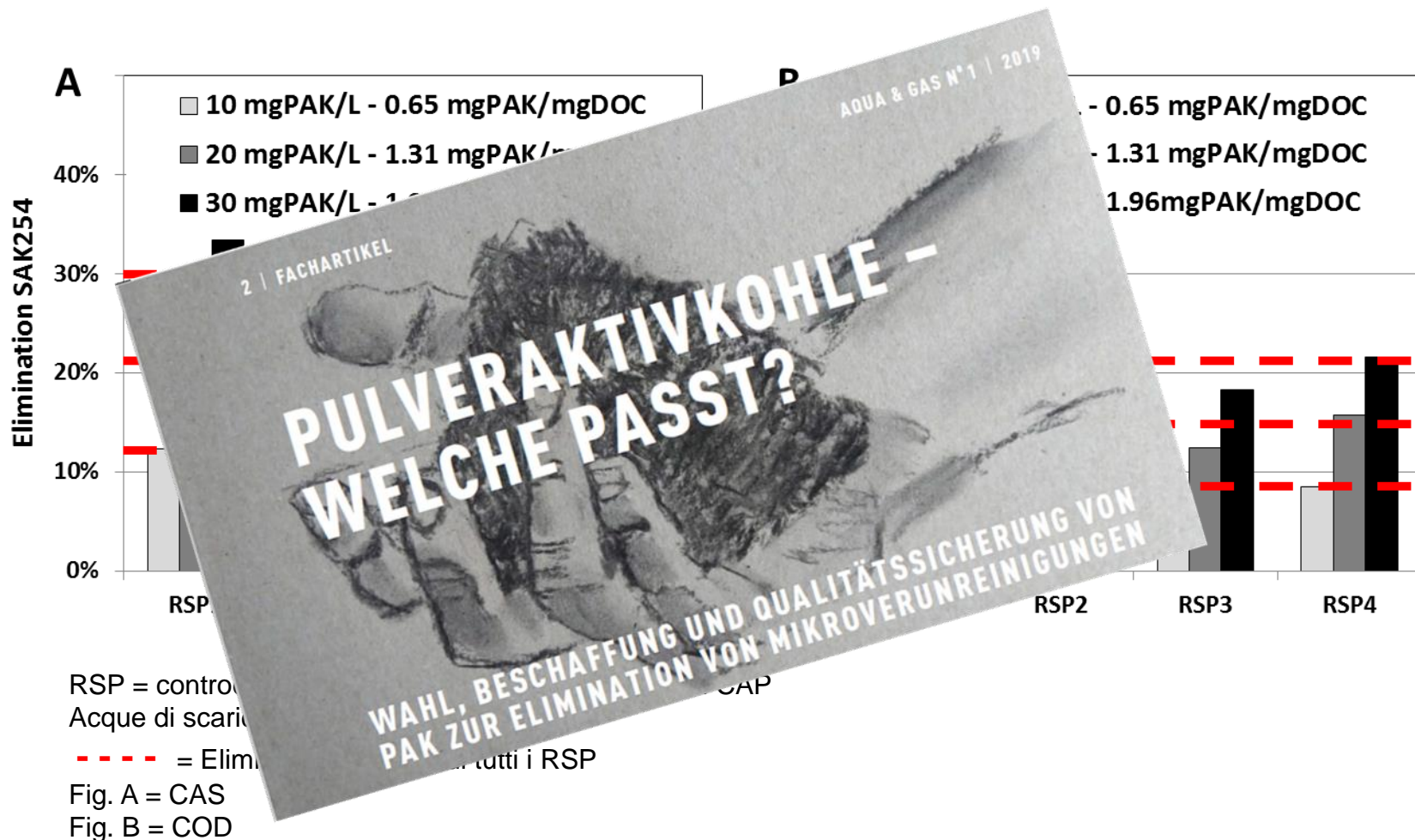
- - - = Eliminazione media di tutti i «RSP»

Fig. A = CAS

Fig. B = COD

*Dati: Böhler, M. (2016): Determinazione dell'efficienza dei lotti di fornitura CAP IDA Furt, Herisau, Rapporto sintetico, Eawag, Dübendorf*

# Selezione, efficienza e qualità di CAP

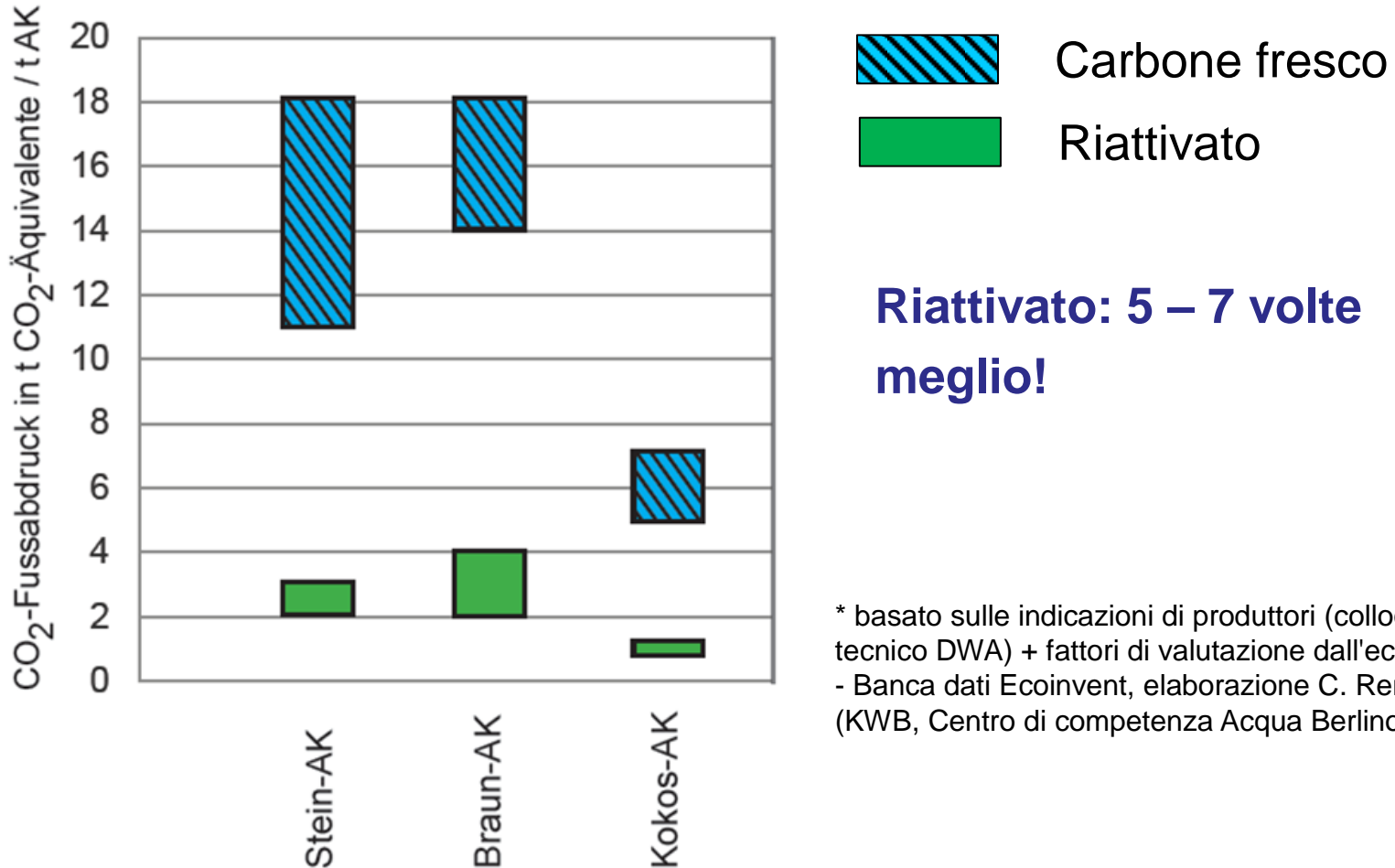


*Dati: Böhler, M. (2016): Determinazione dell'efficienza dei lotti di fornitura CAP IDA Furt, Herisau, Rapporto sintetico, Eawag, Dübendorf*

# Carbone fresco **versus** riattivato

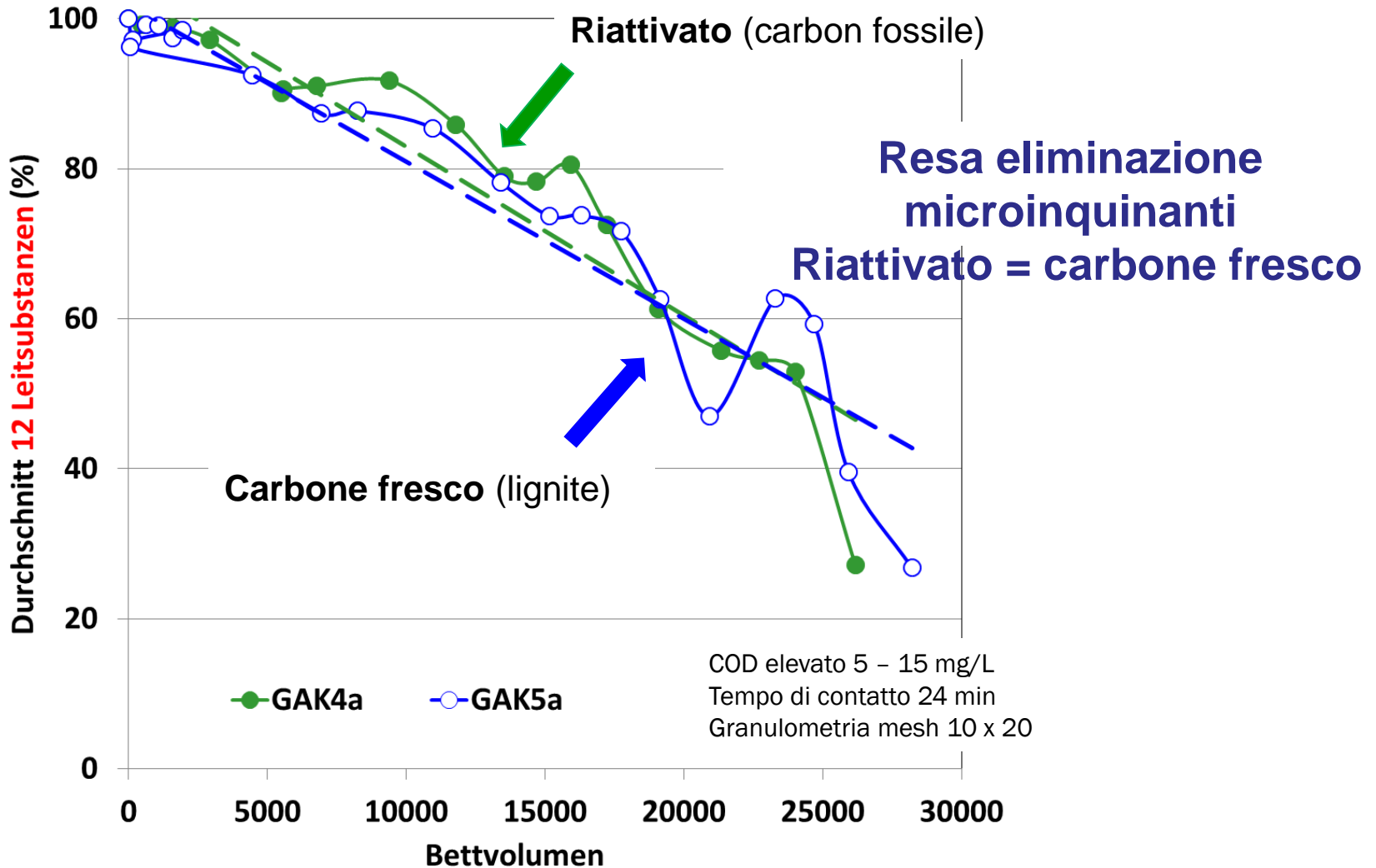


Paragone per impronta CO<sub>2</sub> \*



\* basato sulle indicazioni di produttori (colloquio tecnico DWA) + fattori di valutazione dall'ecobilancio - Banca dati Ecoinvent, elaborazione C. Remy (KWB, Centro di competenza Acqua Berlino)

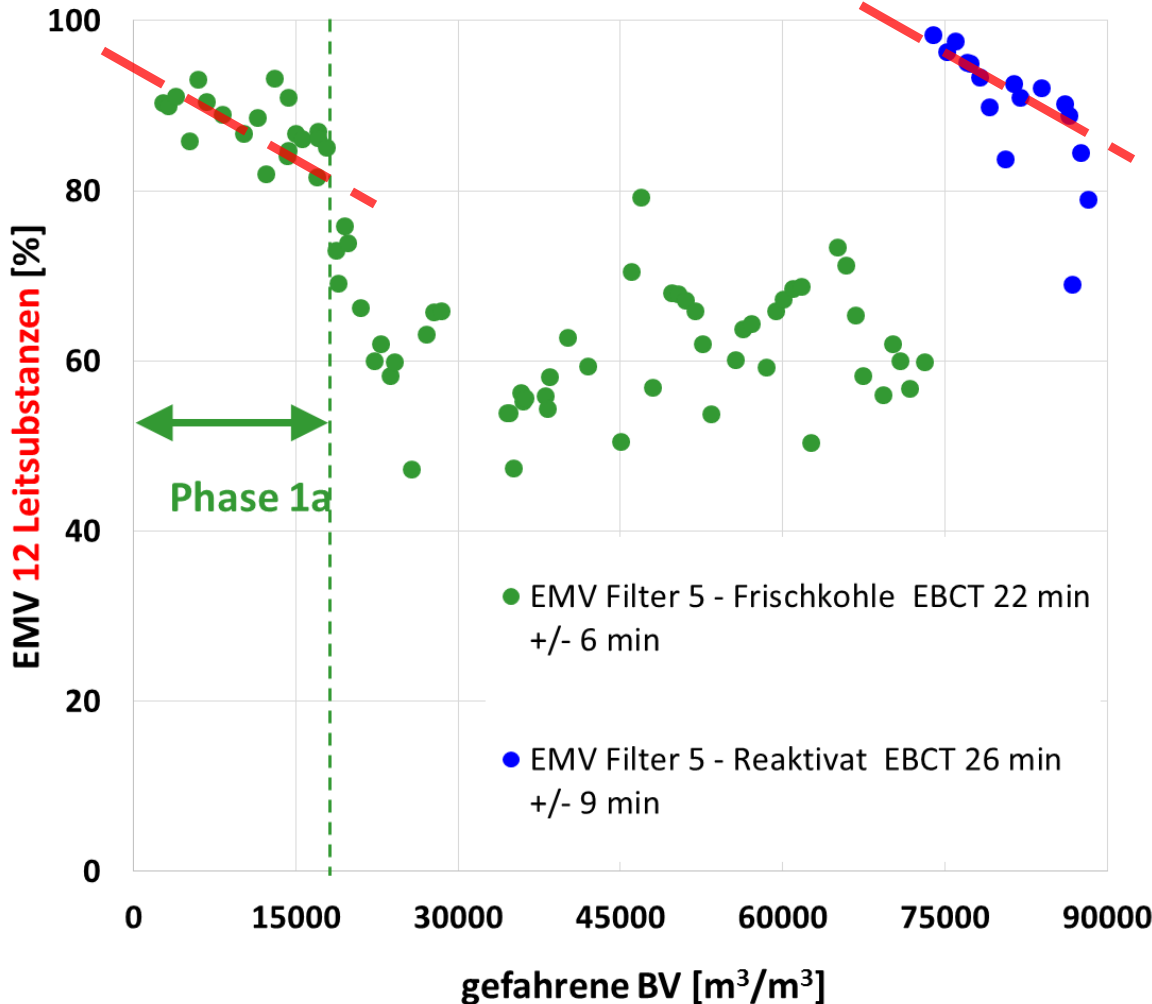
# Carbone fresco **versus** riattivato



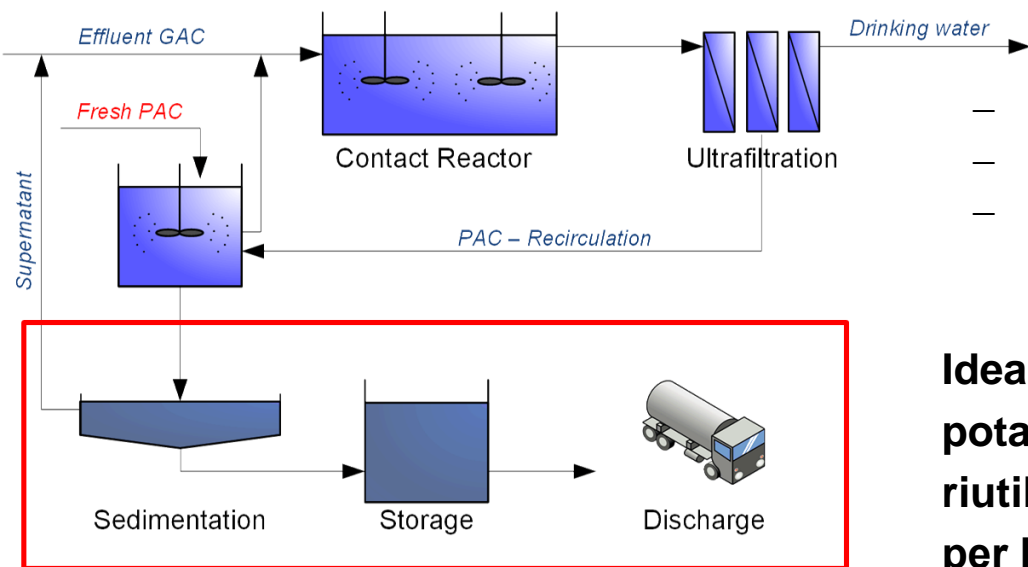
# Carbone fresco **versus** riattivato

Esperienze di riattivazione a Bülach (CAG lignite)

- Riattivazione possibile in Svizzera!
- Attivazione riuscita (indice di iodio aumentato di 300 mg/g CAG)
- Efficienza eliminazione MI come con CAG fresco
- cfr. make-up elevato (circa 25%)



# Riciclo di AK da impianti potabilizzazione



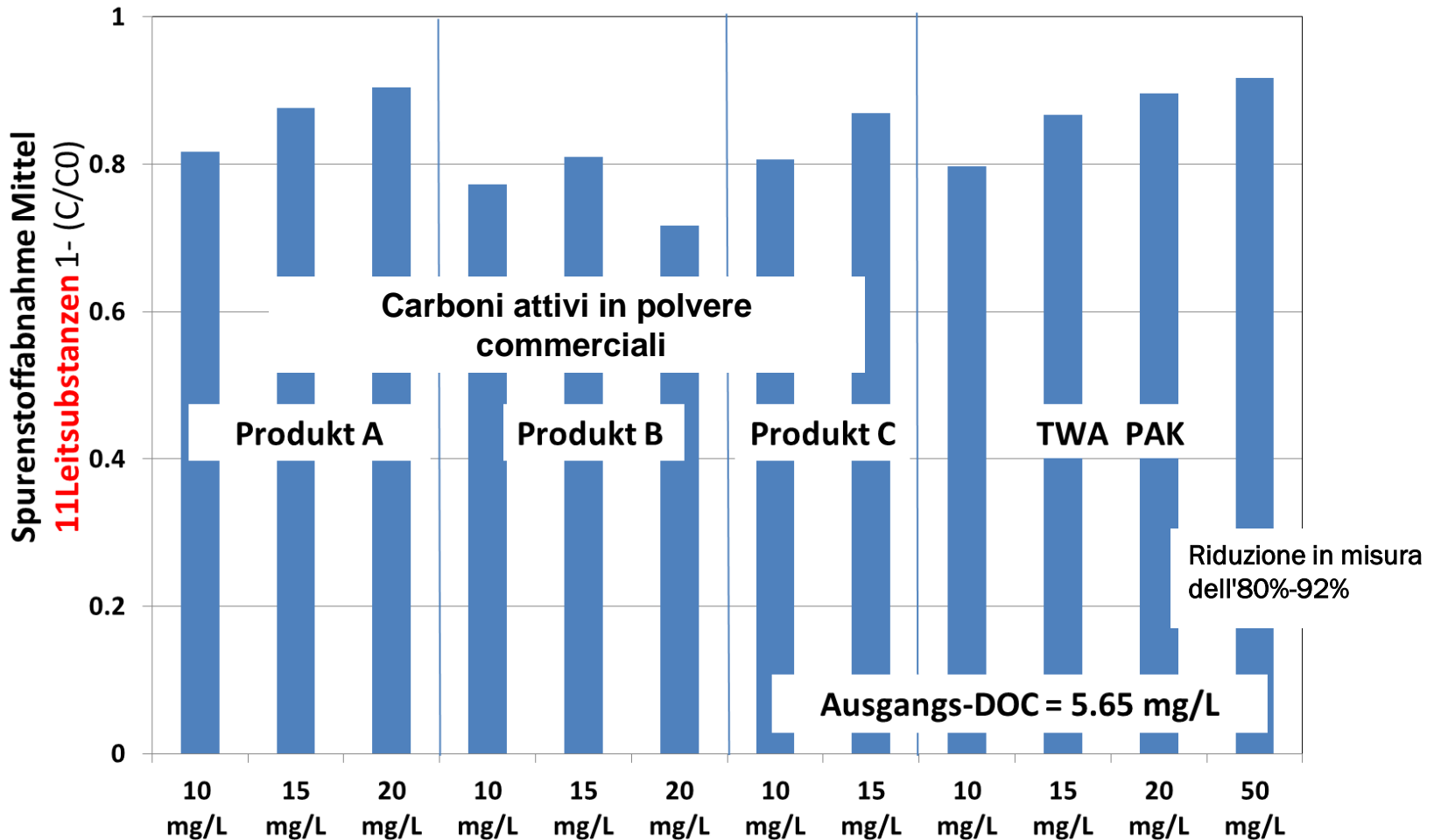
- 16 t CAP/anno
- Smaltimento termico necessario
- Contenuto d'acqua elevato = costi di smaltimento elevati

**Idea: il CAP utilizzato negli impianti di potabilizzazione è un materiale riutilizzabile che può essere impiegato per l'eliminazione dei MI!**

Il nuovo impianto di potabilizzazione di MuttENZ

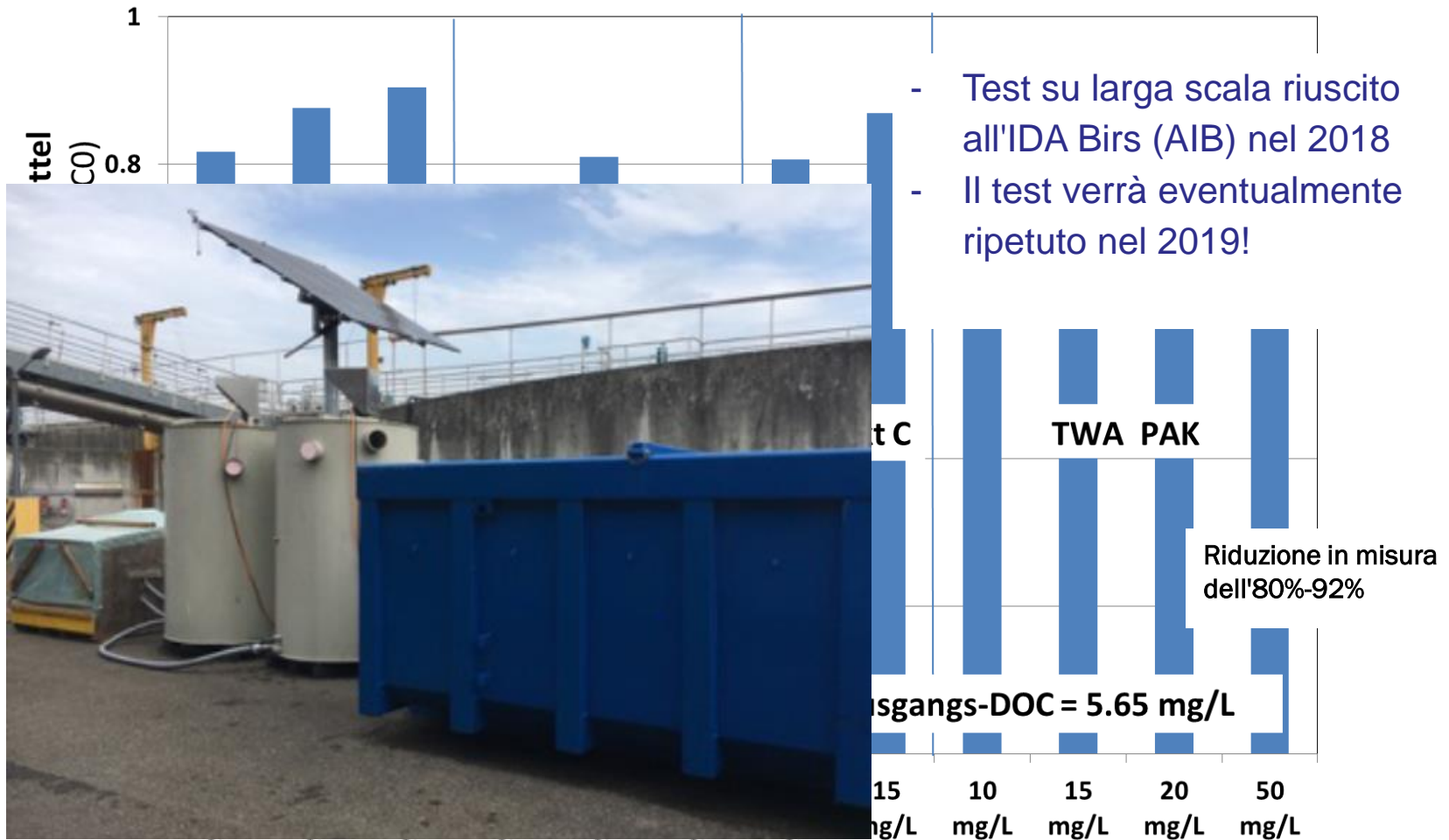
**Team di progetto:** J. Löwenberg (CSD Envirotec), M. Böhler (Eawag), A. Meier (VSA), W. Stegmann (TWA),  
 «RIUTILIZZO DI CARBONE ATTIVO IN POLVERE PRODOTTO DAL TRATTAMENTO DELL'ACQUA POTABILE PER  
 L'ELIMINAZIONE DI MICROINQUINANTI NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE COMUNALI» con il patrocinio dell'UFAM

# Riutilizzo di CA impianti potabilizzazione



Fonte: M. Böhler, «PROVE DI LABORATORIO PER LA DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DI ASSORBIMENTO RESIDUA DI CAP DEL TWA MUTTENZ», Rapporto sintetico, Eawag, 2017

# Riutilizzo di CA impianti potabilizzazione



**Figura:** L. Engel, Tesi di laurea, «Impiego di carbone attivo in polvere usato prodotto dal trattamento dell'acqua potabile nel trattamento delle acque di scarico, seguito da N. Stoecklin (AIB) e Prof. T. Wintgens (FHNW), 2018



## Polvere **versus** granulato

- **CAP in genere come carbone fresco** (può contenere frazioni di carbone riattivato – percentuale in genere sconosciuta!)
- **CAG come carbone fresco o in alternativa Reaktivat**  
(Reaktivat 10-20% carbone fresco o «make-up»)
- **CAG sempre meglio del CAP a livello di «KEA» e «THP»**  
(opzione della riattivazione)
- **CAP è in genere un prodotto monouso** – Aumento fango di supero
- **È possibile ottimizzare l'impiego di CAP** (tipo di CAP, dose e luogo di dosaggio – matrice delle acque di scarico)
- **Il CAP può essere dosato, se necessario**  
(Q, COD o in funzione di CAS254)
  
- **Consumo di CAG in base ai volumi di letto raggiunti** ( $m^3/m^3$ )

# Consumo carbone attivo con filtrazione CAG



- Consumo specifico di carbone attivo in caso di utilizzo CAG in funzione dei volumi di letto raggiunti («BV»)
- «BV» dipendenti dal tempo di contatto («EBCT»)
- Tempo di permanenza maggiore CAG («BV») a parità di criterio di frantumazione

**Possibile durante la pre-ozonizzazione delle acque di scarico**

*Peso specifico CAG kg/m<sup>3</sup>*

*BV raggiunti m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>*

*= Dose AK in kg AK/m<sup>3</sup> trattamento acque di scarico*

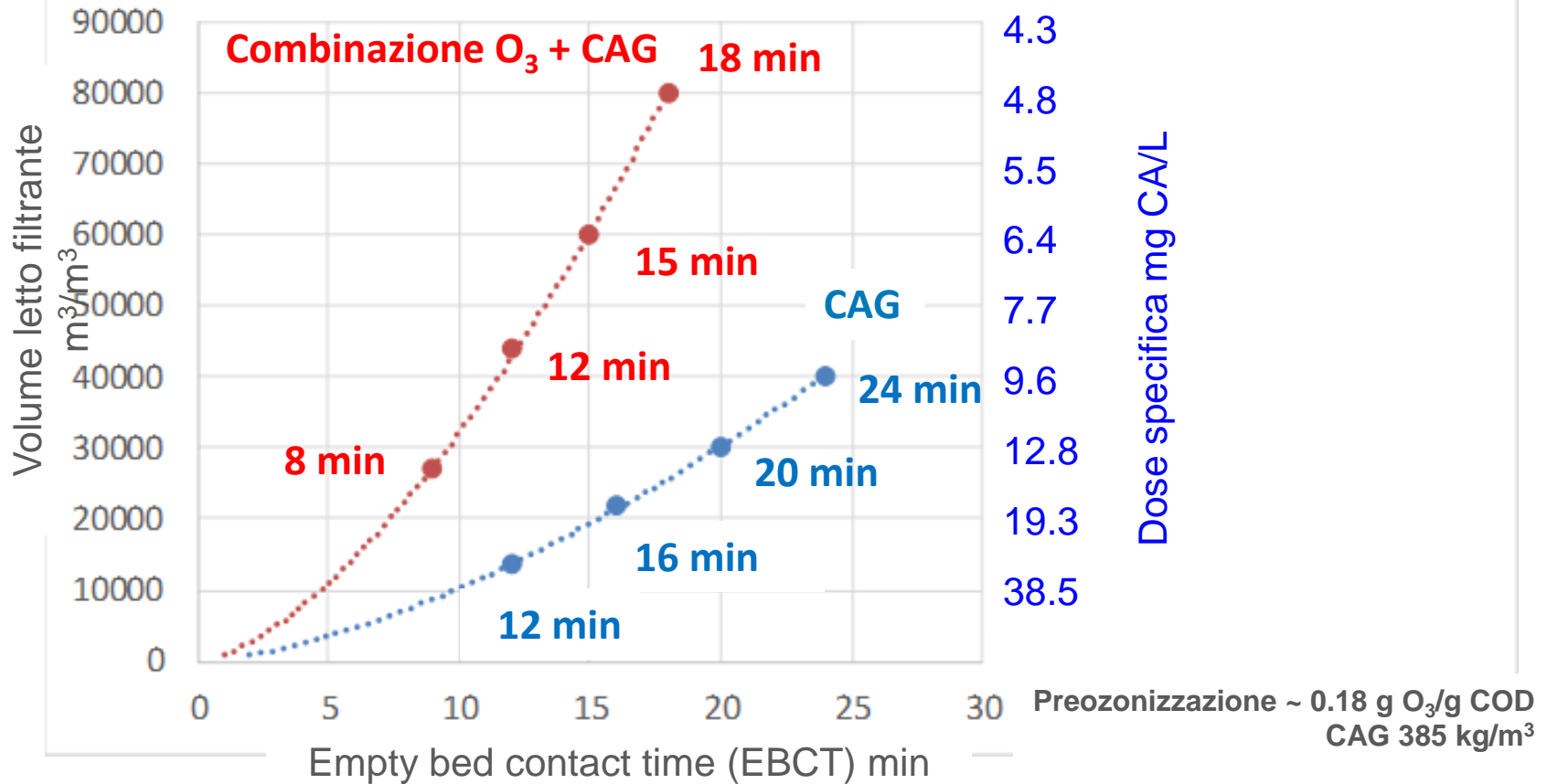


Riempimento di una cella filtrante con CAG, IDA Furt, Bülach



# BV vs. EBCT vs. Consumo filtro CAG

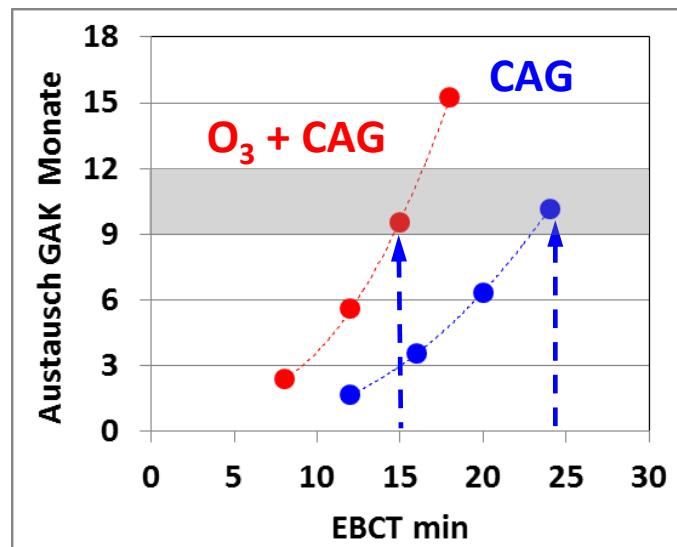
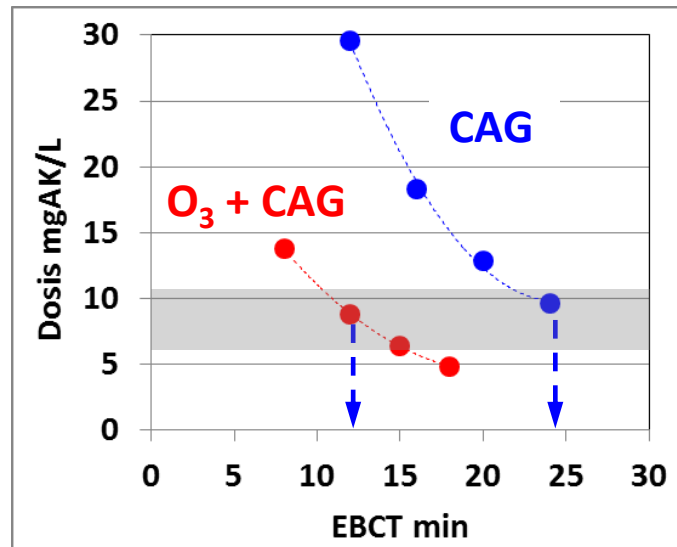
**Caso pratico IDA Bülach** (\* BV raggiunti nel modello empirico Eawag)



\* Modello adatto solo per matrice acque di scarico di Bülach (5.5 mg COD/L) e CAG impiegati (qualità/granulometria)

**Fonte/Dati:** Baggenstos, M., Joss, A., Hernandez, A., McArdeU, C.S., Böhler, M., Siegrist, H., et al., Progetto in collaborazione EMV IDA Furt, Bülach 2018

## BV vs. EBCT vs. Consumo filtro CAG



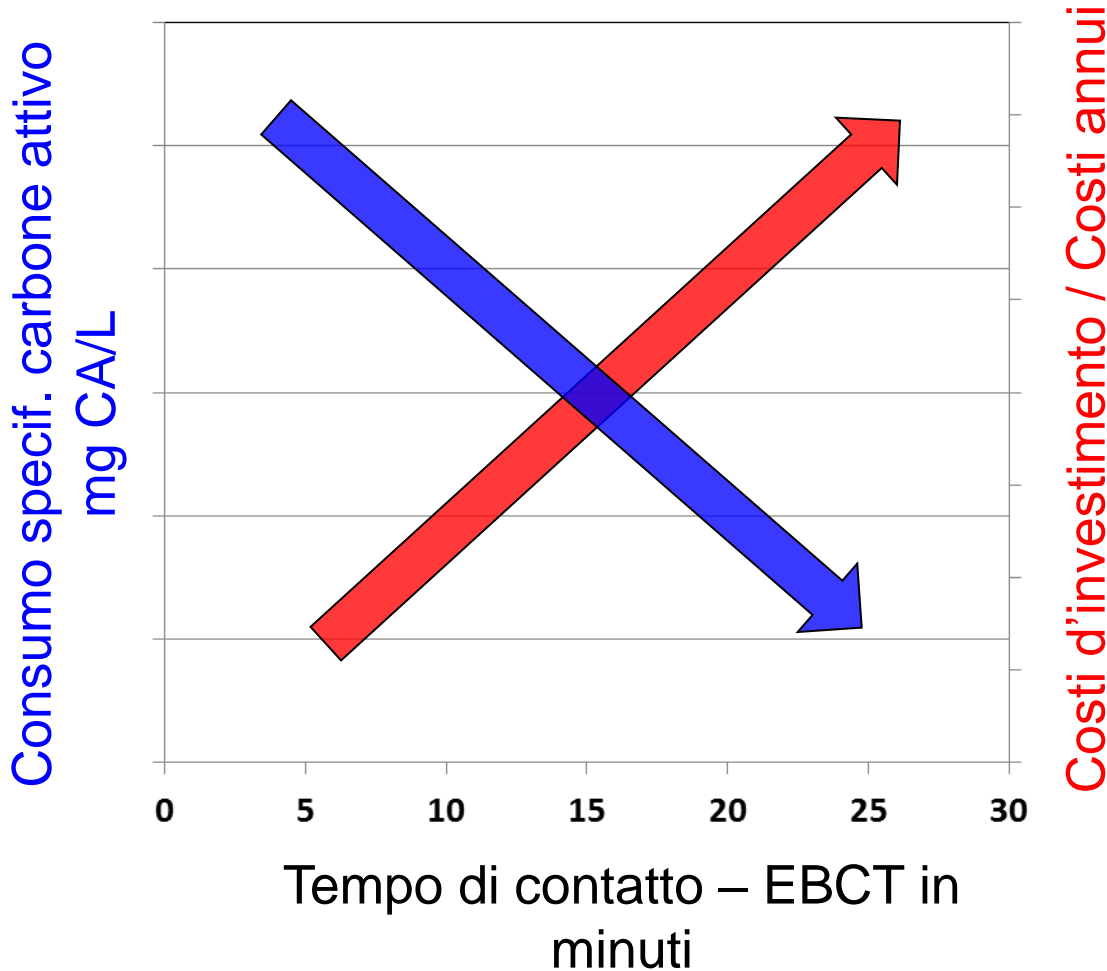
- Fabbisogno CAP per Bülach con Ø 5.5 mg COD/L e 1-2 mg CAP/mg COD:

6-11 mg CAP/L

- Frequenza sostituzione di una cella da  $\frac{3}{4}$  a 1 anno realistica

6 celle filtranti  
Portata acqua annua  
4.2 mio. m<sup>3</sup>

# Costi d'investimento vs. EBCT vs. Consumo CA

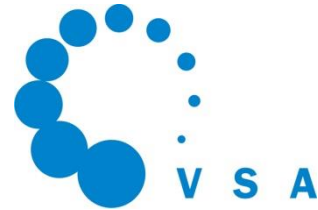


- Aumentando il tempo di contatto diminuisce il consumo di CA
- Costi d'investimento maggiori con maggiore tempo di contatto

# Riepilogo



- La produzione e riattivazione di CA assorbe molte risorse => Consumo energetico e impronta CO<sub>2</sub> («KEA» e «THP») maggiori dell'ozono
- Un CA sostenibile dovrebbe tenere conto anche di aspetti sociali ed economici
- È importante scegliere un processo ottimizzato e una gestione di processo ottimizzata
- Valutare prodotti CA efficienti e verificare costantemente la qualità dei CAP (test)
- Preferire CA riattivati e basati su sostanze di partenza biogene, prevedere appalti corrispondenti e dare una valutazione positiva
- Dosare i CAP possibilmente in base al fabbisogno (ad es. in base all'andamento tipico del DOC o online proporzionalmente all'assorbanza (UV<sub>IN</sub>))
- Il CAG ha vantaggi in termini di sostenibilità a causa della possibilità di riattivazione
- Il consumo specifico di CAG può essere nell'ordine di grandezza del fabbisogno di CAP con lo stesso obiettivo di qualità, se HRT ≥ 20 min. ma aumentano i costi d'investimento
- Produttori e fornitori desiderano un label «eco» per il CA!!



# Grazie per la vostra attenzione

*«Nel settore del carbone attivo non ci sono rifiuti, ogni grammo di carbone viene utilizzato fino ad arrivare alla combustione»*

*Citazione di un produttore di CA durante il colloquio tecnico DWA dell'1.2.2016, Emscherhaus, Essen (D)*

**Commissione tecnica DWA KA8.6 "Impiego di carbone attivo negli impianti di depurazione"**