



# **Boden gut gemacht**

## **- Sanierung der ehemaligen chemischen Fabrik Neuschloß**

### **Bodensanierung – Grundwassersanierung**

#### **- Sanierungsziele erreicht?**

**Dipl.Geol. Ulrich Urban,**  
**HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung**

- **Verbindlichkeitserklärung – Grundwasser vom 13.Juni 2001:**

**Auch wenn die Pläne zur Grundwassersanierung und zur Bodensanierung zwei Verfahren nach § 13 Abs.6 BBodSchG für verbindlich erklärt werden, sind diese doch als Einheit zur Sanierung dieses Standortes zu sehen, da nur durch die zusätzlichen Sanierungen der Bodenkontaminationen ein nachhaltiger Schutz des Grundwassers gewährleistet werden kann.**

# Bodensanierung Ziele erreicht ?

# • Bodenuntersuchungen



rd. 650 Sondierung  
rd.3.500 Analysen auf  
PCDD/F, As, Pb, Hg,  
Cu und andere  
Schwermetalle

## Legende

- Sondierungen 1987
- Sondierungen 1990/91
- Oberflächenmischproben 1993
- Sondierungen 1994-98
- Oberflächenmischproben 1994-98

- **Maximalgehalte an Schadstoffen im Boden**

<b>Arsen</b>	<b>37.000 mg/kg</b>
<b>Blei</b>	<b>79.400 mg/kg</b>
<b>Kupfer</b>	<b>16.100 mg/kg</b>
<b>Thallium</b>	<b>190 mg/kg</b>
<b>Quecksilber</b>	<b>618 mg/kg</b>
<b>Zink</b>	<b>5.500 mg/kg</b>
<b>Zinn</b>	<b>3.940 mg/kg</b>
<b>Antimon</b>	<b>355 mg/kg</b>
<b>Selen</b>	<b>117 mg/kg</b>
<b>PAK</b>	<b>1.117 mg/kg</b>
<b>MKW</b>	<b>8.500 mg/kg</b>
<b>PCDD/PCDF</b>	<b>100.900 ng I-TE/ kg</b>

## • Ziele der Bodensanierung

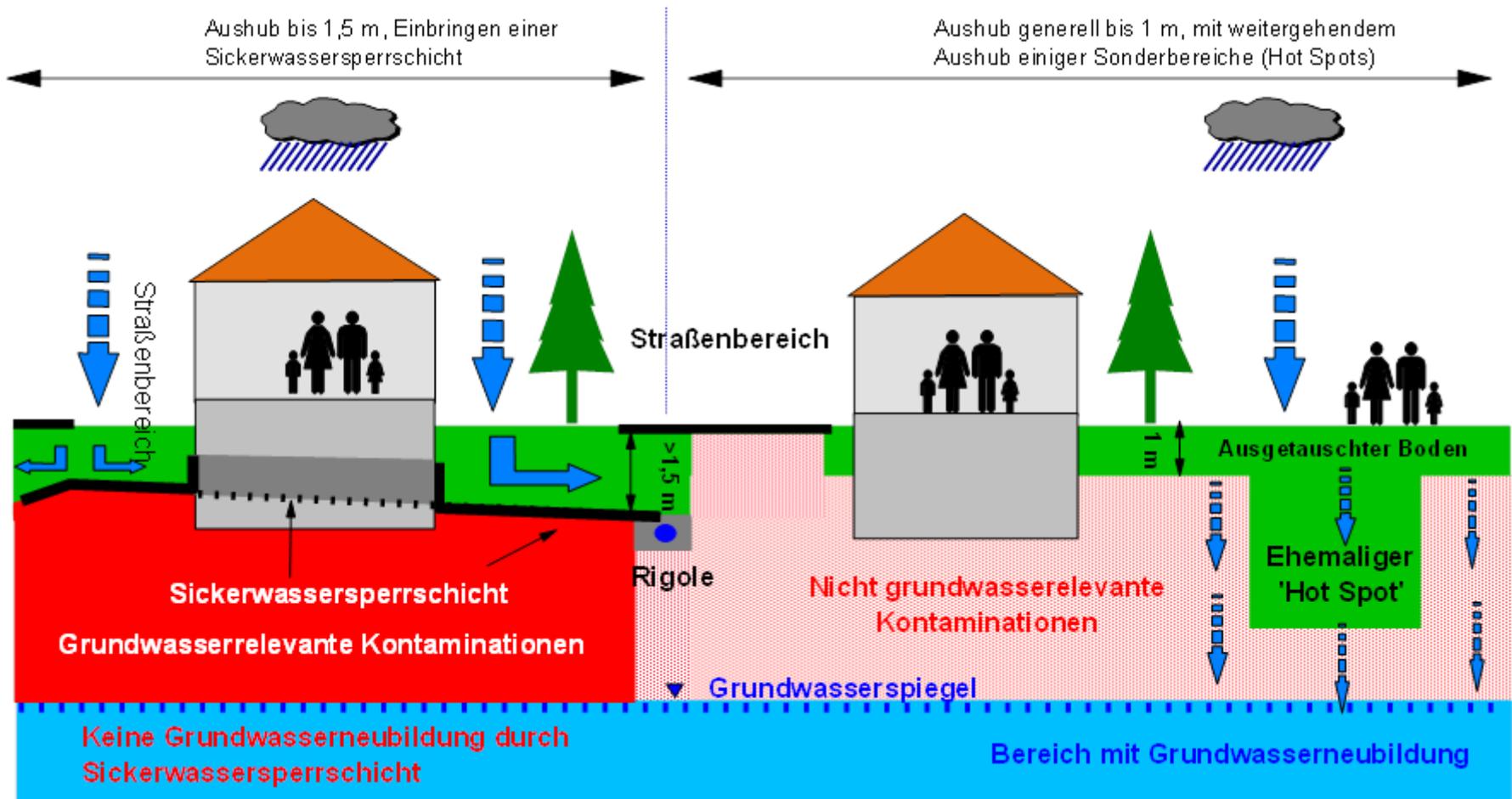
Ziel war die Herstellung des Areals des ehemaligen Betriebsgeländes der Chemischen Fabrik Neuschloß

- dass **gesunde Wohnverhältnisse** wieder vorhanden sind
- dass **von den sanierten Flächen keine Gefahr** für die bestehende bzw. angestrebte Nutzung als Wohngrundstücke **ausgeht** und
- dass **keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit** mehr vorhanden ist.

weiterhin

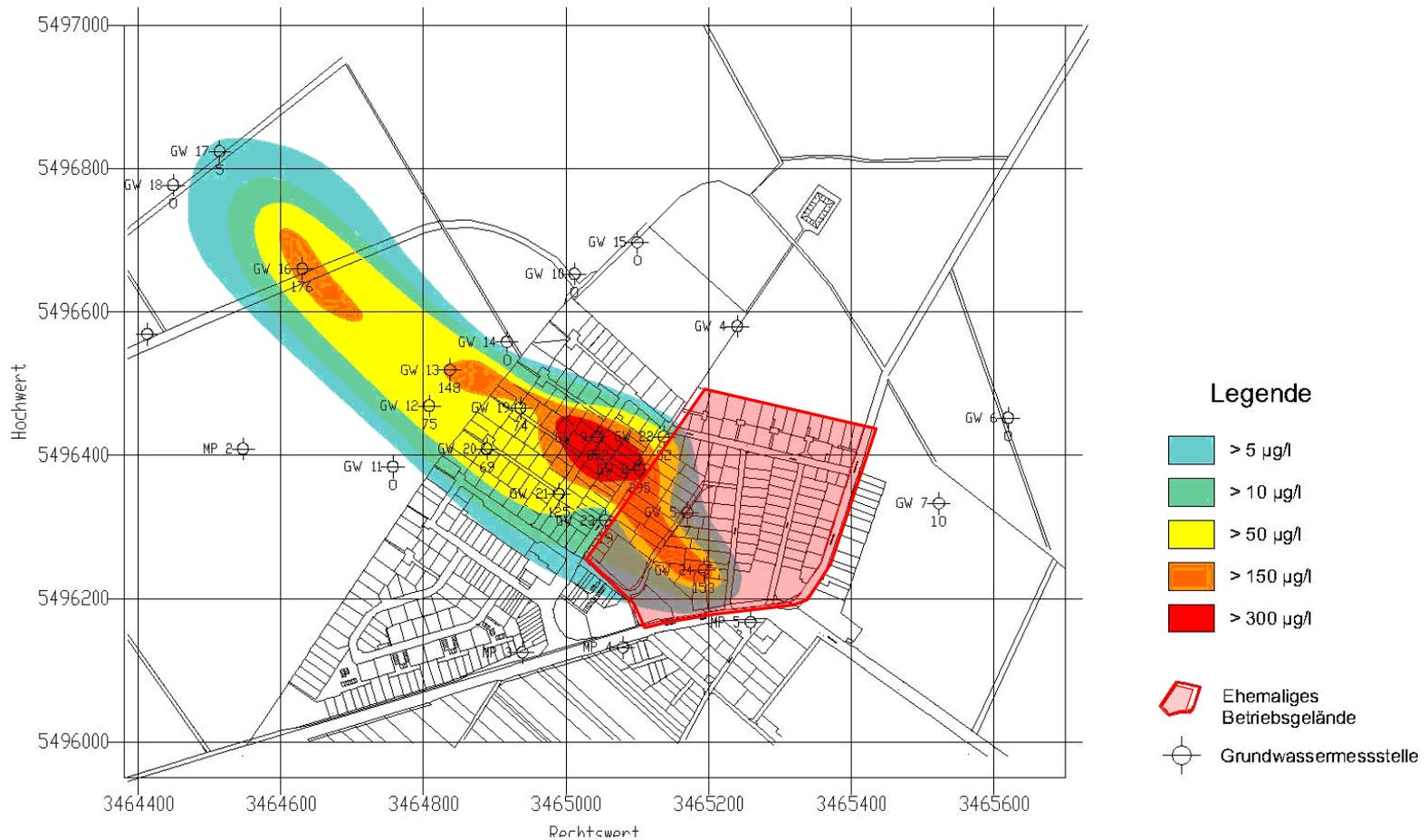
- waren die vorhandenen **Grundwasserbeeinträchtigungen zu minimieren** und **weitere zu vermeiden**.

# Sanierungsschema

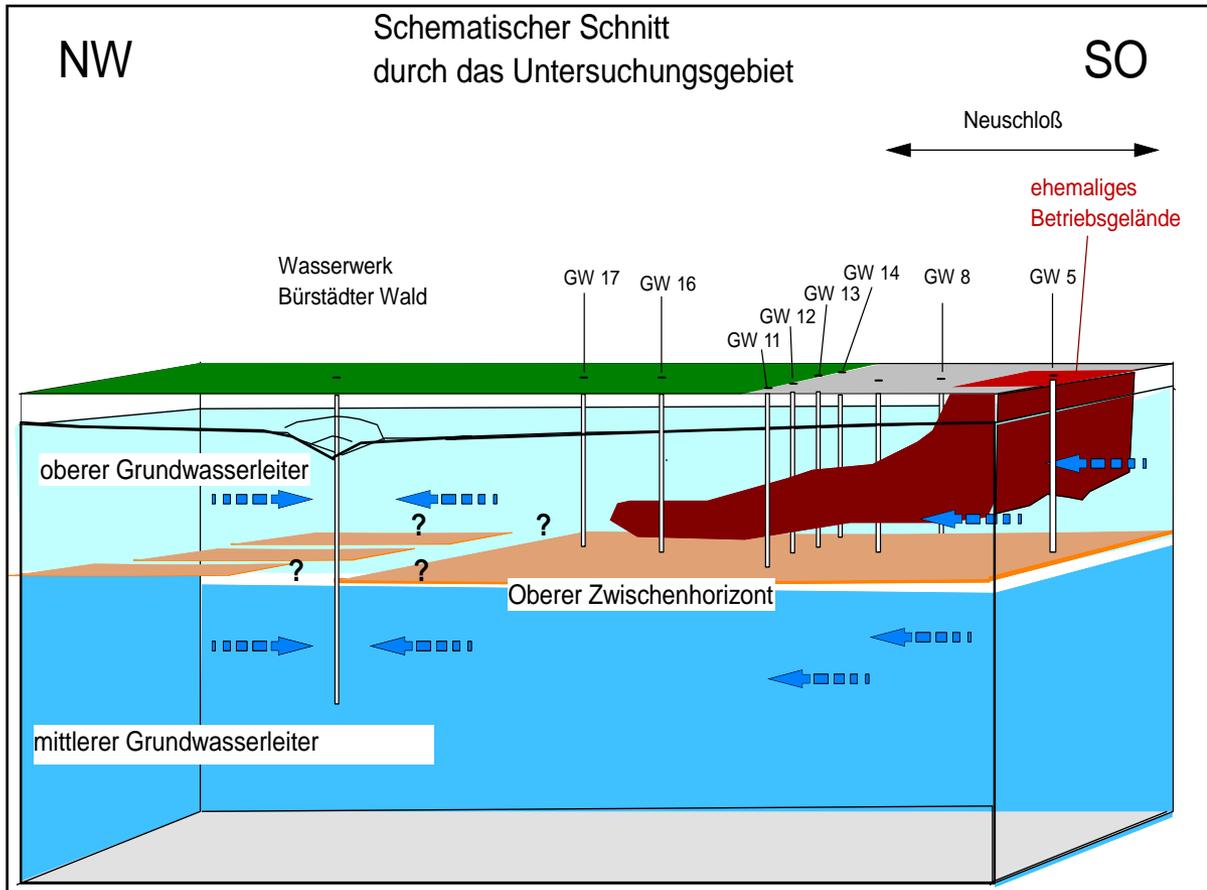


# Grundwassersanierung Ziele erreicht ?

# Ausdehnung der Arsen-Schadstofffahne vor der Sanierung



# • Tiefenzonierte Schadstoffverteilung



- **Ehem. Betriebsgelände**  
 → höchste Schadstoffgehalte in oberer + unterer Tiefenstufe
- **Abstrom (Neubaugebiet)**  
 → relativ gleichmäßige Verteilung in allen Tiefenstufen
- **Fahnnenspitze (Stadtwald)**  
 → höchste Schadstoffgehalte in unterer Tiefenstufe

## • Ziele der Grundwassersanierung

Das Sanierungsziel (Zielwerte: **Arsen: 10 µg/l**, **AOX 25 µg/l**) gilt als erreicht:

- wenn **im Intervallbetrieb kein erneuter Anstieg** der Schadstoffe im Grundwasser zu verzeichnen ist...
- wenn diese **Konzentrationswerte dauerhaft unterschritten werden** und eine **Zunahme der Belastung nicht zu erwarten** ist

oder

- wenn eine weitere **Abnahme der Konzentrationswerte mit verhältnismäßigem Aufwand nicht erreichbar ist** und eine Grundwasserbeeinträchtigung nicht zu besorgen ist

Die Grundwassersanierung soll **die Ausbreitung von Schadstoffen verhindern**, die bei der Bodensanierung mobilisiert werden können...

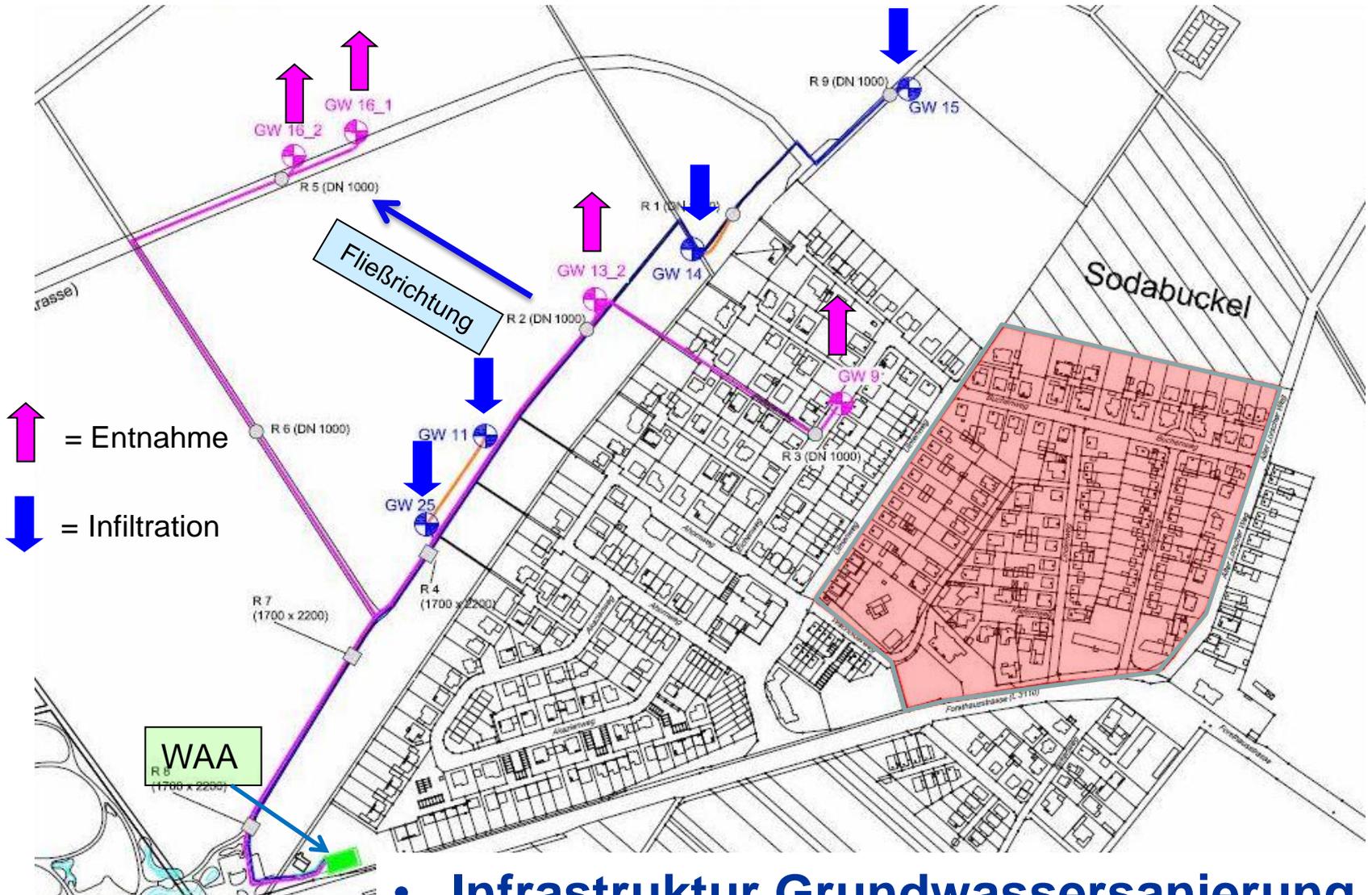
- **Konzeption Grundwassersanierung**

- ⇒ Hydraulische Sanierung über 4 Entnahmebrunnen
- ⇒ Entnahmemenge max. 32,5 m<sup>3</sup>/h
- ⇒ Arsen-Elimination durch Fällungs-Flockungs-Verfahren
- ⇒ AOX-Elimination durch Aktivkohleadsorption
- ⇒ 2 Infiltrationsbrunnen im seitlichen Abstrom
- ⇒ Ca. 3.500 m HD-PE Leitungsrohr z.T aluminiumkaschiert



- **Wasser-  
aufbereitungsanlage**



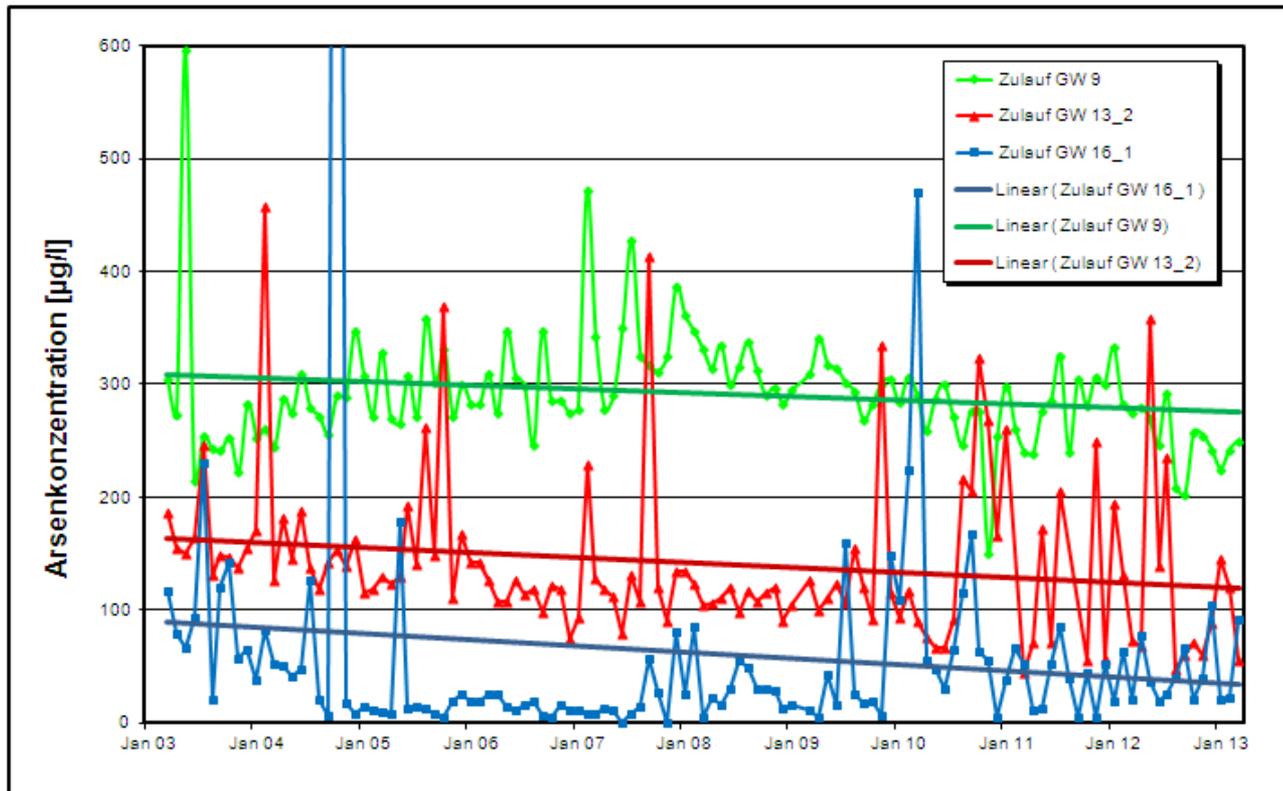


• **Infrastruktur Grundwassersanierung**

- **Kenndaten (Stand Ende 2013):**

<b>Sanierungsbeginn:</b>	<b>2003</b>
<b>- Anlagendurchsatz:</b>	<b>ca. 30 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>- Anlagendurchsatz ges:</b>	<b>ca. 2.800.000 m<sup>3</sup></b>
<b>- Zulaufkonzentration (Mischwasser):</b>	<b>ca. 200 µg/l</b>
<b>- Arsenaustrag (gesamt):</b>	<b>ca. 700 kg</b>
<b>- AOX-Austrag (gesamt):</b>	<b>ca. 40 kg</b>

# • Verlauf der Schadstoffgehalte in den Sanierungsbrunnen



## GW 9

vor Sanierung: 250 µg/l  
 aktuell: 260 - 300 µg/l  
 → stabil

## GW13\_2

vor Sanierung: 150 µg/l  
 aktuell: 60 - 100 µg/l  
 → stabil

## GW16\_1

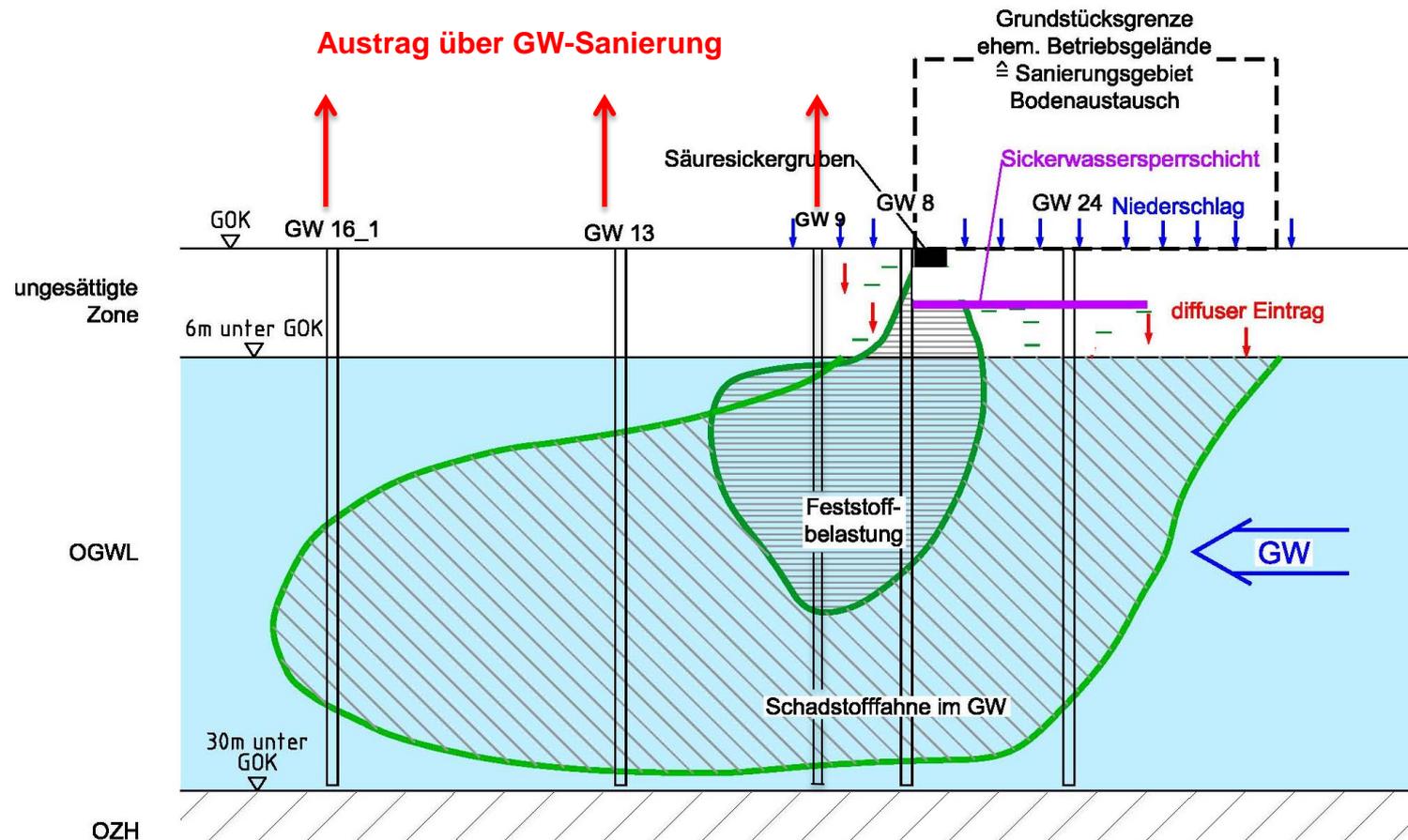
vor Sanierung: 100 µg/l  
 aktuell: 10 - 80 µg/l  
 → stabil



# Arsen-Eintragswege nach dem Ende der Bodensanierung

NW

SO



- **Fakten nach ca. 9 Jahren Sanierung**
  - **(belastungs-) stabile Schadstofffahne** seit Sanierungsbeginn
  - **verbliebenes Schadstoffpotential** (gelöste Schadstoffmenge und Fracht) im Grundwasser sowohl im Bereich des ehemaligen Betriebsgelände wie auch im Abstrom / Fahnen Spitze **nach wie vor hoch**

### Sanierungsziel erreicht ?



- **AOX → Sanierungszielwerte dauerhaft unterschritten**
- **Arsen → nicht erreicht (zeitweise bis 90-fache Überschreitung)**
- **Bewertung nach HLUG-Arbeitshilfe: großer Schaden**

- **Zentrale Fragen:**

Ist die Grundwassersanierung in einem „vernünftigen“ Zeitraum zu beenden?

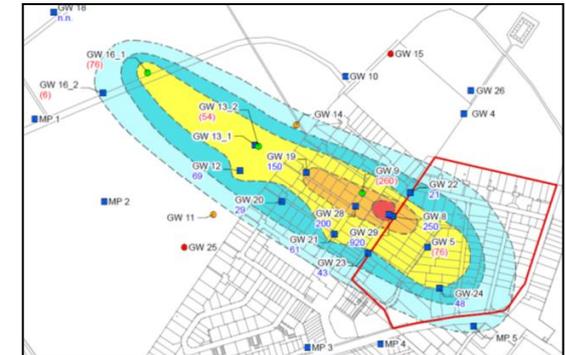
Hierzu:

1. Wie groß ist die im Untergrund an das Bodenmaterial sorbierte Arsenmenge?
2. Welche Verfügbarkeit weisen die im Aquifersediment vorliegenden Arsenbelastungen auf?
3. Ist die Arsenfahne im Grundwasser stabil und wie würde sich die Arsenbelastung im Grundwasser ohne aktive Pumpmaßnahme entwickeln?
4. Welche Möglichkeiten sind gegeben, die hydraulischen Maßnahmen effizienter auszuführen und in einem absehbaren Zeitraum zu beenden?

# • Quantifizierung der Arsenmengen in Grundwasser und Boden

## a) Im Grundwasser gelöstes Arsen

- Berechnung aus Monitoring-Ergebnissen („Arsenfahne“)
- differenziert in 3 Tiefenstufen und 5 Konzentrationsbereiche
- **Ergebnis:**  
ca. **75 kg** gelöstes Arsen im Grundwasser

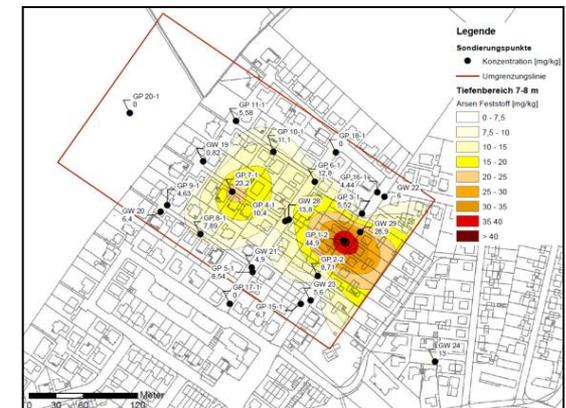


Arsenverteilung im Grundwasser  
(exemplarisch für die mittlere TS)

## b) Am Feststoff (Boden) gebundenes Arsen

- Berechnung aus Ergebnissen der DP-Sondierungen und Linerbohrungen 2011 für den wassergesättigten Bereich
- meterweise differenziert für Tiefen von 7 bis 24 m und 8 Konzentrationsbereiche
- **Ergebnis:**  
ca. **10 t** gebundenes Arsen  
(davon ca. 80 % mobilisierbar = **8 t** mobilisierbares Arsen)

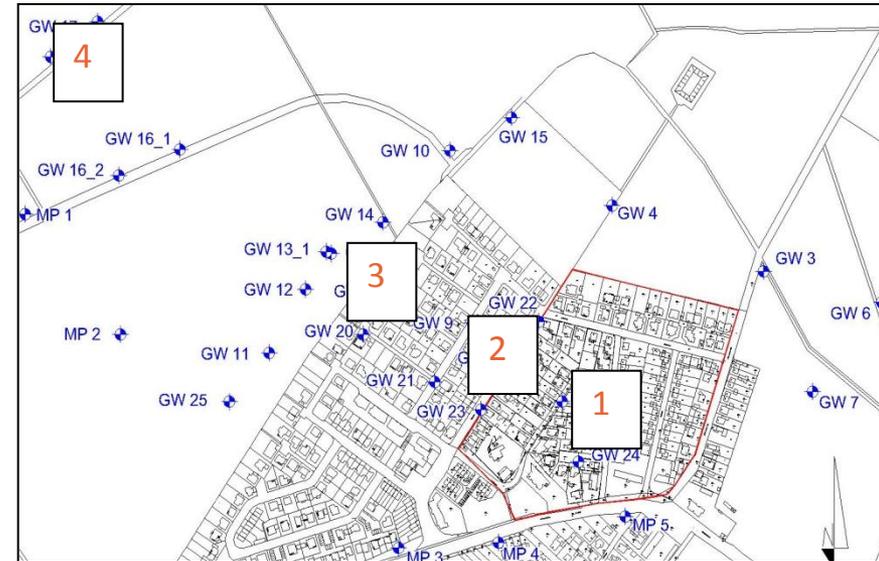
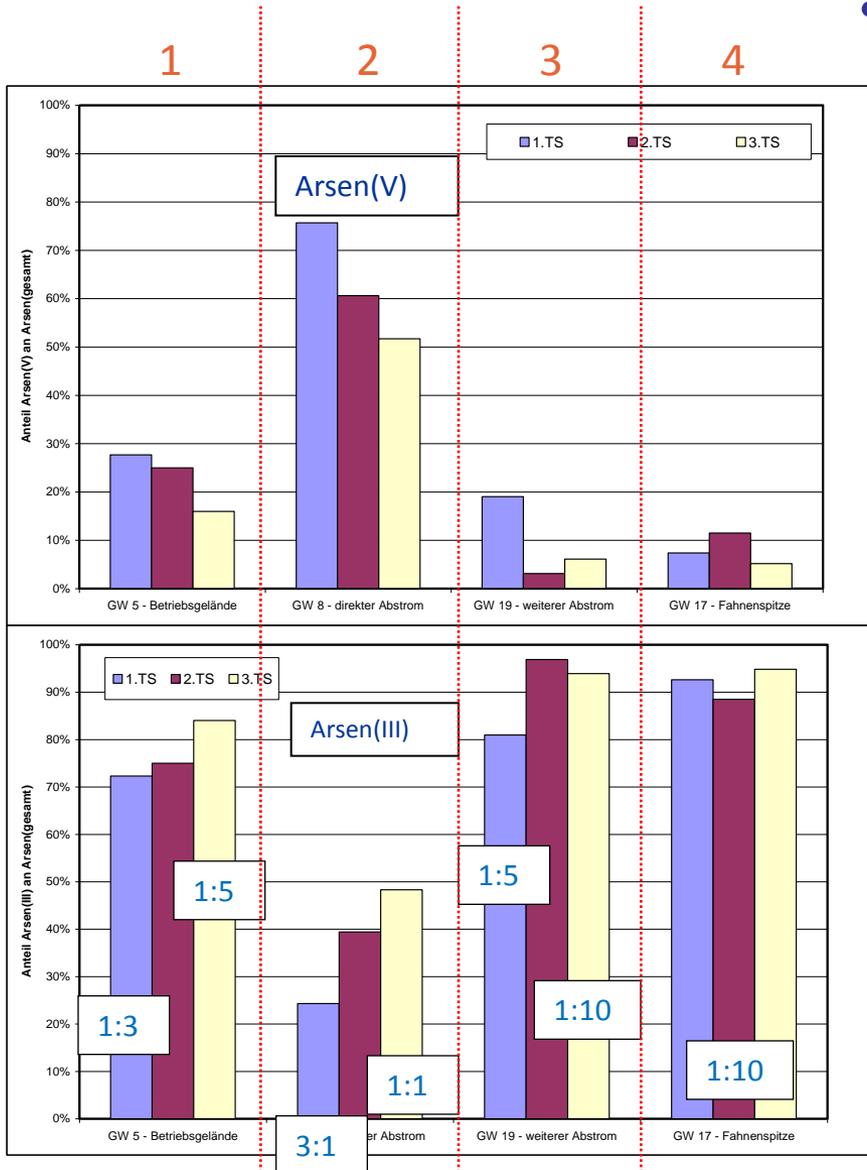
\* Ergebnis Mobilisierungsversuche der Uni Heidelberg



Arsenverteilung am Feststoff  
(exemplarisch für 7-8 m Tiefe)

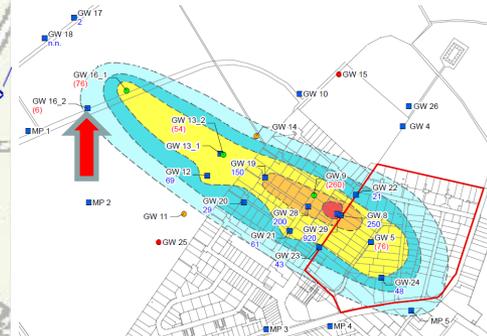
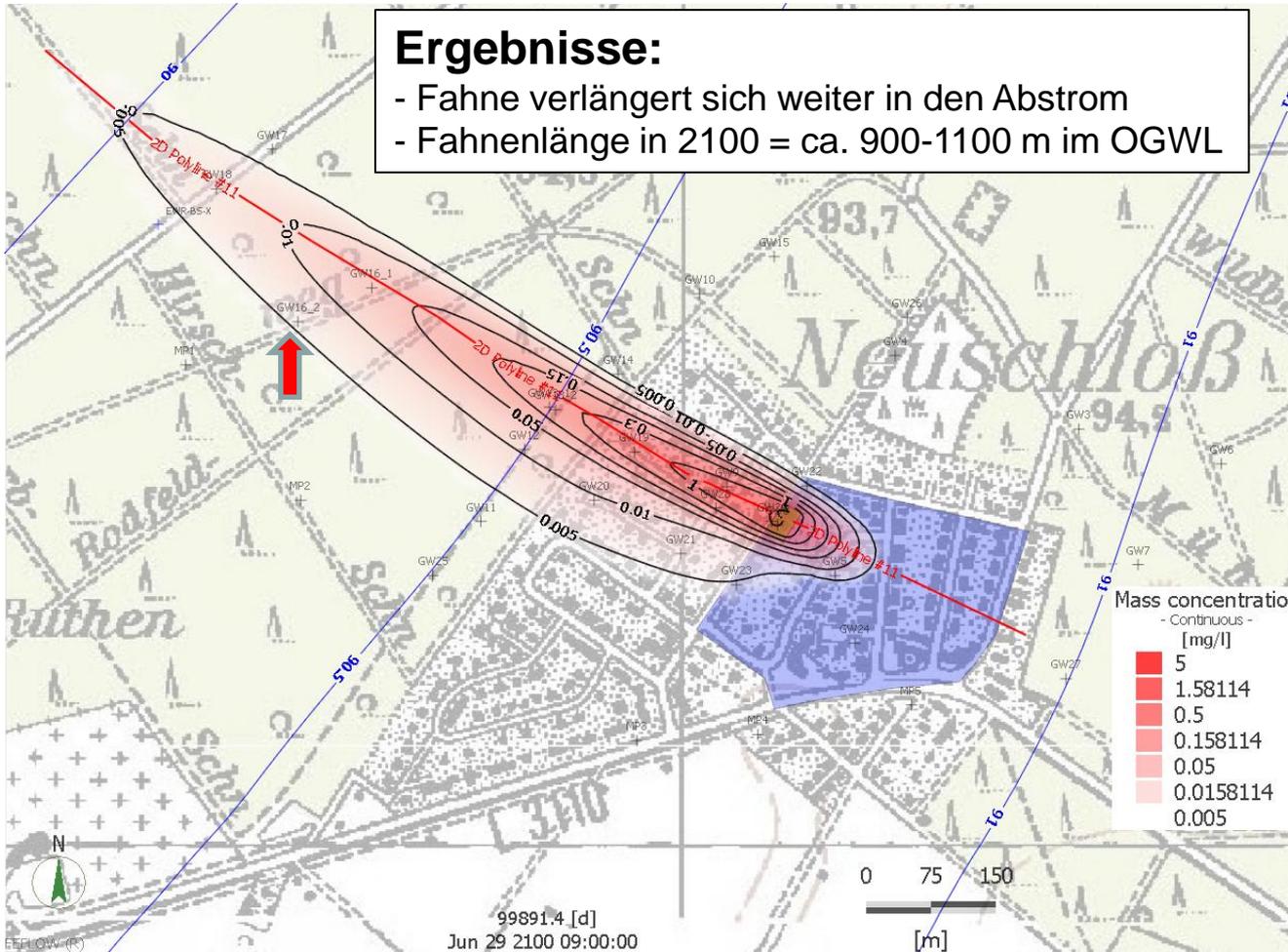
# Verhältnis der Arsenspezies

Arsen(V) : Arsen(III)



- 1 - ehemaliges Betriebsgelände
- 2 - direkter Abstrom
- 3 - weiterer Abstrom
- 4 - Fahnen Spitze

# Prognose - Arsenfahne im Grundwasser in 2100 bei ausgeschalteter Sanierung

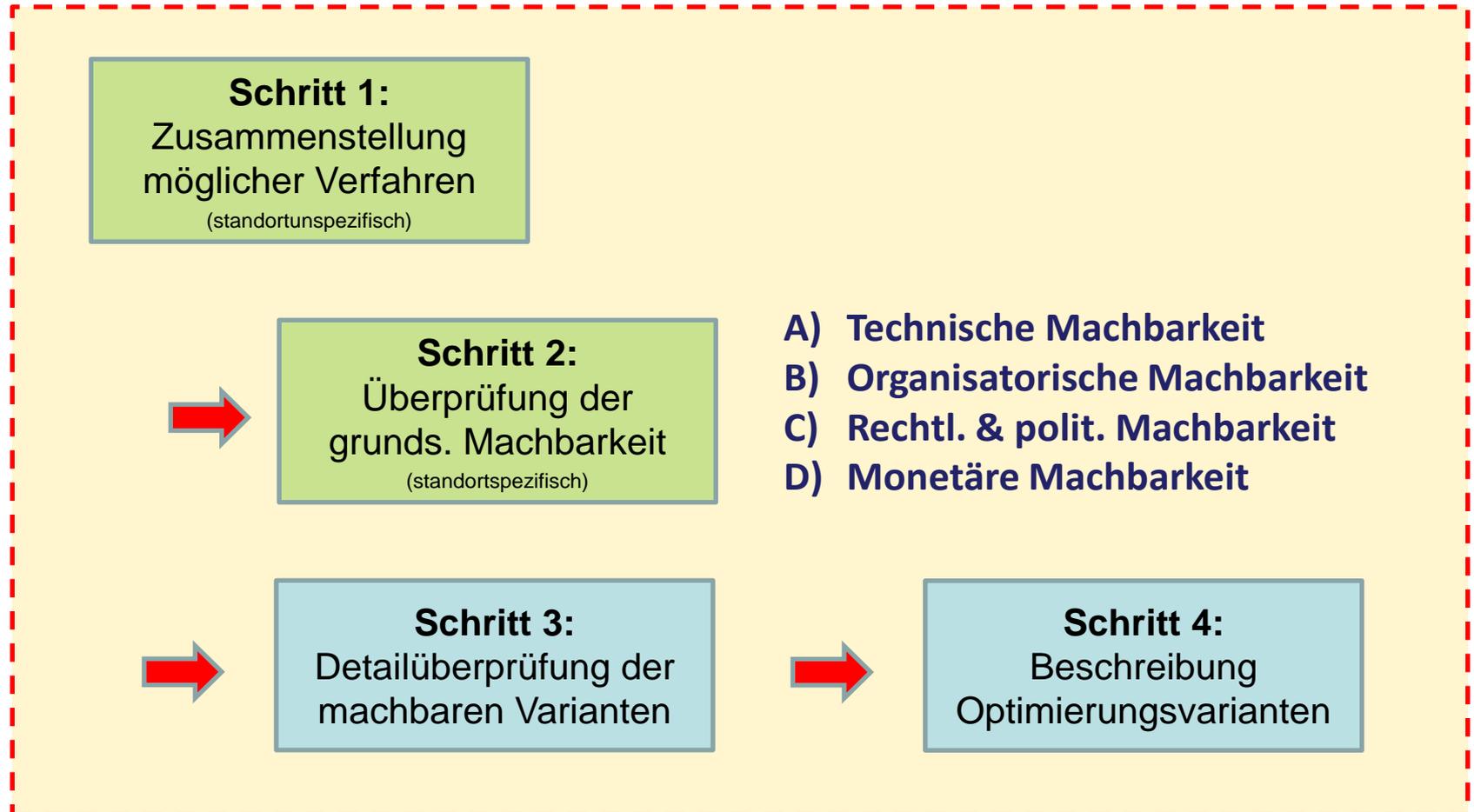


zum Vergleich die Verteilung des gelösten Arsens (Mai 2011)

= Bezugspunkt

# • Variantenstudie

## Schematisches Vorgehen zur Prüfung und Bewertung



## • Schrittweise Überprüfung der Sanierungsvarianten (1)

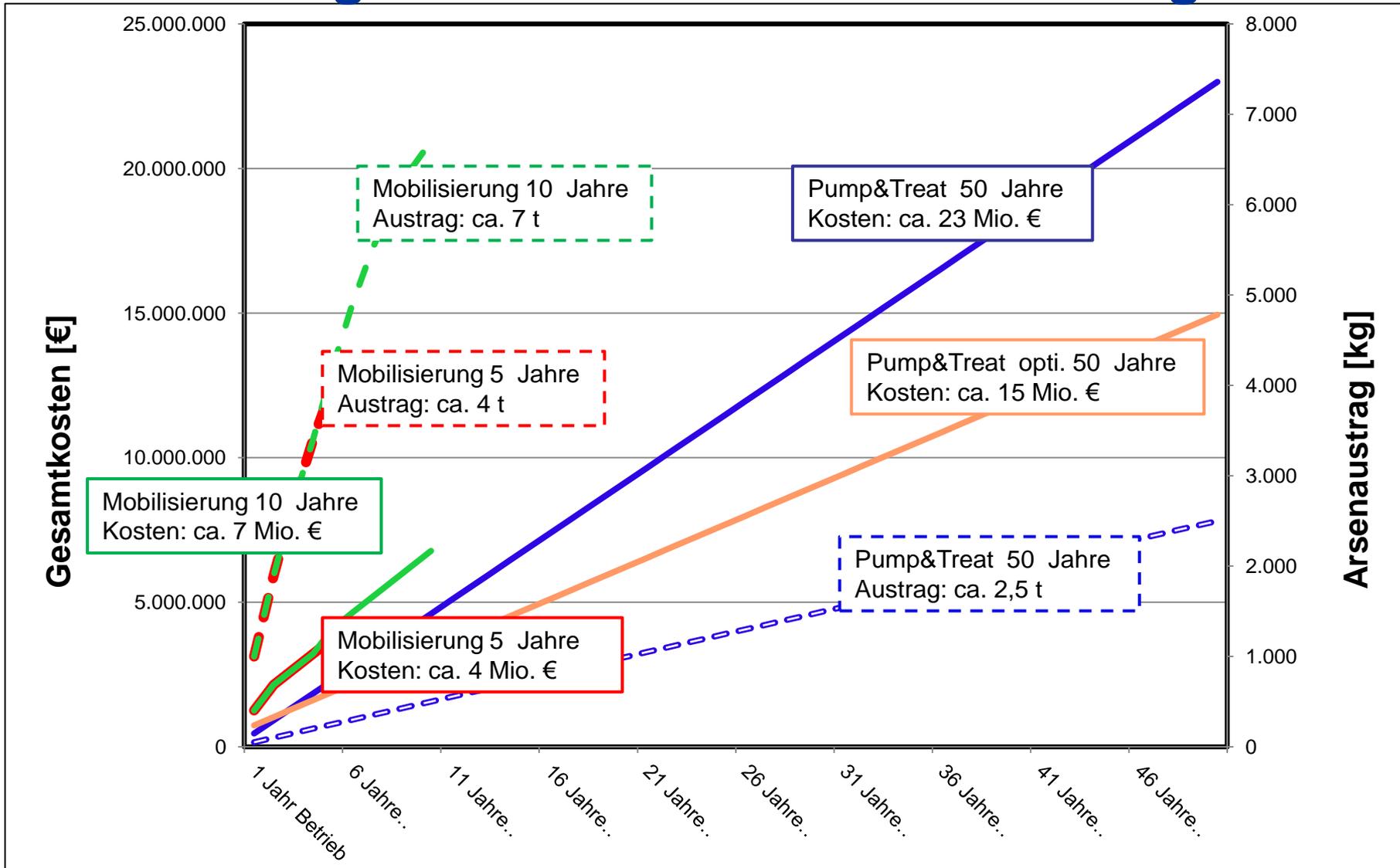
Nr.	Kriterium / Maßnahme	1.Schritt (Prüfung Machbarkeit)	2. Schritt (Detail- prüfung)	3. Schritt (Optimierungs- varianten)
1	Pump&Treat (aktuell)	✓	✓	✓
2	Pump&Treat mit Optimierung (z.B. Durchsatz oder Verfahren)	✓	✓	✓
3	Bodenaushub / Quellensanierung	✓	✗	
4	Immobilisierung durch Zusatzstoffe	✓	✗	
5	Mobilisierung der Schadensquelle und Kombination mit Pump&Treat	✓	✓	✓
6	Monitored Natural Attenuation	✗		
7	Pump&Treat ohne Aufbereitung	✗		

- **Schrittweise Überprüfung der Sanierungsvarianten (2)**

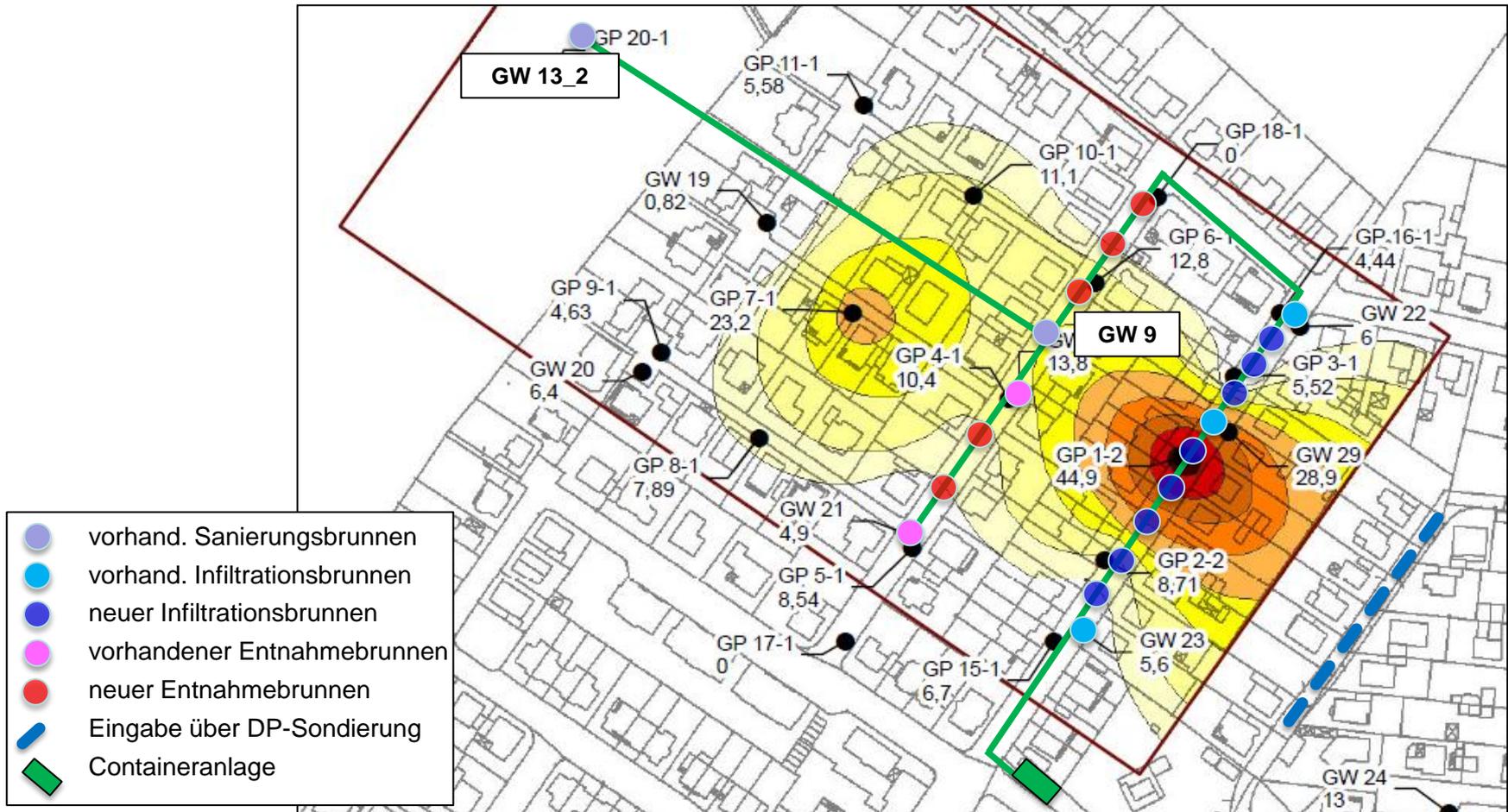
Nr.	Kriterium / Maßnahme	1.Schritt (Prüfung Machbarkeit)	2. Schritt (Detail- prüfung)	3. Schritt (Optimierungs- varianten)
8	Reaktive Wand	✓	✗	
9	Funnel&Gate-System	✓	✗	
10	Verlegung Wasserwerk	✗		
11	Aufbereitung am Wasserwerk	✓	✗	
12	Zeitlich begrenzte Weiterführung des Sanierungsbetriebs + Neubewertung	✗		
13	Zeitlich begrenzte Außerbetriebnahme der GW-Sanierung + Monitoring	✗		

- **Wesentliche Ergebnisse der Variantenstudie**
  - **Pump&Treat gut geeignet zur Standortsicherung und -sanierung**  
**allerdings:** lange Sanierungsdauer und hohe Sanierungskosten
  - **durch Optimierung der laufenden Pump&Treat-Maßnahme deutliche Kostenreduzierung möglich**
  - **Optimierungsansatz: Mobilisierung des Schadstoffpools**  
→ hohe Fracht - kurze Laufzeit - Kostenreduzierung gegenüber Pump&Treat

# • Vergleichende Kostenabschätzung



# Mobilisierung der Schadensquelle und Pump&Treat (Schema)



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**