



Betriebliche Herausforderungen bei PAK-Verfahren zur MV-Elimination

Therese Krahnstöver
Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Life Sciences

Isle Utilities GmbH

Über mich

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Life Sciences
Muttenz, Schweiz



Prof. Thomas Wintgens

Isle Utilities GmbH
Berlin, Deutschland



Therese Krahnstöver

Über mich

Fachhochschule Nordwestschweiz

Hochschule für Life Sciences

Muttenz, Schweiz

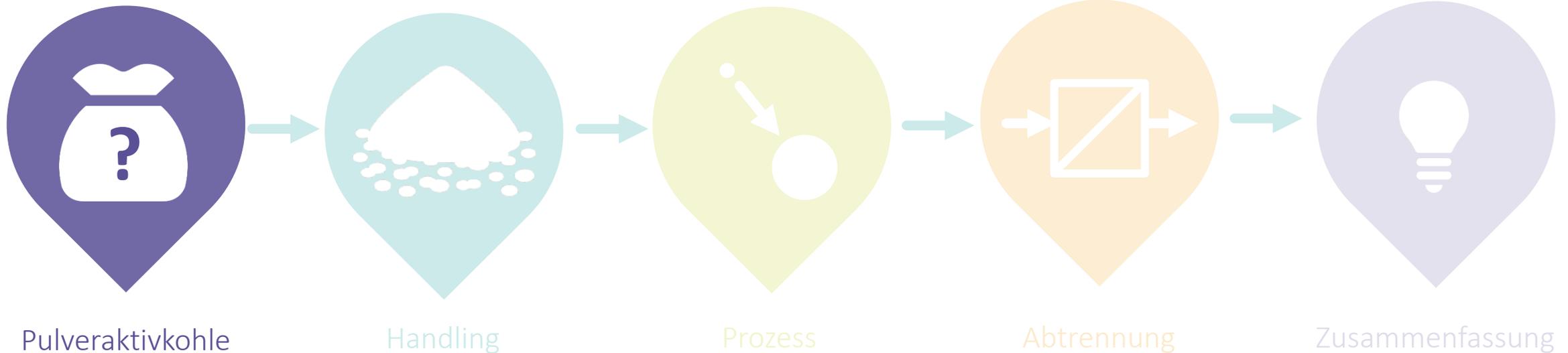


Isle Utilities GmbH

Berlin, Deutschland



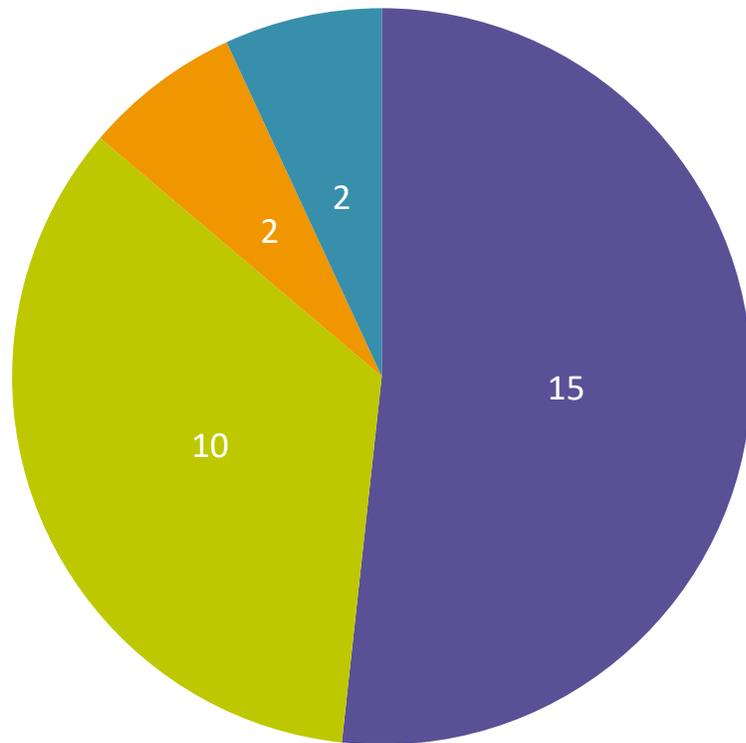
40 Minuten...



Technologiewahl

Schweiz

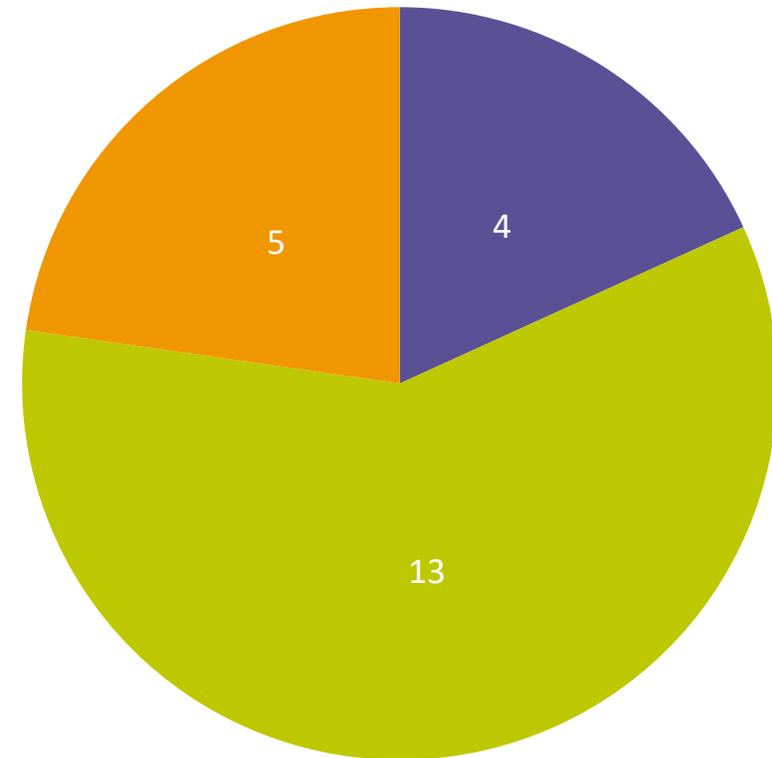
Geplant, im Bau und im Betrieb



- Ozon
- Pulveraktivkohle
- Granulierte Aktivkohle
- Andere/Kombi

Deutschland

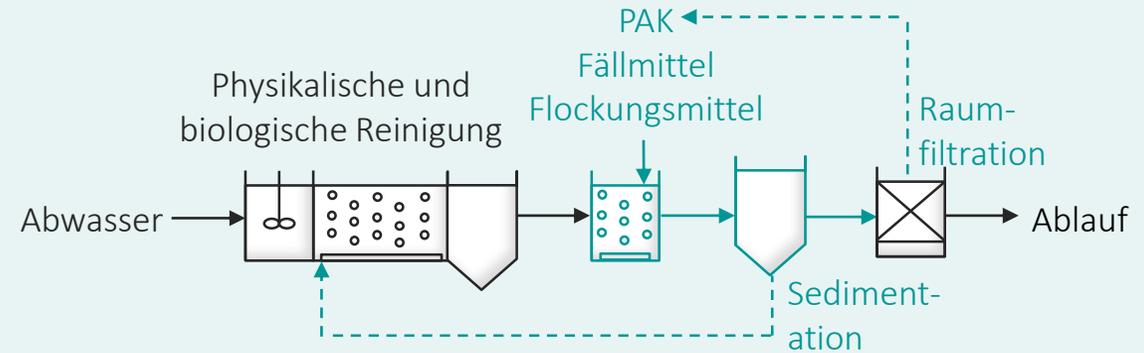
Im Betrieb



Verfahrensoptionen

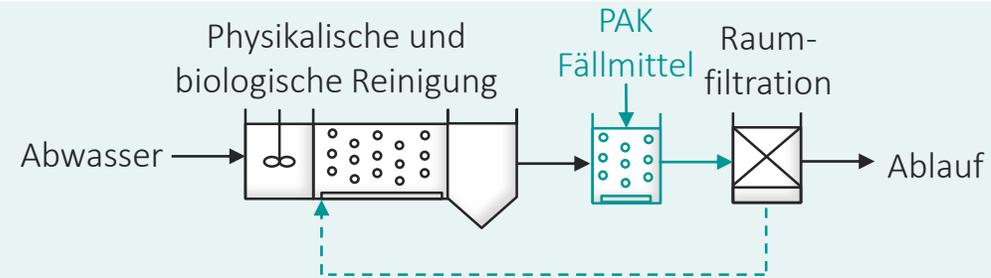
Ulmer Verfahren

Nachgeschaltete MV-Stufe
mit Reaktor, Sedimentation und Filtration



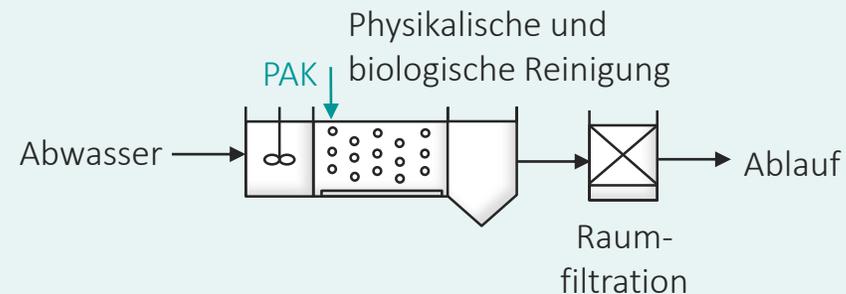
Direkt in Raumfilter

Nachgeschaltete MV-Stufe
mit Reaktor und Filtration



Simultandosierung

Dosierung in biologische Stufe
Restliche Anlage unverändert



Beispiel Deutschland

Kläranlage Albstadt-Ebingen

- Inbetriebnahme 1992 (Entfärbung)
- Auslegung auf 980 L/s
- Ulmer Verfahren



Beispiele Schweiz

ARA Bachwis

- Erste PAK-Anlage in der Schweiz
- Auslegung auf 310 L/s
- Ulmer Verfahren

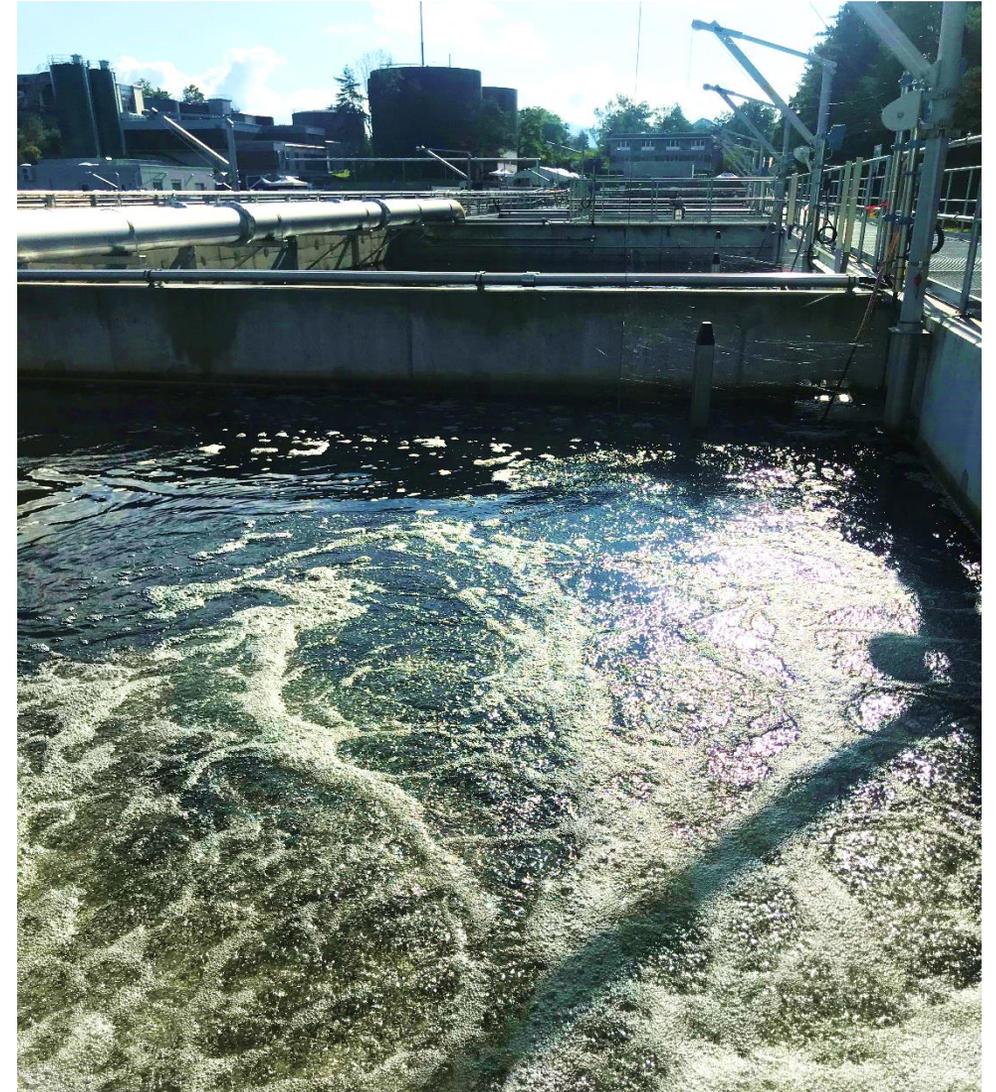


BAFU (2016) Mikroverunreinigungen: Startschuss zum Ausbau der Kläranlagen.

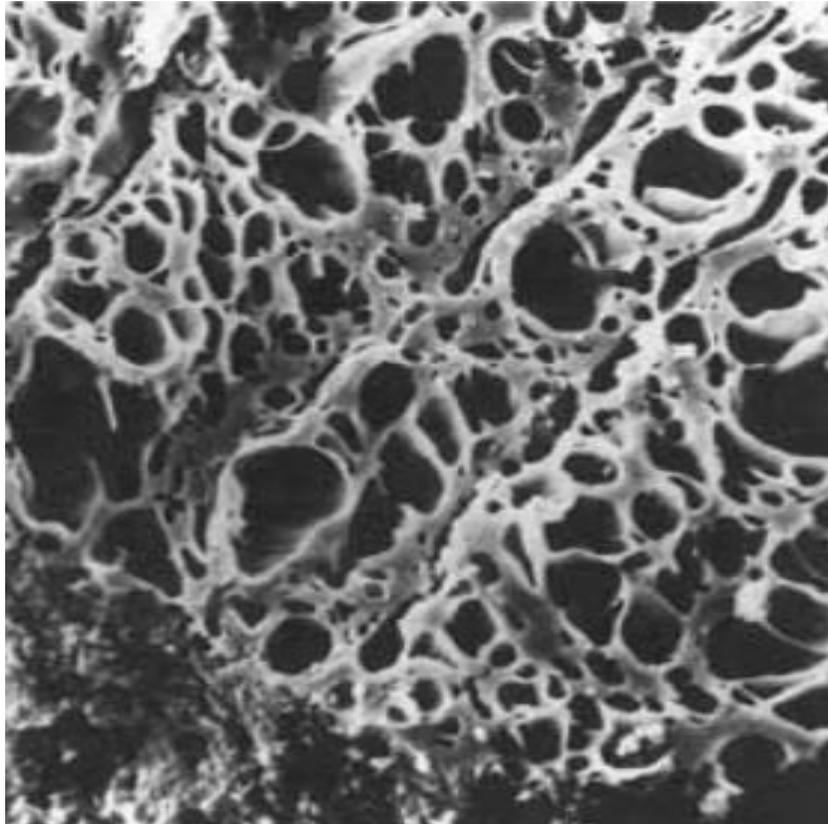
Beispiele Schweiz

ARA Schönau

- Erste Betriebserfahrungen aus 2019
- Durchfluss bis zu 1'600 L/s
- Direkt dosierung vor Raumfiltration



Material-Eigenschaften



Partikelgröße

- 1-150 μm mit hohem Feinanteil
- Abhängig von Produkt und Charge

Oberfläche

- 500-1500 m^2 „innere“ Oberfläche
- Mikro-, Meso- und Makroporen
- pH-Wert 4-7

Material

- Kohle, Holz, Kokosnussschalen, ...
- Chemisch/thermisch aktiviert
- Abriebfestigkeit? Härte?

„Problemzonen“

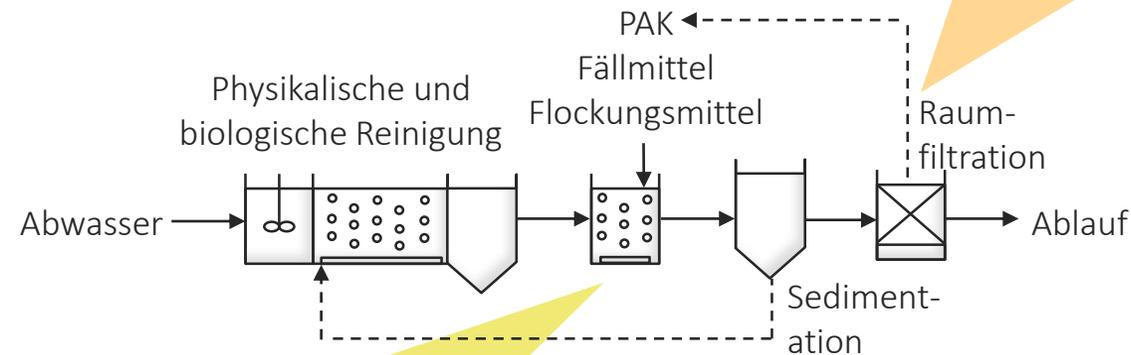
Handling

- Anlieferung
- Ex-Schutz
- Dosierung



Abtrennung

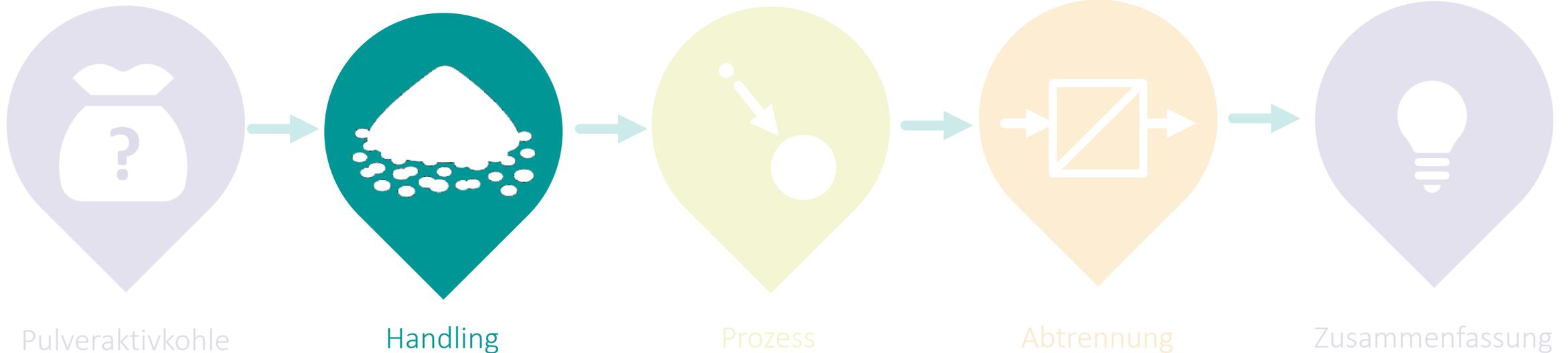
- Flockung
- Abtrennung
- Nachweis



Prozess

- Qualitätsschwankungen
- Überwachung
- PAK-Rückführung

40 Minuten...



Einkauf und Anlieferung



Produktauswahl

- Sorgfältige Ausschreibung (Kosten, ΔSAK_{254})
- Eignungstest und Auswahl durch Schüttelversuche
- Alternativprodukte identifizieren für den Fall eines Lieferengpasses

Einkauf und Anlieferung



Qualität

- Repräsentative Rückstellprobe bei Anlieferung (Bypass)
- Qualitätskontrolle jeder einzelnen Charge
- Akzeptablen Wassergehalt vertraglich festhalten

Einkauf und Anlieferung



Befüllung

- Schüttdichte der PAK beachten
- Kontaminationsfreiheit sicherstellen (Sieb)
- Ausreichend Befüllzeit einplanen (Absetzen)

Ex-Schutz – Ausgangslage

Problematik

- Brennbarer Staub <500 µm
→ Risiko von Staubexplosionen
- PAK schwer entflammbar
→ Schwelbrände ohne Rauch- oder Flammenbildung
→ Bildung von explosivem Kohlenstoffmonoxid

Gesetzeslage

- Arbeitsschutz nach SUVA 2153
- Ex-Zone je nach Gefahrenwahrscheinlichkeit
- Maßnahmen je nach Ex-Zone



Ex-Schutz – Vorkehrungen

Vorbeugende Anforderungen

- Schutz vor Zündquellen
 - Kein offenes Feuer
 - Nur zugelassene elektrische Geräte
 - Erdung aller leitfähigen Elemente
- Erfüllung explosionsschutztechnischer Kennzahlen
 - Staubklasse 1
 - Mindestzündenergie
 - ...
- Temperatur- und CO-Messung im Silo

Maßnahmen

Im Falle eines Glimmbrandes:

- Inertisierung mit Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid



Ex-Schutz – Dokumente

Plattform-Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen
www.vtkf.ch

Stand: August 2018

Sicherheitsaspekte zum Umgang mit Pulveraktivkohle (PAK) auf Kläranlagen

Das vorliegende Faktenblatt enthält eine Zusammenfassung von sicherheitstechnischen Aspekten im Umgang mit Aktivkohle auf Kläranlagen. Das Faktenblatt ist in folgende Bereiche unterteilt: (i) Allgemeines, (ii) Planung und Bau von Aktivkohle-Anlagen, und (iii) Betrieb von Aktivkohle-Anlagen. Die aufgeführten Informationen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Wichtige Anlaufstellen sind: das kantonale Arbeitsinspektorat (auf www.arbeitsinspektat.ch) für eine Übersicht über die kantonalen Stellen aufgelöst), die zuständigen Brandchutzexperten (siehe www.vtkf.ch), sowie die SUVA (www.suva.ch).

Redaktion: P. Wunderlin (VSA)
Erarbeitet durch: J. Margot (RWB SA), D. Ufer (RWB SA) im Auftrag des VSA
Fachliche Begleitung: Ch. Abegglen (VSA), D. Pfund (ERZ Zürich), D. Renach (AWEL)

Allgemeines

Parameter	Bemerkungen / Empfehlungen / Referenzen
Beispiel eines allgemeinen Schemas einer Anlage zur Adsorption von Mikroverunreinigungen durch Pulveraktivkohle (PAK) im Abwasser („Ulmer Verfahren“). Alternativ kann die PAK direkt in die biologische Reinigungsstufe oder auf den Sandfilter dosiert werden.	

Quelle: Abegglen und Siegrist (2012)

Aktivkohle

ISSA Prevention Series No. 2044 (G)

Staub- explosionen

Schutz vor Explosionen
durch brennbare
Stäube

suva
Schweizerische
Unfallversicherungsanstalt
Postfach 4358
CH-6002 Luzern
Schweiz

2002
ISBN 92-843-7153-8
ISSN 1015-6022

DWA- Regelwerk

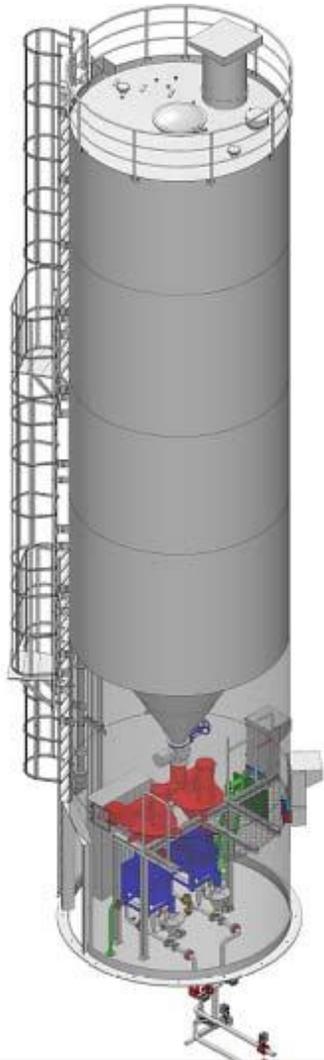
Merkblatt DWA-M 217

Explosionsschutz für abwassertechnische Anlagen

Juli 2014

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

Dosierung

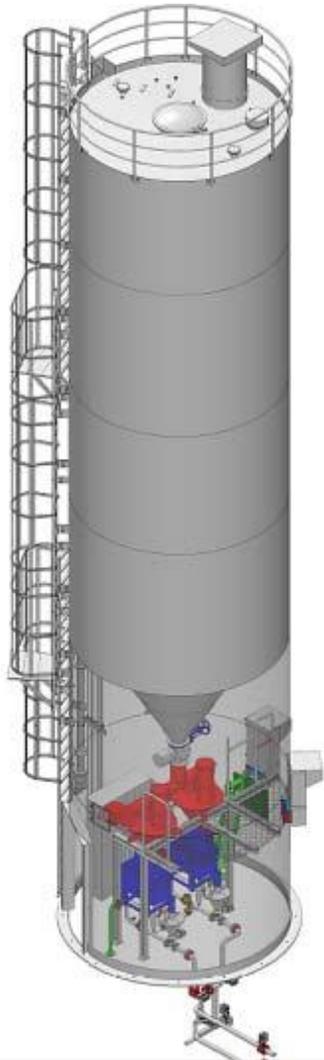


Silo

- Schüttdichte beachten (Volumen +10%)
- Vermeidung von Brückenbildung durch Rütteln
- Austrag durch Luft-Fluidisierung mit oder Vibrationsaustragsboden

Schwentner: Entfernung von Spurenstoffen mit Aktivkohle am Beispiel der Kläranlage Böblingen-Sindelfingen.

Dosierung

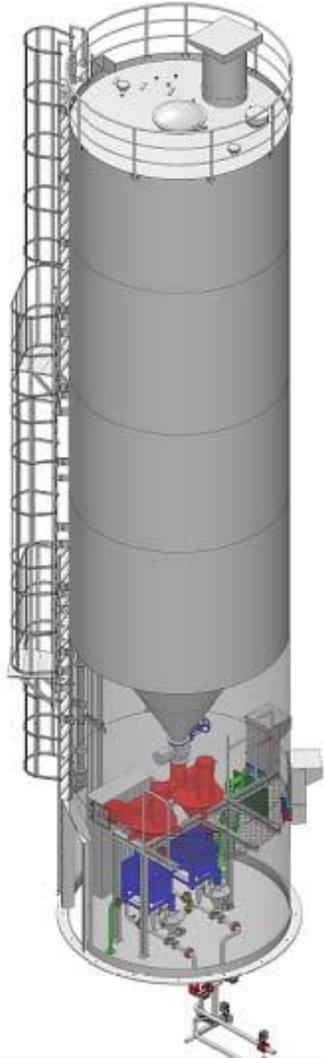


Dosiereinheit

- Gravimetrische Dosierung, Genauigkeit meist $<10\%$
- Troubleshooting bei Klumpenbildung und Verstopfung
- Regelmäßige Reinigung

Schwentner: Entfernung von Spurenstoffen mit Aktivkohle am Beispiel der Kläranlage Böblingen-Sindelfingen.

Dosierung



PAK-Suspension

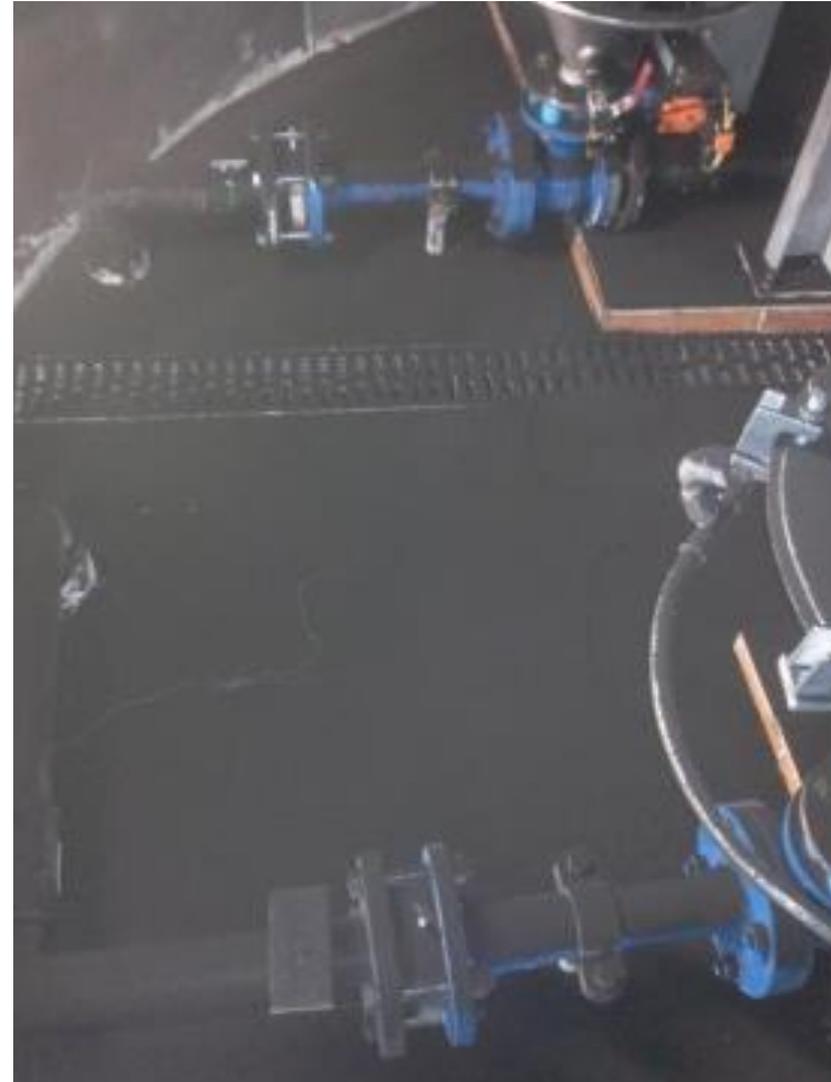
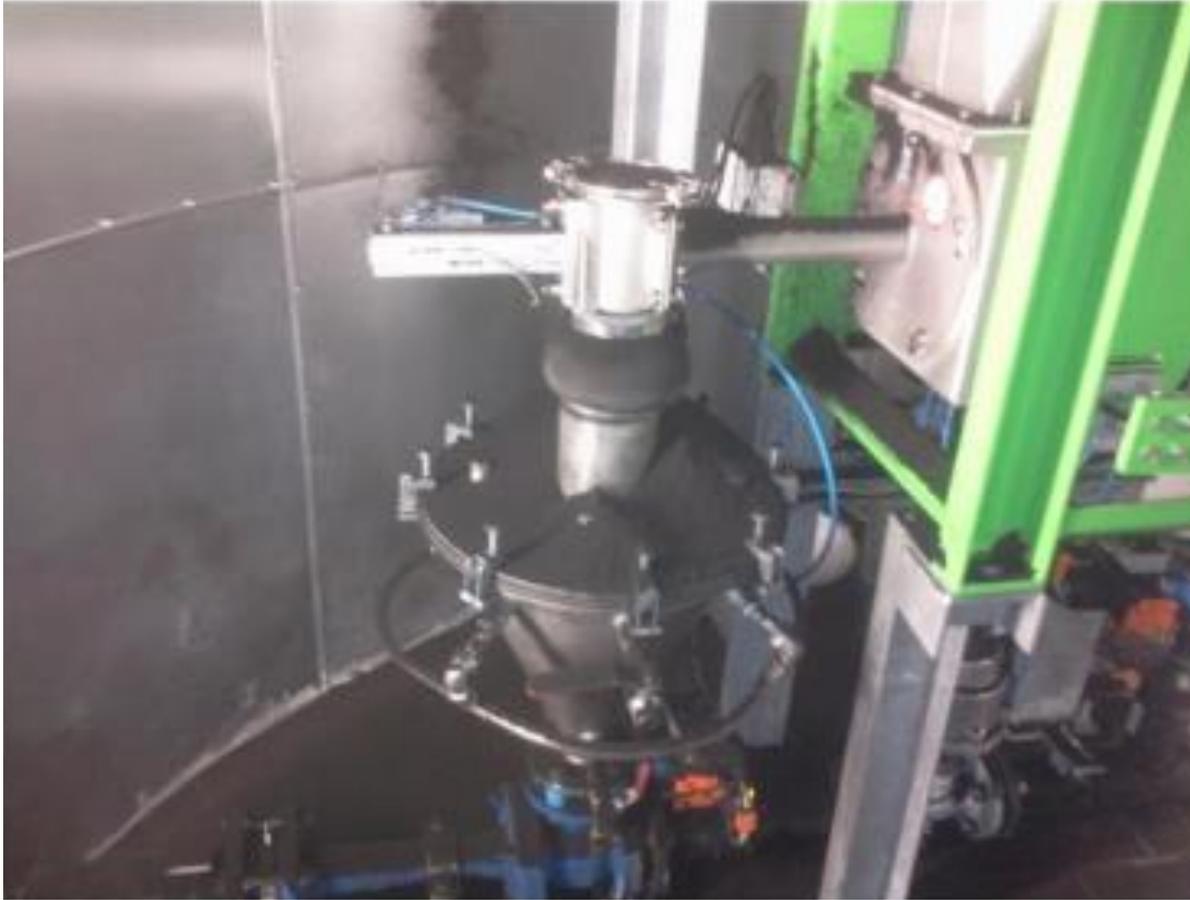
- Pumpenwahl im Hinblick auf abrasive Eigenschaften (Wasserstrahlpumpen)
- 1-2 m/s Mindestgeschwindigkeit zur Vermeidung von Ablagerungen
- PAK-Konzentration möglichst <5%, besser <1%

Schwentner: Entfernung von Spurenstoffen mit Aktivkohle am Beispiel der Kläranlage Böblingen-Sindelfingen.

Dosierung



Dosierung

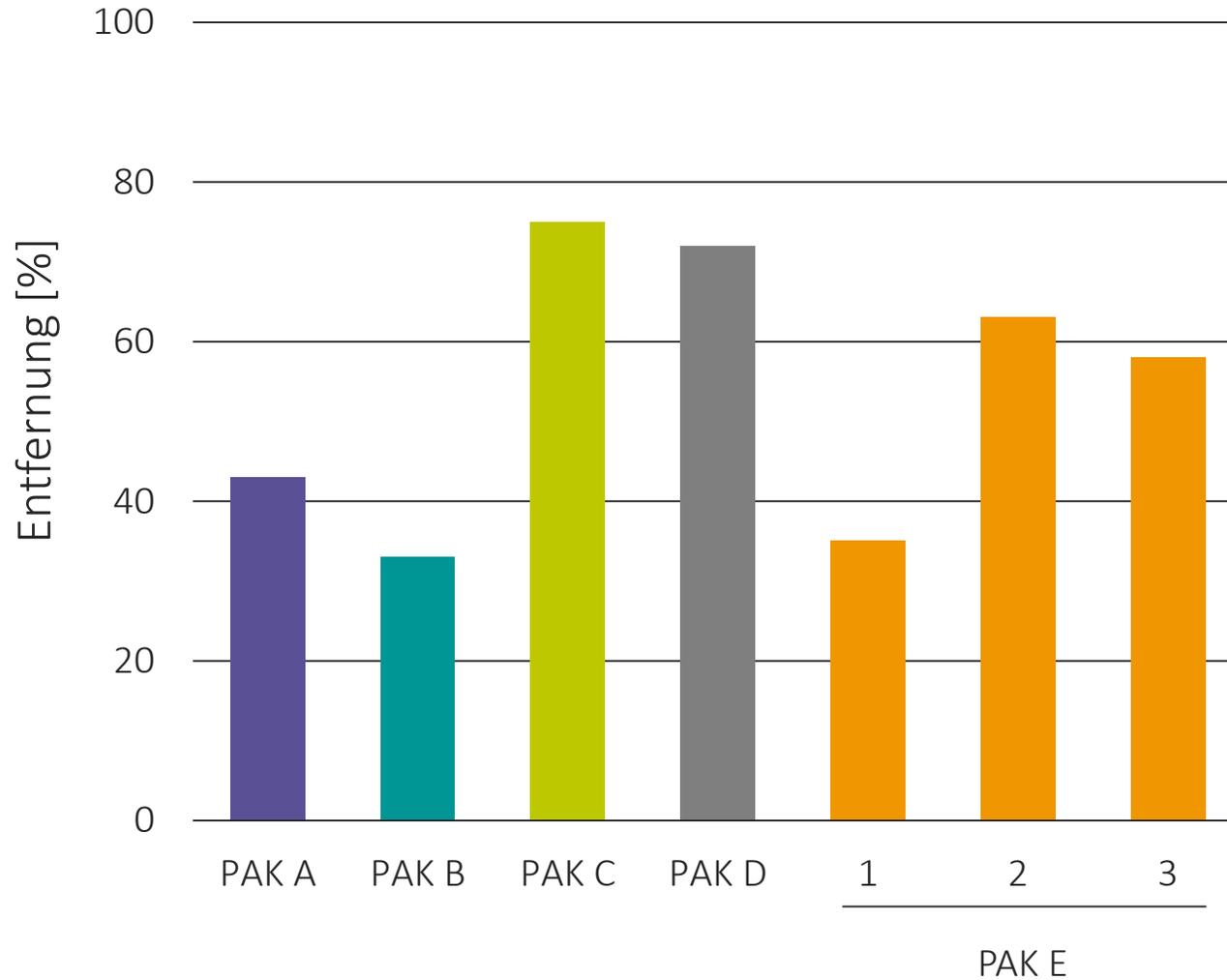


Schwentner: Entfernung von Spurenstoffen mit Aktivkohle am Beispiel der Kläranlage Böblingen-Sindelfingen.

40 Minuten...



Qualitätskontrolle – warum?



Qualitätsschwankungen

Darstellung der Sulfamethoxazol-Entfernung aus einer Abwasserprobe der ARA Wuppertal-Buchenhofen in Rührversuchen mit 50 mg/L verschiedener PAK-Produkte und -Chargen.

Qualitätskontrolle

Qualitätsschwankungen von Charge zu Charge

Definition

- Durchführung von Schüttelversuchen
- Produkt-Auswahl und Ausschreibung
- Referenzleistung und Vertragliche Garantie
- Referenzmuster aufbewahren

Kontrolle

- Schüttelversuch unter vergleichbaren Bedingungen
- Wassergehalt gemäß DIN EN 12902 (150 °C)
- Aschegehalt über Glühverlust gemäß DIN EN 12902

Veränderte Adsorptionsleistung im Verfahren

Maßnahmen

- Anpassung der PAK-Dosierung
- Verrechnung mit Lieferant korrigiert um Wassergehalt

Qualitätskontrolle – wie?

Vorteile Schüttelversuch:

- Reproduzierbares Versuchsprotokoll
- Aussagekraft für ARA-Betrieb

Nachteile Schüttelversuch:

- Zeit-/Personalaufwand
- Analytikaufwand
- Vergleichbarkeit
- Indirektes Verfahren

PAK-Kennzahlen:

BET-Oberfläche

Melassezahl

Iodzahl

Methylenblau-
Zahl

Qualitätskontrolle – wie?

Vorteile Schüttelversuch:

- Reproduzierbares Versuchsprotokoll
- Aussagekraft für ARA-Betrieb

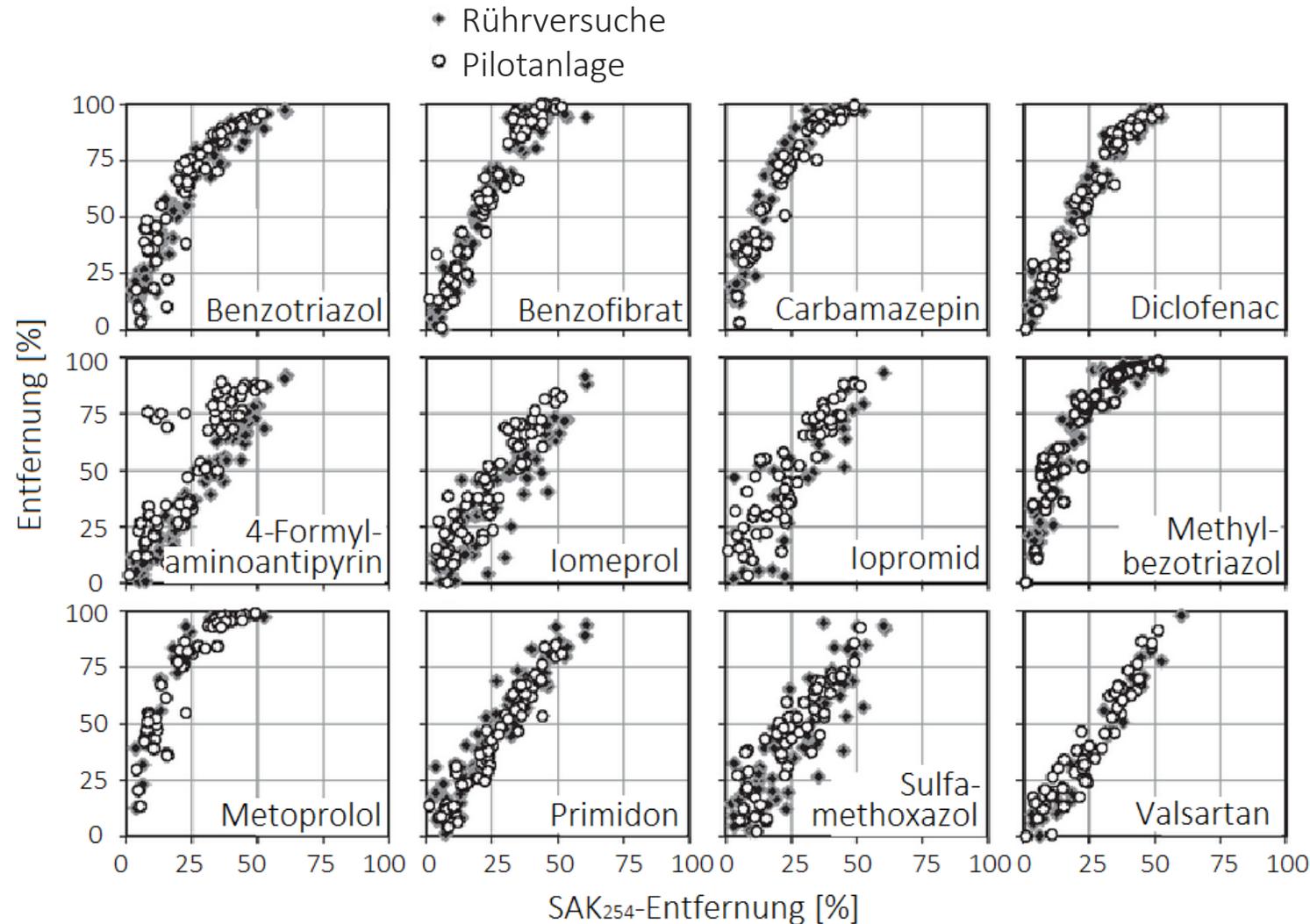
Nachteile Schüttelversuch:

- Zeit-/Personalaufwand
- Analytikaufwand
- Vergleichbarkeit
- Indirektes Verfahren

PAK-Kennzahlen:



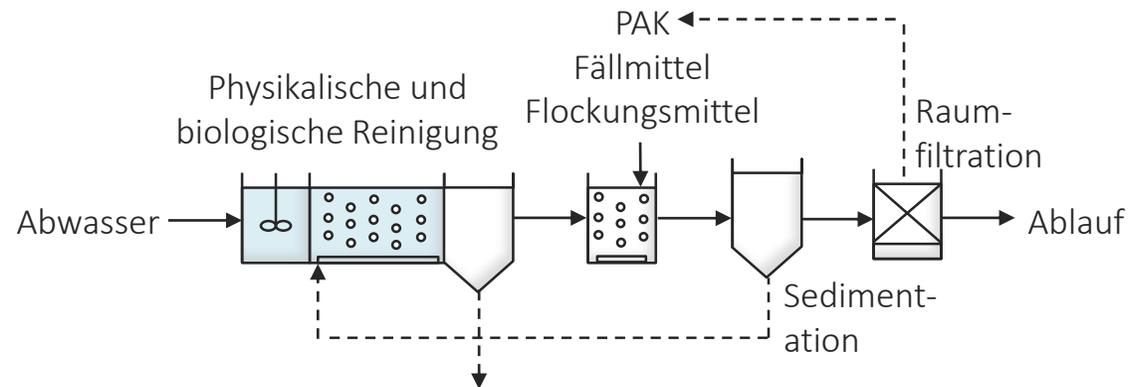
Überwachung



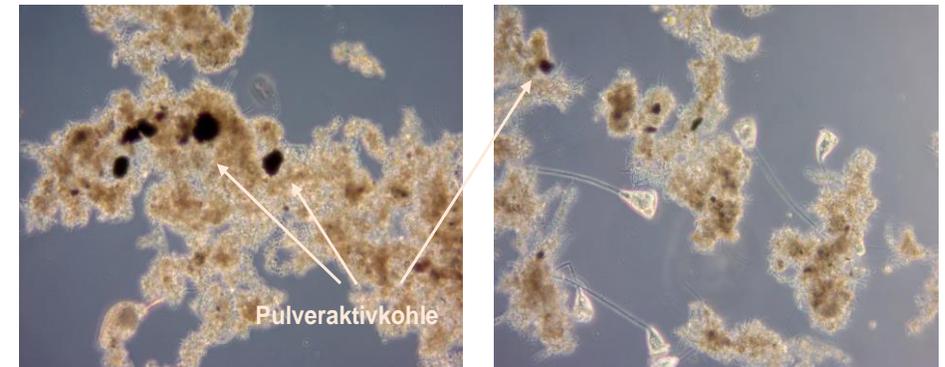
SAK₂₅₄ als Kontrollparameter

- Einfach implementierbare Onlinemessung
- Korrelation mit MV-Entfernung (stoffspezifisch)
- Überwachung des Betriebs
 - PAK-Dosierung
 - Rührerausfall
 - Besondere Belastungen

PAK-Rückführung – Verhalten in der Biologie

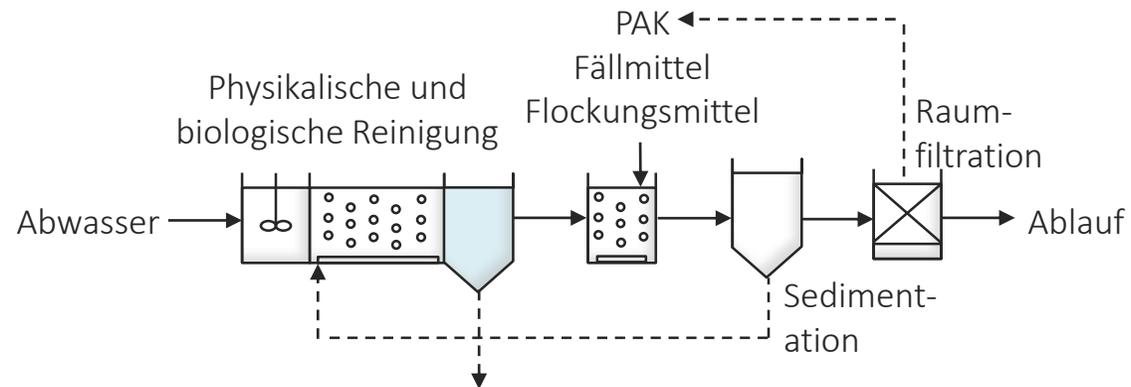


- Einbindung der PAK in Schlammflocken

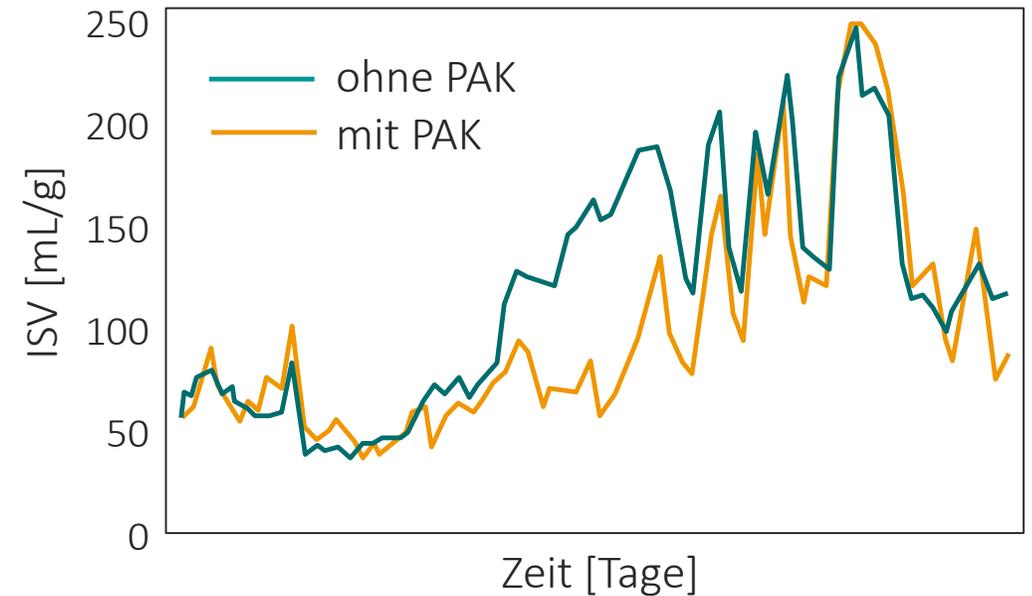


- Entweder Erhöhung des Feststoffgehalts oder Verringerung des Schlammalters
- Keine negativen Effekte auf biologischen Abbau

PAK-Rückführung – Nachklärung

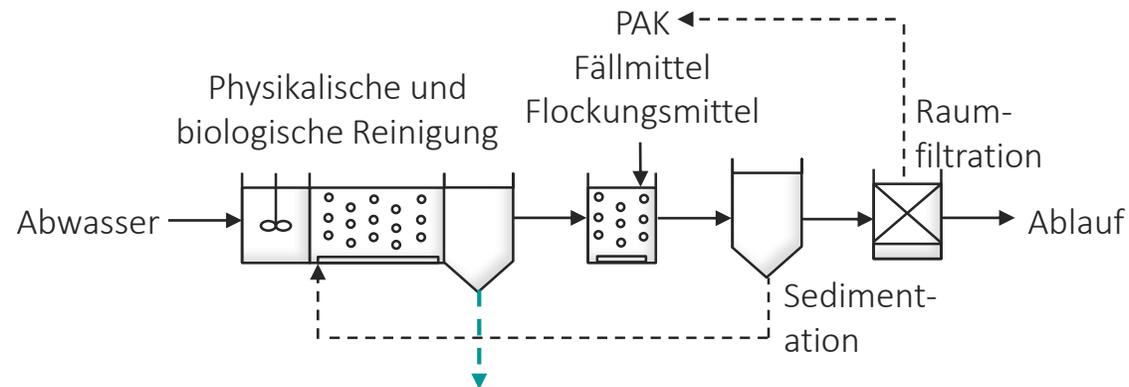


- Tendenzielle Verbesserung des Absatzverhaltens



- Tendenzielle Verbesserung der Entwässerbarkeit

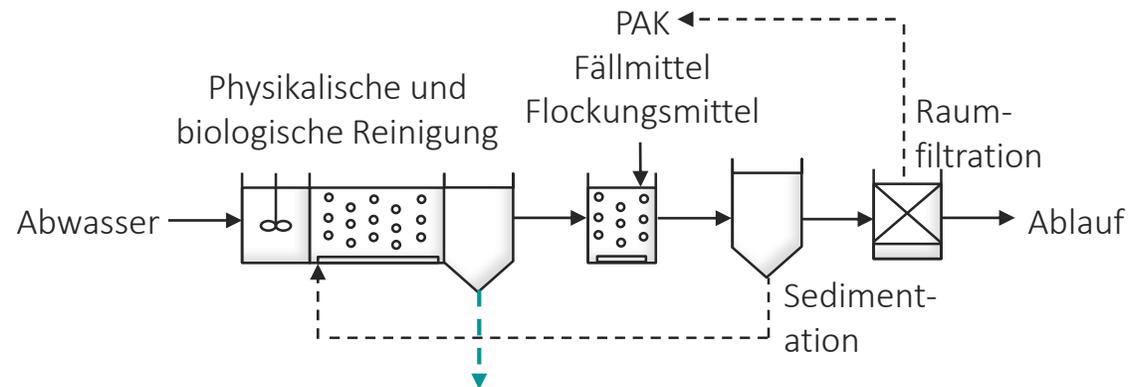
PAK-Rückführung – Schlammmanfall



- 4-10% mehr Trockensubstanz im Überschusschlamm
- Beispiel ARA Böblingen-Sindelfingen:

Ursprünglich zu entsorgende	7700	t/a
Gesamtmenge:		
Ursprünglicher Trockenrückstand:	32-34	%
PAK-Einsatz:	130	t/a
Anstieg der zu entsorgenden	200-240	t/a
Trockenmasse:		
Mehrschlammmanfall:	8-10	%

PAK-Rückführung – Verwertbarkeit



Keine landwirtschaftliche Verwertung!

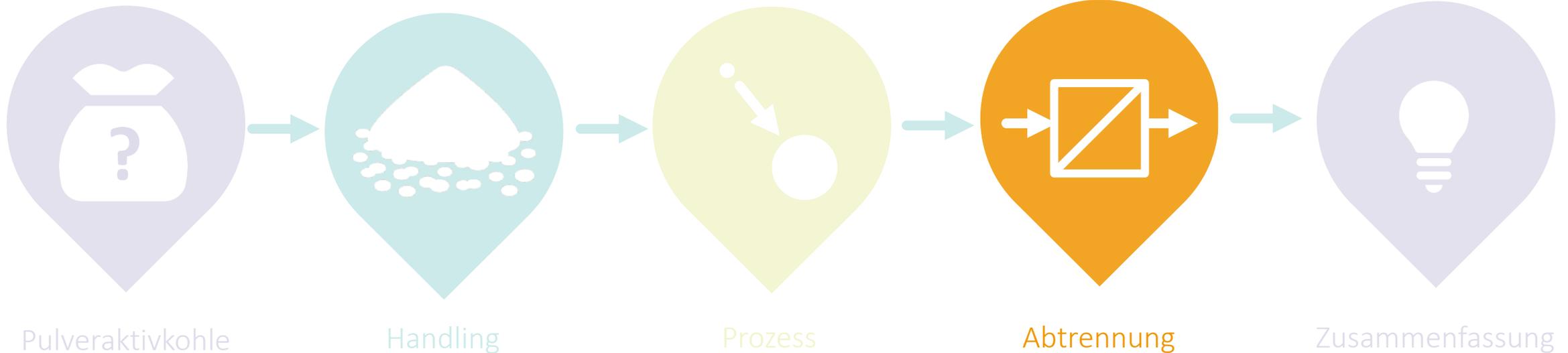
Faulung:

- Kein Einfluss auf Faulprozess
- Gleichbleibende Gasproduktion
- keine Rücklösung von MV

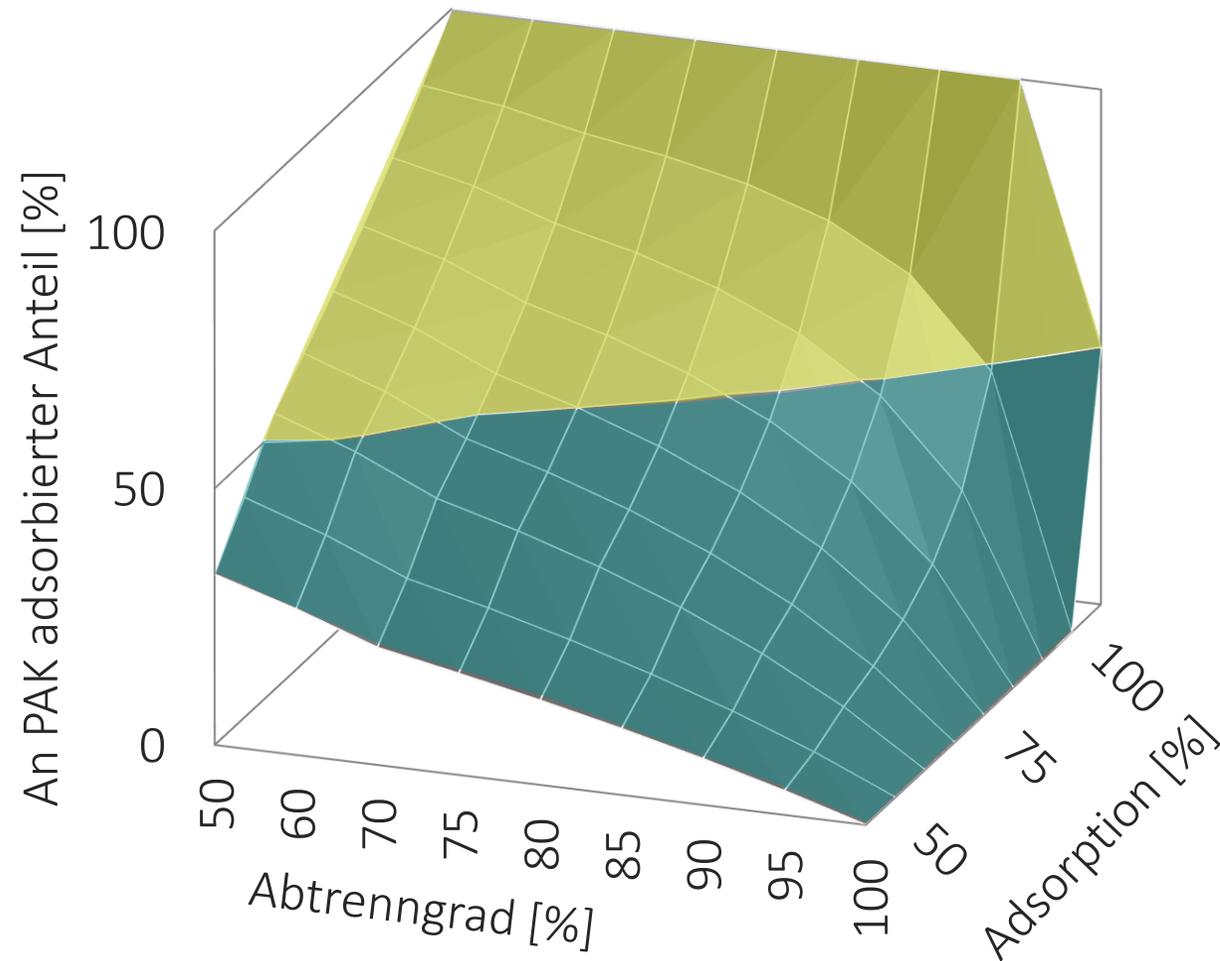
Verbrennung:

- nur geringe zusätzliche Aschemenge
- minimale Heizwerterhöhung

40 Minuten...

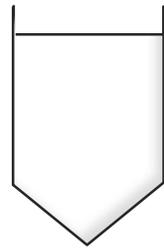


Abtrennung – Relevanz

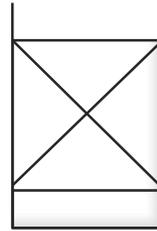


Abtrennung – Technologien

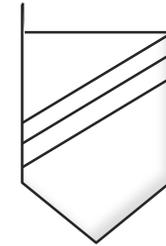
Etablierte
Techno-
logien



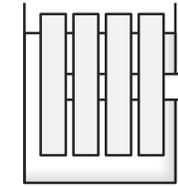
Sedimentation



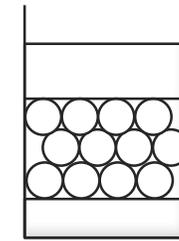
Raumfiltration



Lamellen-
abscheider

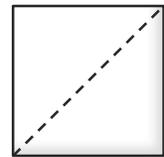


Polstoff-
filter

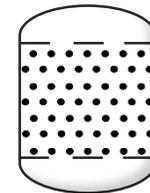


Kompressibles
Filtermedium

Groß-
technische
Erprobung

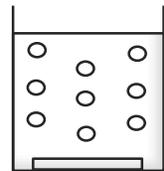


Ultrafiltration

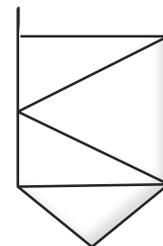


Wirbelschicht

Pilot-
Stadium

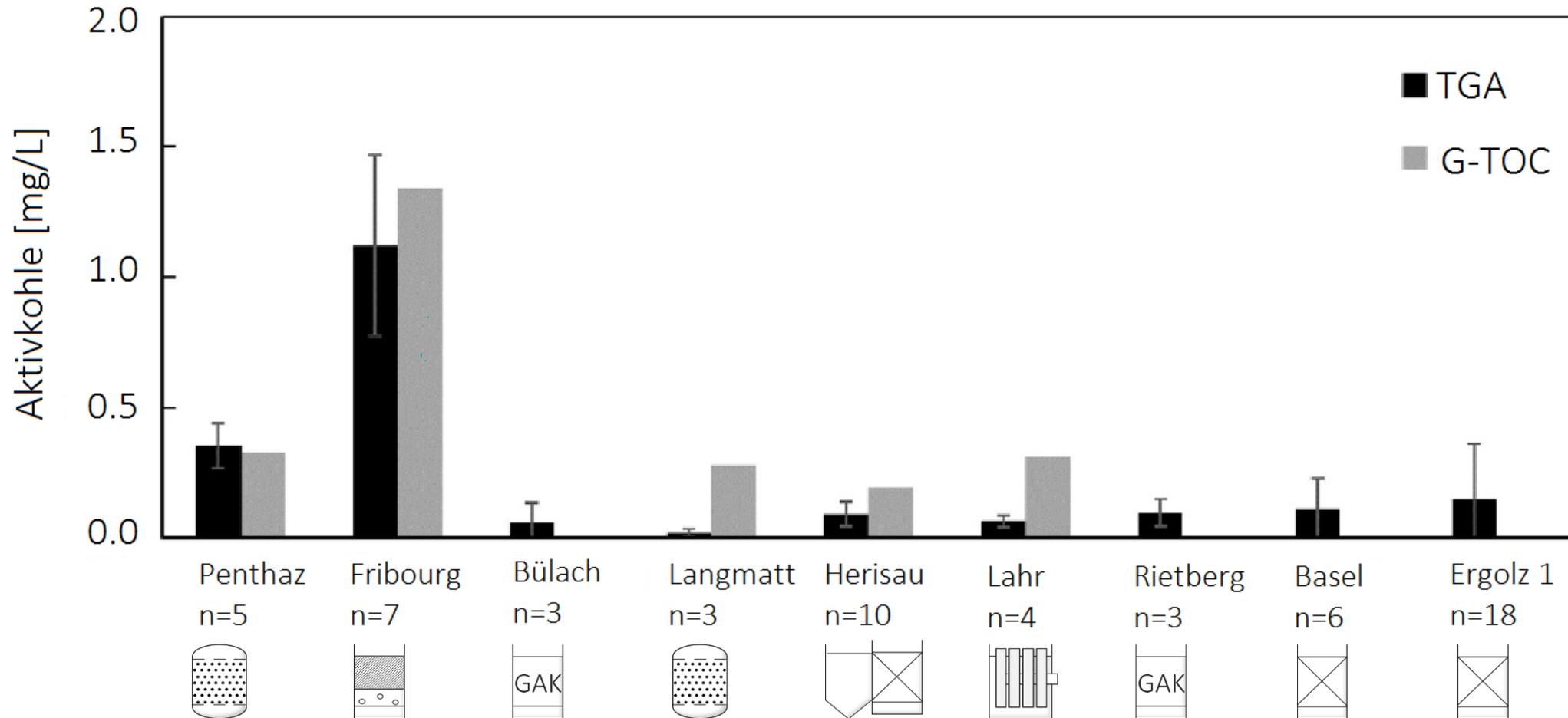


Flotation

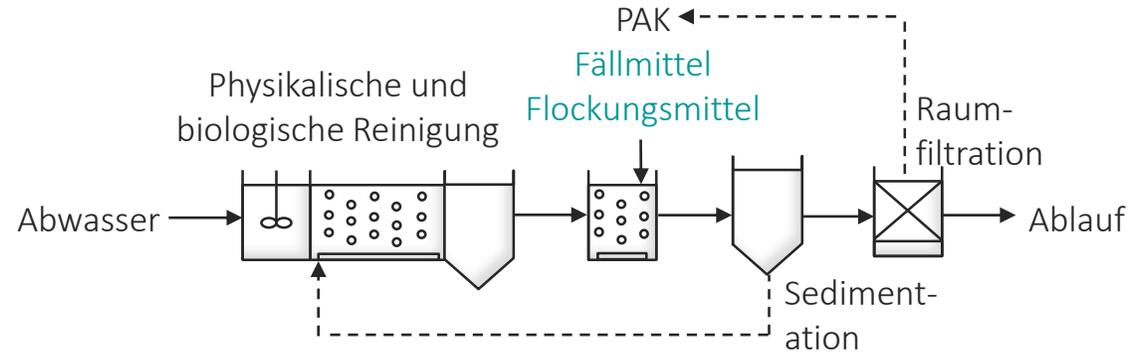


Zyklon

Abtrennung – Erfahrungswerte

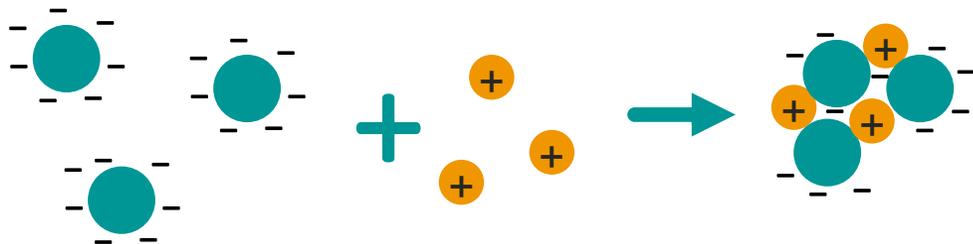


Flockung – Mechanismen



Koagulation

- Dosierung von Eisensalzen (Al, Fe)
- Kompensation von Oberflächenladungen
- Zusammenschluss zu kompakten Koagulaten

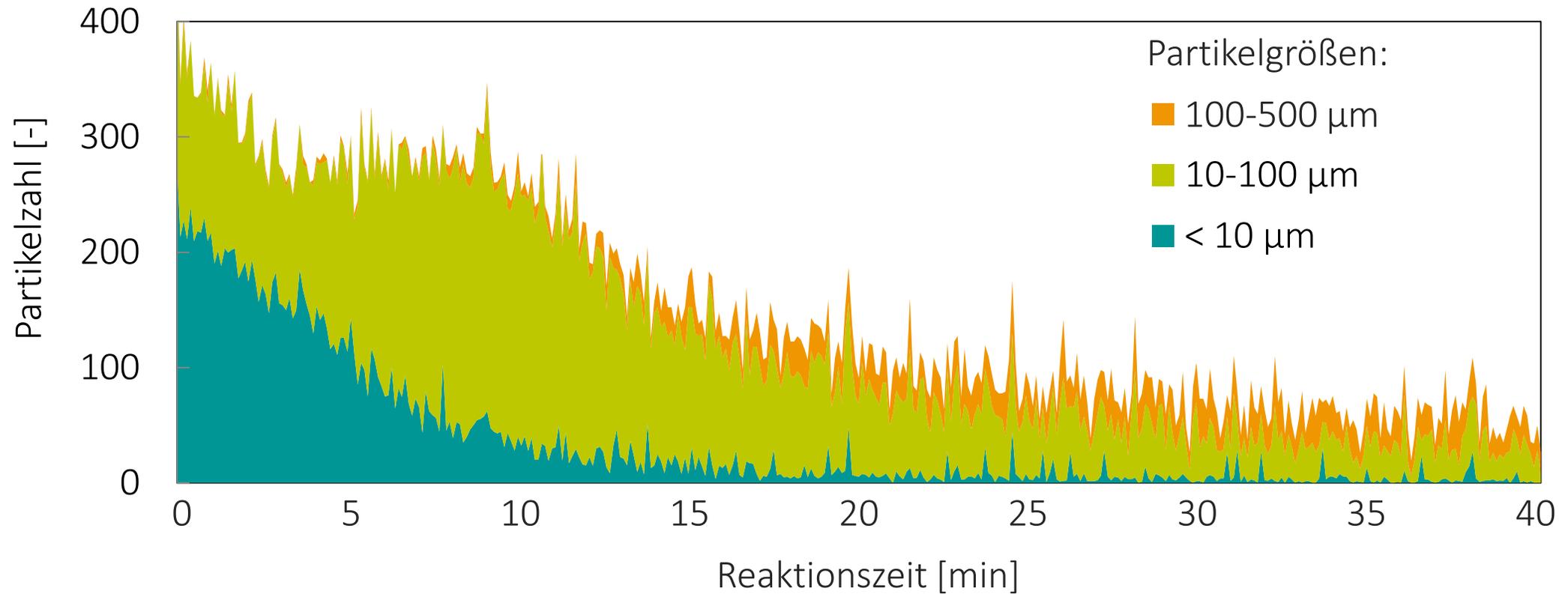


Flockung

- Dosierung von Polymeren (an-/kationisch)
- Wirkung als Bindeglieder zwischen Partikeln
- Bildung großer, wenig dichter Flocken



Koagulation – Effekt



Koagulation – Betrieb



PO₄-Mitfällung

Mitfällung von Phosphaten

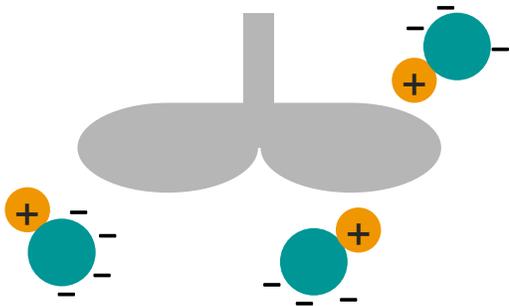
→ Phosphor-Elimination, aber Fällmittel-Zehrung beachten!



Dosierung

Ausreichende Dosierung,

aber Vorsicht vor Überdosierung (Ladungsumkehr)!



Rühren

Ausreichende Durchmischung,

aber Vorsicht vor übermäßiger Scherbelastung!

→ Zweistufiges Verfahren?

Nachweis – im Labor

Filtration über temperaturstabile Filter

Thermogravimetrie



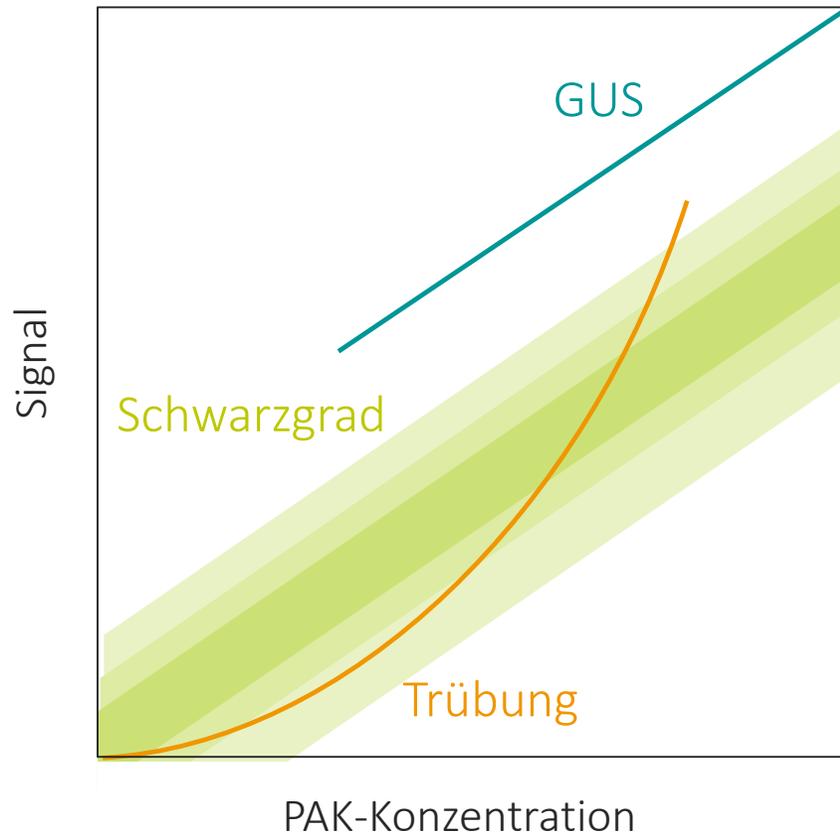
Erhitzung und Bestimmung des spezifischen Gewichtsverlusts

Gradienten-TOC



Verbrennung und Bestimmung der spezifischen CO₂-Entstehung

Nachweis – auf der ARA



GUS

- Norm
- Messgrenze
- Unspezifisch

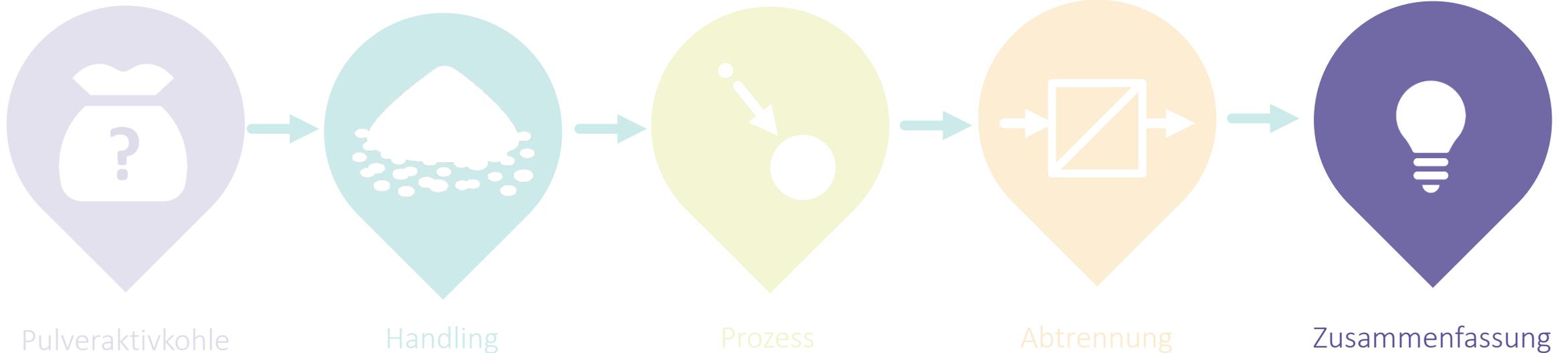
Trübung

- Online-Sensoren verfügbar
- Relativer Indikator
- Unspezifisch

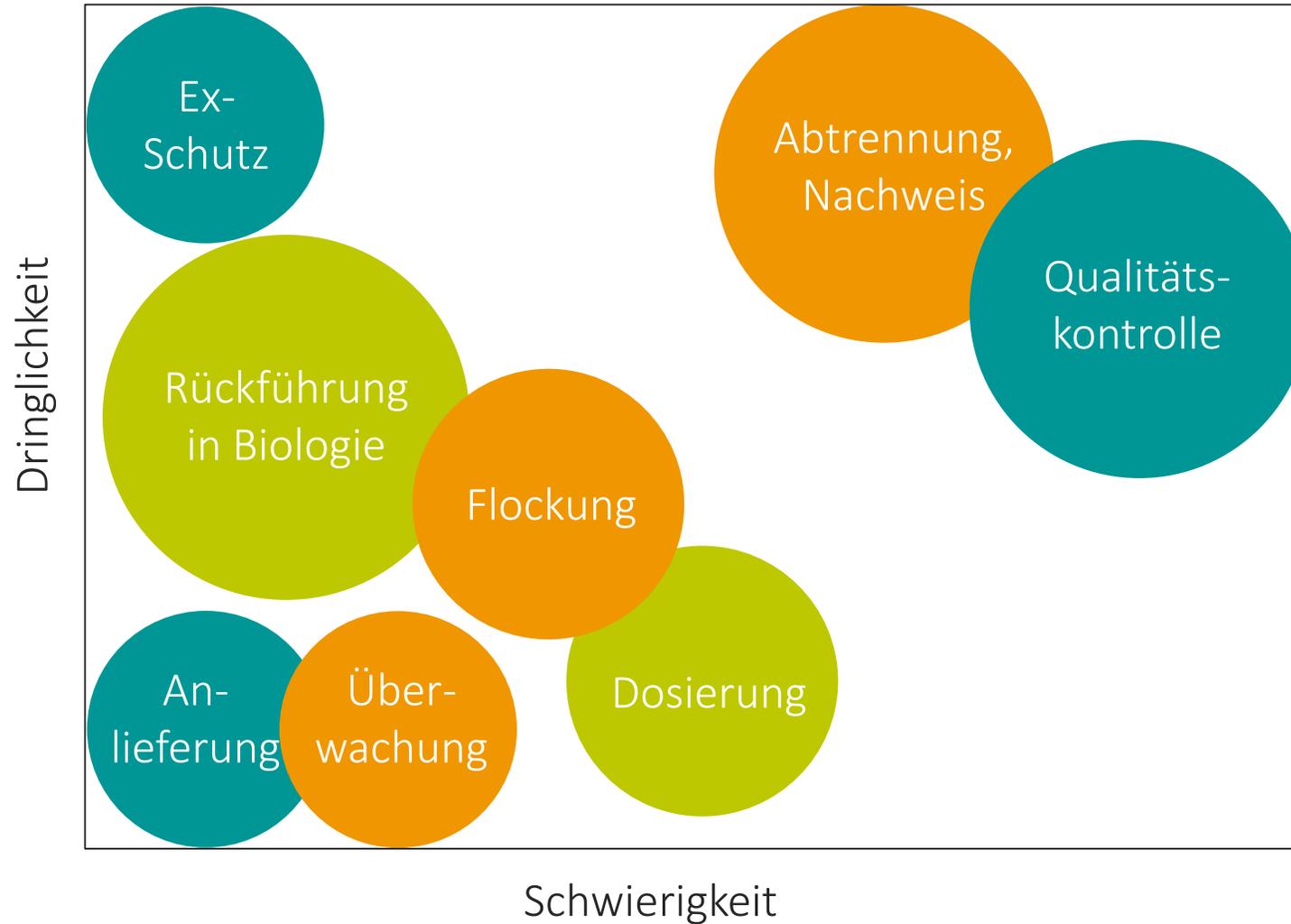
Schwarzgrad

- Aufwändig und subjektiv
- Indikator für PAK

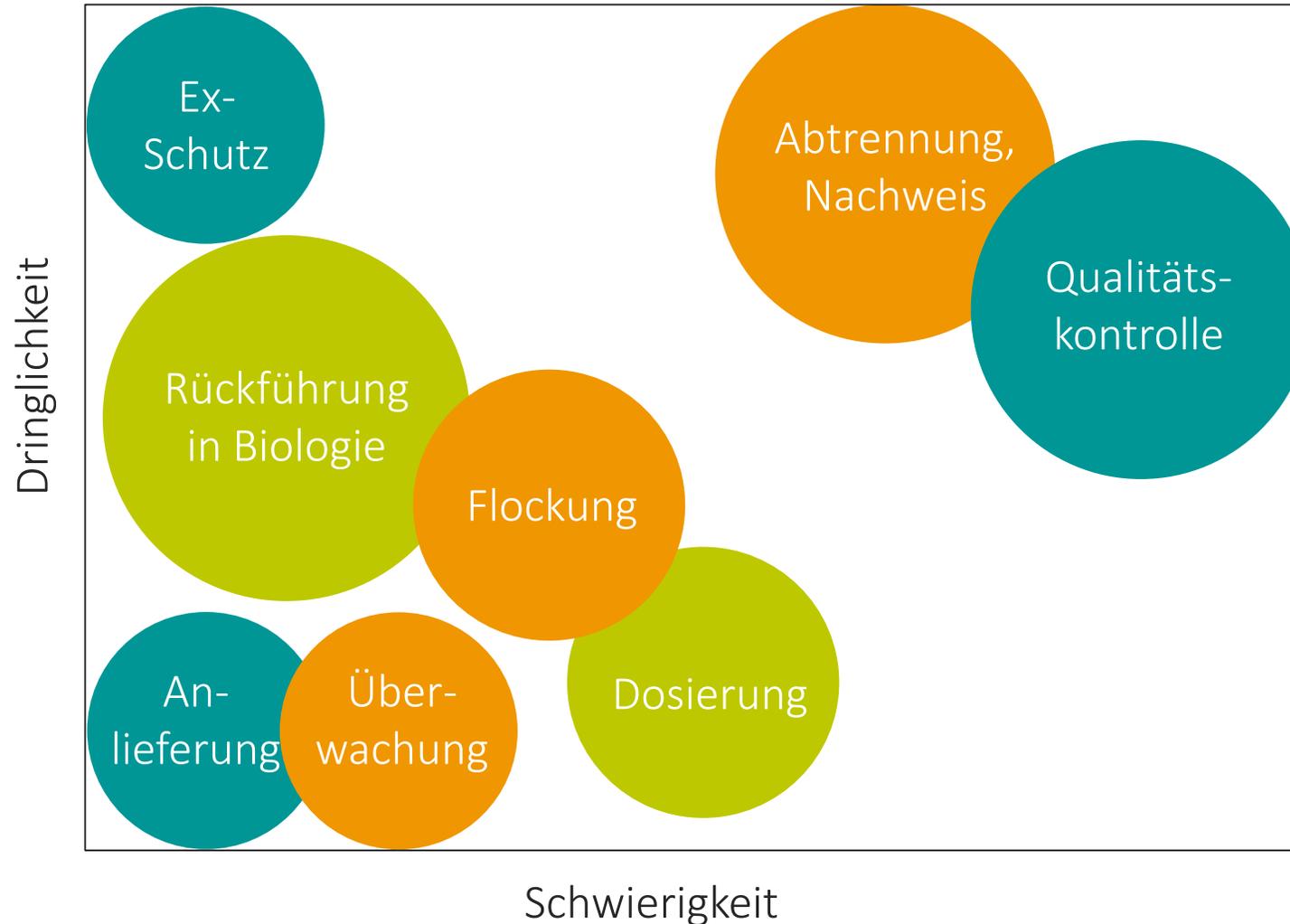
40 Minuten...



Zusammenfassung



Zusammenfassung und Ausblick



Was braucht es?

- Weitere Forschung/Untersuchung
- Vergleichende Studien
- Sammlung und Dokumentation von Praxiserfahrungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Isle Utilities GmbH

 Therese Krahnstöver

 therese.krahnstoever@isleutilities.com

 +49 176 63860615

 Rudower Chaussee 29
12489 Berlin



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Life Sciences