

Ehem. chem. Fabrik Lampertheim-Neuschloß

Sanierung eines Arsen-Grundwasserschadens: Vom klassischen Pump & Treat zum innovativen Ansatz der Arsen-Mobilisierung

Dr. agr. Wolfgang Balzer

10.02.2021



**CDM
Smith.**

Sachverständigenfortbildung gemäß § 18 BBodSchG
der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH (GAB)

Ehem. chem. Fabrik Lampertheim-Neuschloß



Gliederung

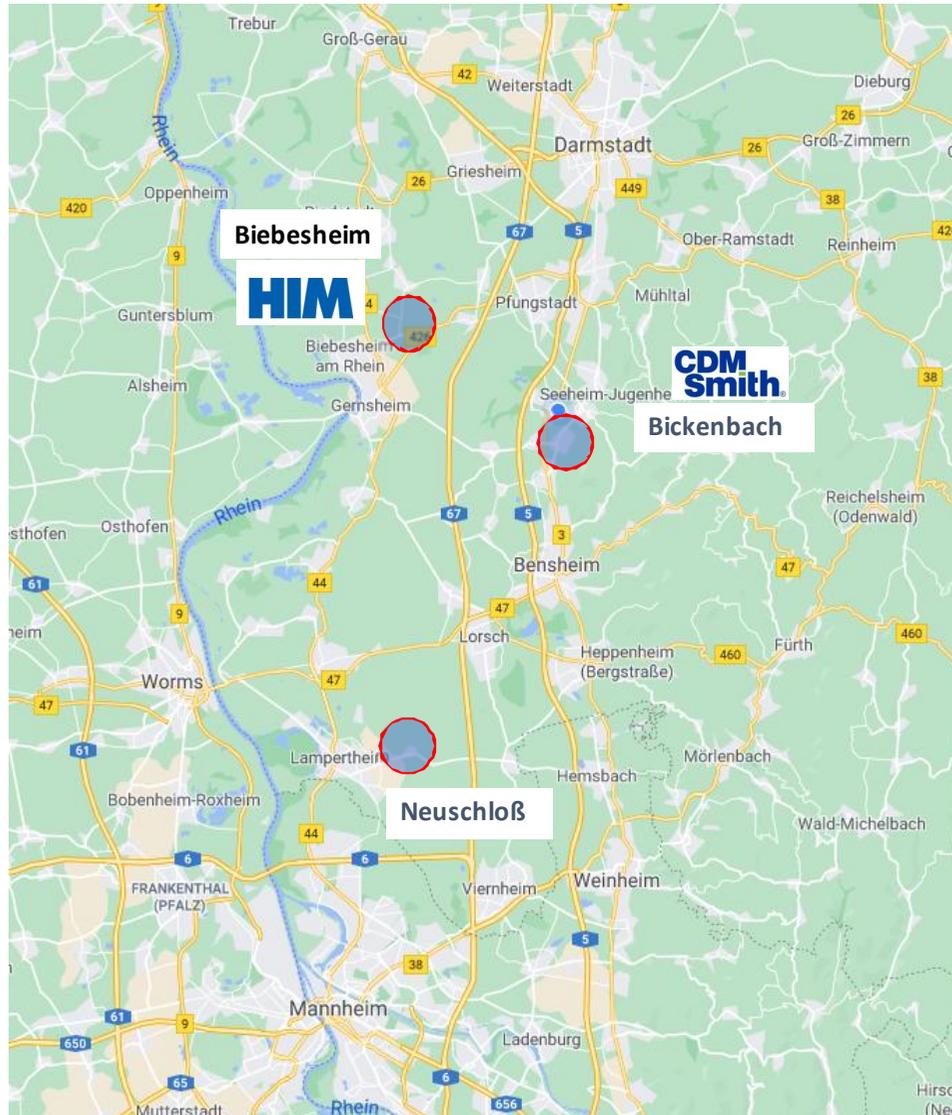
1. Ausgangssituation

- **Projekthistorie**
- **Schädliche Bodenveränderungen**
- **Bodensanierung**

2. Vom Pump & Treat zur Arsen-Mobilisierung

- Grundwasserkontaminationen durch Arsen
- Hydraulische Sicherung durch Pump & Treat
- Machbarkeitsstudie zur Optimierung
- Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche
- Großtechnische Umsetzung

Ausgangssituation – Lage des Altstandorts



Auftraggeber:
Land Hessen

Vertreten durch:
HIM GmbH – Bereich
Altlastensanierung
Biebesheim

Projektleiter HIM - ASG:
Hr. Riemann

Ausgangssituation

Chem. Fabrik Neuschloss um 1926



Ausgangssituation

Chem. Fabrik Neuschloss um 1926



Betrieb	1829 – 1927
Fläche	Ca. 8 ha
Produkte	Soda, Salzsäure, Schwefelsäure, Natronlauge, Chlorkalk, Glauber- salz, Superphosphat-Dünger
Wohnbebauung	Ab 1950
Grundstücke / Eigentümer	125 / ca. 600
Schadstoffpotenzial	Arsen, Blei, Kupfer, Quecksilber, Thallium, Zinn, Zink, Selen, Antimon, PAK, PCDD/F
Betroffene Medien	Boden, Grundwasser
Sanierungsmaßnahmen	Boden, Grundwasser

Ausgangssituation

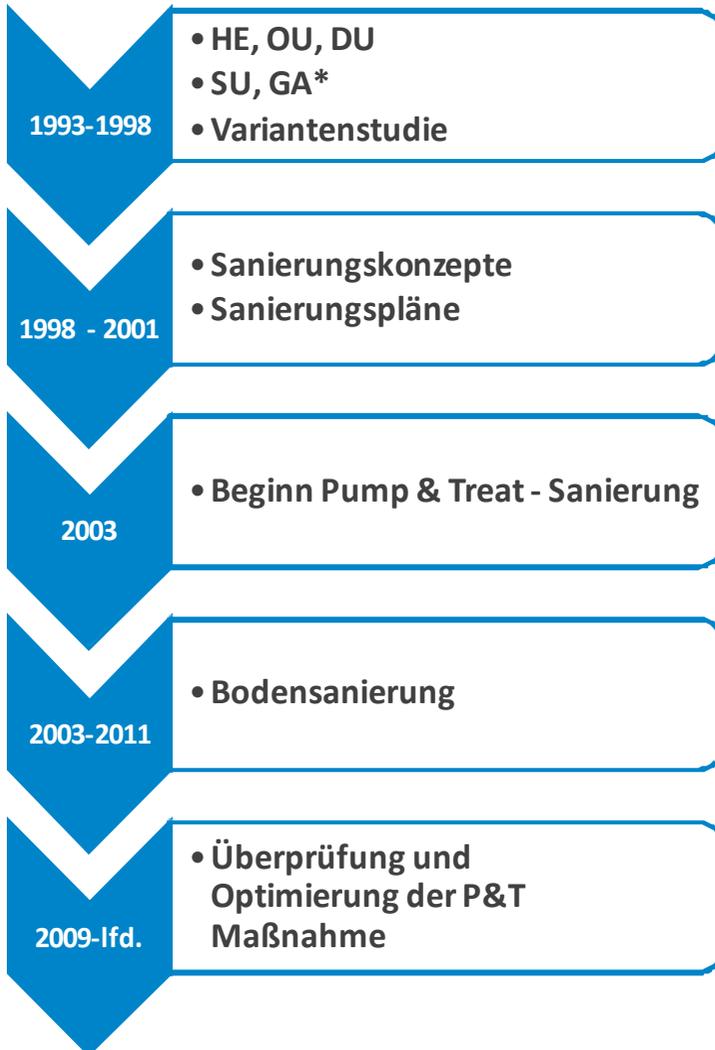
Chem. Fabrik Neuschloss um 1926



Betrieb	1829 – 1927
Fläche	Ca. 8 ha
Produkte	Soda, Salzsäure, Schwefelsäure, Natronlauge, Chlorkalk, Glauber- salz, Superphosphat-Dünger
Wohnbebauung	Ab 1950
Grundstücke / Eigentümer	125 / ca. 600
Schadstoffpotenzial	Arsen, Blei, Kupfer, Quecksilber, Thallium, Zinn, Zink, Selen, Antimon, PAK, PCDD/F
Betroffene Medien	Boden, Grundwasser
Sanierungsmaßnahmen	Boden, Grundwasser

Ausgangssituation - Projekthistorie

Das Wohngebiet von Neuschloß



Ausgangssituation – Identifizierung KVF

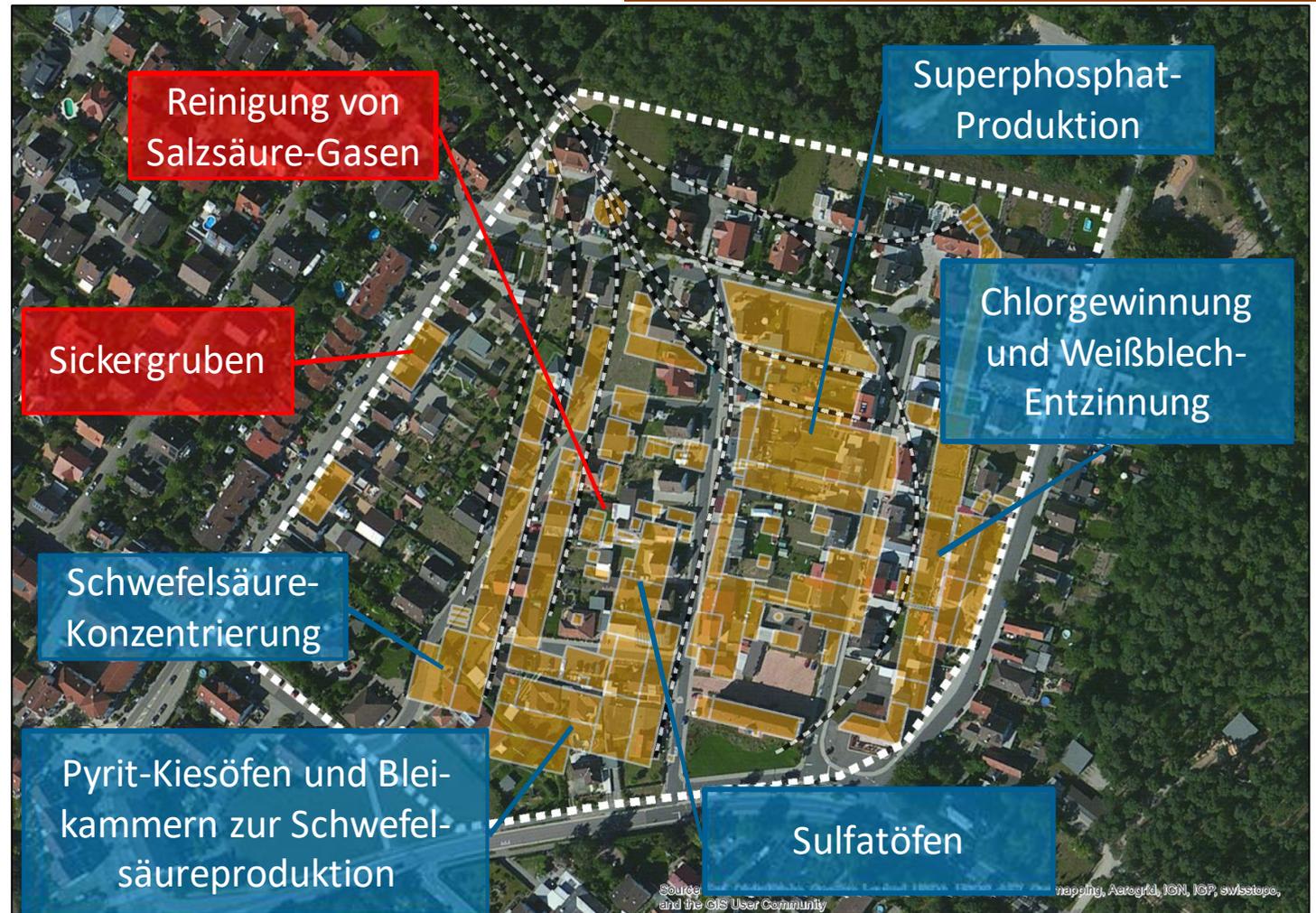
Schadstoff-Eintragsstellen

1993-1998

- HE, OU, DU
- SU, GA
- Variantenstudie

Verdacht auf schädliche Bodenverunreinigungen:

- **punktueller** Eintragsquellen (z.B. Sickergruben)
- **diffuser** Eintrag über das gesamte Betriebsgelände der ehem. Chem. Fabrik



Ausgangssituation – Schädliche Bodenveränderungen

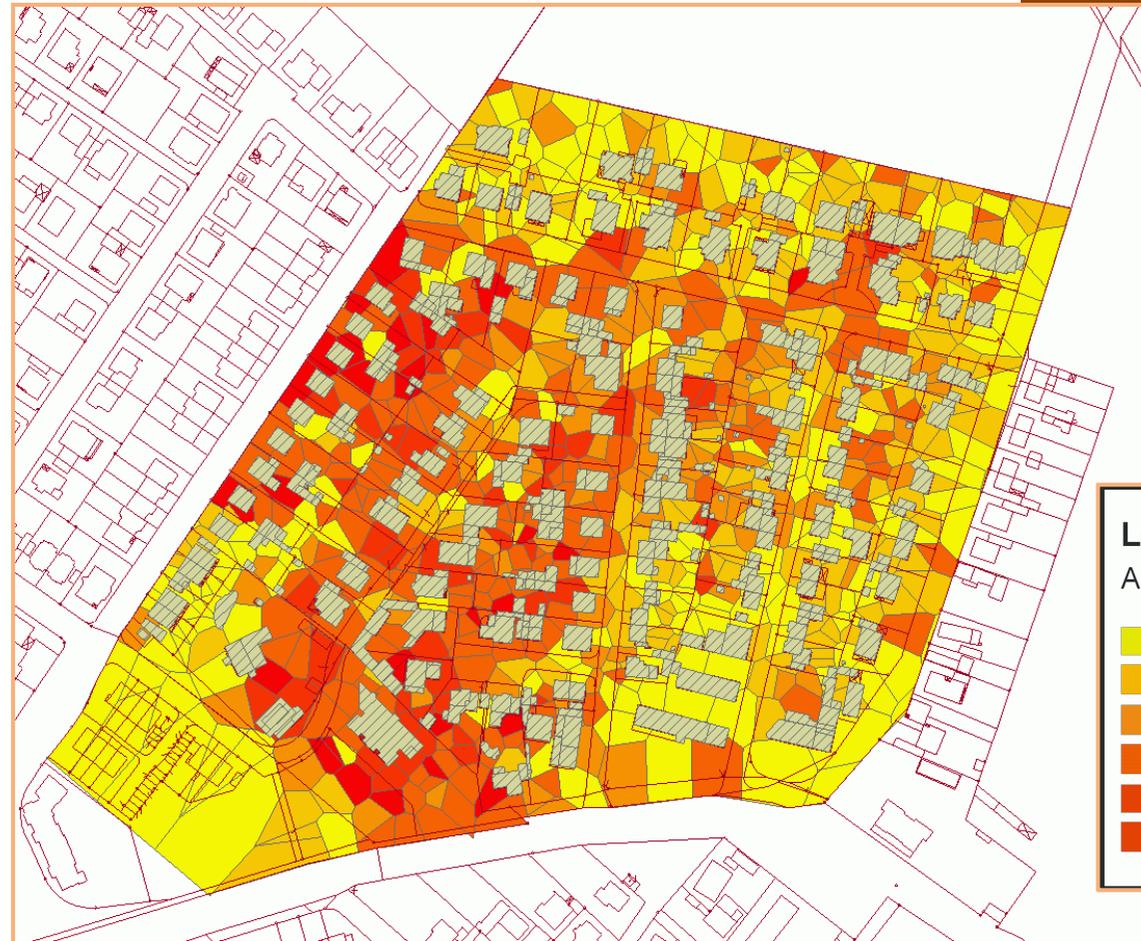
1993-1998

- HE, OU, DU
- SU, GA
- Variantenstudie

Boden:

- flächige schädliche Bodenveränderungen

Schadstoff	Einheit	Mittelwert	Median	Maximalwert	Prüfwert BBodSchV
Arsen	mg/kg	217,4	33,0	37.700,0	50
Blei	mg/kg	1.286,5	231,5	79.400,0	400
Kupfer	mg/kg	141,6	39,0	16.100,0	
Quecksilber	mg/kg	4,6	0,3	618,0	20
Thallium	mg/kg	3,0	0,7	190,0	
PAK	mg/kg	37,8	8,2	1.117,7	
PCDD/F	ng I-TE/kg	773,6	267,1	13.350,0	1.000 (Maßnahmenwert)



Legende
Arsengehalte im Boden (mg/kg)

- 1,0000 - 20,0000
- 20,0001 - 50,0000
- 50,0001 - 100,0000
- 100,0001 - 500,0000
- 500,0001 - 1000,0000
- 1000,0001 - 38000,0000

Arsen-Kontaminationen im Boden

Ausgangssituation - Bodensanierung

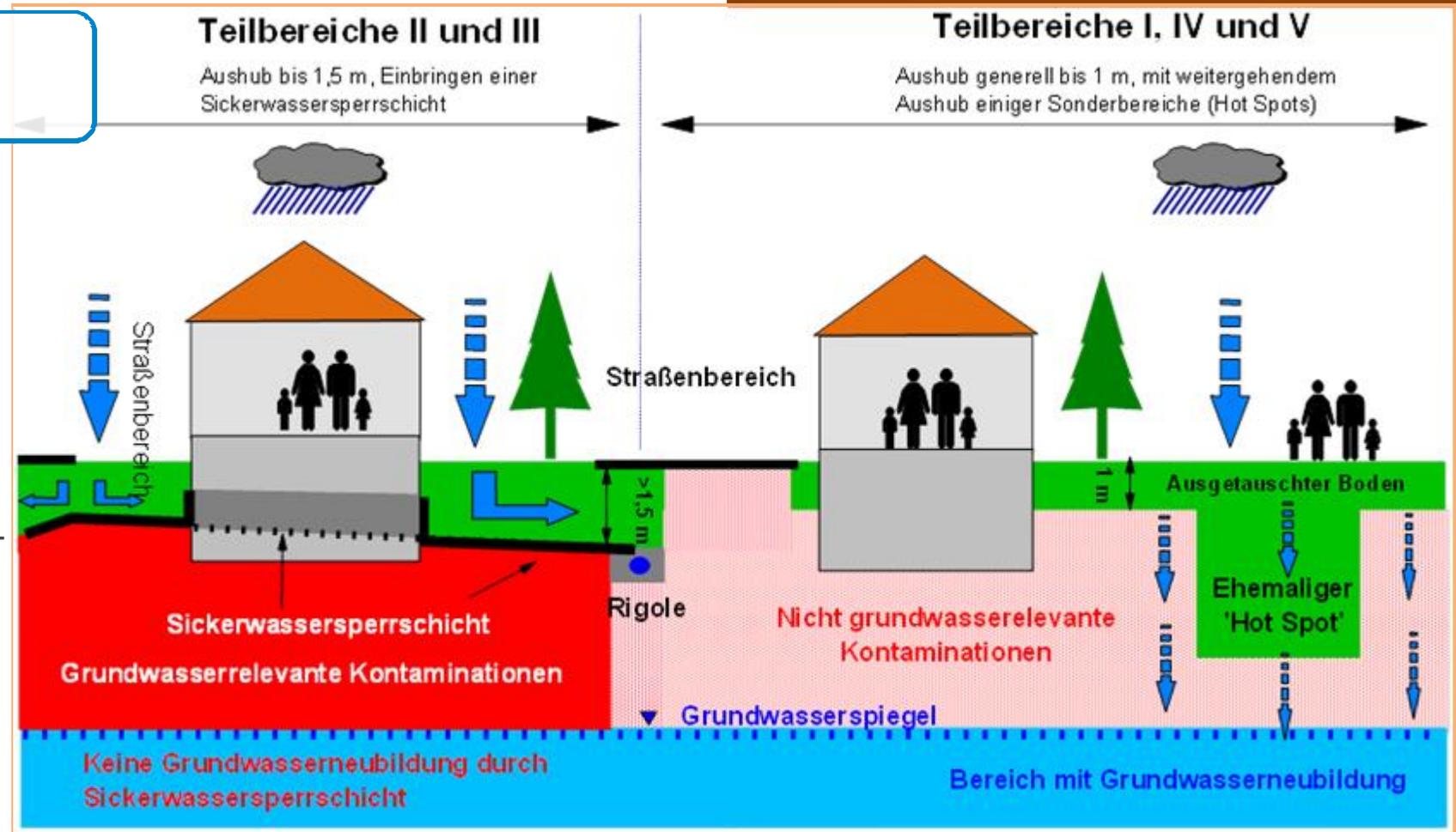
Sanierungsleitbild Boden

1998 - 2001

- Sanierungskonzepte
- Sanierungspläne

Bodensanierung:

- Zum Schutz von Mensch und Grundwasser
- Kombination aus Aushub-sanierung (1 - max. 3 m) und Sicherung durch Sperrschicht



Ausgangssituation - Bodensanierung

2003-2011

• Bodensanierung

Bilanz der
Aushubmaßnahmen



Ausgangssituation - Bodensanierung

2003-2011

- Bodensanierung

Bilanz der
Aushubmaßnahmen



Aushubmasse	178.000 t
Arsen	49 t
Blei	184 t
Schwermetalle gesamt	268 t
PCDD/PCDF	290 g
Satteltransporte	6.828
Bauzeit (Monate)	94
Kosten	68 Mio. Euro

Ehem. chem. Fabrik Lampertheim-Neuschloß



Gliederung

1. Ausgangssituation

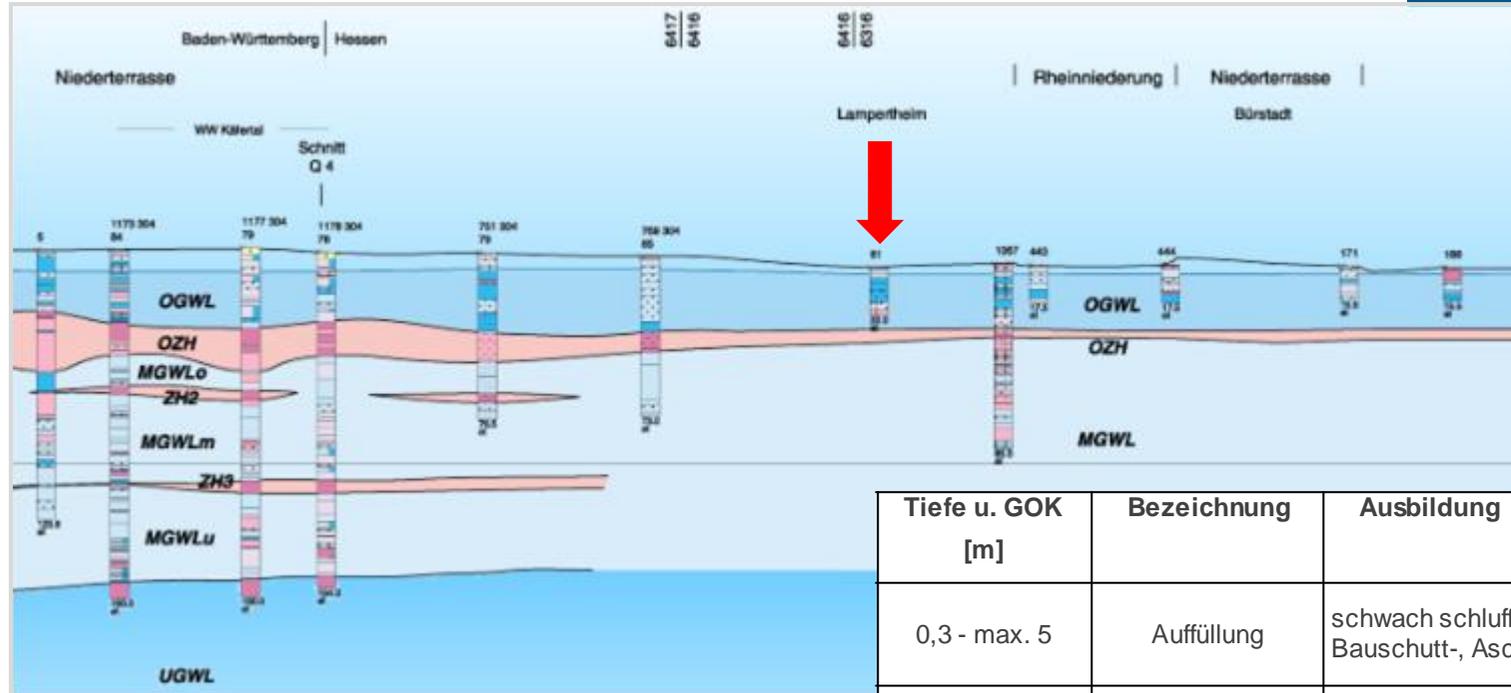
- Projekthistorie
- Schädliche Bodenveränderungen
- Bodensanierung

2. Vom Pump & Treat zur Arsen-Mobilisierung

- Grundwasserkontaminationen durch Arsen
- Hydraulische Sicherung durch Pump & Treat
- Machbarkeitsstudie zur Optimierung
- Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche
- Großtechnische Umsetzung

Hydrogeologisches Strukturmodell

Schnitt durch das Hessische Ried



aus:
Hydrogeologische
Kartierung und
Grundwasser-
Bewirtschaftung
Rhein-Neckar-Raum
1983-1998

- 1993-1998
- HE, OU, DU
 - SU, GA
 - Variantenstudie

Tiefe u. GOK [m]	Bezeichnung	Ausbildung
0,3 - max. 5	Auffüllung	schwach schluffige Fein- bis Mittelsande, oft kiesig oder gruslig, mit Bauschutt-, Asche- und Produktionsrückständen durchsetzt
0,8 - max. 45	OGWL	Quartäre Flug- und Terrassensande/-kiese
ab 28 - 60	OZH	Dunkelgraue bis olivgrüne Tone, wenige Meter, sonst Sande und Kiese wie zuvor
60 - 100	MGWL	Stark durch Schluff- und Tonhorizonte und -linsen gegliederte Folge von sandigem Kies und Sand
100 - 200	UGWL	Wechselfolge von sandigen und schluffigen Schichten

Grundwasserkontaminationen durch Arsen

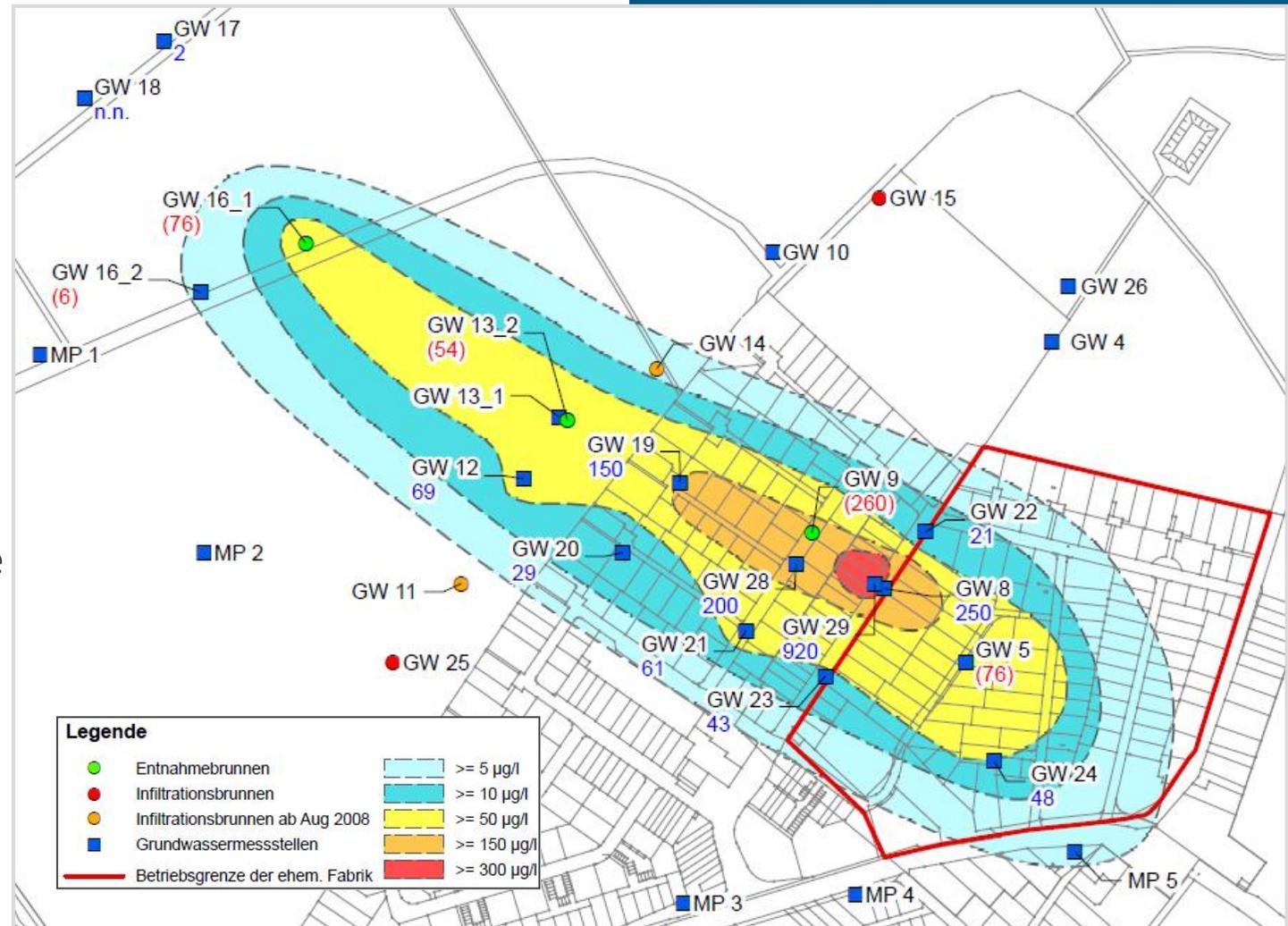
Arsenfahne im Mai 2011

1993-1998

- HE, OU, DU
- SU, GA
- Variantenstudie

Grundwasser:

- Horizontale Ausdehnung der Arsen-Kontaminationen: ca. 200 m Breite x 1000 m Länge
- As-Gehalte überschritten Eingreifswerte der damaligen GW-VwV (50 µg/l)
- Verlagerung von As (III) vertikal und horizontal im OGWL in Richtung Wasserwerk



Grundwasserkontaminationen durch Arsen

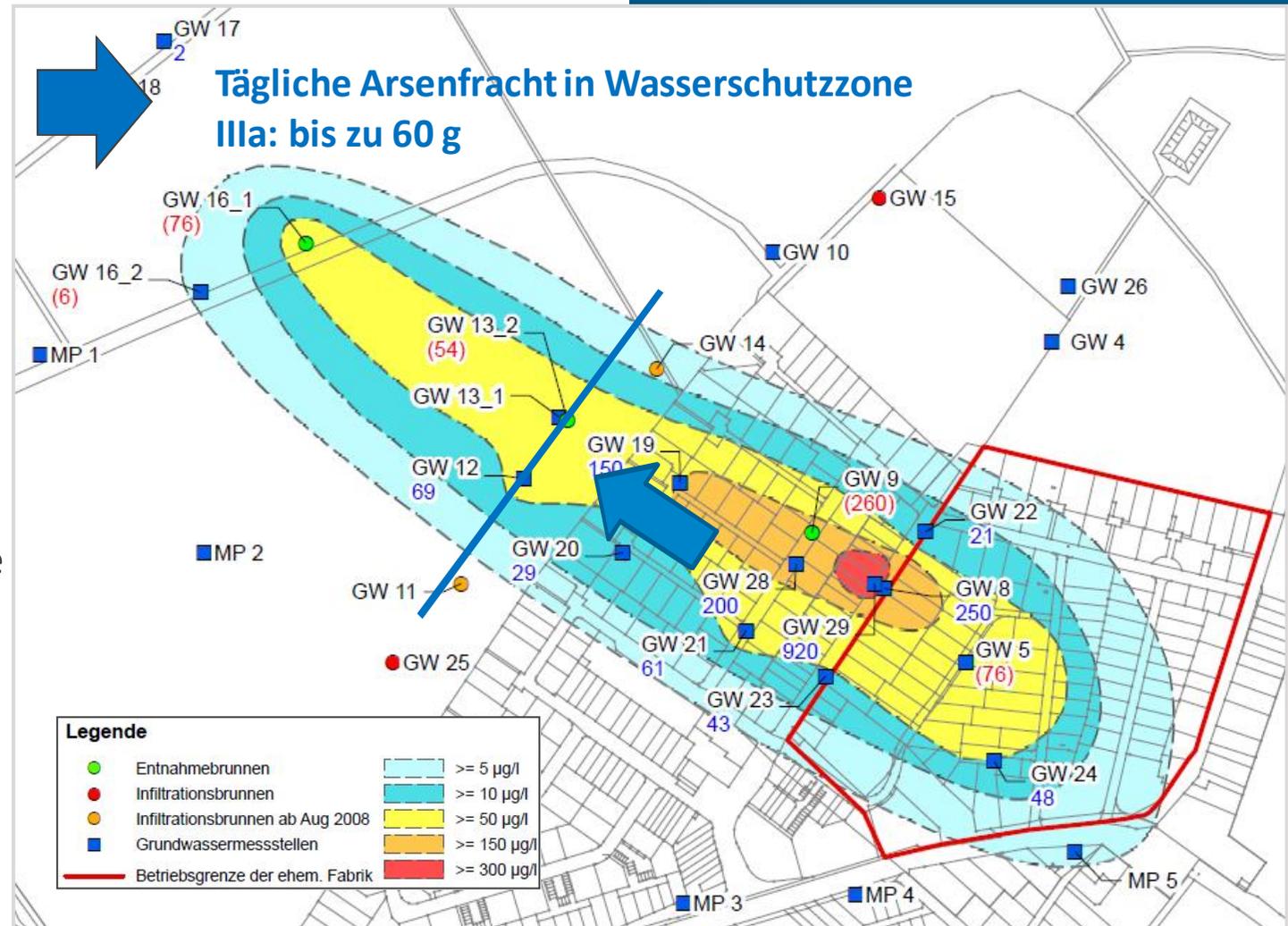
Arsenfahne im Mai 2011

1993-1998

- HE, OU, DU
- SU, GA
- Variantenstudie

Grundwasser:

- Horizontale Ausdehnung der Arsen-Kontaminationen: ca. 200 m Breite x 1000 m Länge
- As-Gehalte überschritten Eingreifswerte der damaligen GW-VwV (50 µg/l)
- Verlagerung von As (III) vertikal und horizontal im OGWL in Richtung Wasserwerk



Hydraulische Sicherung durch Pump & Treat

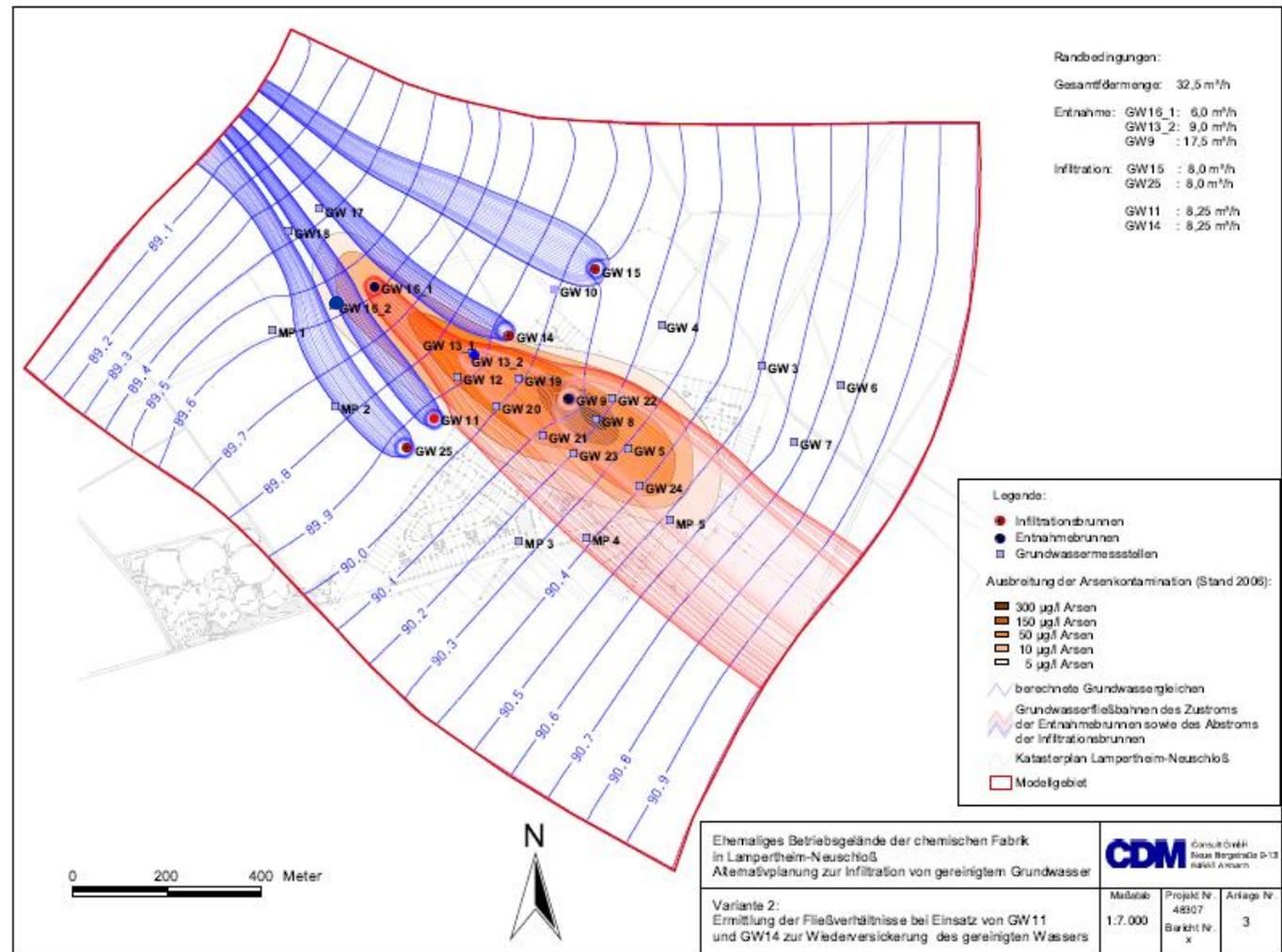
Modellierung der hydraulischen Sicherung

2003

• Beginn Pump & Treat - Sanierung

Grundwassersanierung:

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



Hydraulische Sicherung durch Pump & Treat

Hydraulische Sicherung durch Pump&Treat und Aufbereitung mittels Flockung/Fällung

2003

• Beginn Pump & Treat - Sanierung

Sanierungsbetrieb:

- Durchgängig >99 % Verfügbarkeit
- Sichere Einhaltung der Zielwerte
- Schadstofffahne wird voll erfasst
- Abschaltung eines Brunnens an der Fahnen Spitze in 2013 (dauerhaft <10 µg/l Arsen)

Aber:

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



Bisherige Fördermenge: > 4,3 Mio. m³
Schadstoffaustrag: ca. 1.000 kg As

Hydraulische Sicherung durch Pump & Treat

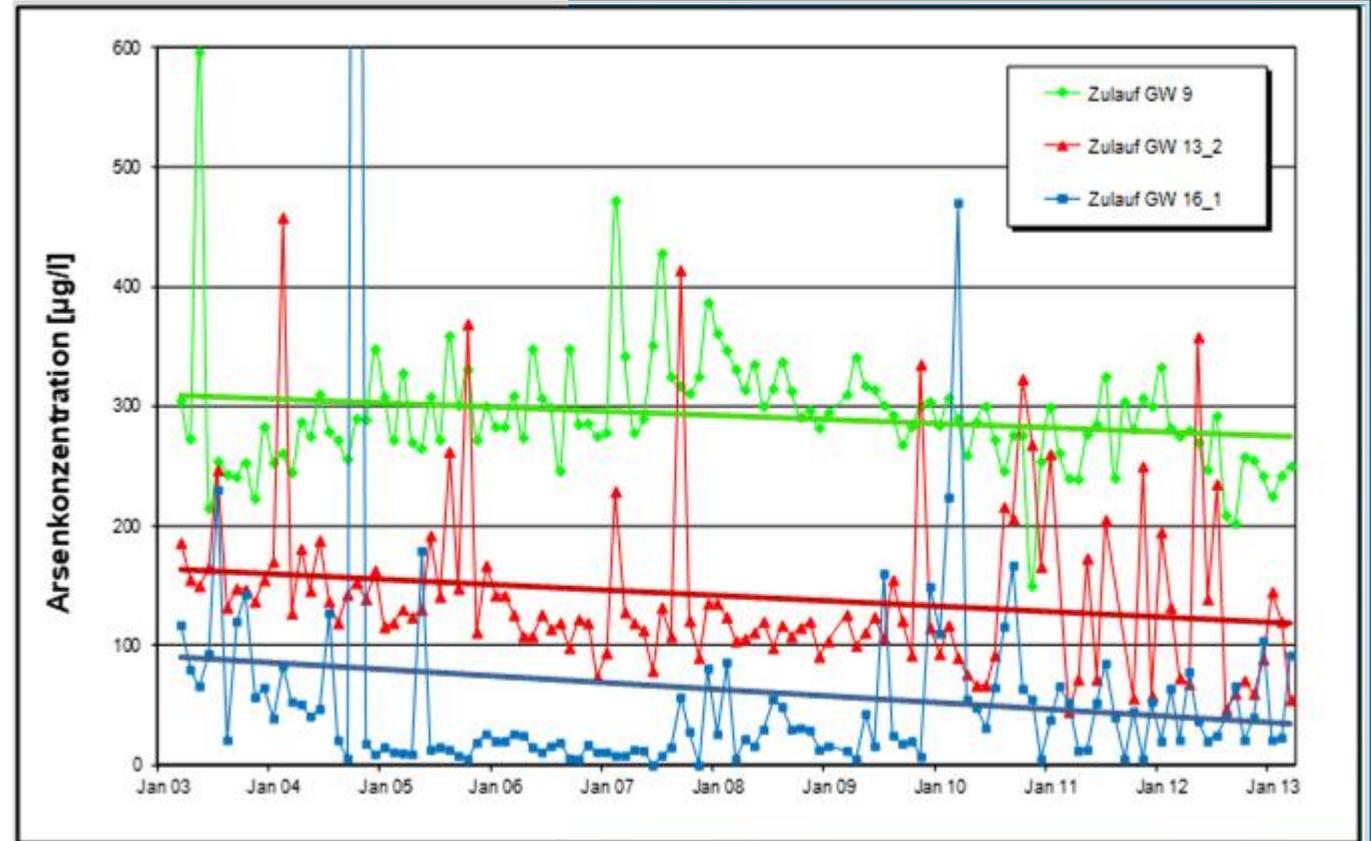
Arsenkonzentrationen im Zulauf der GWSA von 2003 bis 2011

2003

• Beginn Pump & Treat - Sanierung

Fragen nach Abschluss der Bodensanierung 2011:

- Ist eine nachhaltige Verbesserung des Grundwasser-Zustandes absehbar?
- Wie lange ist die hydraulische Maßnahme zur Erreichung der Sanierungsziele zu betreiben?
- Ist der Weiterbetrieb der Anlage vor dem Hintergrund der Kosten verhältnismäßig und zielführend?



Überprüfung des Schadens nach HLNUG

Bewertung des Schadens nach HLNUG-Richtlinie

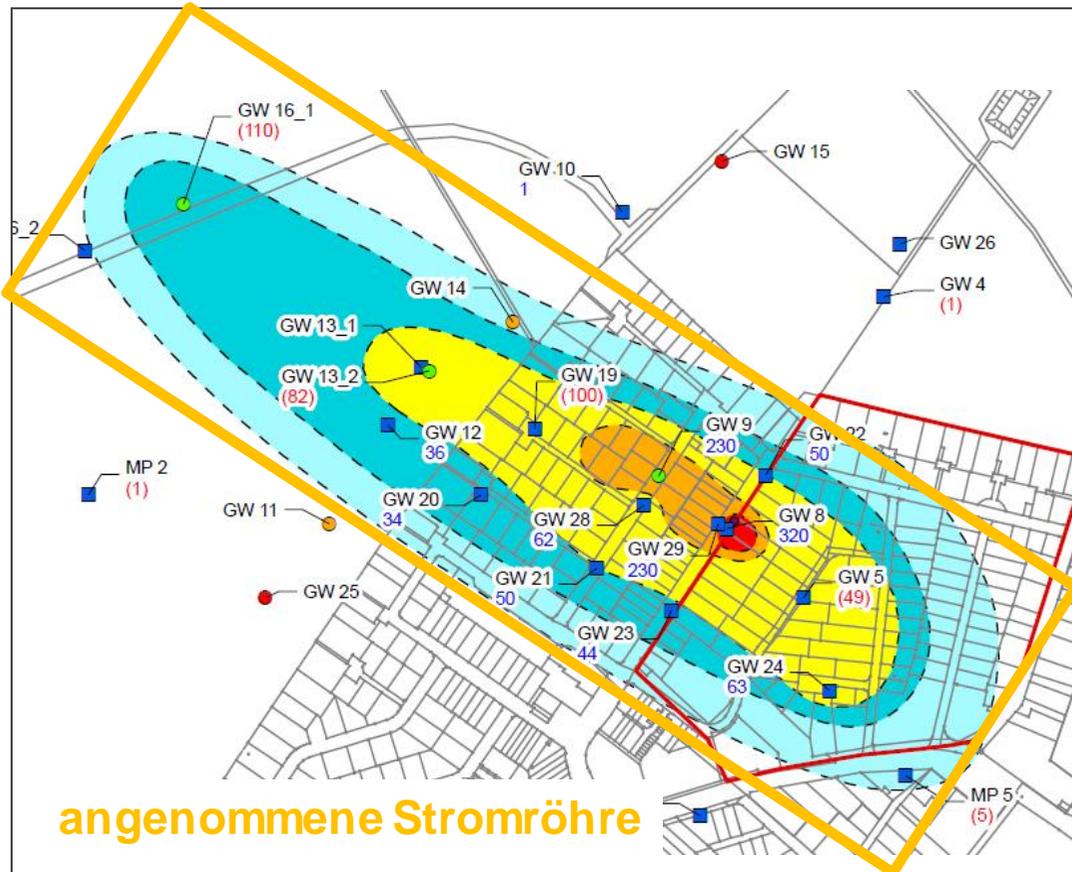
(HLNUG 2008: Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen)

Stromröhrenmodell

GFS: 10 µg/l
Länge: 1.000 m
Breite: 300 m
Tiefe: 25 m

2009-lfd.

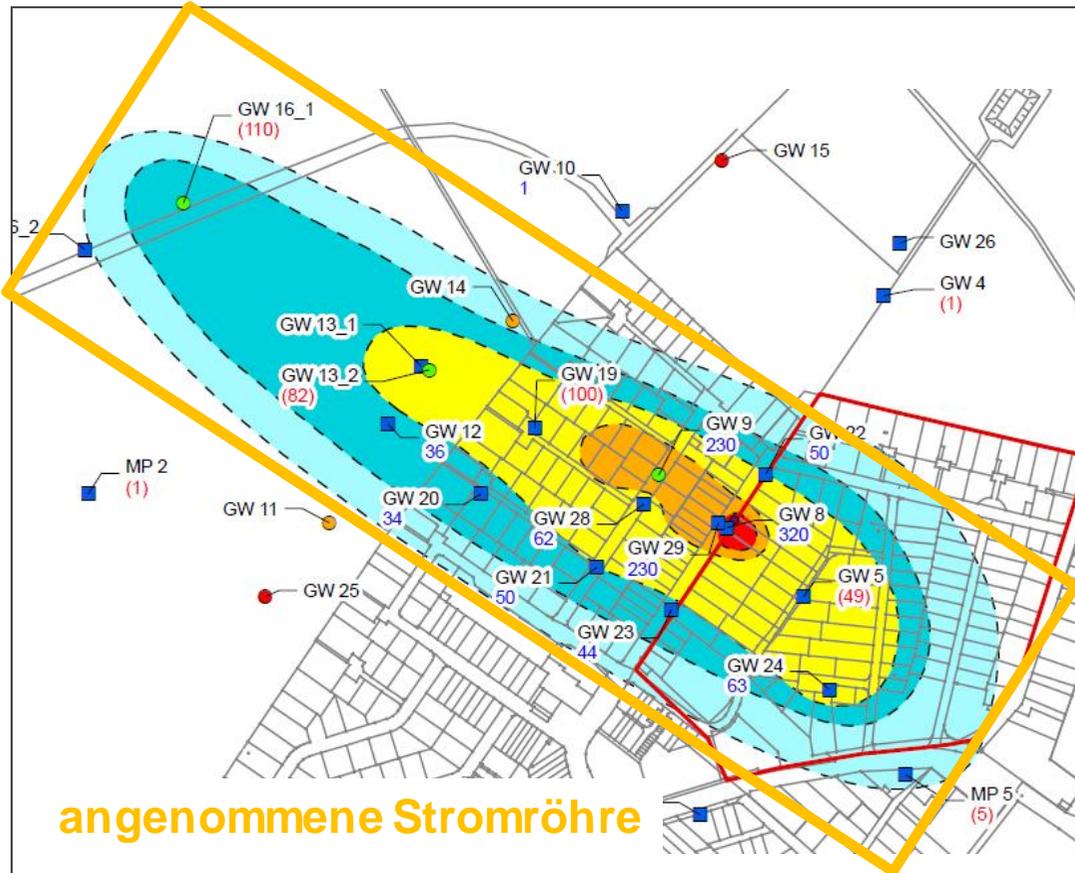
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme



Überprüfung des Schadens nach HLNUG

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme



Bewertung des Schadens nach HLNUG-Richtlinie

(HLNUG 2008: Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen)

Stromröhrenmodell

GFS: 10 µg/l

Länge: 1.000 m

Breite: 300 m

Tiefe: 25 m

Einstufung nach Arbeitshilfe

Gelöste Menge: groß

Fracht: groß

➔ Weitere Prüfungen zur Frage der Optimierung notwendig

Machbarkeitsstudie zur Optimierung

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

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

- Lokalisierung und Abgrenzung des Schadenszentrums im Aquifer
- Ermittlung des Schadstoffpotenzials
- Entwicklung Schadstofftransportmodell – Prognosen zu Entwicklung der Fahne
- Prüfung von Alternativen zu Pump & Treat (Immobilisierung, Mobilisierung, Ausbohren, MNA, Reaktive Wand, Funnel-and-Gate etc.)
- Batch- und Säulenversuche zur Prüfung der Mobilisierbarkeit von Arsen
- Machbarkeitsstudie mit Kosten-/Nutzen-Betrachtung als Entscheidungsgrundlage für Weiterbetrieb, Optimierung oder Abschaltung

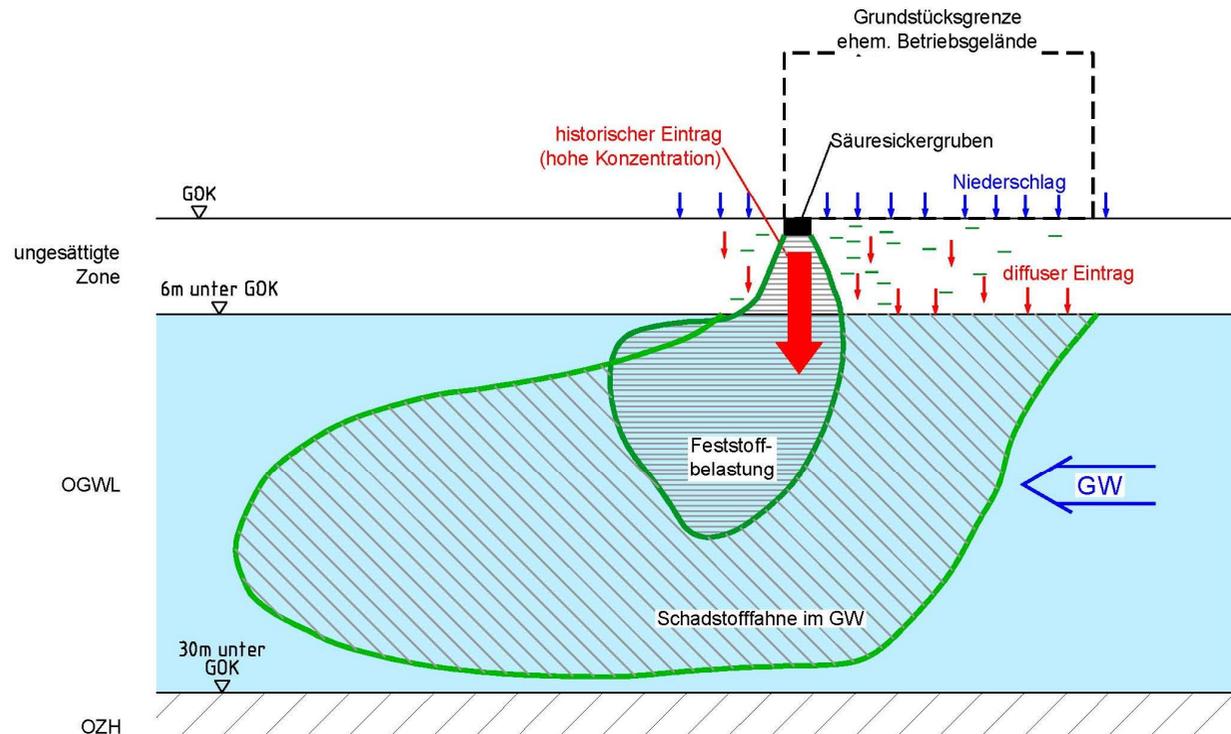
Machbarkeitsstudie zur Optimierung

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

NW

SO



Hypothese zum Schadenszentrum im Aquifer

2 Arsenquellen:

- Punkteintrag Säuresickergruben (min. 1870-1927) > 90%
- Flächeneintrag Betriebsgelände (Produktionsbeginn bis Sanierung) < 10%
- Arsenbelastungen im Feststoff in gesättigter und ungesättigter Bodenzone = Langzeitquelle
- Arsen im Grundwasser → Arsentransport

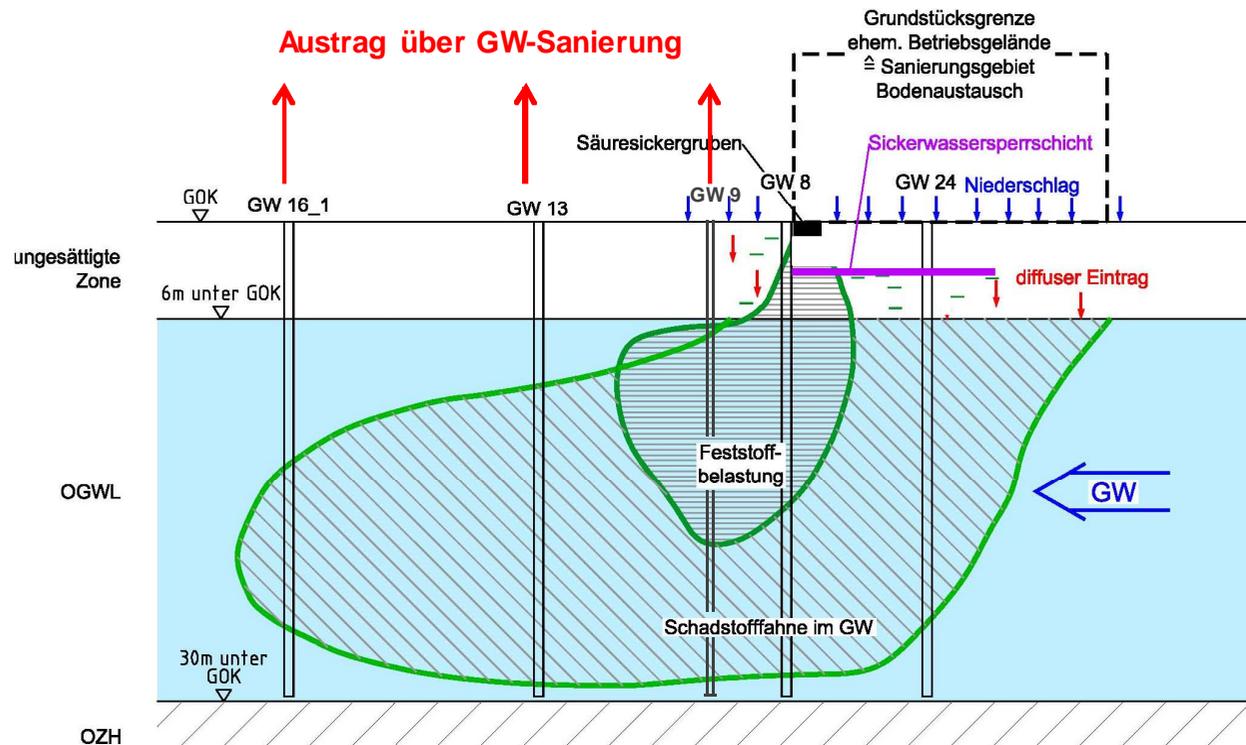
Machbarkeitsstudie zur Optimierung

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

NW

SO



Hypothese zum Schadenszentrum im Aquifer

Sanierung + heute

- Bodensanierung
 - 178 000 t Boden ausgetauscht
 - 49 t Arsen entnommen
 - Einbau Sickerwassersperrschicht
- Minimierung des diffusen Eintrags
- Grundwassersanierung
 - Jährlich ~ 50 kg Arsen entfernt
- Wirksame Sicherung Arsenfahne

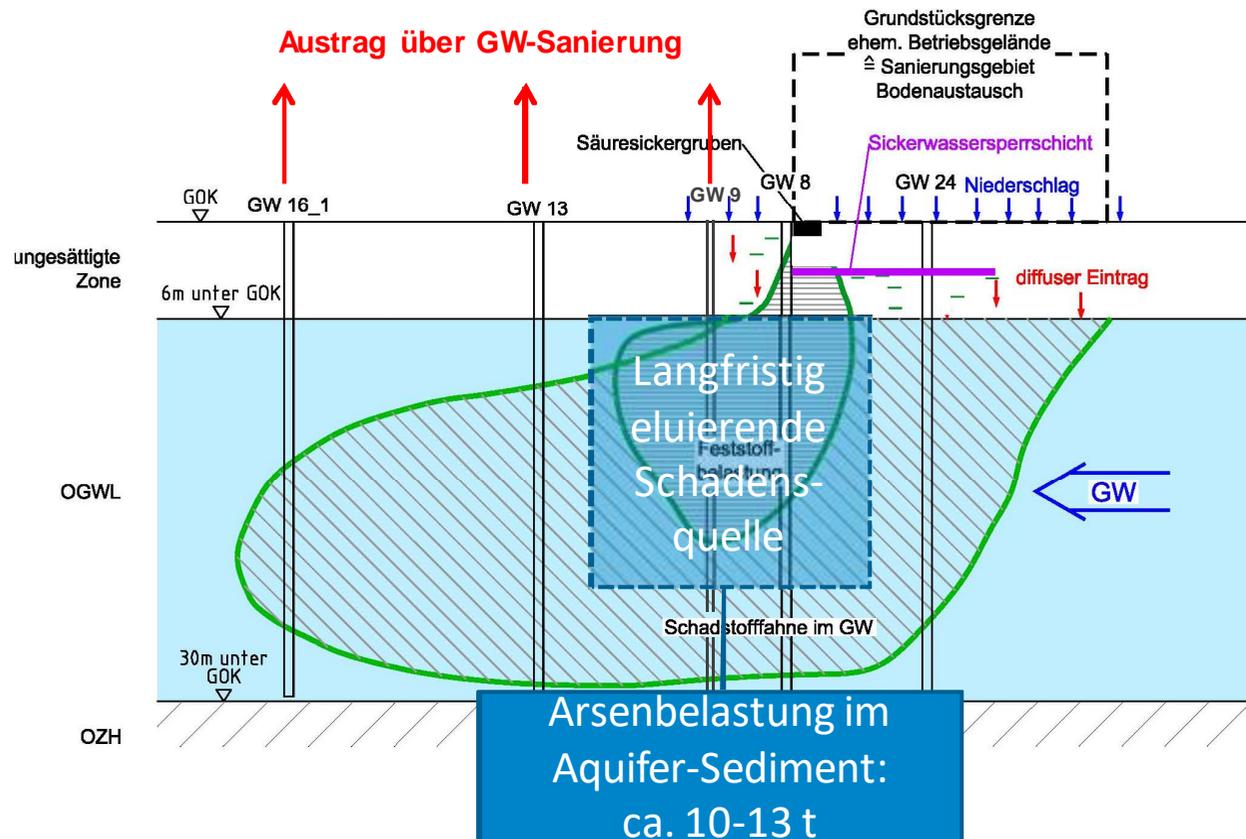
Machbarkeitsstudie zur Optimierung

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

NW

SO



Hypothese zum Schadenszentrum im Aquifer

Sanierung + heute

- Bodensanierung
 - 178 000 t Boden ausgetauscht
 - 49 t Arsen entnommen
 - Einbau Sickerwassersperrschicht
- Minimierung des diffusen Eintrags
- Grundwassersanierung
 - Jährlich ~ 50 kg Arsen entfernt
- Wirksame Sicherung Arsenfahne

Machbarkeitsstudie zur Optimierung

Geoprobe-Untersuchungen zur Lokalisierung des Schadenszentrums im Aquifer

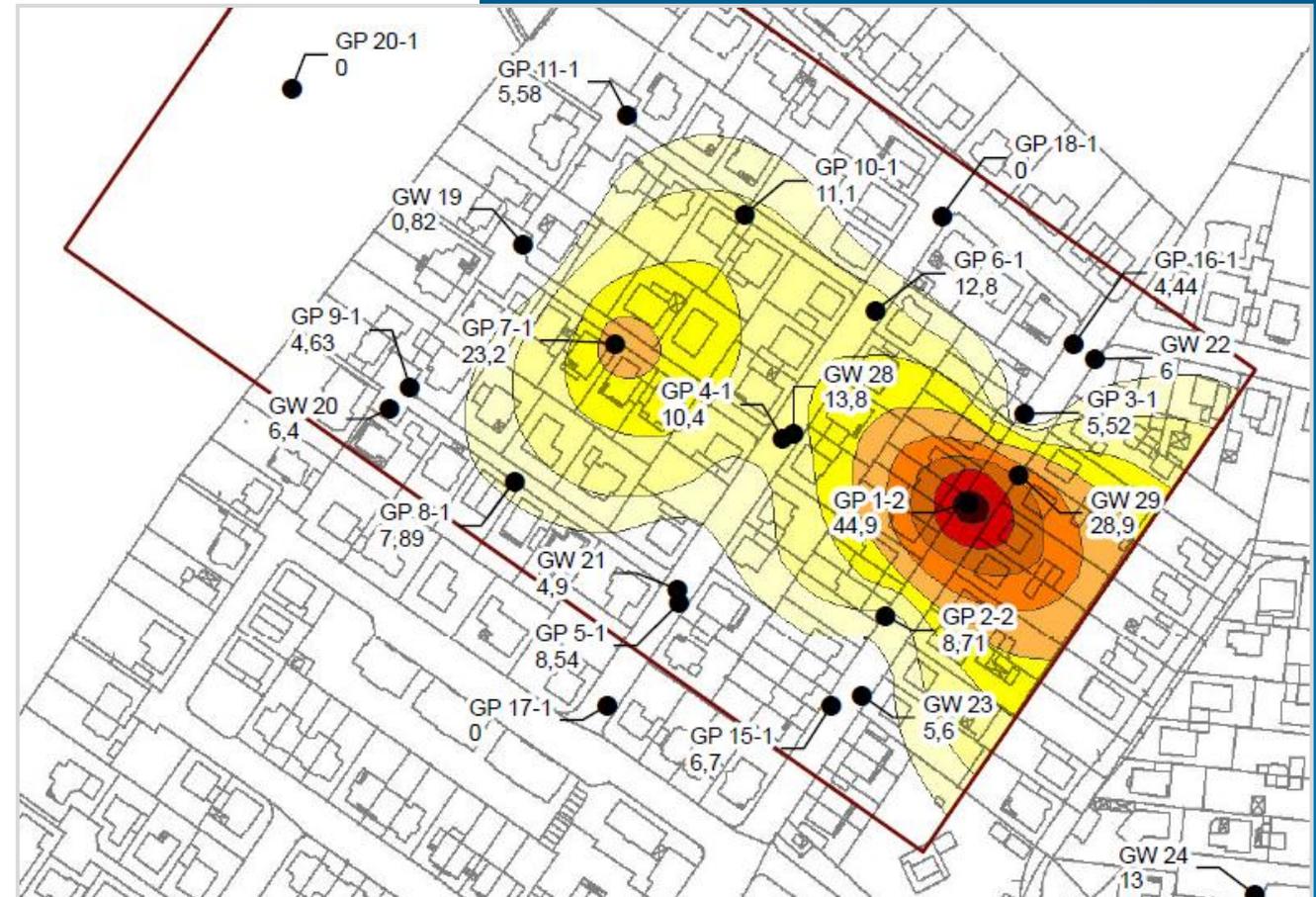
2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Geoprobe-Untersuchungen zur Ermittlung des Schadstoffpotenzials im Aquifer
- Ermittelte Schadstoffmenge:

Bereich	Arsenpool (t) aus Boxmodell
Gesättigter Bereich Schadenszentrum	7,2 t gesamt 4,4 t verfügbar



Machbarkeitsstudie zur Optimierung

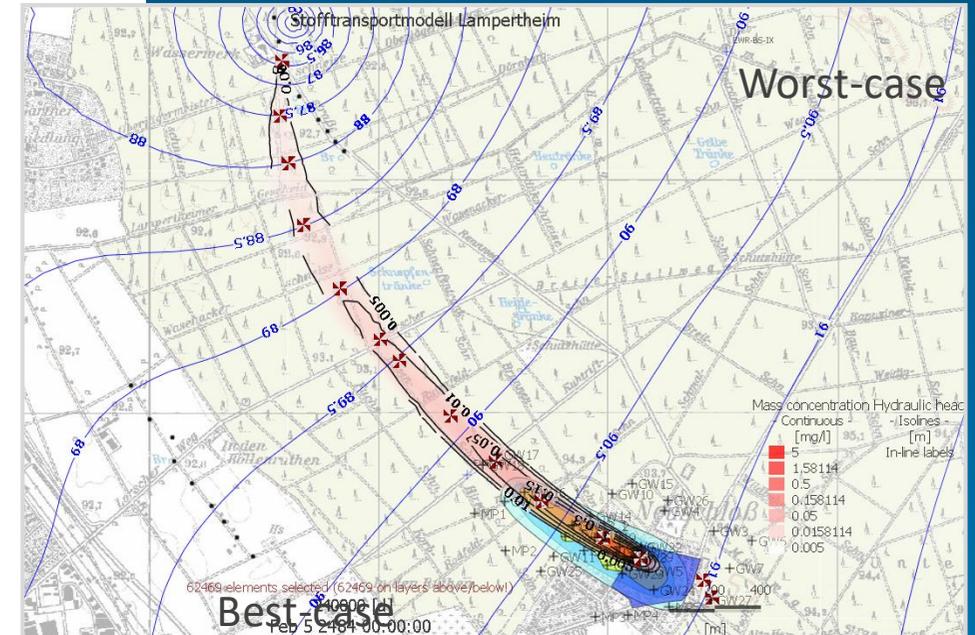
2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Erweiterung des hydraulischen Strömungsmodells in ein 3D-Stofftransportmodell, Prognoserechnungen

Stofftransportmodell: Arsen-Fahne im Jahr 2484 ohne hydraulische Sicherung



Durchbruch As durch OZH erfolgt

Machbarkeitsstudie zur Optimierung

Stofftransportmodell: Arsen-Fahne im Jahr 2484 ohne hydraulische Sicherung

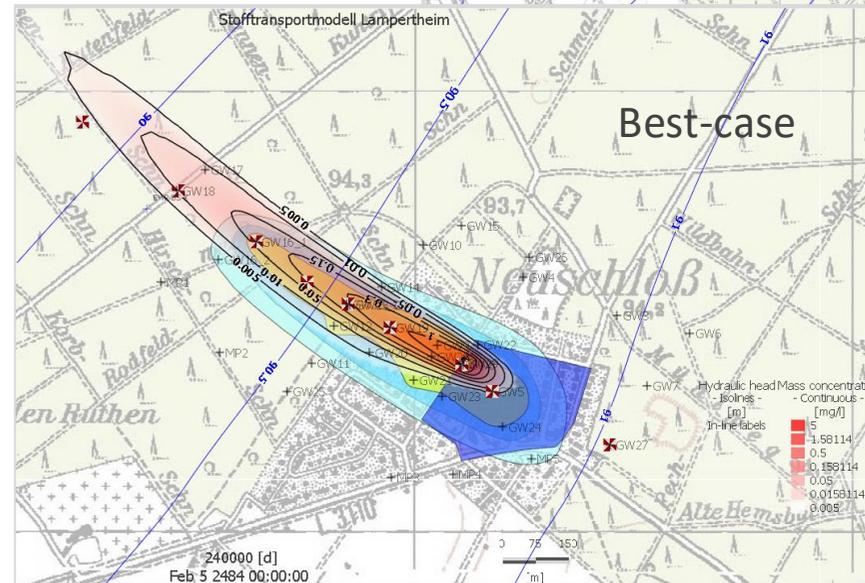
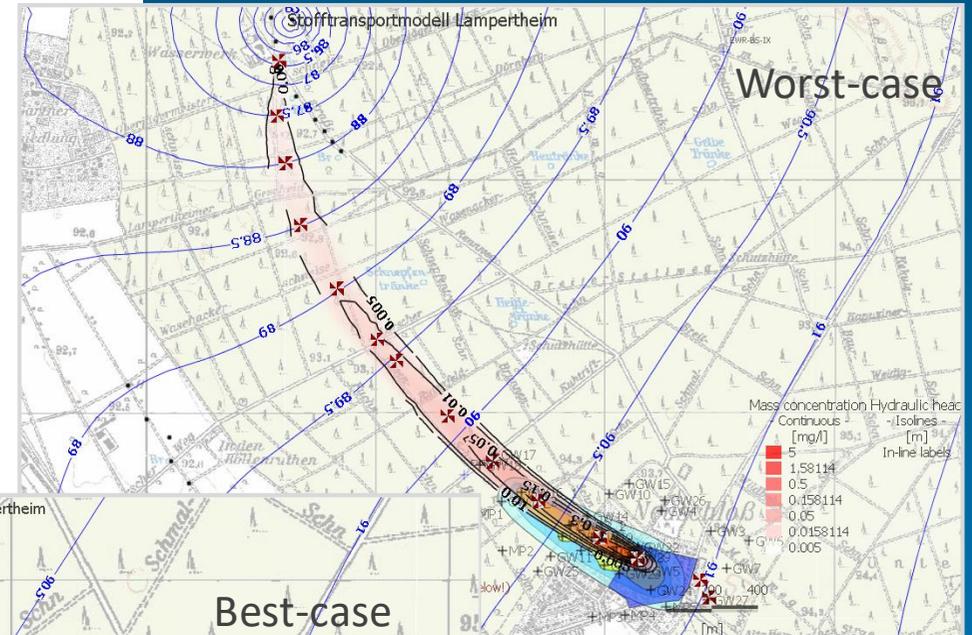
2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Erweiterung des hydraulischen Strömungsmodells in ein 3D-Stofftransportmodell, Prognoserechnungen

Durchbruch As durch OZH noch nicht erfolgt



Durchbruch As durch OZH erfolgt

Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

2009-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen-, Lysimeter-Versuche zur Prüfung der Eignung einer in-situ Mobilisierung von As

Anordnungen für Säulenversuche (oben) und Lysimeterversuche (unten)



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

Entwicklung der Arsen-Gehalt in Lysimeter 1

2009-lfd.

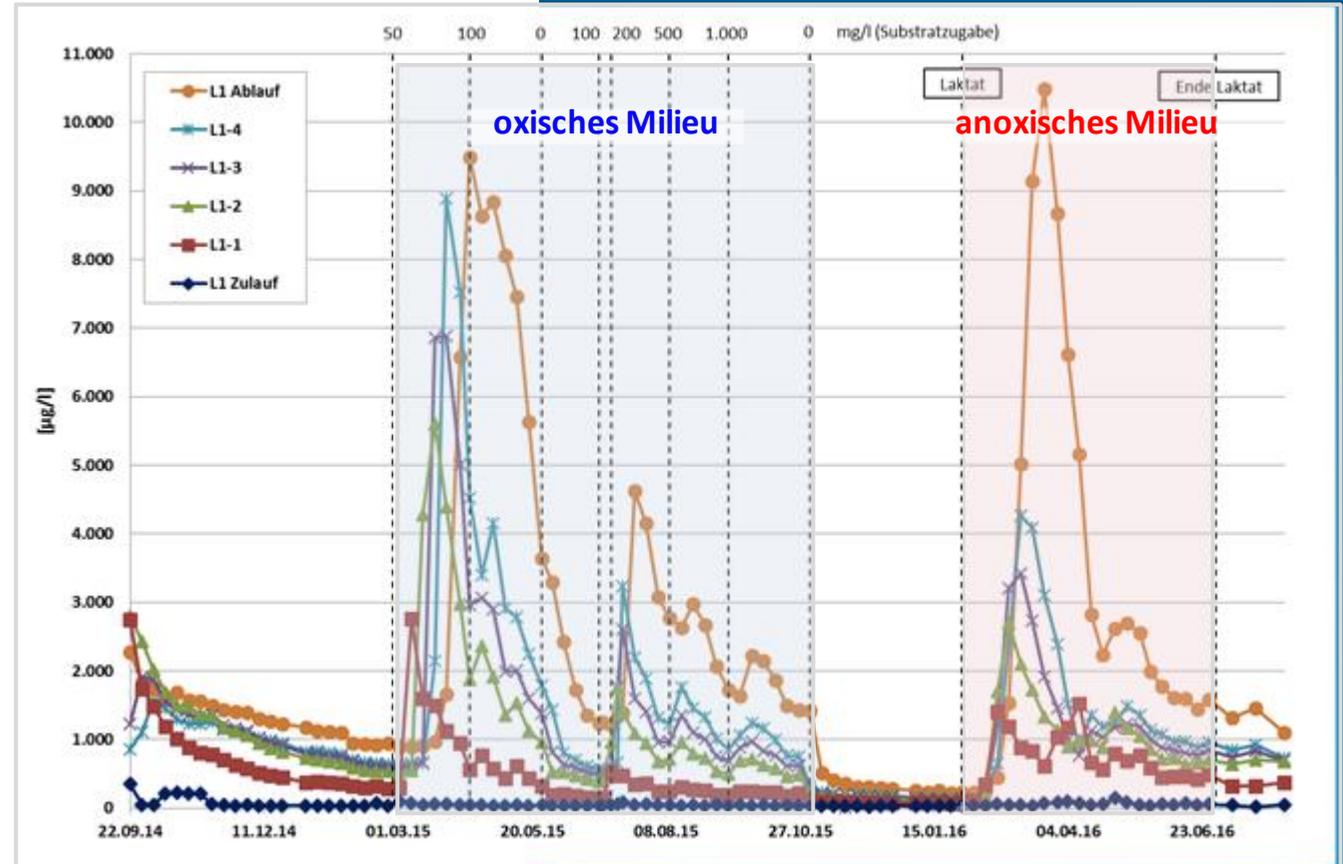
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Batch-, Säulen-, Lysimeter-Versuche zur Prüfung der Eignung einer in-situ Mobilisierung von As

Fazit:

- ➔ Arsen über PO_4 -Zugabe mobilisierbar
- ➔ Pilotversuch im Feld zielführend



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

2013

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Machbarkeitsstudie mit Prüfung der Verhältnismäßigkeit eines Weiterbetriebs der laufenden Grundwasseranierung und Variantenstudium zur Optimierung derselben

Nr.	Sanierungs- / Sicherungs- maßnahme	Technische Machbarkeit	Rechtliche & politische Machbarkeit
a) Sanierungsmaßnahmen und Monitored Natural Attenuation			
1	Pump&Treat (aktuell)	+	+
2	Pump&Treat mit Optimierung	+	+
3	Bodenaushub / Quellensanierung	+	+
4	Immobilisierung durch Zusatzstoffe	+	+
		<i>Überprüfung erforderlich</i>	
5	Mobilisierung der Schadensquelle und Kombination mit Pump&Treat	+	+
		<i>Überprüfung erforderlich</i>	
6	Monitored Natural Attenuation	-	+
7	Pump&Treat ohne Aufbereitung	+	-
b) Dauerhafte Sicherungsmaßnahmen			
8	Reaktive Wand	+	+
9	Funnel&Gate-System	+	+
Nr.	Sanierungs- / Sicherungs- maßnahme	Technische Machbarkeit	Rechtliche & politische Machbarkeit
c) Maßnahmen am Wasserwerk			
10	Verlegung Wasserwerk	+	(-)
11	Aufbereitung am Wasserwerk	+	(-)
d) Temporäre Maßnahmen			
12	Zeitlich begrenzte Weiterführung Pump&Treat + Neubewertung	+	+
13	Zeitlich begrenzte Außerbetrieb- nahme Pump&Treat + Monitoring	+	(-)

Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

Die Idee: Mobilisierung von Arsen in der Schadensquelle

2013

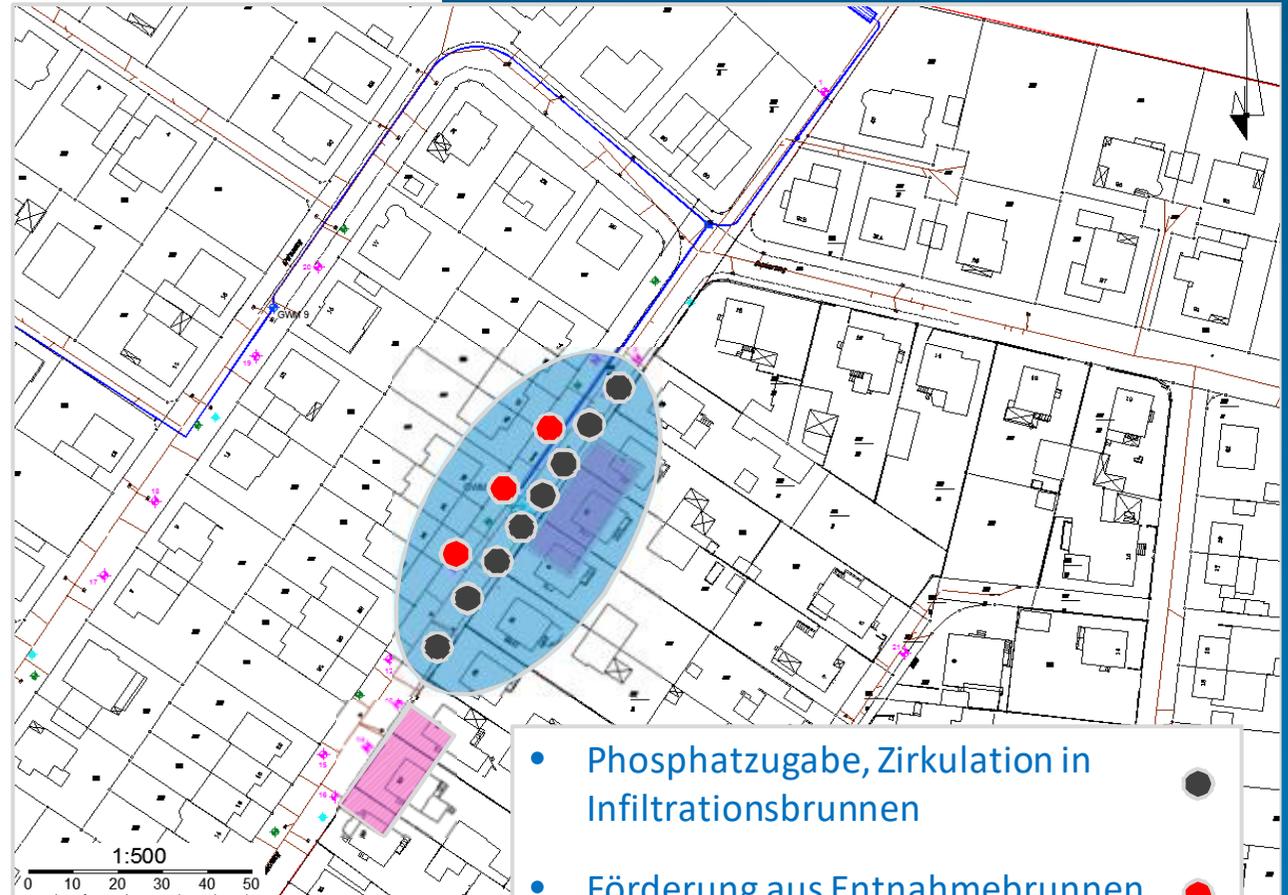
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Machbarkeitsstudie mit Prüfung der Verhältnismäßigkeit eines Weiterbetriebs der laufenden Grundwassersanierung und Variantenstudium zur Optimierung derselben

Empfehlung und Entscheidung:

- ➔ Pilotversuch zur Mobilisierung von Arsen im Schadenszentrum des Aquifers ist zielführend



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

Die Idee: Mobilisierung von Arsen in der Schadensquelle

2013

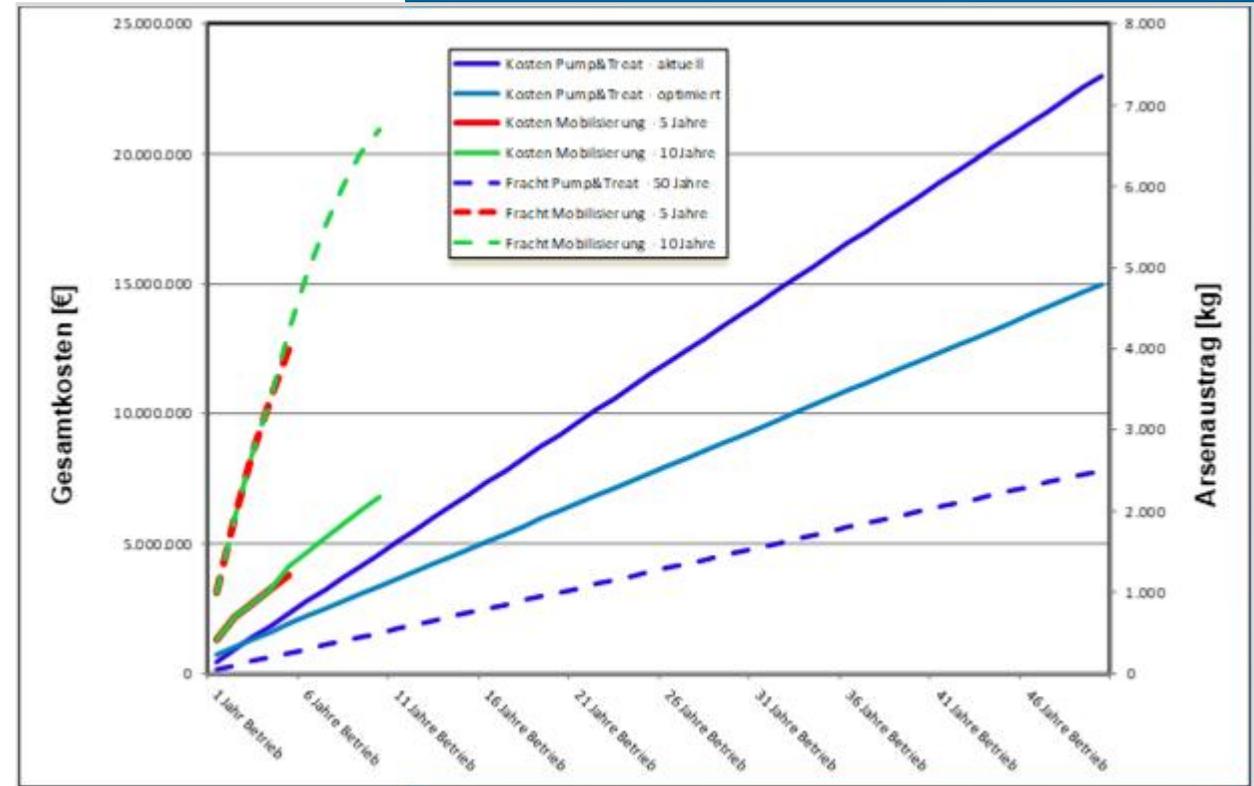
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Machbarkeitsstudie mit Prüfung der Verhältnismäßigkeit eines Weiterbetriebs der laufenden Grundwasseranierung und Variantenstudium zur Optimierung derselben

Empfehlung und Entscheidung:

- Pilotversuch zur Mobilisierung von Arsen im Schadenszentrum des Aquifers ist zielführend
- Ziel: Optimierung des Schadstoffaustrags und Verkürzung der Laufzeit der Hydraulischen Maßnahme



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

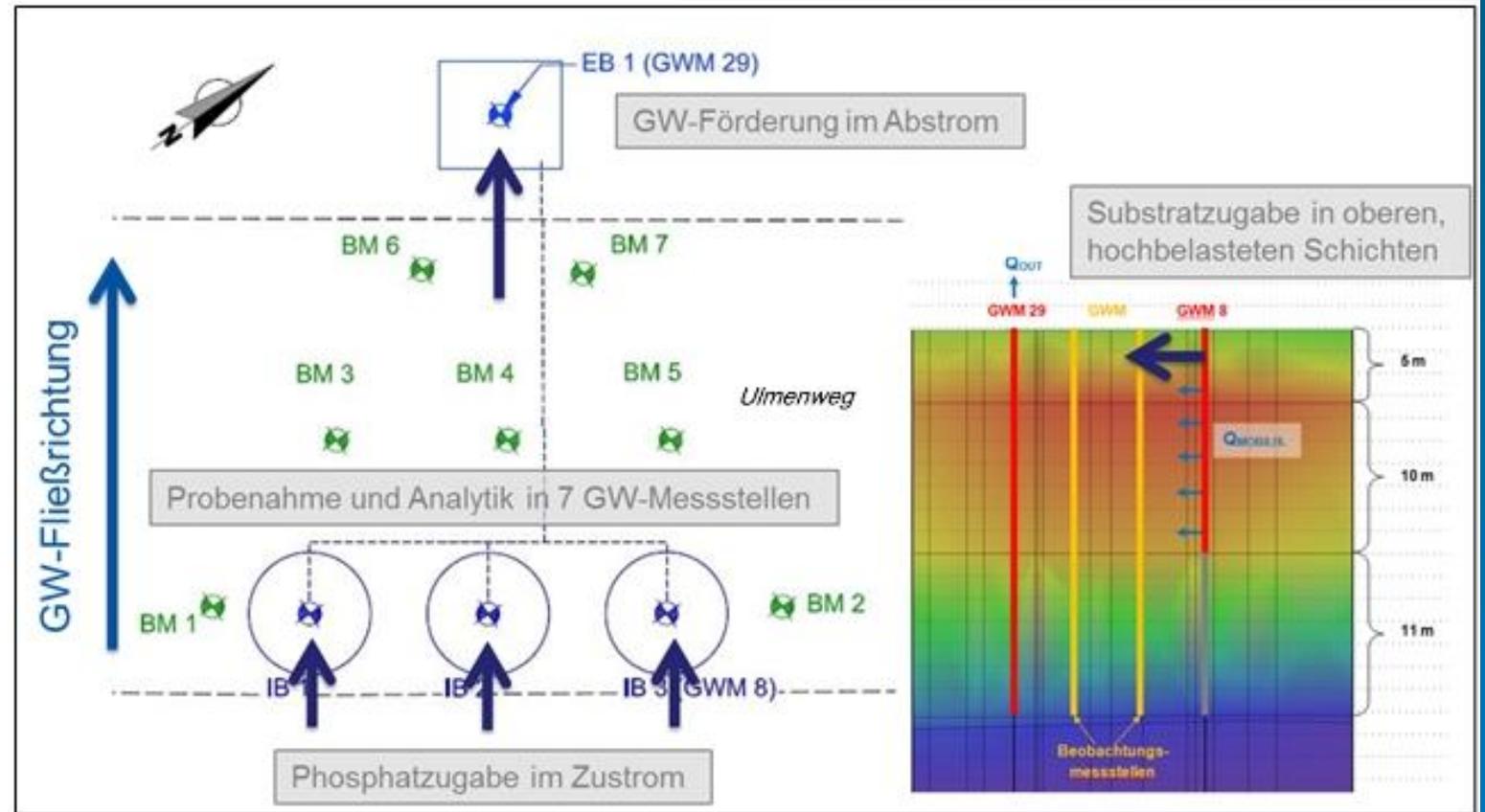
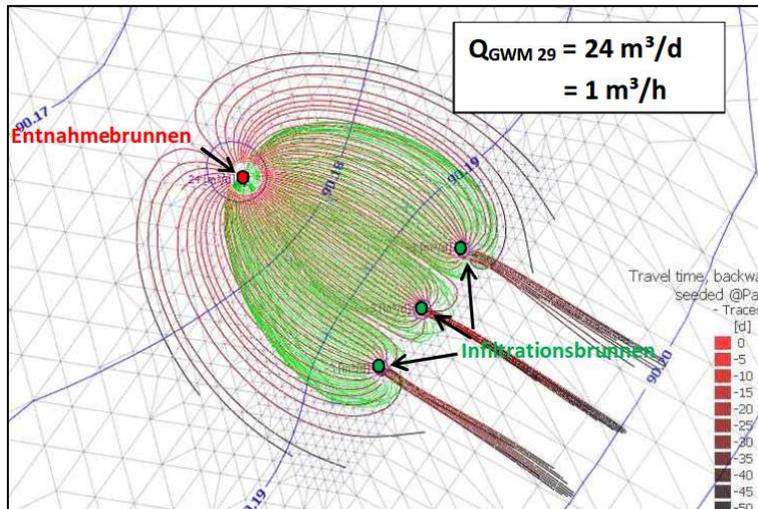
Pilotversuchs-Anordnung im Feld

2013-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Pilotversuch im Feld



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

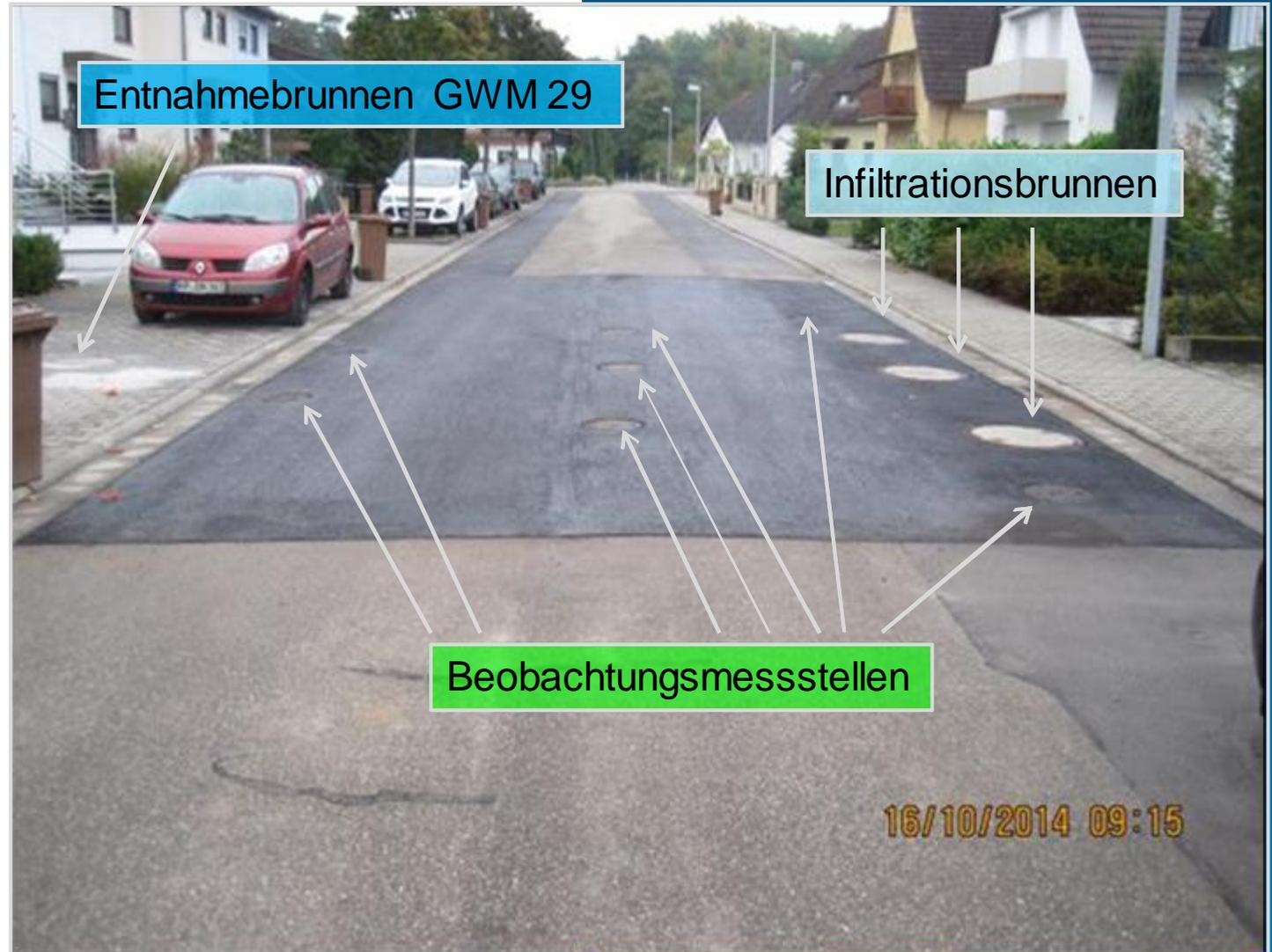
Testfeld

2013-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Pilotversuch im Feld



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

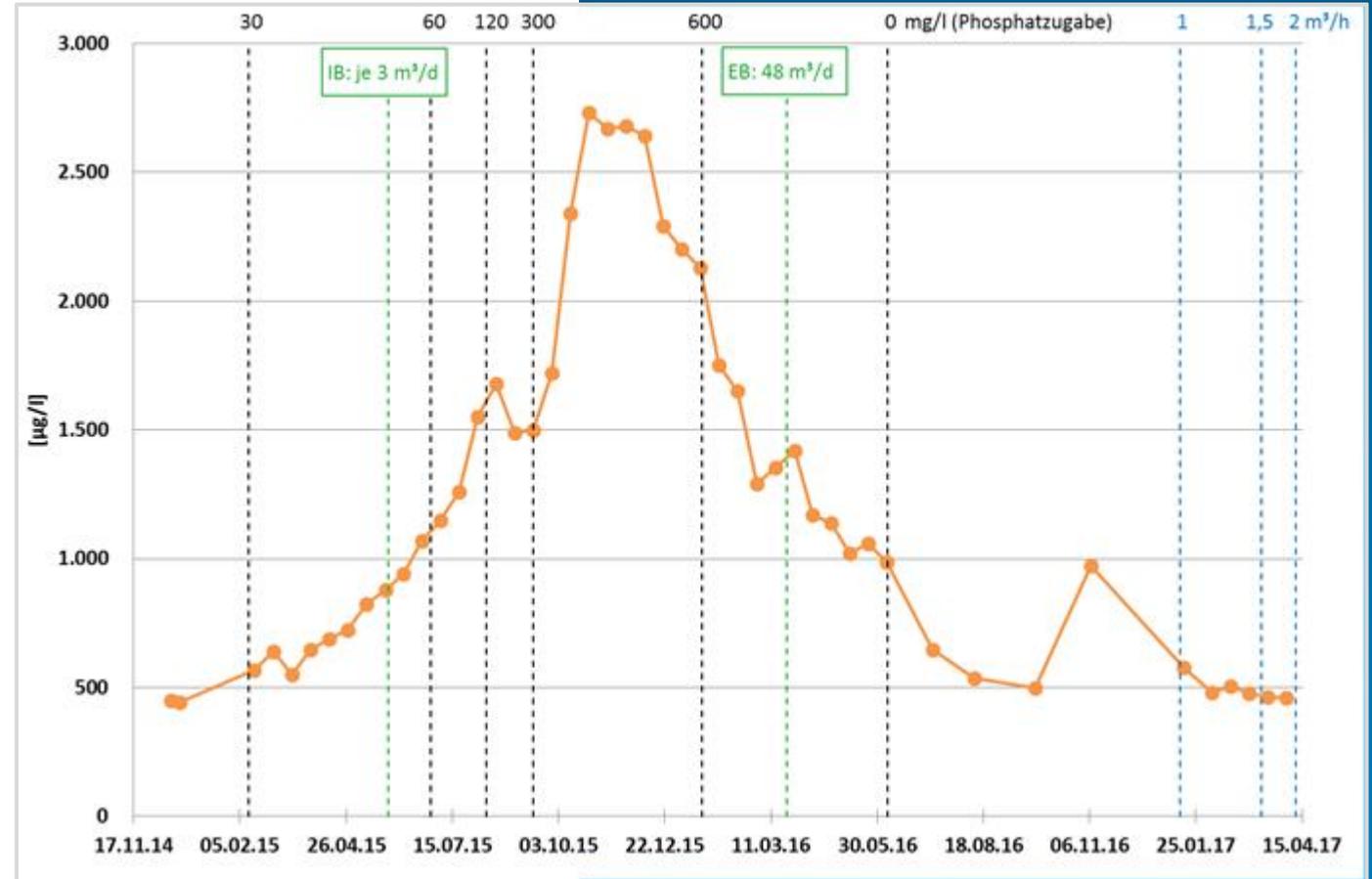
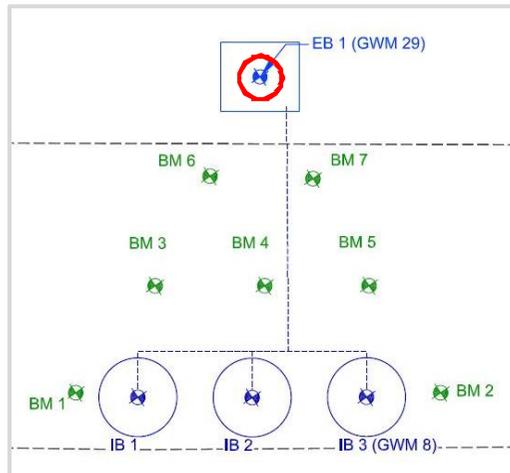
Pilotversuch: Arsen-Austrag im Entnahmebrunnen

2014-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Pilotversuch im Feld



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

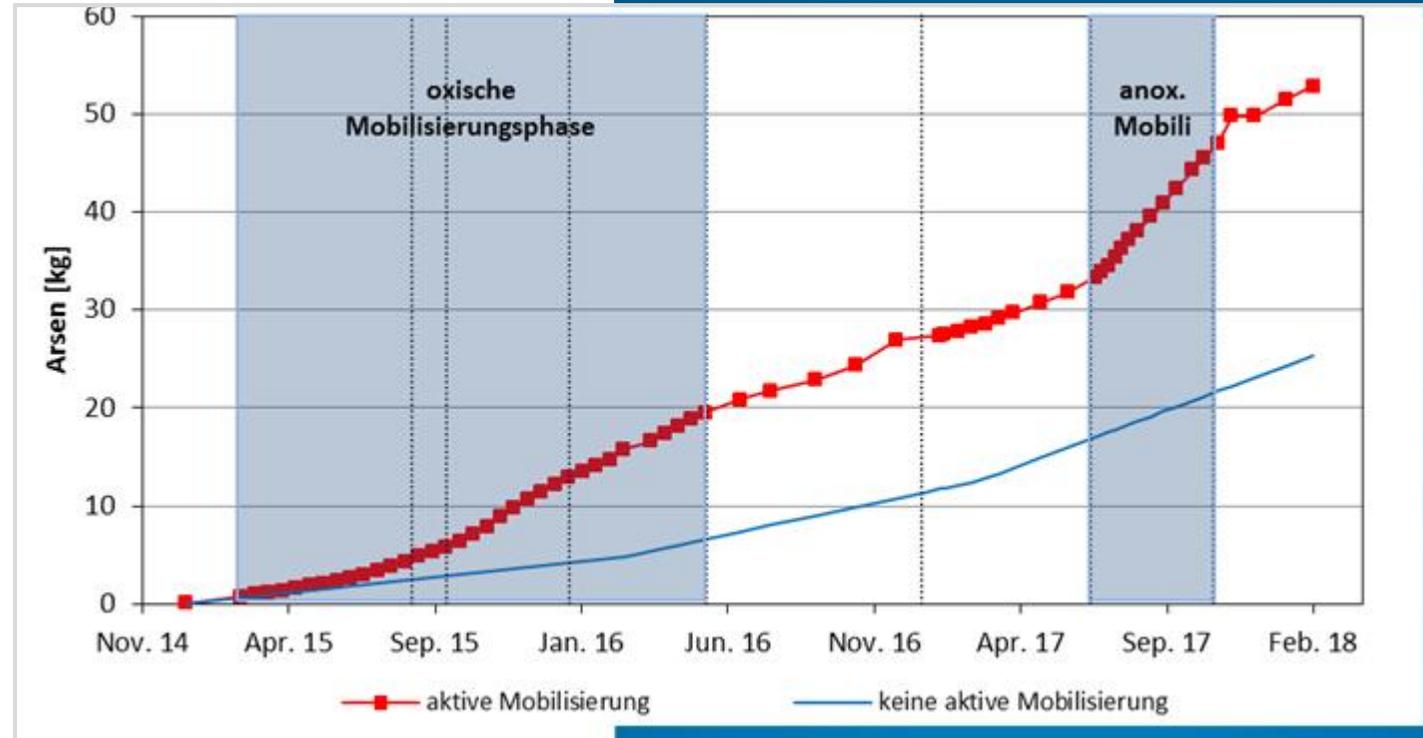
Pilotversuch: Arsen-Austrag im Entnahmebrunnen

2014-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Pilotversuch im Feld



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

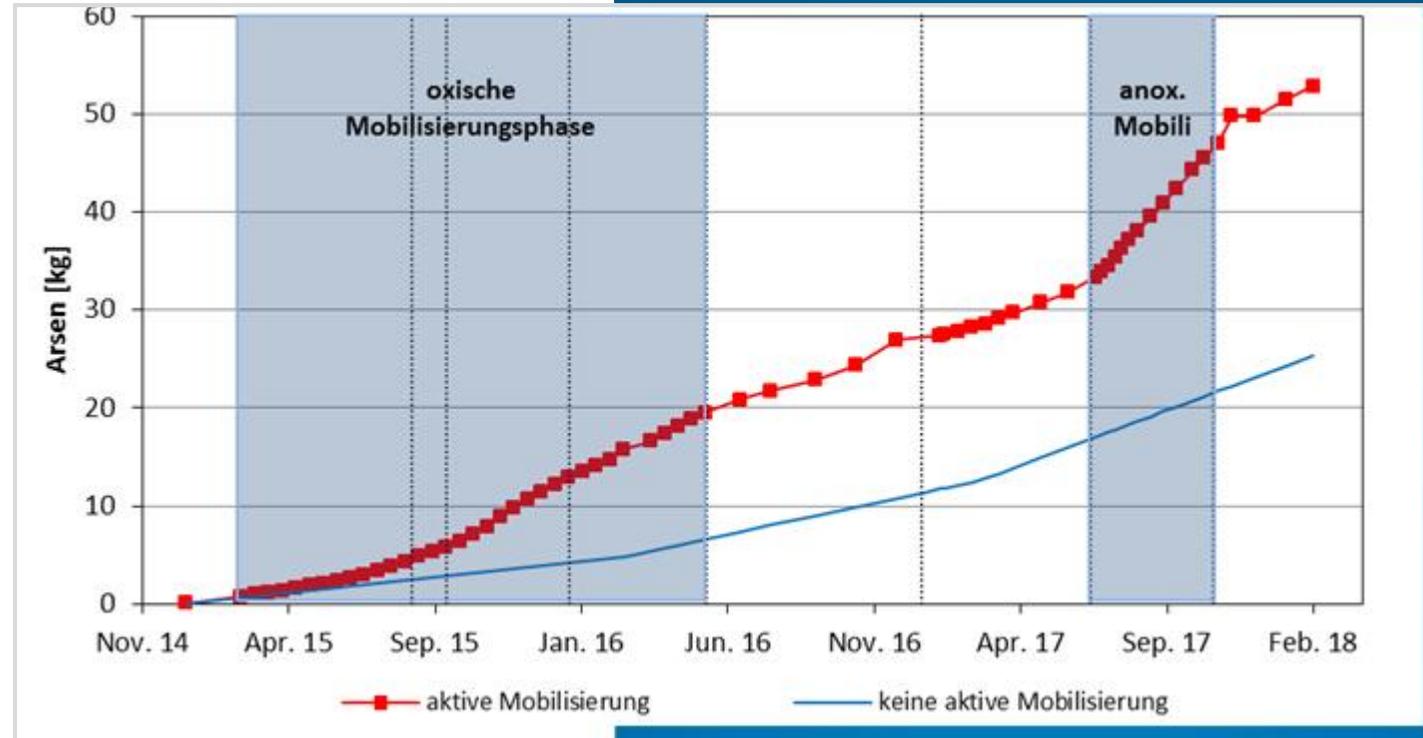
Pilotversuch: Arsen-Austrag im Entnahmebrunnen

2014-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Prüfung von Optimierungsmöglichkeiten

- Pilotversuch im Feld
- deutlicher Mehraustrag gegenüber Sanierung ohne Phosphatzugabe
- höherer Austrag bei anoxischer Mobilisierung
- ~ 40 % des verfügbaren Arsens ausgetragen



Labor-, Lysimeter- und Pilotversuche

2017

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Fazit Pilotversuch und begleitender Versuche:

- Umsetzung des Verfahrens am Standort geeignet
- signifikant erhöhter Arsenaustrag durch Phosphat-Zugabe
- Phosphat-Wirkkonzentrationen von 100 - 200 mg/l ausreichend



Container für Ansetz- und Dosieranlage



Dosierpumpen für Infiltrationsbrunnen

Großtechnische Umsetzung

2017

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Fallstudie mit Modellierung verschiedener Sanierungsszenarien - Prognosen

- Arsenaustrag

Fallstudie: Prognose des Arsenaustrags durch Mobilisierung

* bei Arsengehalt von 2,5 mg/l nach Mobilisierung

Dauer der Sanierung	Arsenaustrag (t)	Verfügbare Arsenmenge	Arsenaustrag (%)
7 Jahre	3,2 t *	4,4 t	73 %
10 Jahre	4,6 t *		100 %

Großtechnische Umsetzung

2017

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Fallstudie mit Modellierung verschiedener Sanierungsszenarien - Prognosen

- Arsenaustrag
- Sanierungsdauer, Kosten: Variantenstudie 2013 / Fallstudie 2017

Sanierungsverfahren	Kostenprognose	Arsenaustrag	Spezifische San.kosten
Pump & Treat (ohne Optimierung) <i>Laufzeit: 150 Jahre</i>	69 Mio. €	7.500 kg	9.200 €/kg
Pump & Treat (mit Optimierung) * <i>Laufzeit: 150 Jahre</i>	45 Mio. €	7.500 kg	6.000 €/kg
Mobilisierung + Pump & Treat <i>Laufzeit 10 Jahre</i>	6,8 Mio. €	6.700 kg	1.000 €/kg
Mobilisierung + Pump & Treat <i>Laufzeit 10 Jahre</i>	8,8 Mio. €	4.600 kg	1.900 €/kg

Fallstudie: Prognose des Arsenaustrags durch Mobilisierung

* bei Arsengehalt von 2,5 mg/l nach Mobilisierung

Dauer der Sanierung	Arsenaustrag (t)	Verfügbare Arsenmenge	Arsenaustrag (%)
7 Jahre	3,2 t *	4,4 t	73 %
10 Jahre	4,6 t *		100 %

Großtechnische Umsetzung

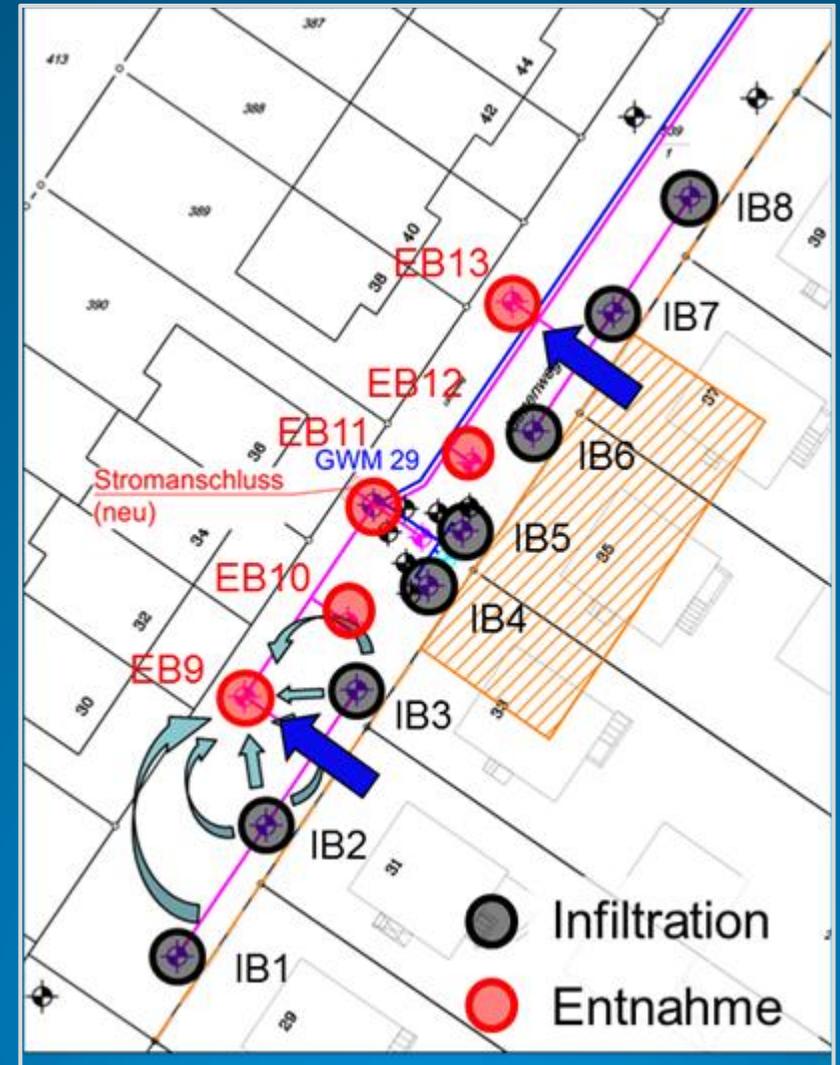
2018-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Großtechnische Umsetzung der in-situ Mobilisierung

- Substratzugabe über 8 Infiltrationsbrunnen (IB)
- Verwendung von Grundwasser und Reduktionsmittel in Ansetz- und Dosieranlage
- anteilige Zugabe von Phosphorsäure
- Zirkulationsströmung in IB 1-8
- GW-Entnahme über 5 Entnahmebrunnen (EB)
- „Sicherung der Mobilisierung“ über Entnahmebrunnen im weiteren Abstrom

Detailplanung Mobilisierung

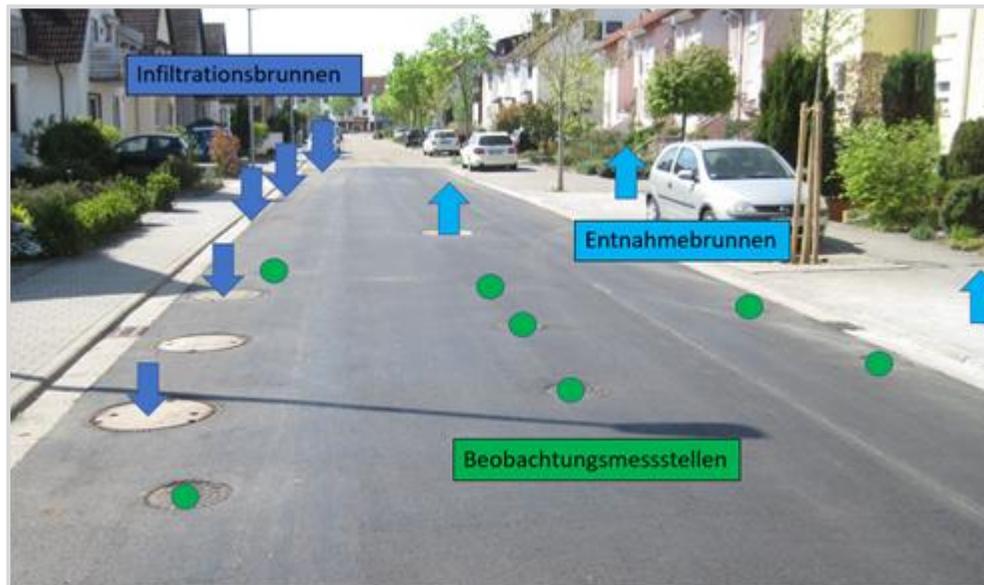


Großtechnische Umsetzung

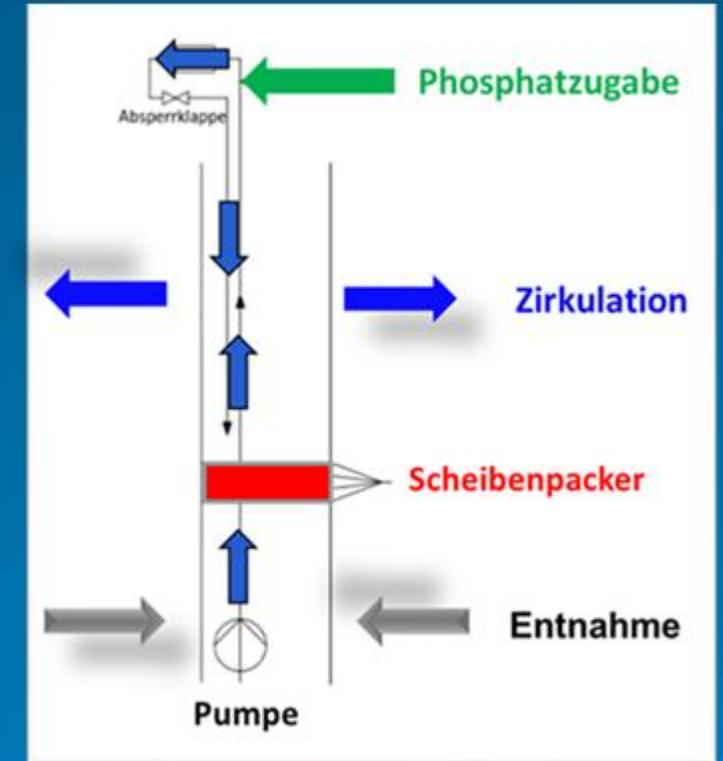
2018-lfd.

- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Großtechnische Umsetzung der in-situ Mobilisierung



Grundwasserzirkulation



Darstellung nicht maßstäblich

Großtechnische Umsetzung

Anpassung Verfahrenstechnik WAA

2018-lfd.

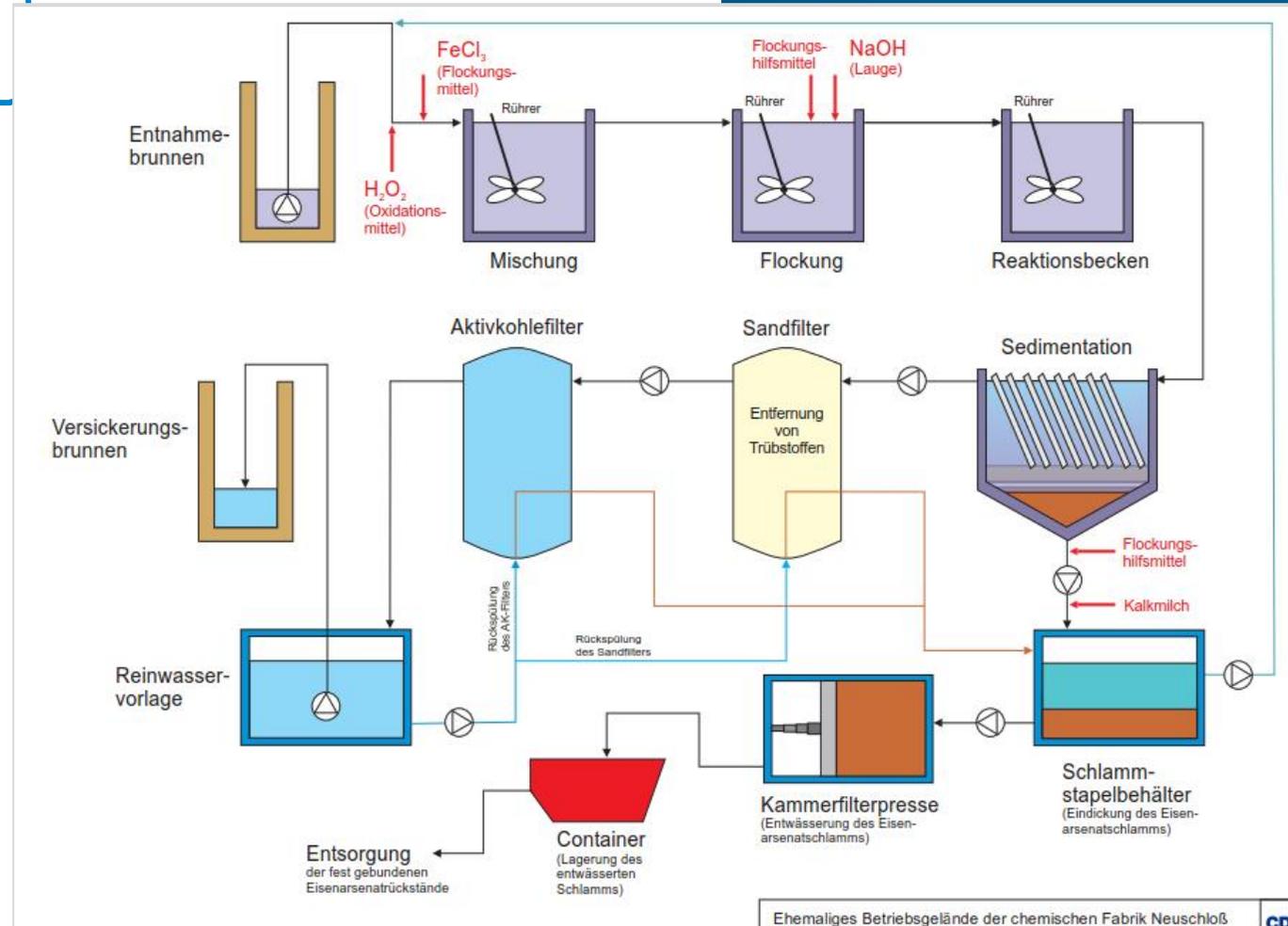
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Großtechnische Umsetzung der in-situ Mobilisierung

- Anpassung der Anlagen- und Verfahrenstechnik der bestehenden Wasseraufbereitungsanlage

Grund:

- ➔ Höhere Arsenfrachten
- ➔ Phosphat-Eliminierung erforderlich



Großtechnische Umsetzung

Anpassung Verfahrenstechnik WAA

2018-lfd.

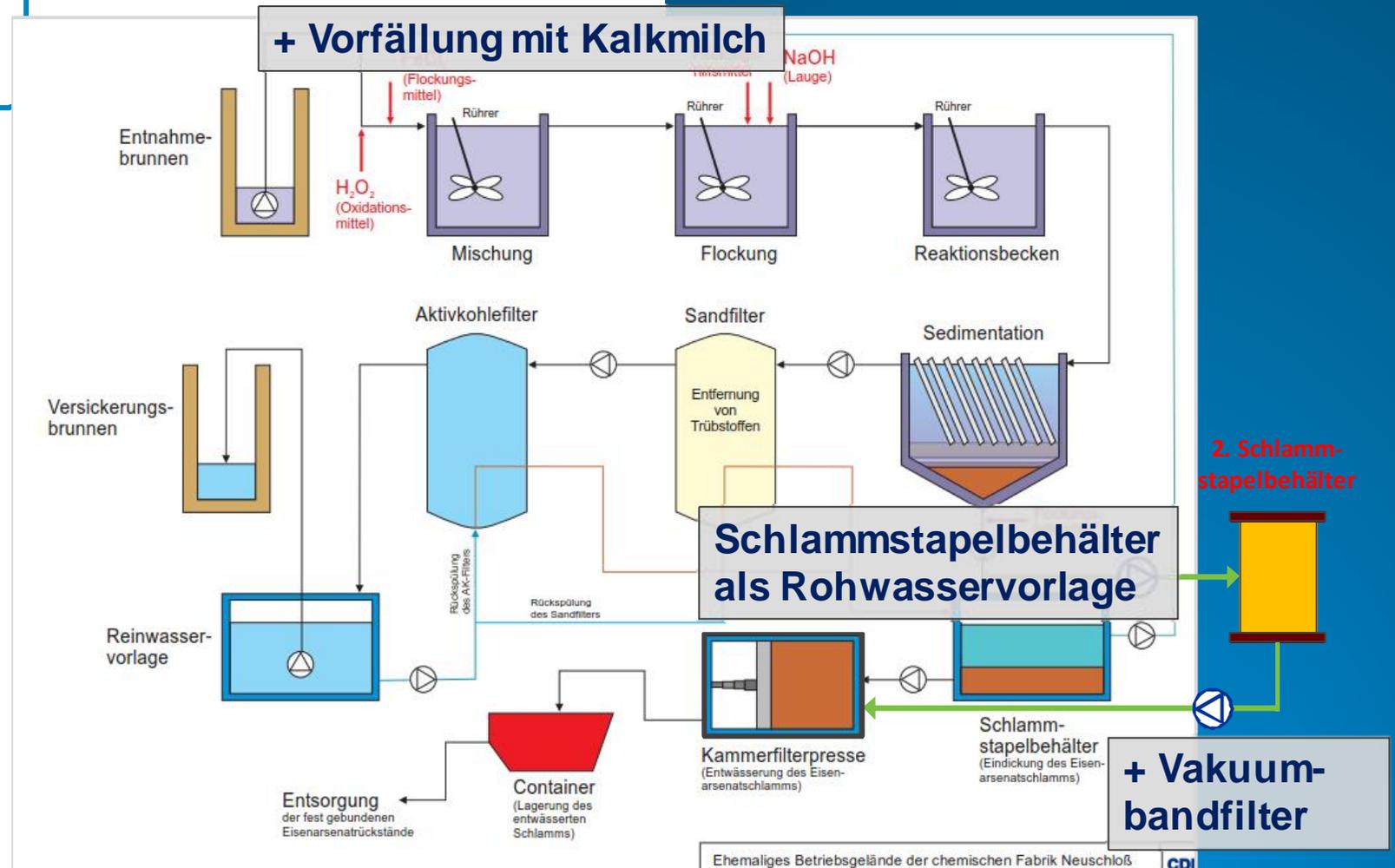
- Überprüfung und Optimierung der P&T Maßnahme

Großtechnische Umsetzung der in-situ Mobilisierung

- Anpassung der Anlagen- und Verfahrenstechnik der bestehenden Wasseraufbereitungsanlage

Grund:

- ➔ Höhere Arsenfrachten
- ➔ Phosphat-Eliminierung erforderlich



Großtechnische Umsetzung

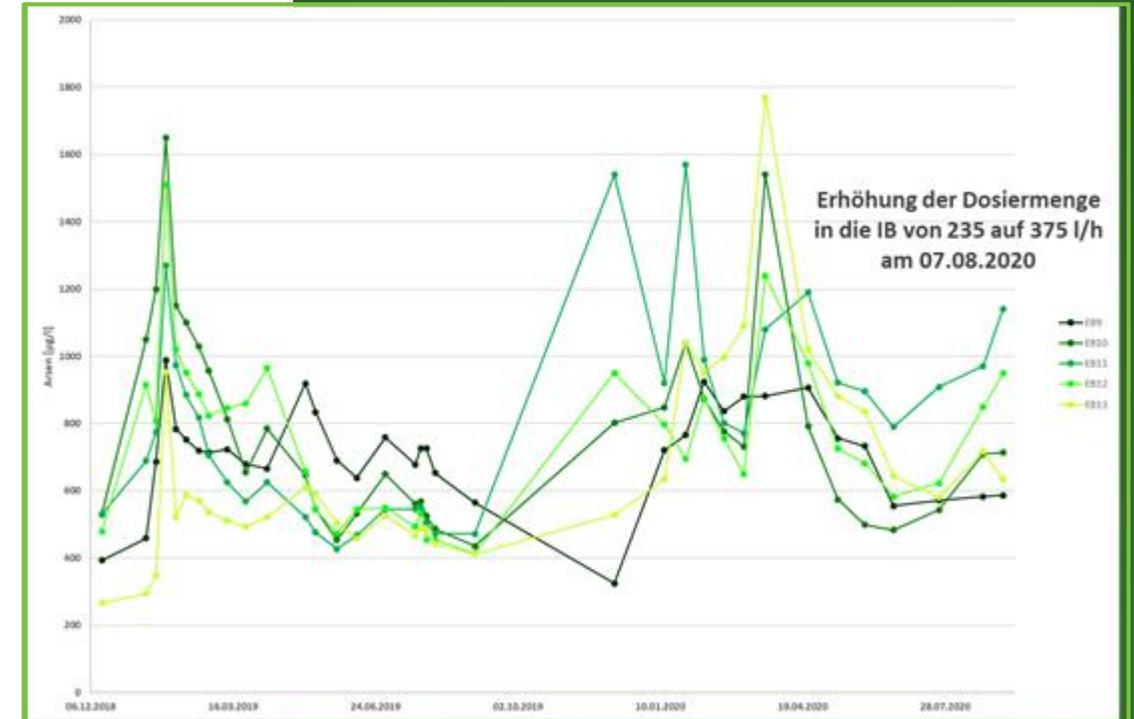
Aktuelle Ergebnisse

- Entfernung von rd. **150 kg As** im Schadenszentrum in **2020**
- Verdreifachung der Arsenausträge
- Prognose von 2017 zu optimistisch
- Arsengehalte in EB aktuell bei rd. **0,8 mg/l**

Ziel

Steigerung
Mobilisierungseffizienz
5-facher Arsenaustrag

Arsengehalte in Entnamebrunnen



Großtechnische Umsetzung

Weitere Optimierungsansätze:

- **Erhöhung Substratzugabe** bei Infiltration
→ Steigerung PO_4 -Überschuss in GWL
- **Erhöhung Entnahme in stärker belasteten Entnahmebrunnen**
- **Erhöhung Zirkulationsströmung** in Infiltrationsbrunnen → Erweiterung Sanierungszone
- **Strömungsumkehr** im Schadenszentrum
→ Erweiterung Sanierungszone
- **Umstellung Sicherungsbrunnen** auf Brunnen mit höheren Arsengehalten
→ Ziel Arsenausstrag in 2021: rd. 200 - 250 kg

Phosphorgehalte in Entnamebrunnen



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



In Kooperation mit und unter wissenschaftlicher Begleitung

GEOW

INSTITUT FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

**CDM
Smith**

listen. think. deliver.