

Erfahrung mit 4 Jahren großtechnischer in-situ-Arsenmobilisierung

Altstandort Lampertheim-Neuschloß

Ein Projekt der
HIM

member of **INDAVER** Group

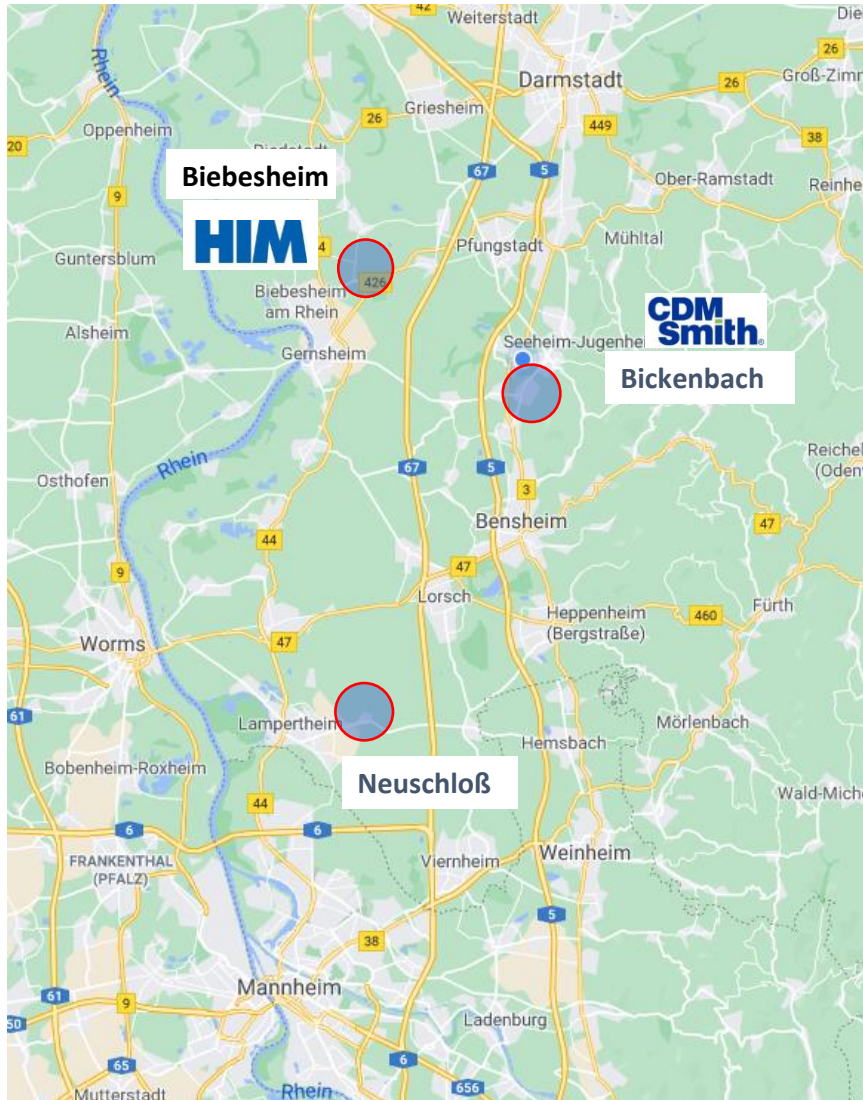
Dr. rer. nat. Sami Al Najem
Dipl.-Ing. Birgit Schmitt-Biegel
M. Sc. Torsten Nowak

27.02.2024

**CDM
Smith**



Projektbeteiligte



Saniert von der HIM GmbH - Bereich Altlastensanierung (HIM-ASG), Biebesheim



Finanziert durch das Hessische Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat

Beauftragt vom Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Umwelt



Wissenschaftlich begleitet von der Universität Heidelberg



Geplant und überwacht von CDM Smith SE

Projektleitung HIM-ASG: Birgit Schmitt-Biegel / Torsten Nowak

Ehem. chem. Fabrik Lampertheim-Neuschloß



Gliederung

1. Ausgangssituation

- Standorthistorie
- Bodensanierung
- Grundwassersanierung (Pump&Treat)

2. Arsen-Mobilisierung

- Grundlagen
- Labor-, Lysimeter- und Pilotversuch
- Großtechnische Umsetzung

Standorthistorie



Chemiefabrik Neuschloss ~ 1926

Betriebsdauer	1829 – 1927
Fläche	ca. 8 ha
Produkte	Soda, Salzsäure, Schwefelsäure, Natronlauge, Chlorkalk, Glaubersalz, Superphosphat-Dünger
Wohnbebauung	seit 1950
Schadstoffpotenzial	Arsen , Blei, Kupfer, Quecksilber, Thallium, Zinn, Zink, Selen, Antimon, PAK, PCDD/F
Betroffene Medien	Boden, Grundwasser
Sanierungsmaßnahmen	Boden, Grundwasser

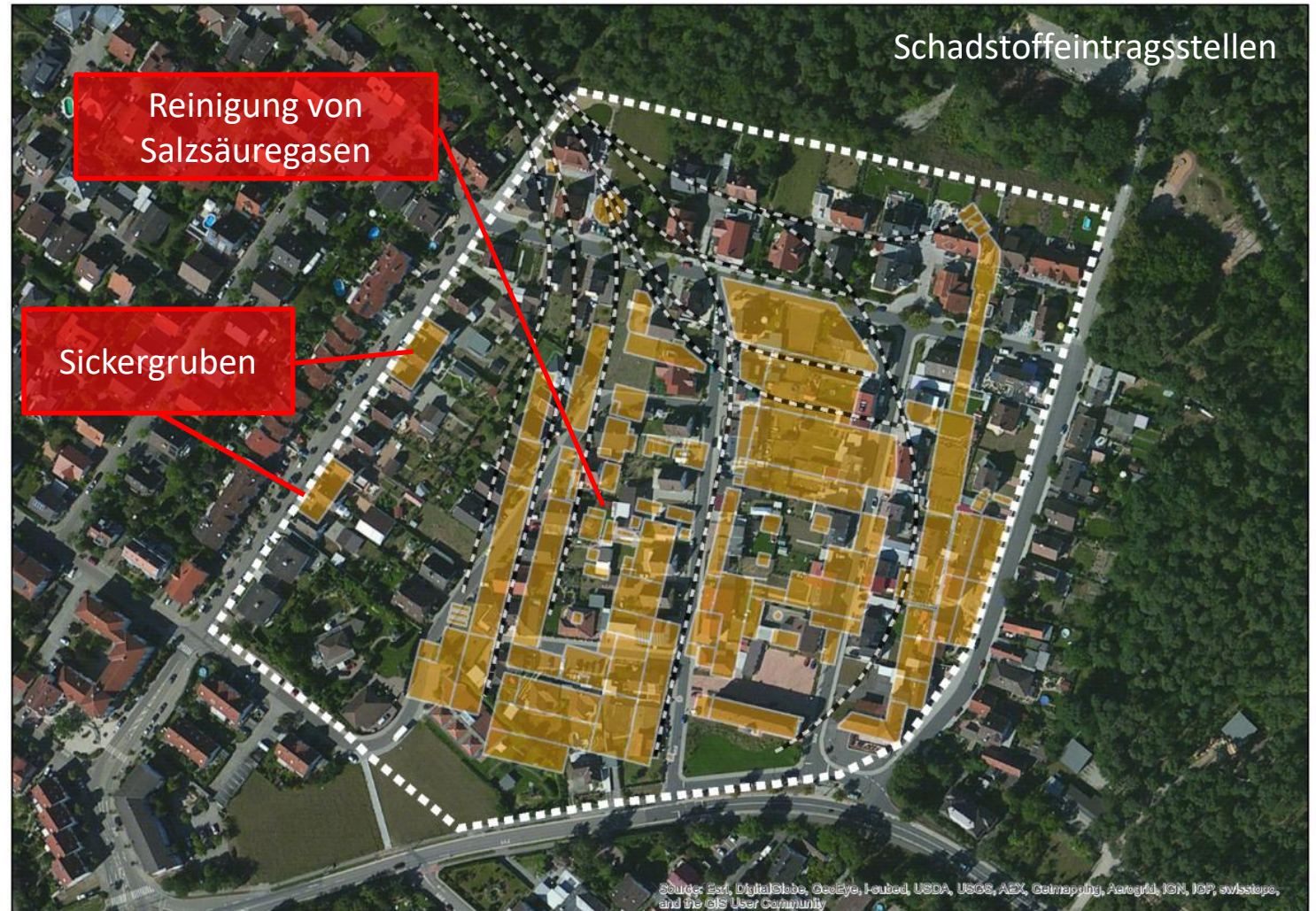
Ausgangssituation – Identifizierung Kontaminationsquellen

flächige schädliche Bodenverunreinigungen

- **punktueller Eintragsquellen** (insb. **nördliche Sickergrube**)
- **diffuser Eintrag** (gesamtes Betriebsgelände)

Bodensanierung (Schutz von Mensch und GW)

- Kombination aus:
 - Aushubsanierung (1 - 3 Meter)
 - Sicherung durch Sickerwasser-Sperrschicht
- Entnahme von rd. 49 t Arsen



Hydraulische Sicherung durch Pump&Treat

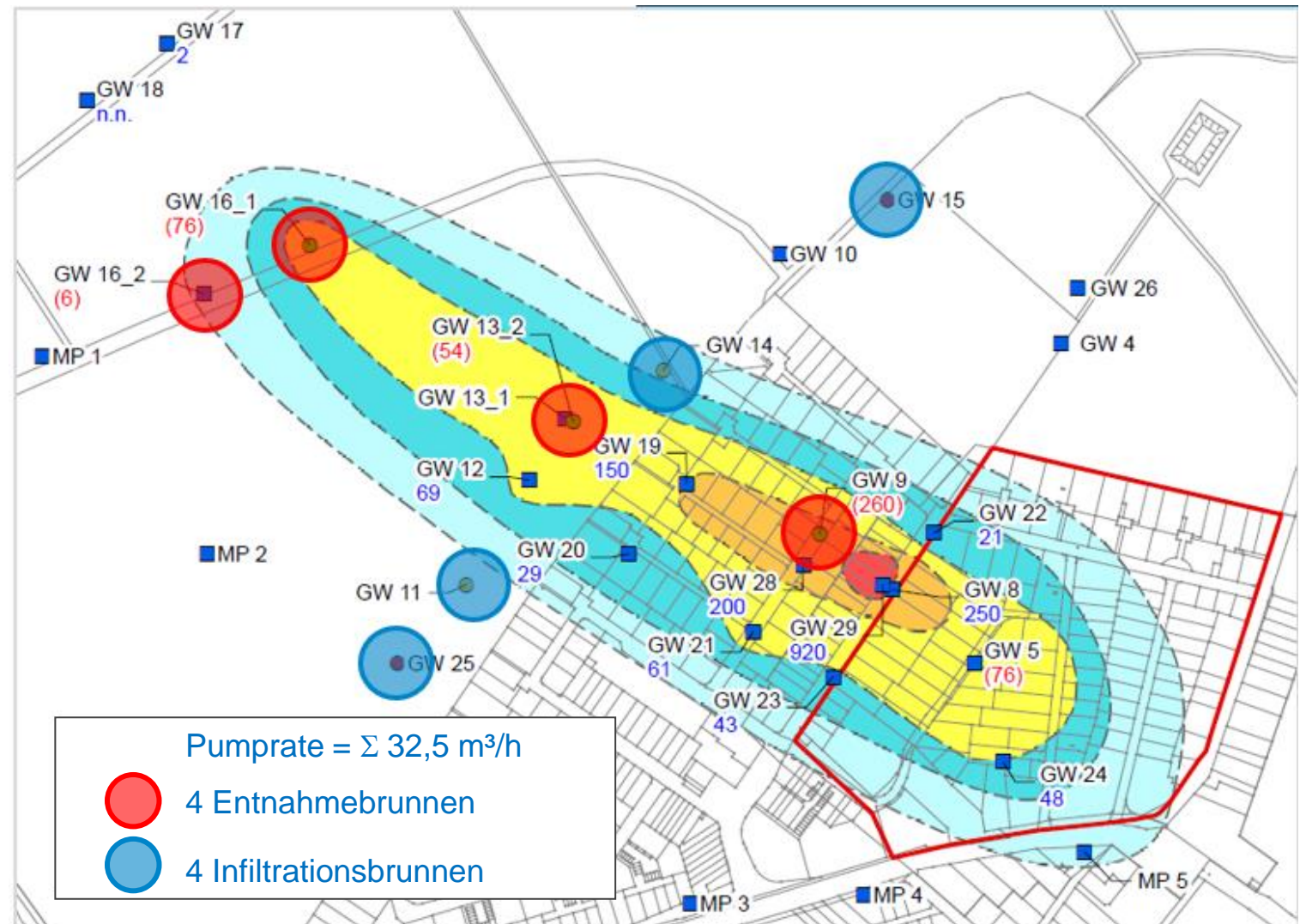
Arsenfahne, Mai 2011

2003

- Beginn GW-Sanierung Pump&Treat

Grundwasser

- Horizontale Ausdehnung der Arsen-Kontaminationen: ca. 200 m x 1.000 m (Oberer GW-Leiter)
- Verlagerung von As vertikal und horizontal im OGWL in Richtung Wasserwerk



Hydraulische Sicherung durch Pump&Treat

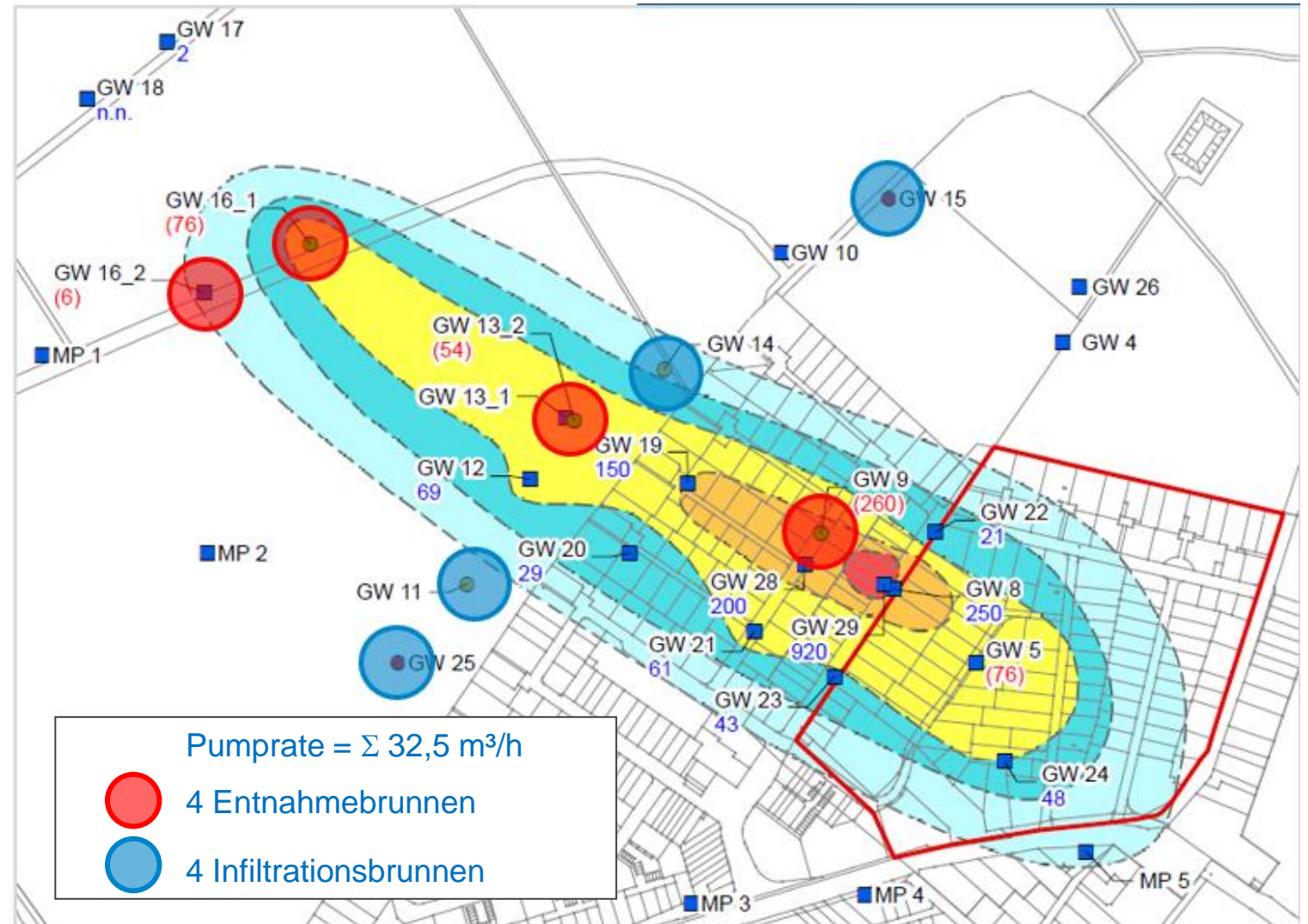
Arsenfahne, Mai 2011

2003

- Beginn GW-Sanierung Pump&Treat

Grundwassersanierung

- Hydraulische Sicherung
- Entnahme an 4 Brunnen entlang der Schadstofffahne
- Re-Infiltration an 4 Brunnen
- Förderrate 32,5 m³/h
- Reinigungszielwert: 10 µg/l Arsen



Hydraulische Sicherung durch Pump&Treat

Sanierungsbetrieb

- Durchgängig > 99 % Verfügbarkeit
- Sichere Einhaltung der Zielwerte
- Schadstofffahne wird voll erfasst

Aber...

- Keine nachhaltige Abnahme der Arsengehalte im Rohwasser im Schadenszentrum
- hohe Kosten ca. 600 T€/a



Bisherige Fördermenge: ~ 5,0 Mio. m³
Schadstoffaustrag: > 1.300 kg As

Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

seit 2011

- Überprüfung und Optimierung der P&T-Maßnahme nach Abschluss der Bodensanierung

Schritte zur Prüfung einer Optimierung der laufenden Pump&Treat - Maßnahme:

- **Detailerkundung:** Lokalisierung des Schadenszentrums im Aquifer, Ermittlung Schadstoffpotenzial
- Entwicklung **Schadstofftransportmodell** – Prognosen zur Entwicklung der Fahne
- Variantenstudie:
Immobilisierung, **Mobilisierung**, Ausbohren, Reaktive Wand, Funnel-and-Gate, etc.
- **Laborversuche** (Batch- & Säulenversuche) zur Prüfung der Mobilisierbarkeit von Arsen
- **Machbarkeitsstudie** mit Kosten-/Nutzen-Betrachtung als Entscheidungsgrundlage

Ehem. chem. Fabrik Lampertheim-Neuschloß



Gliederung

1. Ausgangssituation

- Standorthistorie
- Bodensanierung
- Grundwassersanierung (Pump&Treat)

2. Arsen-Mobilisierung

- Grundlagen
- Labor-, Lysimeter- und Pilotversuch
- Großtechnische Umsetzung

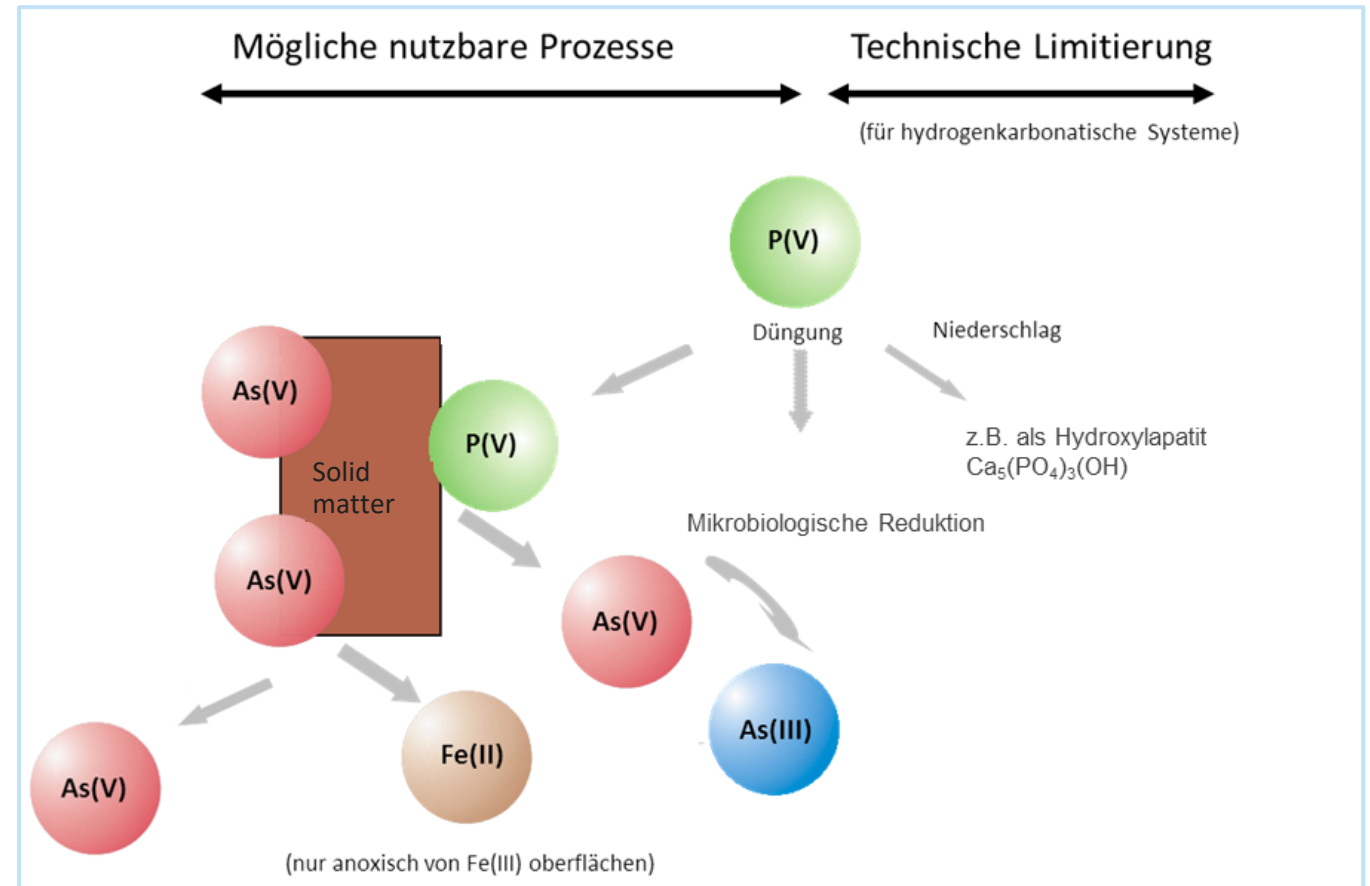
Theoretische Grundlagen Mobilisierung

Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

- Theoretische Grundlagen der Arsenmobilisierung
 - kompetitive Oberflächenkomplexierung As(V) zu P(V) - (Arsenat zu Phosphat)
 - mikrobiologische Arsenreduktion unter anoxischen Bedingungen

Prozesse der Arsenmobilisierung

(Quelle: Maier 2014)



Labor-, Lysimeter und Pilotversuche

seit 2011

- Vorversuche & Pilotversuch zur Arsenmobilisierung

Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen & Lysimeter-Versuche: Eignungsprüfung As-Mobilisierung
- Pilotversuch im Feld: Prüfung der optimalen Eingabebedingungen

Ziel: Optimierung As-Austrag & Verkürzung hydraul. Maßnahme

Anordnung Lysimeterversuche



Anordnung Säulenversuche, Quelle: Uni Heidelberg



Labor-, Lysimeter und Pilotversuche

seit 2011

- Vorversuche & Pilotversuch zur Arsenmobilisierung

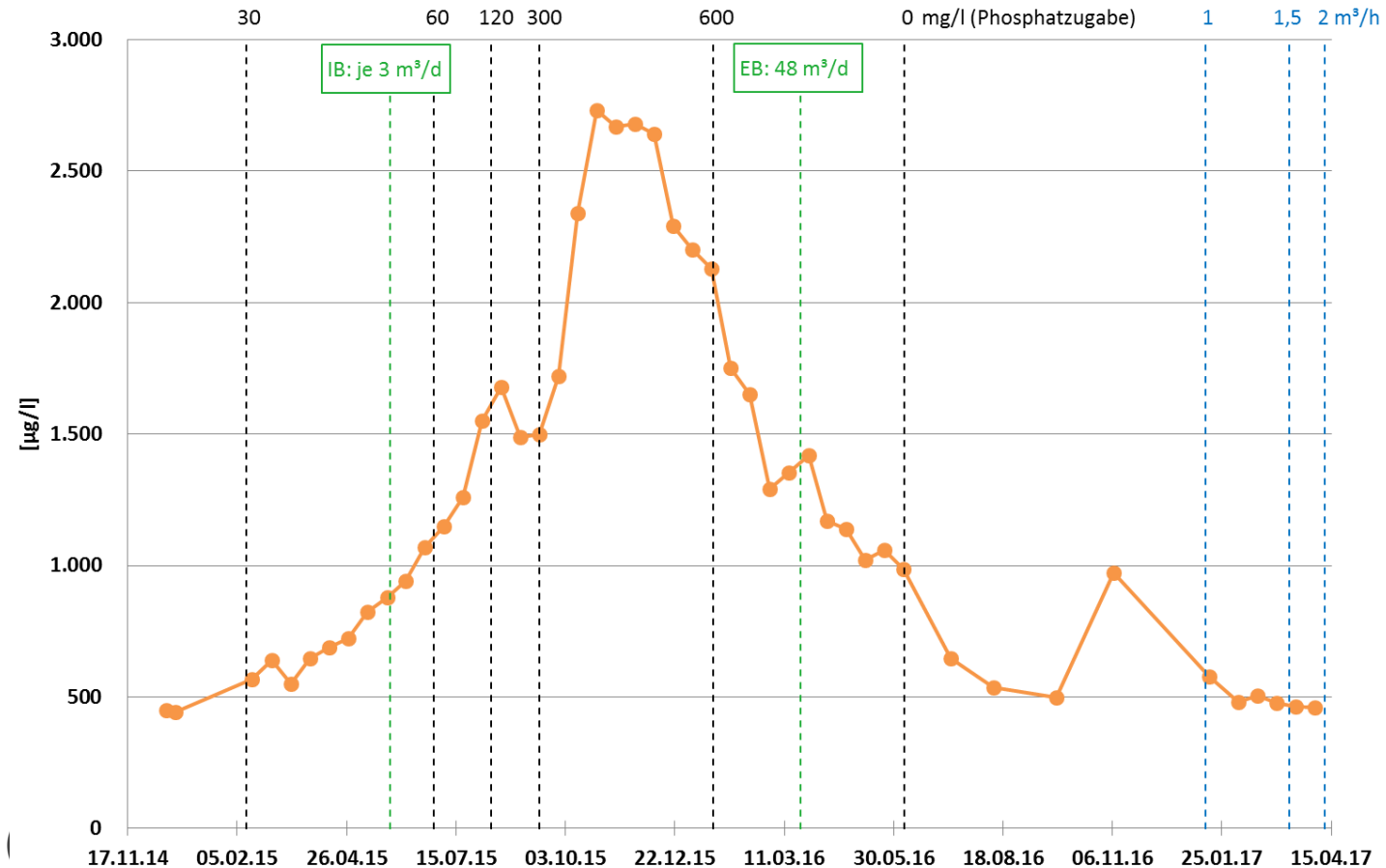
Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen & Lysimeter-Versuche: Eignungsprüfung As-Mobilisierung
- Pilotversuch im Feld: Prüfung der optimalen Eingabebedingungen

Ziel: Optimierung As-Austrag & Verkürzung hydraul. Maßnahme

Ergebnisse Labor- und Feldversuche

- As-Mobilisierung durch PO_4 -Zugabe bestätigt
- höhere Effektivität unter anoxischen Bedingungen
- Phosphat-Wirkkonzentration von 100 mg/l ausreichend



Ergebnisse Pilotversuch:
Arsenkonzentration im Entnahmebrunnen

Labor-, Lysimeter und Pilotversuche

seit 2011

- Vorversuche & Pilotversuch zur Arsenmobilisierung

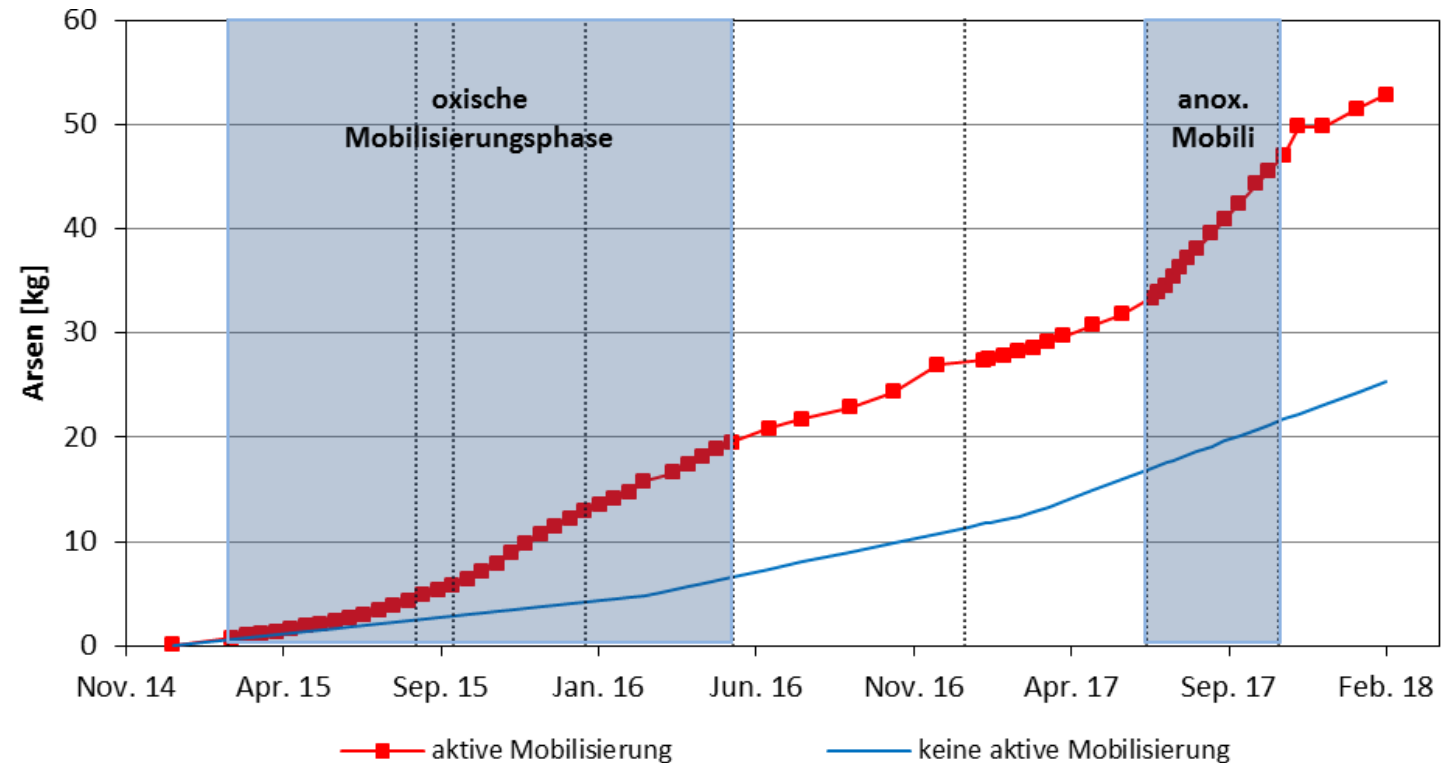
Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen & Lysimeter-Versuche: Eignungsprüfung As-Mobilisierung
- Pilotversuch im Feld: Prüfung der optimalen Eingabebedingungen

Ziel: Optimierung As-Austrag & Verkürzung hydraul. Maßnahme

Ergebnisse Labor- und Feldversuche

- As-Mobilisierung durch PO_4 -Zugabe bestätigt (Austragserhöhung)
- höhere Effektivität unter anoxischen Bedingungen
- Phosphat-Wirkkonzentration von 100 mg/l ausreichend



Ergebnisse Pilotversuch:
Arsenaustrag (kumuliert) im Entnahmebrunnen

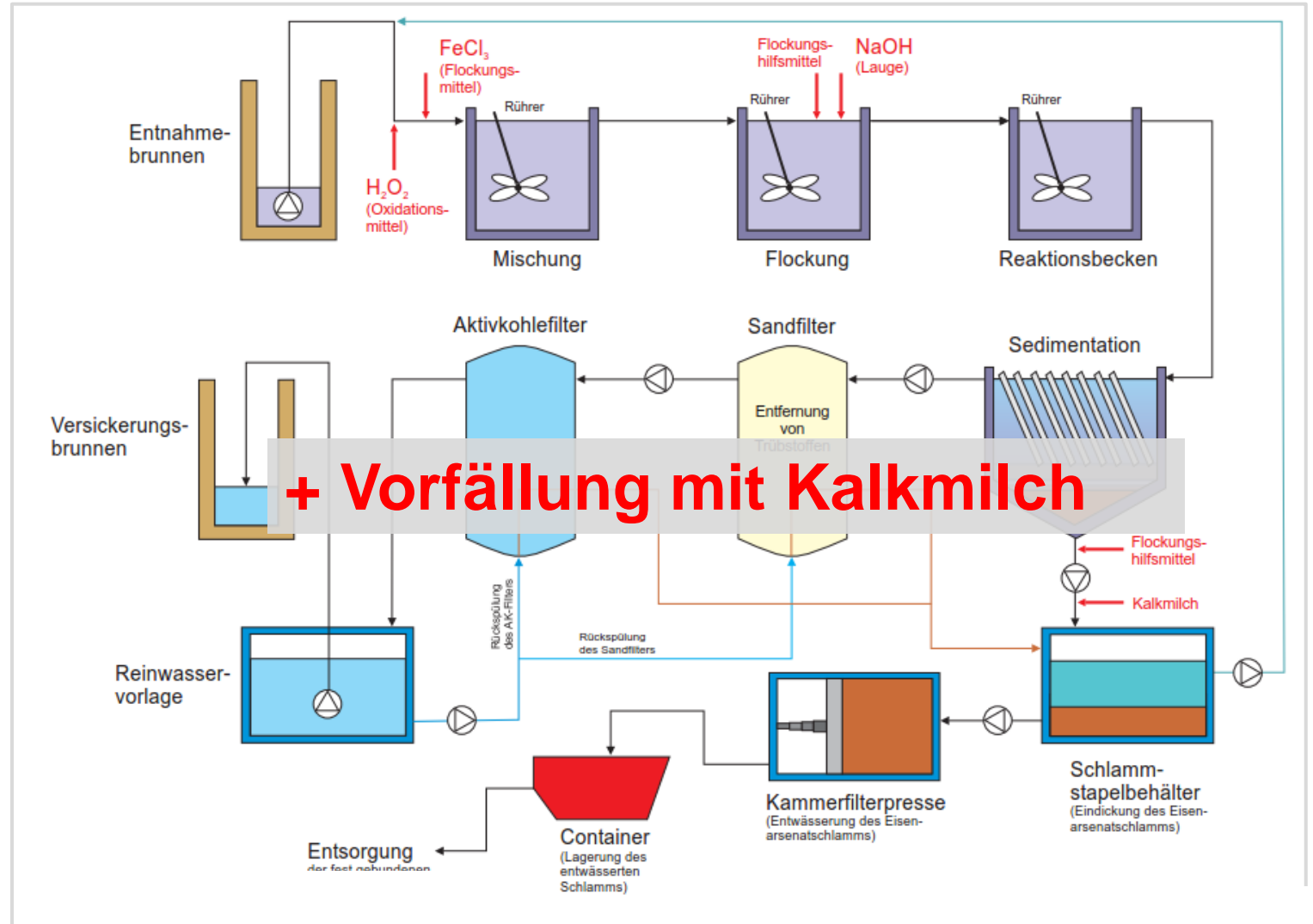
Großtechnische Arsenmobilisierung

2018 - 2019

- Anpassung Anlagentechnik für As-Mobilisierung

Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung

- Anpassung Anlagen- und Verfahrenstechnik der WAA aufgrund
 - höherer Arsenfrachten
 - Phosphat-Abreinigung erforderlich
- Bau Ansetz- und Dosieranlage zur kontinuierlichen Phosphateingabe



Labor-, Lysimeter und Pilotversuche

seit 2011

- Vorversuche & Pilotversuch zur Arsenmobilisierung

Prüfung Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen & Lysimeter-Versuche: Eignungsprüfung As-Mobilisierung
- Pilotversuch im Feld: Prüfung der optimalen Eingabebedingungen

Ziel: Optimierung As-Austrag & Verkürzung hydraul. Maßnahme

Ergebnisse Labor- und Feldversuche

- As-Mobilisierung durch PO_4 -Zugabe bestätigt (Austragserhöhung)
- höhere Effektivität unter anoxischen Bedingungen
- Phosphat-Wirkkonzentration von 100 mg/l ausreichend

Fazit Vorversuche

- Großtechnische Umsetzung des Verfahrens geeignet und sinnvoll
 - Reduzierung der spez. Sanierungskosten
 - Verkürzung Sanierungsdauer

Großtechnische Arsenmobilisierung

2018 - 2019

- Anpassung Anlagentechnik für As-Mobilisierung

Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung

- Anpassung Anlagen- und Verfahrenstechnik der WAA aufgrund
 - höherer Arsenfrachten
 - Phosphat-Abreinigung erforderlich
- Bau Ansetz- und Dosieranlage zur kontinuierlichen Phosphateingabe



Container für Ansetz- und Dosieranlage



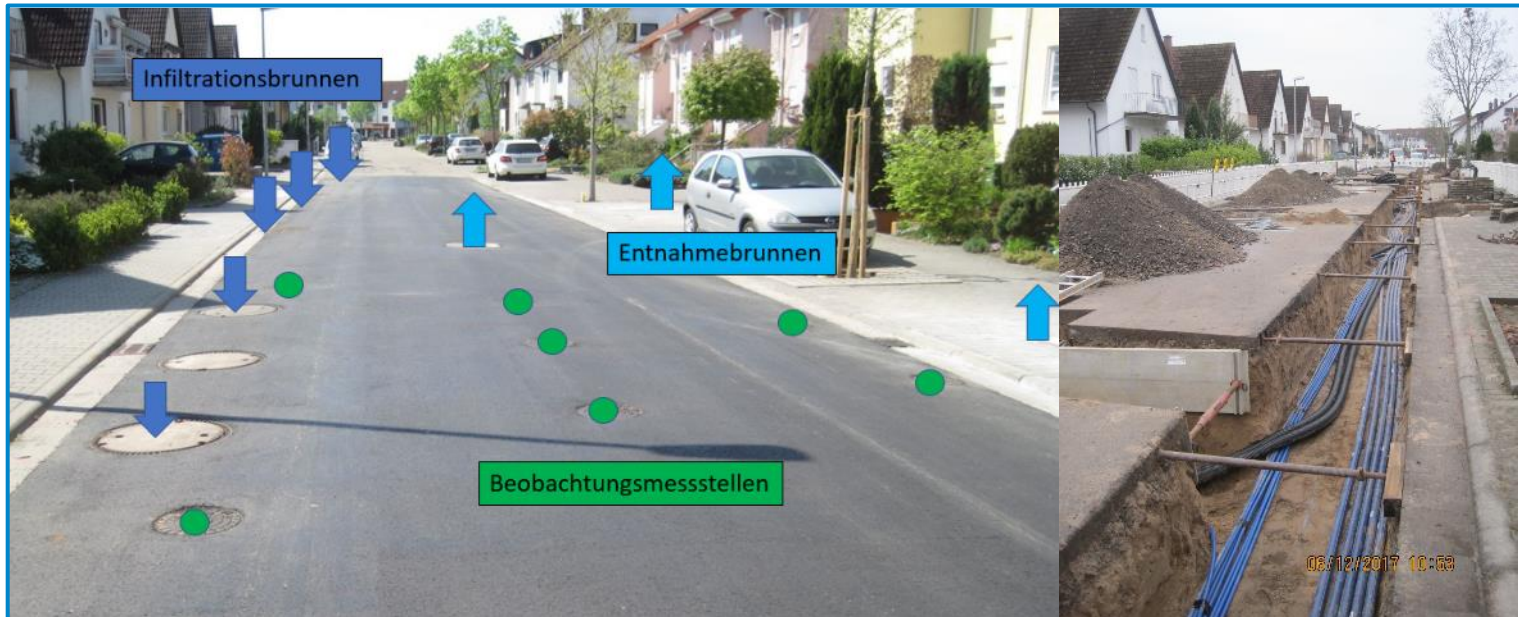
Dosierpumpen für Infiltrationsbrunnen

Großtechnische Arsenmobilisierung

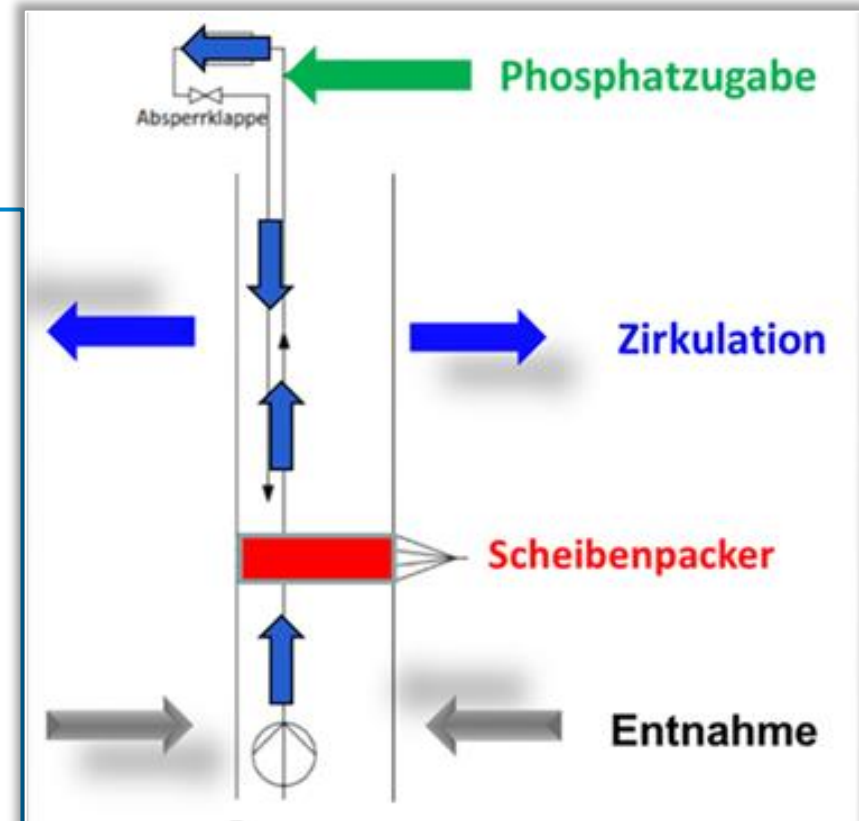
seit 2019

- großtechn. Arsenmobilisierung

Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung



Grundwasserzirkulation



Großtechnische Arsenmobilisierung

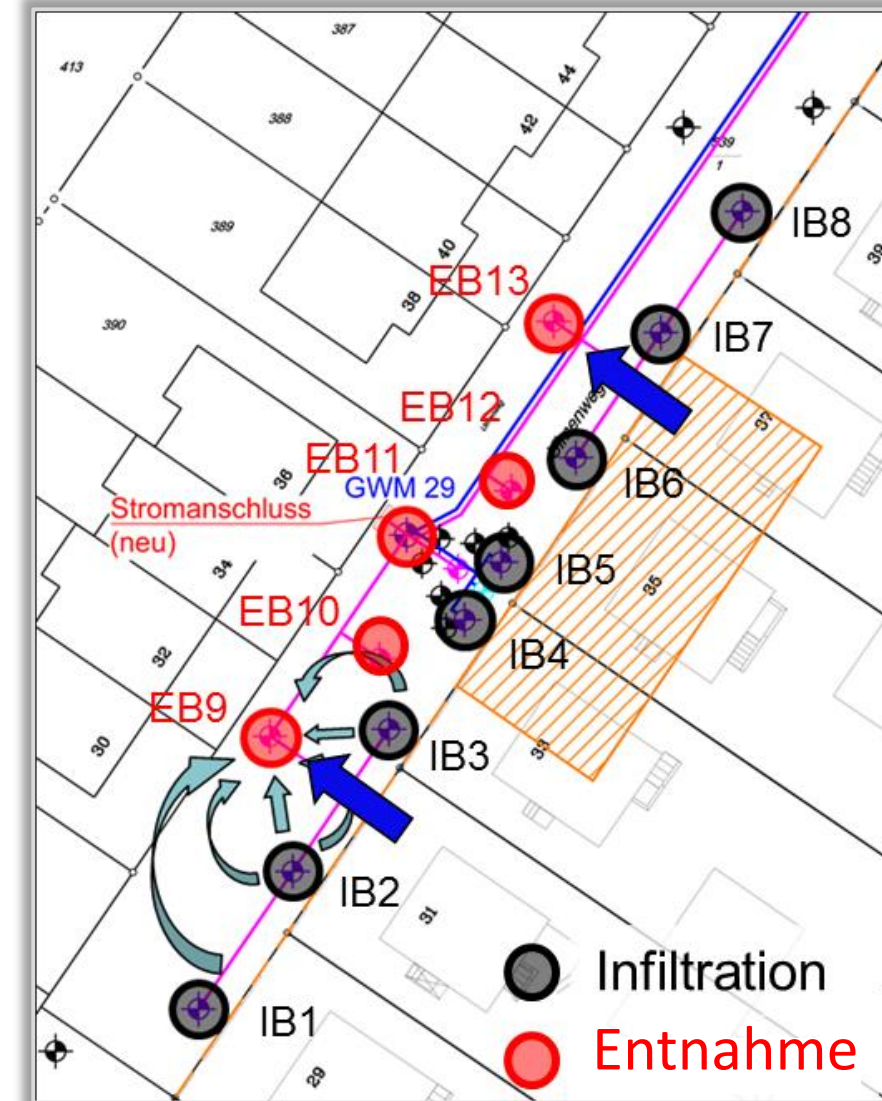
seit 2019

- großtechn. Arsenmobilisierung

Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung

- Substratzugabe über 8 Infiltrationsbrunnen
- Zirkulationsströmung in 8 Infiltrationsbrunnen
- GW-Förderung über 5 Entnahmebrunnen (EB)
- Zusätzliche Sicherung über Entnahmebrunnen im Abstrom

Detailplanung Mobilisierung



Großtechnische Arsenmobilisierung

seit 2019

- großtechn. Arsenmobilisierung

Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung

- Herausforderungen



Großtechnische Arsenmobilisierung

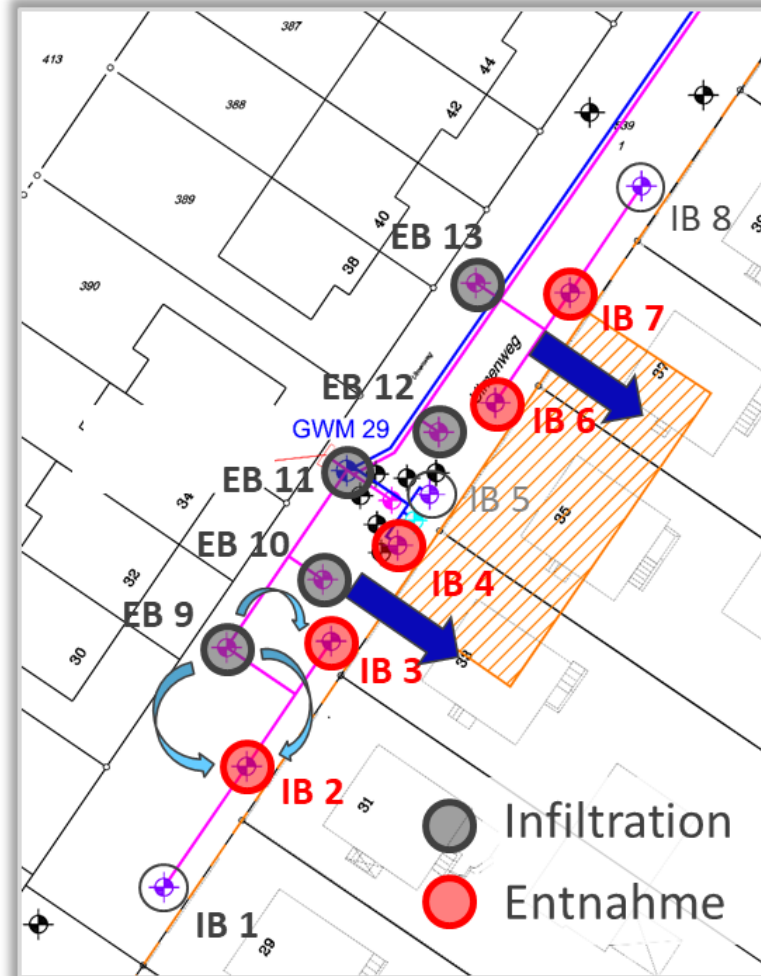
seit 2019

- großtechn. Arsenmobilisierung

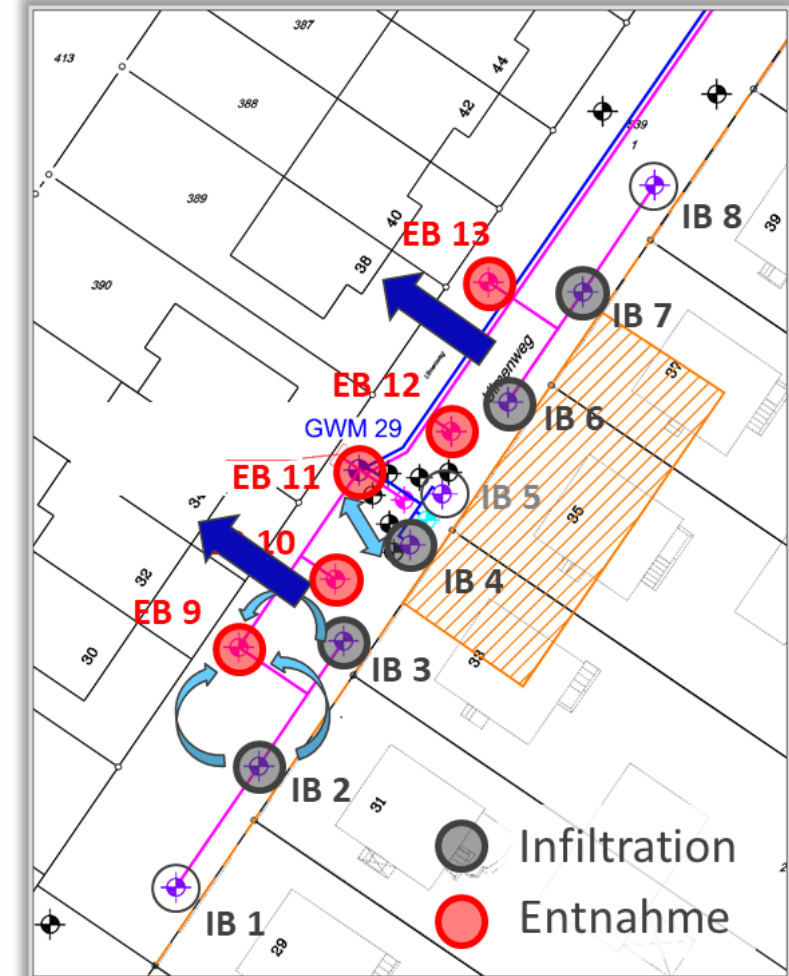
Großtechnische Umsetzung in-situ Mobilisierung

➤ Herausforderungen

Strömungsumkehr



natürliche Strömungsrichtung



Großtechnische Arsenmobilisierung

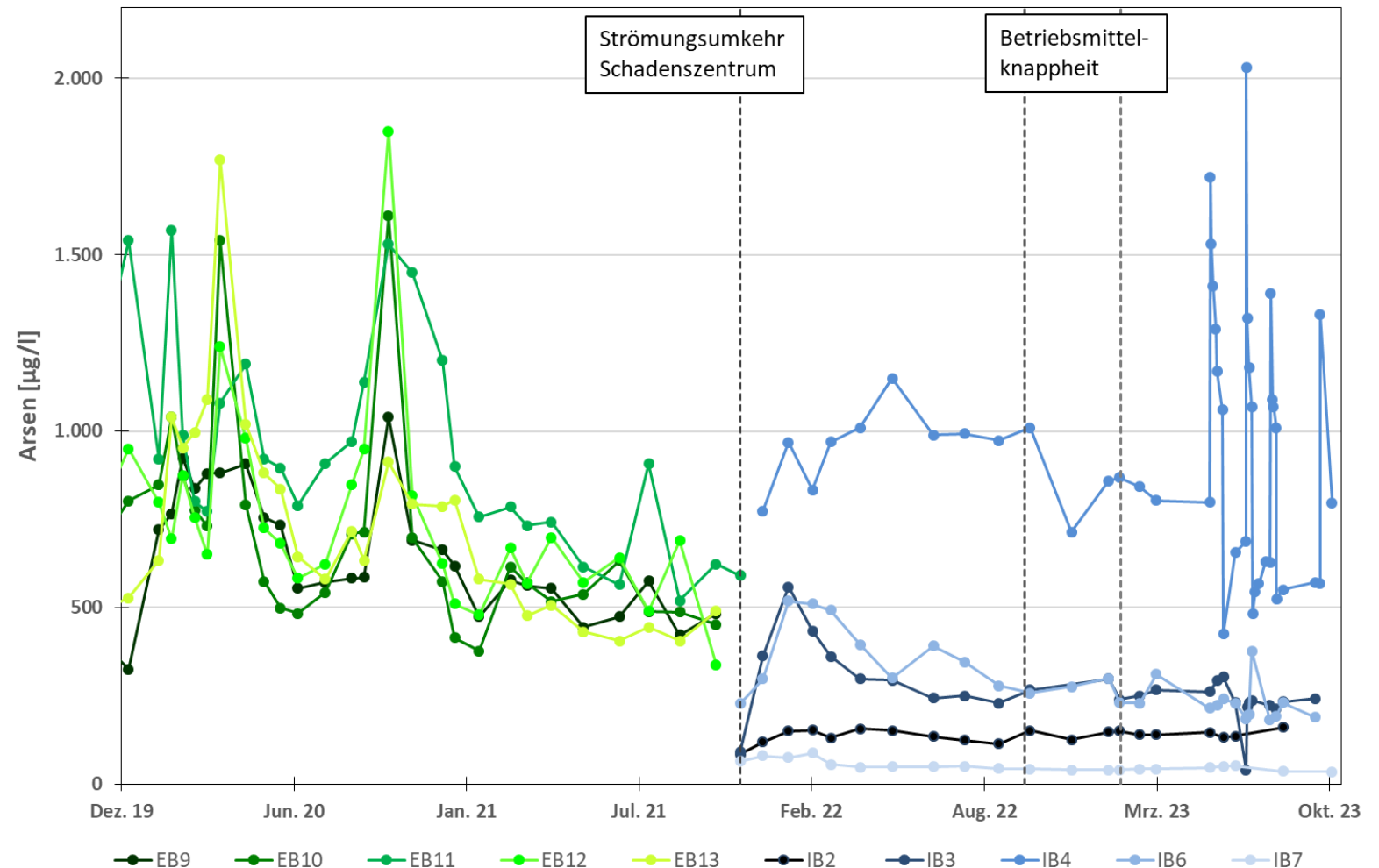
seit 2019

- großtechn. Arsenmobilisierung

Aktuelle Ergebnisse

- Entfernung von **~ 125 kg As/Jahr** im Schadenszentrum
- Effizienzsteigerung gegenüber Pump&Treat: **~2,5-facher** Arsenaustrag
- **Aber: Prognose 2017 zu optimistisch!**

Arsengehalte Entnahmebrunnen



Großtechnische Arsenmobilisierung

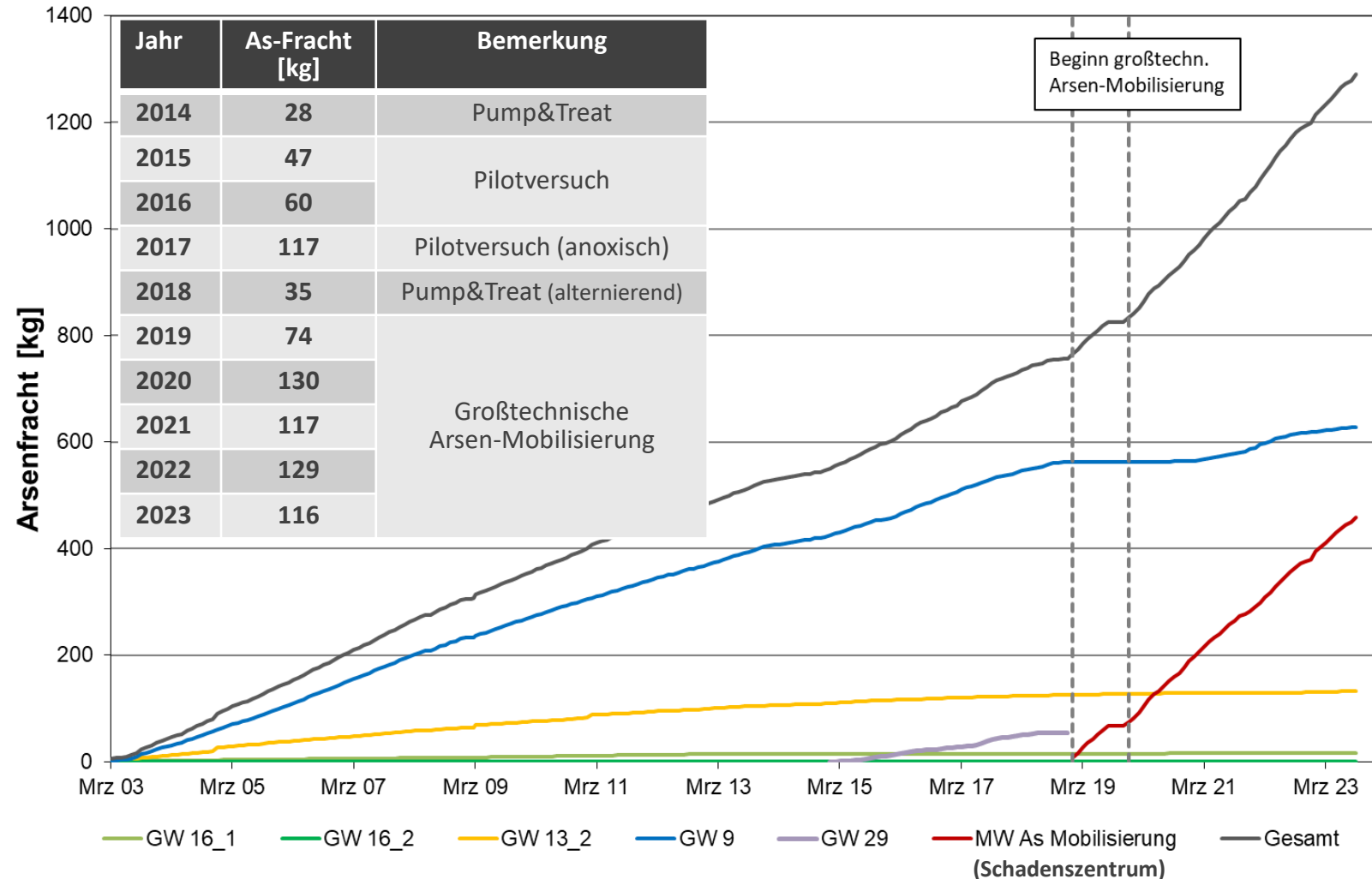
Arsenfracht WAA kumuliert

seit 2019

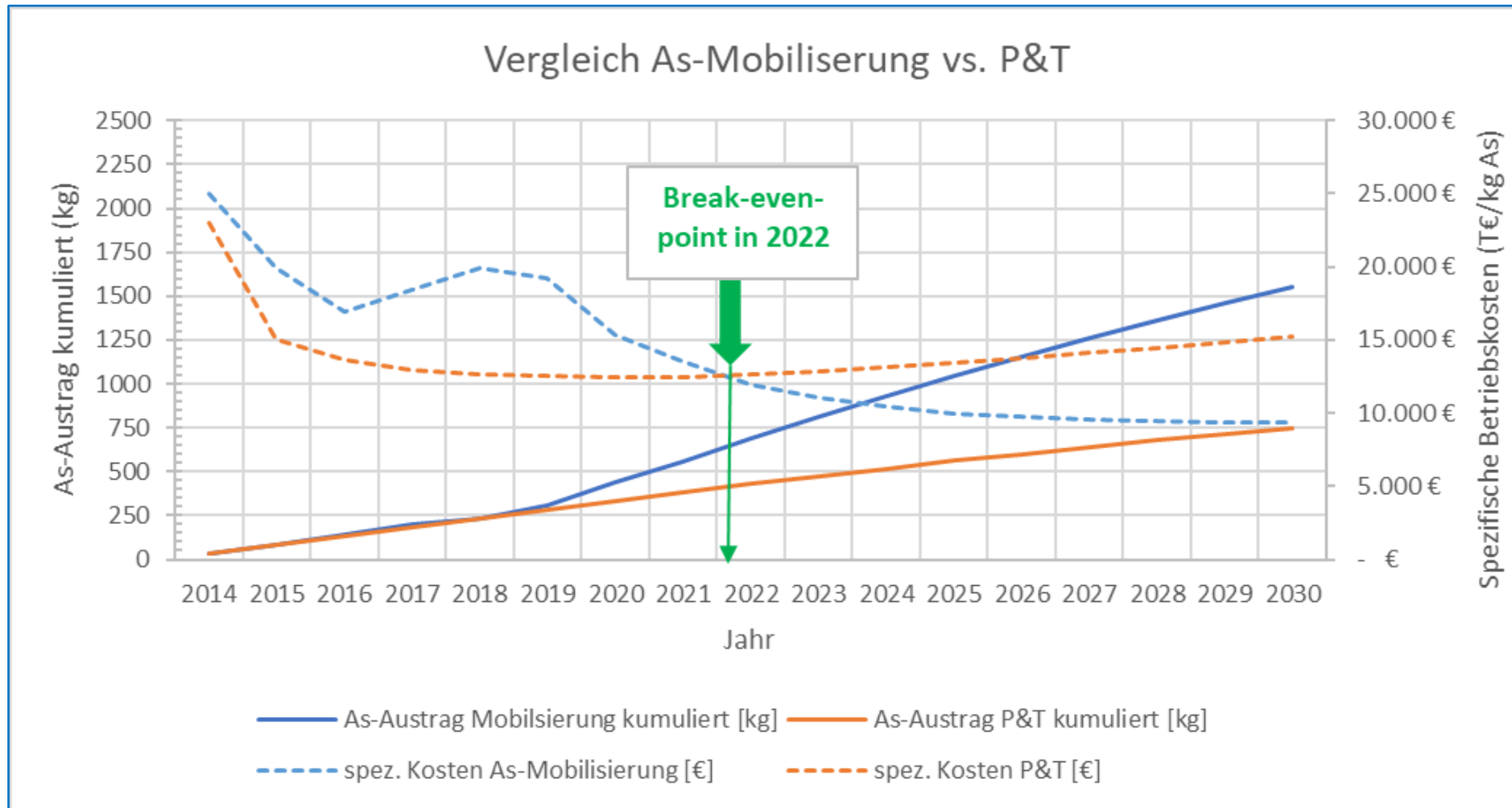
- großtechn. Arsenmobilisierung

Laufende Optimierungsansätze

- Erhöhung Substratzugabe Infiltration (bei Bedarf)
- Erhöhung Entnahmemengen in stärker belasteten Brunnen
- flexible Bedingungen zw. Infiltration & Entnahme
- Erweiterung Behandlungsraum



Großtechnische Arsenmobilisierung



Vergleich
 Kosten
 As-Mobilisierung
 vs.
 Pump&Treat
 seit Beginn der
 Optimierungs-
 maßnahmen

* Spezifische Betriebskosten mit Erkundung, Entwicklung, Bau- und Planung
 Annahme (ab 2023): stetige Reduzierung As-Austrag / a, Berücksichtigung Inflation

Großtechnische Arsenmobilisierung

Fazit nach 4 Jahren Arsenmobilisierung

- Verfahren funktioniert und ist effizienter als Pump&Treat
- Reduzierung der spez. Sanierungskosten

Aber:

- Verfahrenseffizienz ist schlechter als prognostiziert
- Milieubedingungen sind halbwegs steuerbar
- Kontinuierliche Optimierung / Anpassung notwendig
- Überwachungsaufwand ist hoch
- Behandlungsraum geringer als prognostiziert

+

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit



Ein Projekt der
HIM

member of **INDAVER** Group

In Kooperation mit und unter wiss. Begleitung von



INSTITUT FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

**CDM
Smith**

listen. think. deliver.