

# **Entwicklung eines MNA-Konzeptes für das ehemalige Gaswerk Detmold nach einer geplanten Teilsanierung**

**Dr. Michael Kerth**

Vortrag beim  
BEW-Forum Bodenschutz / Altlasten  
2011

## Gliederung des Vortrags

1. Kurze Standortcharakterisierung des ehemaligen Gaswerks der Stadt Detmold
  - a. Geschichte
  - b. ehemalige Gebäude und Anlagen
  - c. Hydrogeologische Verhältnisse
  - d. Belastungssituation
  - e. Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen
2. Ergebnisse der Untersuchungen zu NA-Prozessen
  - a. „Flächenhafte“ Erfassung von PAK und BTEX sowie redoxsensitiven Parametern im Grundwasser
  - b. Schadstoffminderung entlang von Stromlinien
  - c. Isotopenuntersuchungen
  - d. Frachtenabschätzung in Kontrollebenen
3. Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung
4. Schlußbetrachtung: Ist denn überhaupt eine Teilsanierung (Dichtwand) erforderlich?

## Gliederung des Vortrags

1. Kurze Standortcharakterisierung des ehemaligen Gaswerks der Stadt Detmold
  - a. Geschichte
  - b. ehemalige Gebäude und Anlagen
  - c. Hydrogeologische Verhältnisse
  - d. Belastungssituation
  - e. Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen
2. Ergebnisse der Untersuchungen zu NA-Prozessen
  - a. „Flächenhafte“ Erfassung von PAK und BTEX sowie redoxsensitiven Parametern im Grundwasser
  - b. Schadstoffminderung entlang von Stromlinien
  - c. Isotopenuntersuchungen
  - d. Frachtenabschätzung in Kontrollebenen
3. Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung
4. Schlußbetrachtung: Ist denn überhaupt eine Teilsanierung (Dichtwand) erforderlich?

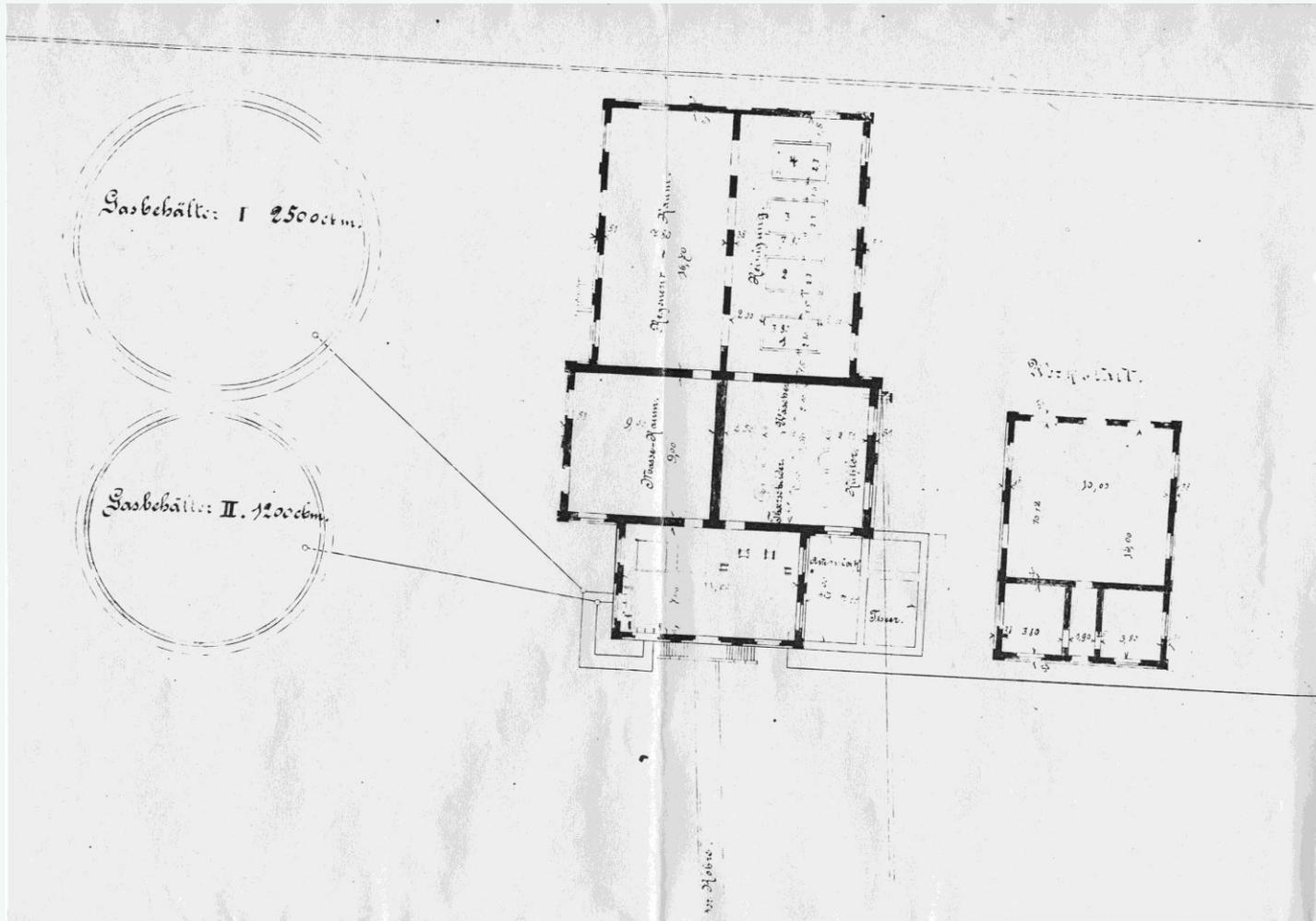
## Ehemaliges Gaswerk der Stadt Detmold - Impressionen



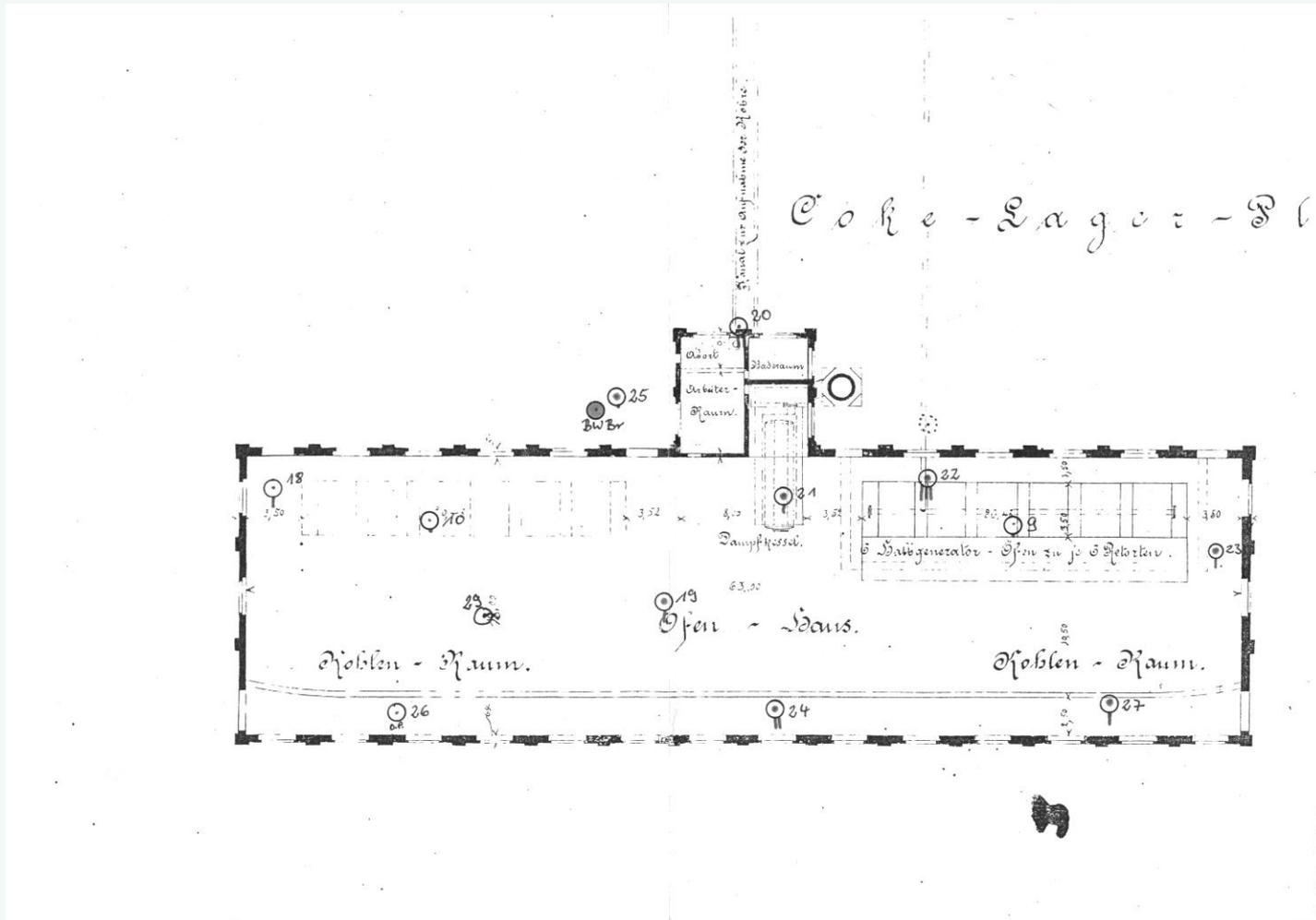
## Geschichte des Gaswerks Detmold

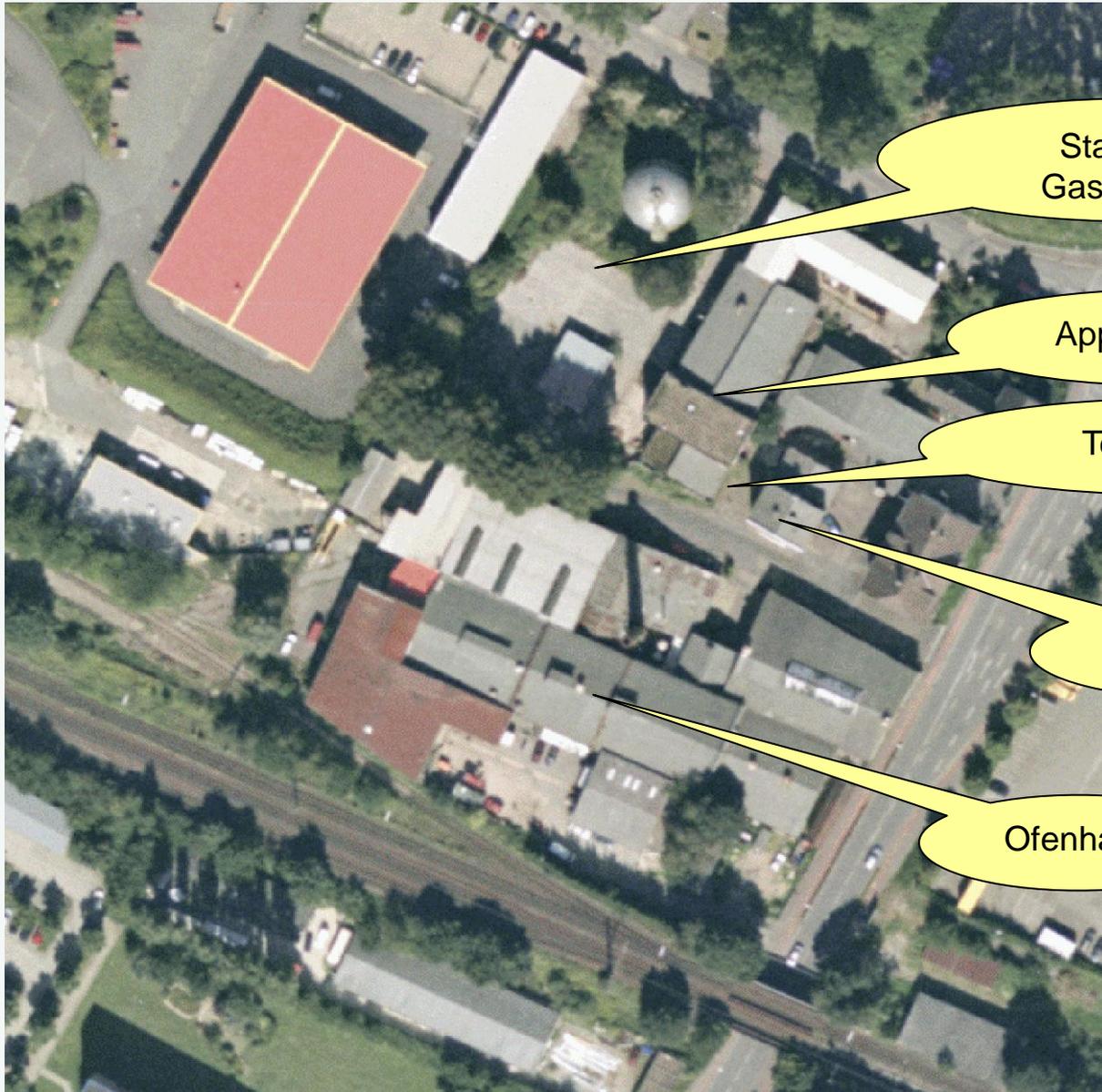
- 1907/1908 Errichtung des städtischen Gaswerks
- 1950 Einstellung der Gasproduktion
- Südlicher Teil (Ofenhaus, Bürogebäude) gewerblich-industrielle Nutzung (zunächst Zylinder-Gießerei, anschl. kleinere Handwerks- und Gewerbebetriebe)
- Nördlicher Teil (Apparatehaus) zunächst Nutzung durch Stadtwerke (Gasbehälter) und Stadt (Baubetriebshof); seit Anfang der 1990er Jahre nicht mehr genutzt
- 1990 Erste Gefährdungsabschätzung
- 1993 „Erweiterte“ Gefährdungsabschätzung (incl. GW-Untersuchung)
- 1994, 1998, 2004: Grundwasseruntersuchungen
- 2009 Sanierungsuntersuchung
- 2010/2011 Sanierungsplanung / Sanierungsplan / MNA-Konzept

## Gasbehälter, Apparatehaus, Teergruben (Plan 1906)



## Ofenhaus (Plan 1906)





Standorte  
Gasbehälter

Apparatehaus

Teergruben

Bürogebäude

Ofenhaus

## Untergrundaufbau

bis ca. 1 m GOK (max. 2,2 m):  
Unterhalb des Apparatehauses  
fehlt die Auffüllung.

Auffüllung: Mineralisches Gemisch aus  
Schluff, Sand und Kies, untergeordnet  
Ton, mit wechselnden Anteilen an Gesteins- und  
Ziegelbruch, geringe Asche.

bis ca. 1,5 m u. GOK:  
(stellenweise fehlend)

Auenlehm: Schluff, tonig, schwach  
sandig

bis ca. 2,0 m u. GOK:  
(stellenweise fehlend)

Auensand: Sand, schwach schluffig

bis ca. 8 m u. GOK:

Niederterrasse: Kies und Sand,  
schwach schluffig; an der Basis stark  
steinig

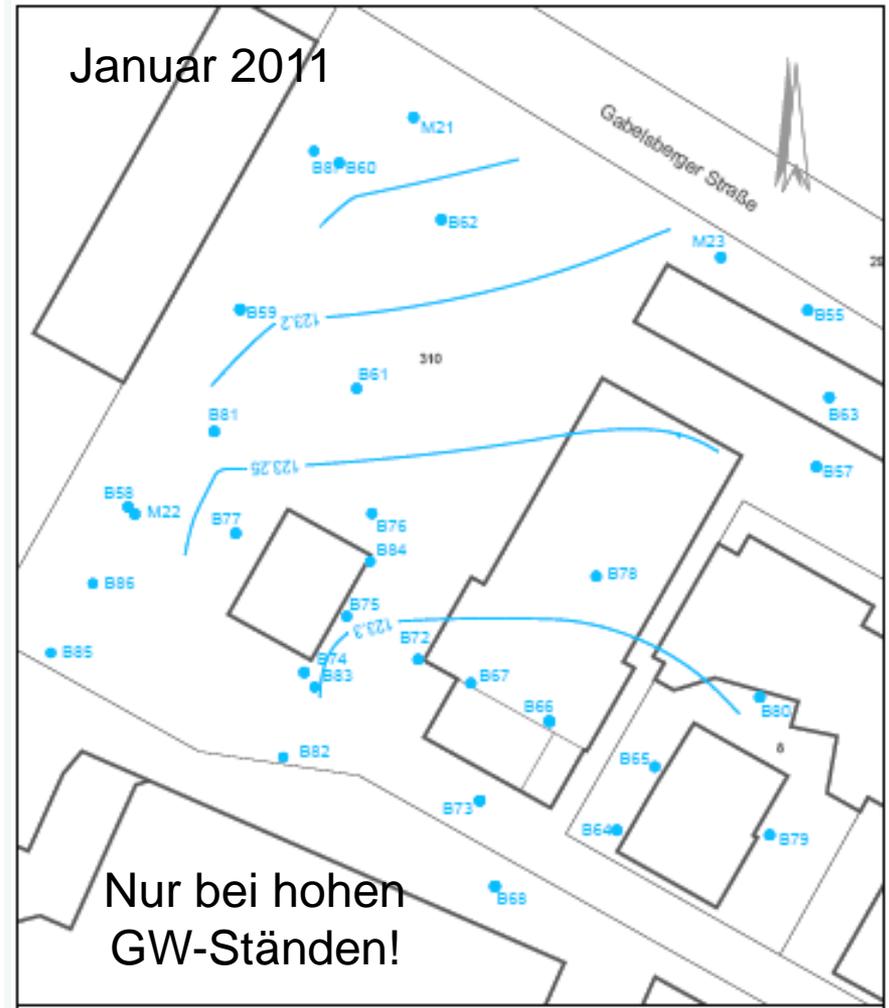
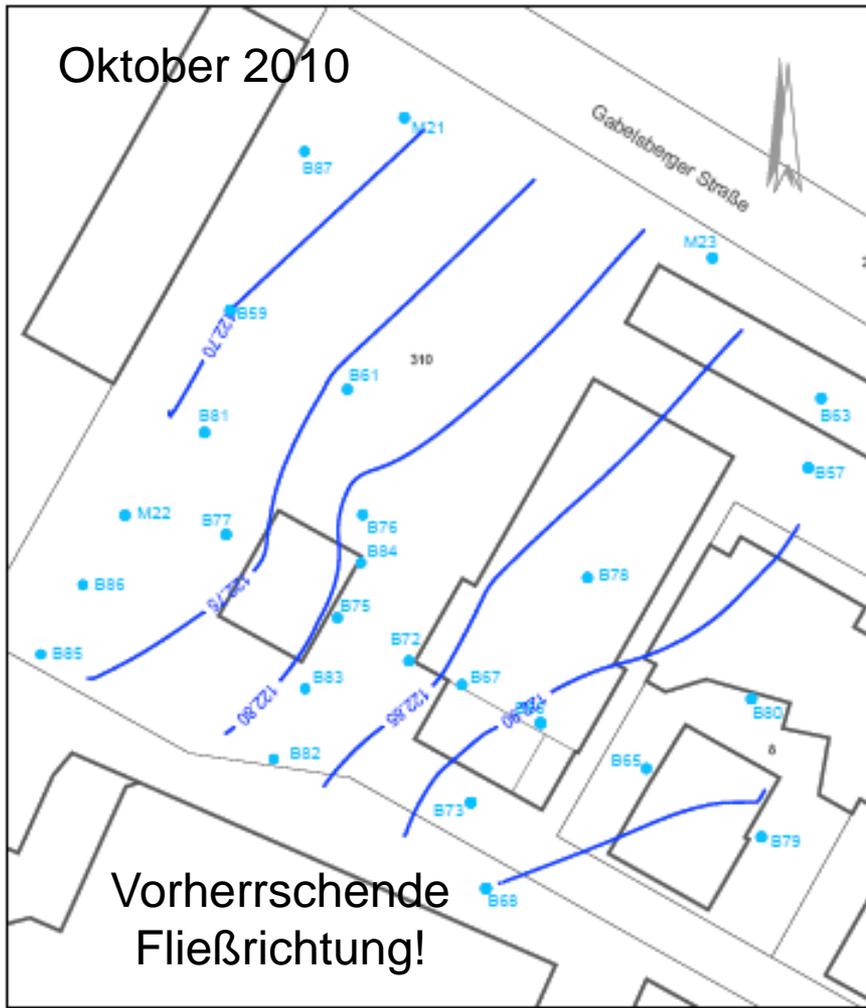
Mittlere  $k_f$ -Werte aus Pumpversuch und  
Slug-/Bailtests um  $4,5 \cdot 10^{-5}$  m/s

ab ca. 8 m u. GOK:

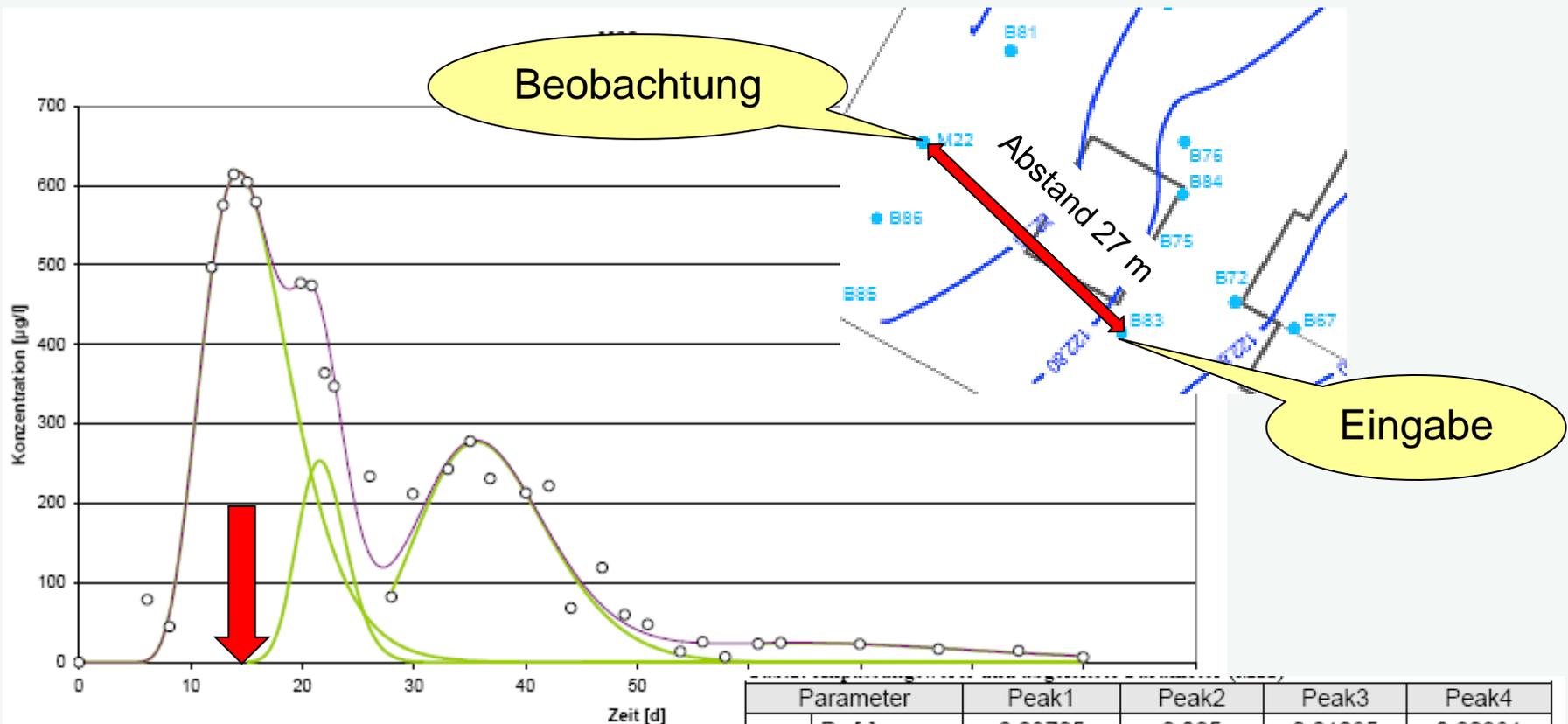
Mittlerer Keuper: Ton- bis Mergelstein

Die **Flurabstände des Grundwassers** liegen zwischen etwa 2,5 und 4,0 m.  
sie weisen jahreszeitliche Schwankungen von 0,5 bis 1,0 m auf.

## Grundwasserfließrichtung



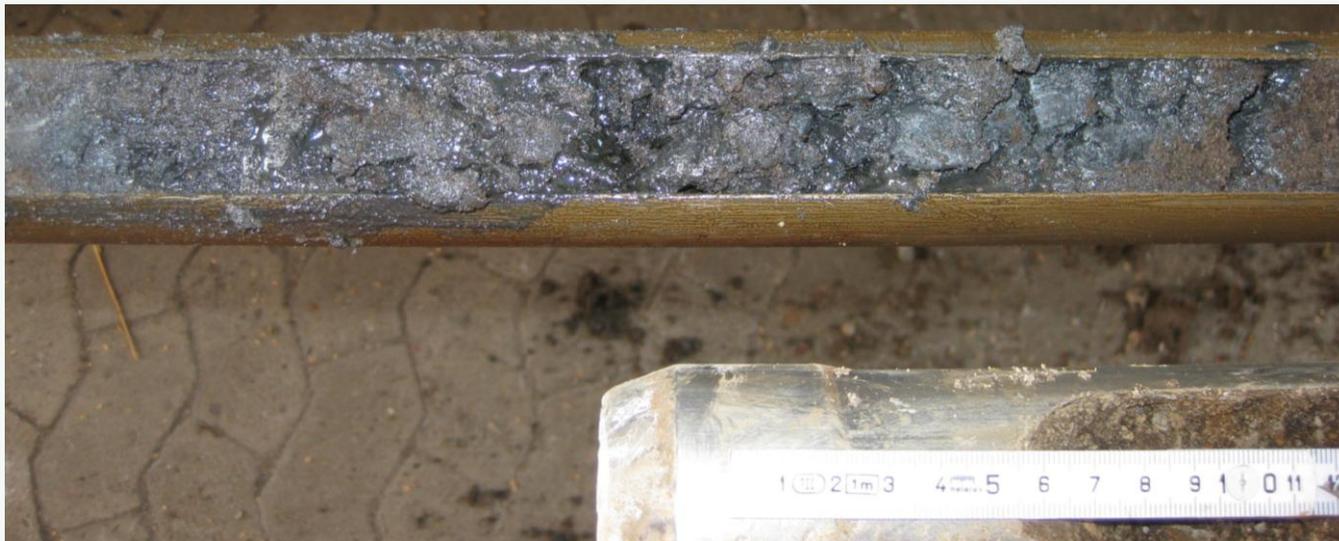
# Tracerversuch mit Uranin: Überraschung!



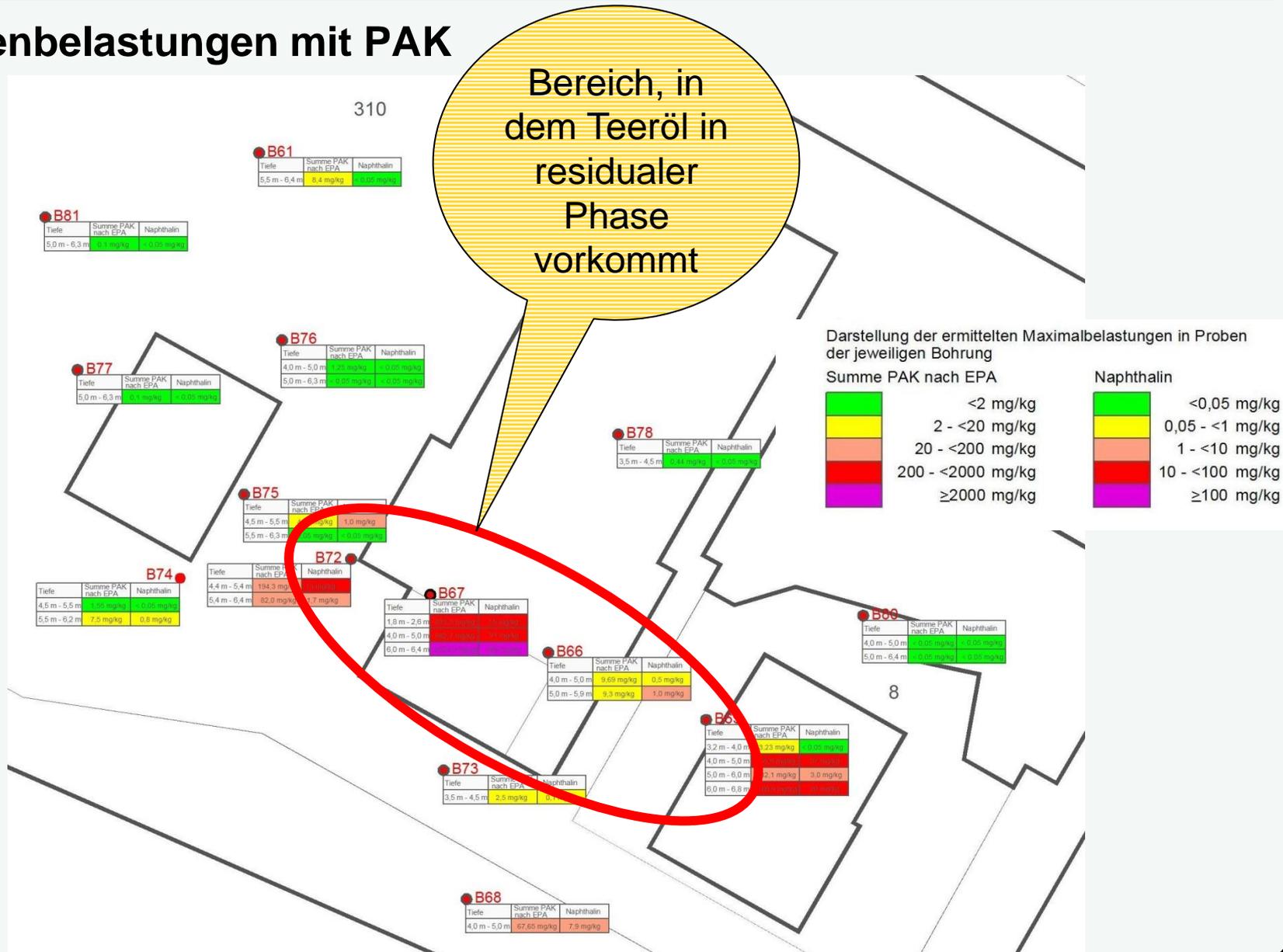
Die ermittelte maximale Abstandsgeschwindigkeit entspricht einem  $k_f$ -Wert von rund  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s!

Parameter		Peak1	Peak2	Peak3	Peak4
gefittet	$P_D$ [-]	0,03705	0,005	0,01285	0,02381
	$t_0$ [sec]	1378811,441	1891242,18	3196992,93	6019070,93
	$t_0$ [d]	15,96	21,89	37,00	69,67
berechnet	$v_a$ [m/sec]	1,96E-05	1,43E-05	8,44E-06	4,48E-06
	$v_a$ [m/d]	1,6906	1,2326	0,7292	0,3873
	$D$ [m <sup>2</sup> /sec]	1,96E-05	1,93E-06	2,93E-06	2,88E-06
	$\alpha$ [m]	0,9996	0,1349	0,3467	0,64240

## Bodenbelastung: Teeröl in Phase ...



# Bodenbelastungen mit PAK



# Grundwasserbelastung mit gaswerkstypischen Parametern



M21			
Summe BTEX	Summe PAK (15)	Naphthalin	Cyanide
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
< 20	< 0,2	< 1	< 50
20 - < 200	0,2 - < 2	1 - < 10	50 - < 1000
≥ 200	2 - < 20	10 - < 100	≥ 1000
	20 - < 200	100 - < 1000	
	≥ 200	≥ 1000	

n. n. = nicht nachweisbar

Außerdem: flächenhaft erhöhte Ammonium- und Borgehalte sowie stellenweise erhöhte Uraningehalte im Grundwasser, die auf **Abwassereinträge** aus der Kanalisation (Hauptsammler, ggf. Hausanschlüsse) zurückzuführen sind.

# Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen

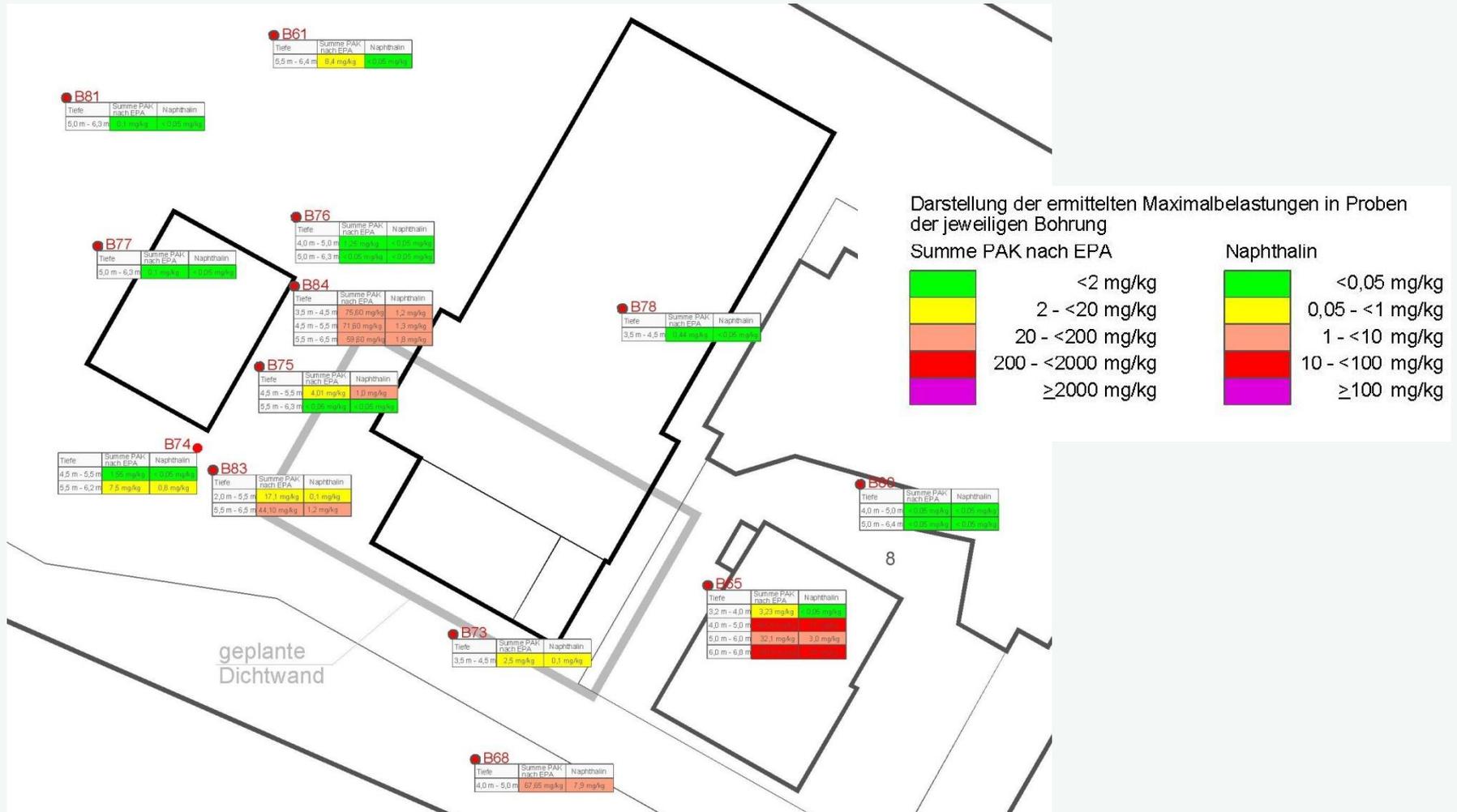


## Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen

	Maßnahmen	Kosten (brutto) laut Sanierungsplan [€]
<b>Baustelleneinrichtung / Arbeitsschutz</b>		30.000
<b>Gebäuderückbau</b>		67.300
<b>Sanierungszone 1 „Teergruben“</b>	Auskoffierung und Beseitigung	207.000
<b>Sanierungszone 2 „Teerölphasenkörper“</b>	Vertikale Abdichtung mittels Einphasen-Dichtwand	177.000
<b>Sanierungszone 3 „Außenfläche NW-Bereich“</b>	Oberflächenabdichtung mittels KDB *	85.000
<b>Sanierungszone 4 „Grundwasserfahne</b>	MNA (für 30 Jahre)	126.000
<b>Ingenieur- und Gutachterleistungen</b>		67.500
<b>Gesamtkosten</b>		<b>759.800</b>

\*falls gewerbliche Nutzung erfolgt, wird als OFAD eine Schwarzdecke vorgesehen!

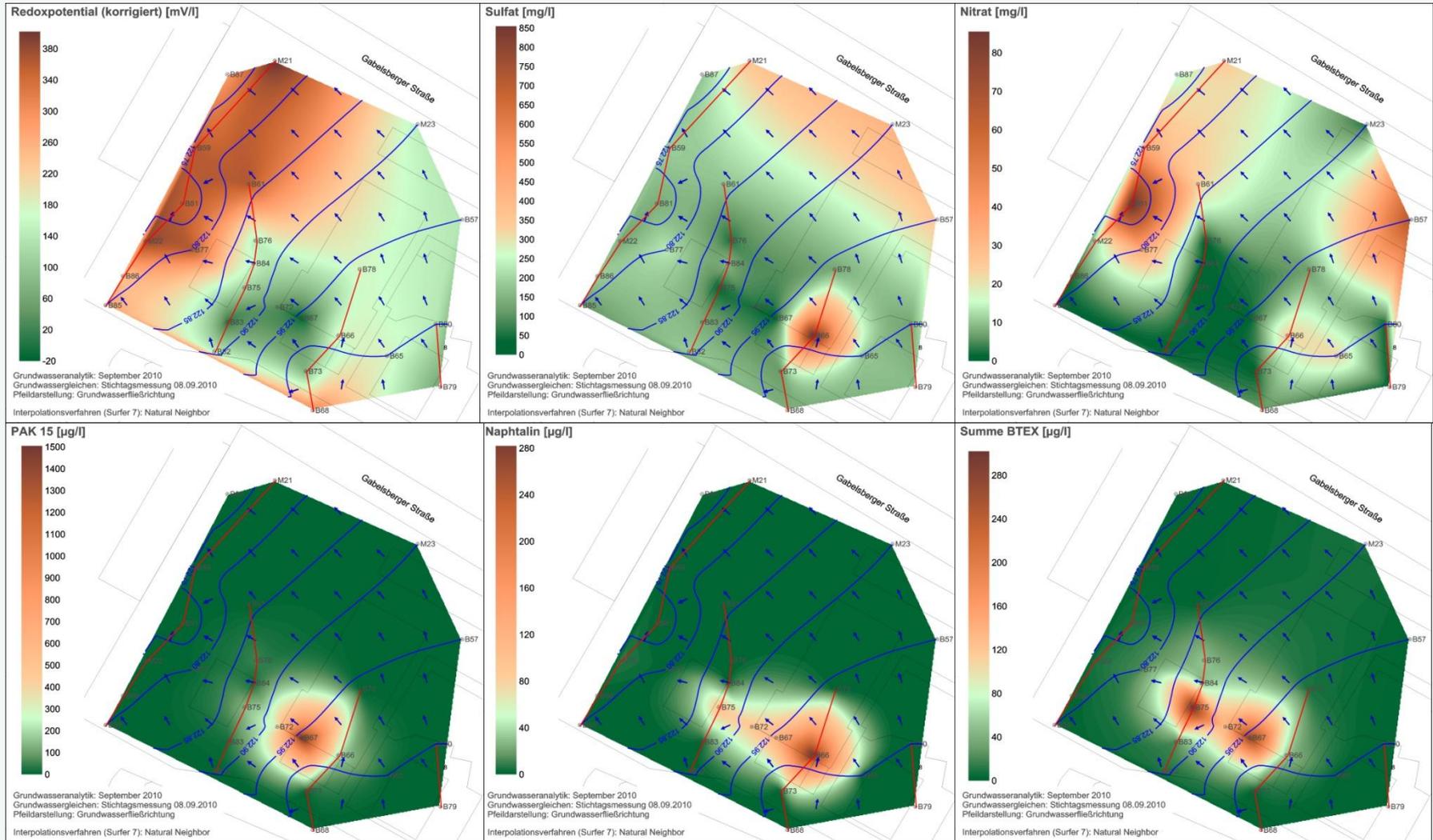
# Verbleibende ungesicherte Bodenbelastungen in der gesättigten Zone nach der Errichtung einer Dichtwand



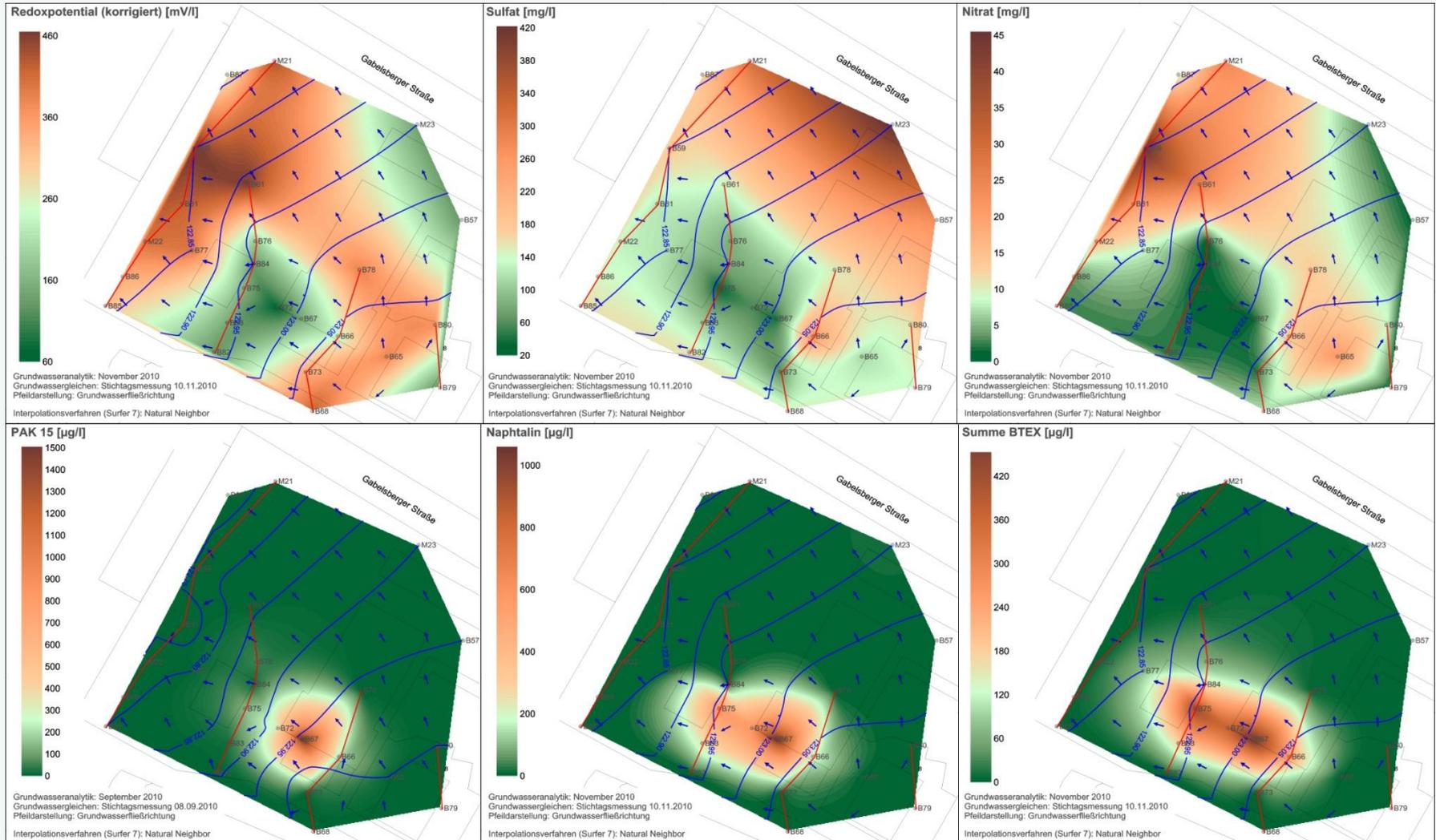
## Gliederung des Vortrags

1. Kurze Standortcharakterisierung des ehemaligen Gaswerks der Stadt Detmold
  - a. Geschichte
  - b. ehemalige Gebäude und Anlagen
  - c. Hydrogeologische Verhältnisse
  - d. Belastungssituation
  - e. Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen
2. Ergebnisse der Untersuchungen zu NA-Prozessen
  - a. „Flächenhafte“ Erfassung von PAK und BTEX sowie redoxsensitiven Parametern im Grundwasser
  - b. Schadstoffminderung entlang von Stromlinien
  - c. Isotopenuntersuchungen
  - d. Frachtenabschätzung in Kontrollebenen
3. Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung
4. Schlußbetrachtung: Ist denn überhaupt eine Teilsanierung (Dichtwand) erforderlich?

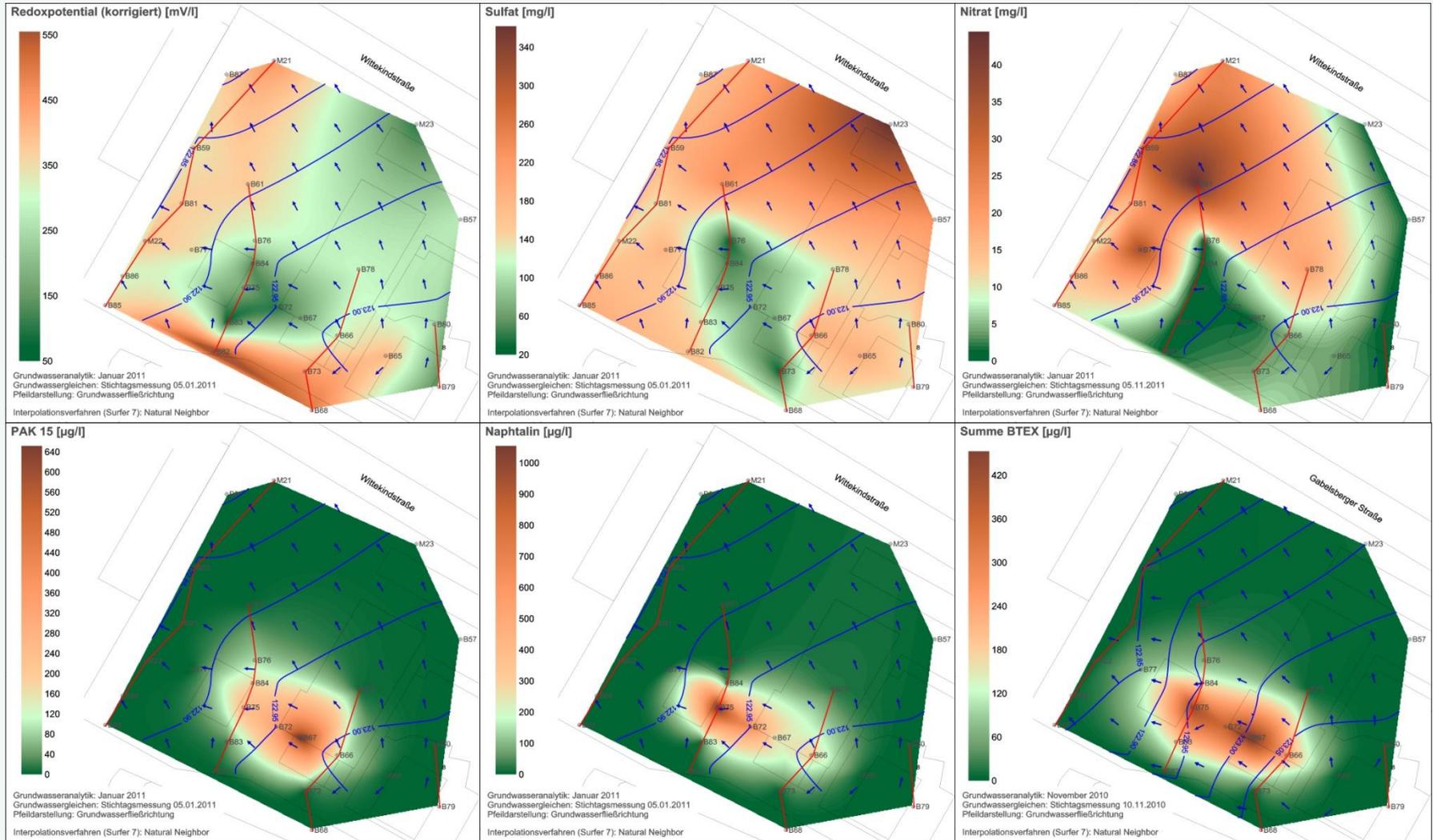
# Redox, Sulfat, Nitrat, PAK15, Naphtalin, BTEX September 2010



# Redox, Sulfat, Nitrat, PAK15, Naphtalin, BTEX November 2010



# Redox, Sulfat, Nitrat, PAK15, Naphtalin, BTEX Januar 2011



## Schadstoffminderung entlang einer Stromlinie

		Fließzeit (Tage) *	PAK16 [µg/l]	PAK16 [%]	BTEX [µg/l]	BTEX [%]
Probenahme November 2010	<b>B72</b> (nordwestl. Rand des Teerölphasenkörper)	0	888,2	100	366,2	100
	<b>B75</b> (8 m abstromig B72)	115	1033,95	116	431,3	118
	<b>B77</b> (24 m abstromig B72)	347	4,49	0,5	74,1	20
	<b>M22</b> (33 m abstromig B72)	477	0,06	0,01	< 1	0
Probenahme Januar 2011	<b>B72</b> (nordwestli. Rand des Teerölphasenkörper)	0	993,0	100	347,6	100
	<b>B75</b> (8 m abstromig B72)	115	1.337,0	135	231,0	66,5
	<b>B77</b> (24 m abstromig B72)	347	< 0,02	0	< 1	0
	<b>M22</b> (33 m abstromig B72)	477	0,04	0,04	< 1	0

\*rechnerische Fließzeit bei  $k_f$ -Wert  $4 * 10^{-5}$  m/s

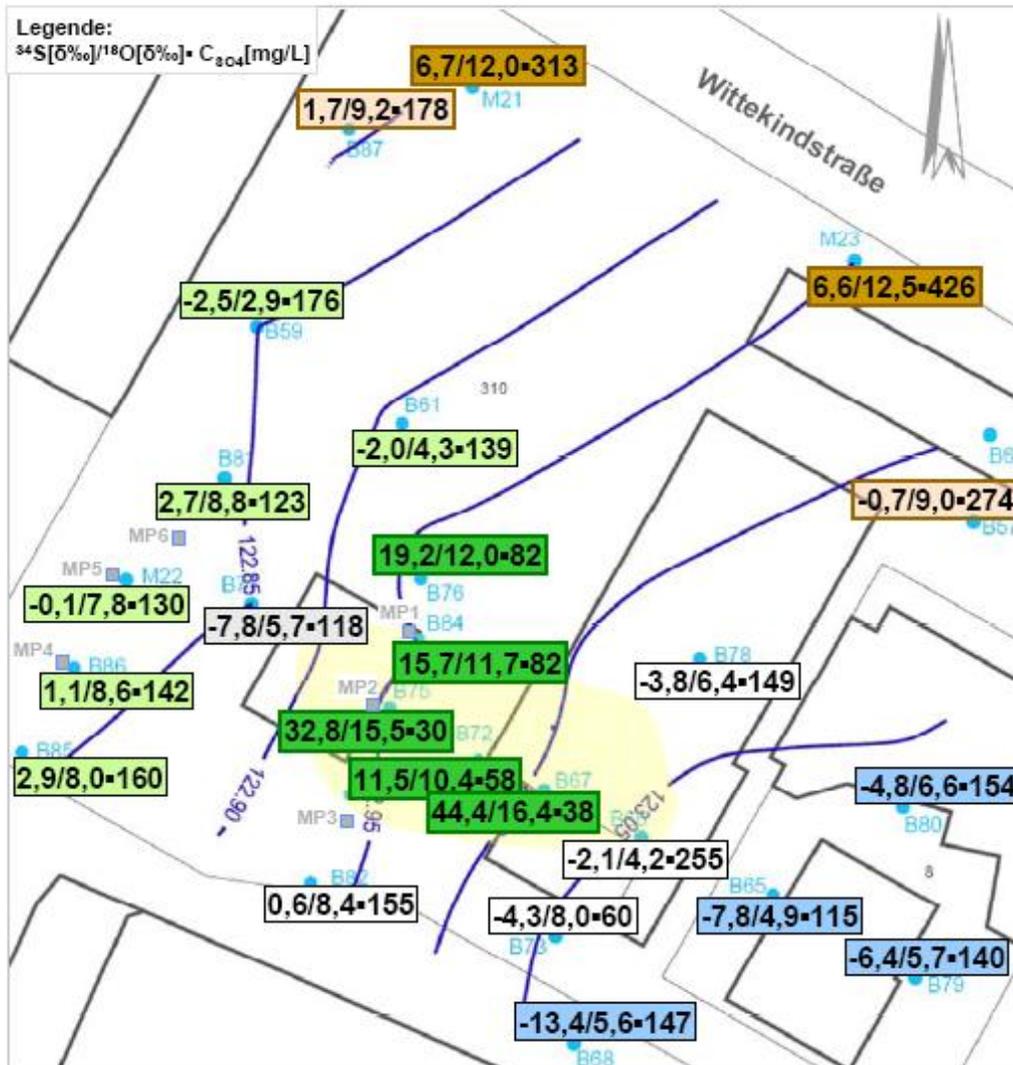
## PAK- und BTEX-“Durchbrüche“

		PAK15 [µg/l]	Naphthalin [µg/l]	BTEX [µg/l]	Benzol [µg/l]
<b>Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA [6]</b>		0,2	2	10	1
<b>M22</b> (ca. 30 m abstromig Teerölphasenkörper)	Juli 1993	<b>1,1</b>	< 0,2	5	<b>5</b>
	März 1994	<b>0,4</b>	< 0,2	< 5	< 5
	Jan. 1998	<0,02	<b>2,1</b>	< 0,5	< 0,5
	Okt. 2004	0,03	< 0,02	< 1	< 1
	Sept. 2009	0,048	< 0,05	< 1	< 1
	Sept. 2010	< 0,02	< 0,02	7,7	<b>7,7</b>
	Nov. 2010	0,06	0,022	< 1	< 0,25
	Jan. 2011	0,02	0,02	< 1	< 0,25

## Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen zu NA-Vorgängen

- Nachweis eines mikrobiellen Abbaus der BTEX-Komponenten
  - Bei gleichbleibender Abbauintensität ist im weiteren Abstrom von B75 für die BTEX-Komponenten ein zusätzlicher Reaktionsraum von etwa 100 m bis zum Unterschreiten einer Schadstoffkonzentration von 1 µg/l anzunehmen.
- Nachweis einer intensiven mikrobiellen Sulfatreduktion im Hauptschadensbereich
  - Die Abbaurate weist eine Halbwertsstrecke von ca. 10 m und einer Halbwertszeit von etwa 100 Tagen auf und liegt damit in der gleichen Größenordnung wie die für den BTEX-Abbau bestimmten Raten / Zeiten.
  - Im Abstrom des Hauptschadensbereichs kommt es zu einer Einmischung isotopisch leichten Sulfats aus dem umgebenden Grundwasser.
- Mit Isotopenmethoden kann kein Nachweis eines mikrobiellen Abbaus von PAK geführt werden.

# Isotopensignaturen des Sulfat-Schwefels und -Sauerstoffs



- 19,2/12,0-82 Starke biologische Sulfatreduktion
- 4,3/8,0-60 Geringe biologische Sulfatreduktion
- 4,8/6,6-154 Keine biologische Sulfatreduktion (Anstrom)
- 2,9/8,0-160 Vermischungszone im Abstrom
- 7,8/5,7-118 Keine biologische Sulfatreduktion (Abstrom)
- 6,6/12,5-426 Starker Abwassereinfluss
- 0,7/9,0-274 Abwassereinfluss

## Abschätzung der Schadstofffracht in Kontrollebenen

### ***Berechnung der Schadstofffracht***

$$E = c * v_a * A; \text{ mit}$$

- E: Schadstofffracht
- c: Schadstoffkonzentration
- $v_a$ : Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers
- A: durchströmte Fläche

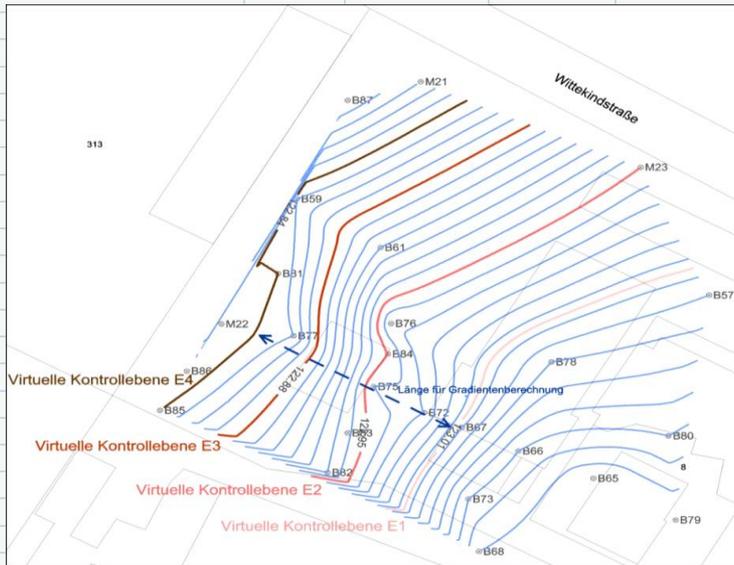
### ***Berechnung der Abstandsgeschwindigkeit***

$$v_a = k_f * I / p; \text{ mit}$$

- $k_f$ : Durchlässigkeitsbeiwert; hier  $4,5 * 10^{-5}$  m/s
- c: Gradient der Grundwasseroberfläche, um 0,005
- p: Effektiver Porenanteil, hier mit 0,2 angenommen

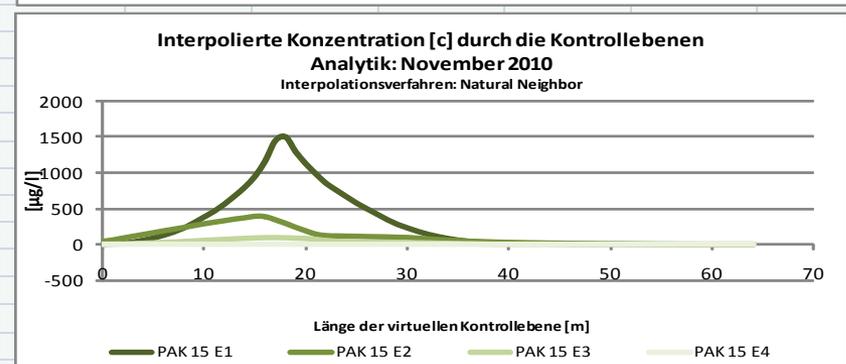
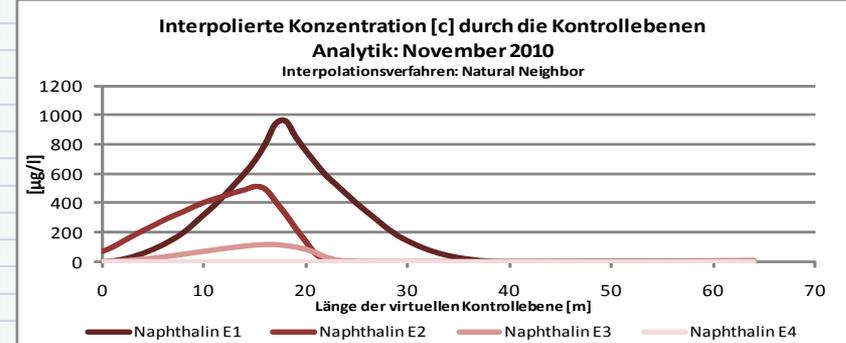
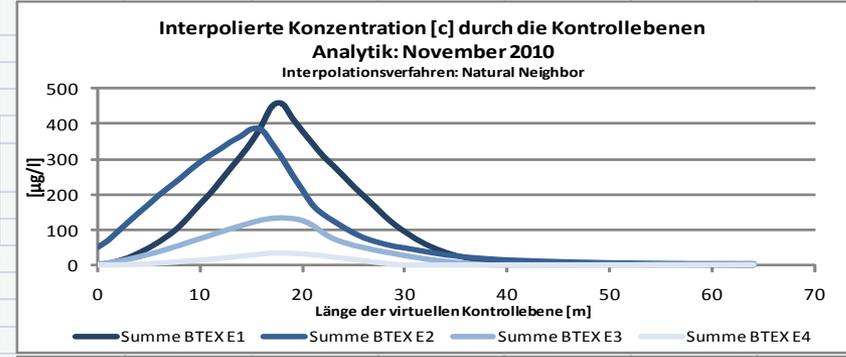
### Frachtenberechnung November 2010

	[mü NN]		
Höhe Kontrollebene 1	123,01	Kf-Wert [m/s]	4,50E-05
Höhe Kontrollebene 2	122,95	Länge für Gradientenbestimmung [m]	35
Höhe Kontrollebene 3	122,88	Hydr. Gradiente [l]	0,0047
Höhe Kontrollebene 4	122,84	UK Grundwasser [m ü. NN]	118,63



	Fracht in [mg/d]		
	Summe BTEX	PAK 15	Naphthalin
Virtuelle Kontrollebene E1	2,70	7,10	5,03
Virtuelle Kontrollebene E2	2,60	2,70	2,77
Virtuelle Kontrollebene E3	0,91	0,60	0,60
Virtuelle Kontrollebene E4	0,22	0,01	0,01

	Fracht in [mg/a]		
	Summe BTEX	PAK 15	Naphthalin
Virtuelle Kontrollebene E1	987	2591	1837
Virtuelle Kontrollebene E2	951	987	1010
Virtuelle Kontrollebene E3	331	219	217
Virtuelle Kontrollebene E4	79	5	4



## Gliederung des Vortrags

1. Kurze Standortcharakterisierung des ehemaligen Gaswerks der Stadt Detmold
  - a. Geschichte
  - b. ehemalige Gebäude und Anlagen
  - c. Hydrogeologische Verhältnisse
  - d. Belastungssituation
  - e. Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen
2. Ergebnisse der Untersuchungen zu NA-Prozessen
  - a. „Flächenhafte“ Erfassung von PAK und BTEX sowie redoxsensitiven Parametern im Grundwasser
  - b. Schadstoffminderung entlang von Stromlinien
  - c. Isotopenuntersuchungen
  - d. Frachtenabschätzung in Kontrollebenen
3. Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung
4. Schlußbetrachtung: Ist denn überhaupt eine Teilsanierung (Dichtwand) erforderlich?

## Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung (1)

- Bereits ohne Durchführung der Teilsanierung (hier vor allem relevant Dichtwand) ist ein intensiver mikrobieller Schadstoffabbau im Hauptschadensbereich und seinem Abstrom nachweisbar
  - Exponentielle Abnahme der Schadstoffkonzentrationen auf Fließstrecken von wenigen Zehner Metern.
  - Nachweis einer Redoxzonierung mit Einstellung sulfatreduzierender Bedingungen, wie sie für Teeröl-Schäden typisch ist.
  - Nachweis eines mikrobiellen BTEX-Abbaus und einer biologischen Sulfatreduktion mittels isopenanalytischer Verfahren.
  - Nachweis einer (weitgehend) stationären Fahne, allerdings mit gelegentlichen „Durchbrüchen“ von BTEX und PAK.

## Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung (1)

- Die außerhalb der Dichtwand verbleibenden Bodenbelastungen sind grundsätzlich geeignet, weiterhin eine (wenn auch deutlich verringerte) Grundwasserbelastung zu verursachen.
- Zu erwarten ist, dass sich nach dem Eingriff durch die Baumaßnahme (mit ggf. zeitweise erhöhten Schadstoffausträgen) wieder ein stabiler mikrobieller Schadstoffabbau einstellt.
- Durch die in Zukunft (nach Sanierung der Kanalisation) zu erwartenden erhöhten Sauerstoffgehalte im Grundwasser und der insgesamt geringeren Schadstoffeinträge aus der Teerölbelastung ist zu erwarten, dass die Bedeutung des (deutlich schneller ablaufenden) aeroben Schadstoffabbaus zunimmt.
- Insgesamt ist für den Standort anzunehmen, dass nach Durchführung der Teilsanierung das Ausmaß der Grundwasserbelastung sehr deutlich abnehmen wird.

## **Anforderungen im LABO-Positionspapier „ Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung“**

- Charakterisierung und Umgang mit der Schadstoffquelle:
  - Durch Untersuchungen ist Schadstoffquelle detailliert bekannt
  - Der Hauptschadensbereich (Teerölphasenkörper) wird gesichert.
- Betrachtung der Schadstofffahne:
  - Nachweis einer (weitgehend) stationären Fahne, allerdings mit gelegentlichen „Durchbrüchen“ von BTEX und PAK.
- Bewertung der Schadstofffahne und Prognose des Fahnenverhaltens:
  - Reduktion der Fahnenerstreckung zu erwarten.
  - Zunahme des Abbauraten unter aeroben Bedingungen wahrscheinlich.
- Schutz des nicht beeinträchtigten Grundwassers und Berücksichtigung weiterer Schutzgüter:
  - Durch Sicherung des Hauptschadensbereichs weitgehend gewährleistet!

## Gliederung des Vortrags

1. Kurze Standortcharakterisierung des ehemaligen Gaswerks der Stadt Detmold
  - a. Geschichte
  - b. ehemalige Gebäude und Anlagen
  - c. Hydrogeologische Verhältnisse
  - d. Belastungssituation
  - e. Geplante (Teil-) Sanierungsmaßnahmen
2. Ergebnisse der Untersuchungen zu NA-Prozessen
  - a. „Flächenhafte“ Erfassung von PAK und BTEX sowie redoxsensitiven Parametern im Grundwasser
  - b. Schadstoffminderung entlang von Stromlinien
  - c. Isotopenuntersuchungen
  - d. Frachtenabschätzung in Kontrollebenen
3. Zusammenfassende Beurteilung der Eignung von MNA für den Standort nach Teilsanierung
4. **Schlußbetrachtung: Ist denn überhaupt eine Teilsanierung (Dichtwand) erforderlich?**

## Ist denn überhaupt eine Dichtwand erforderlich?

**Nein**, weil ...

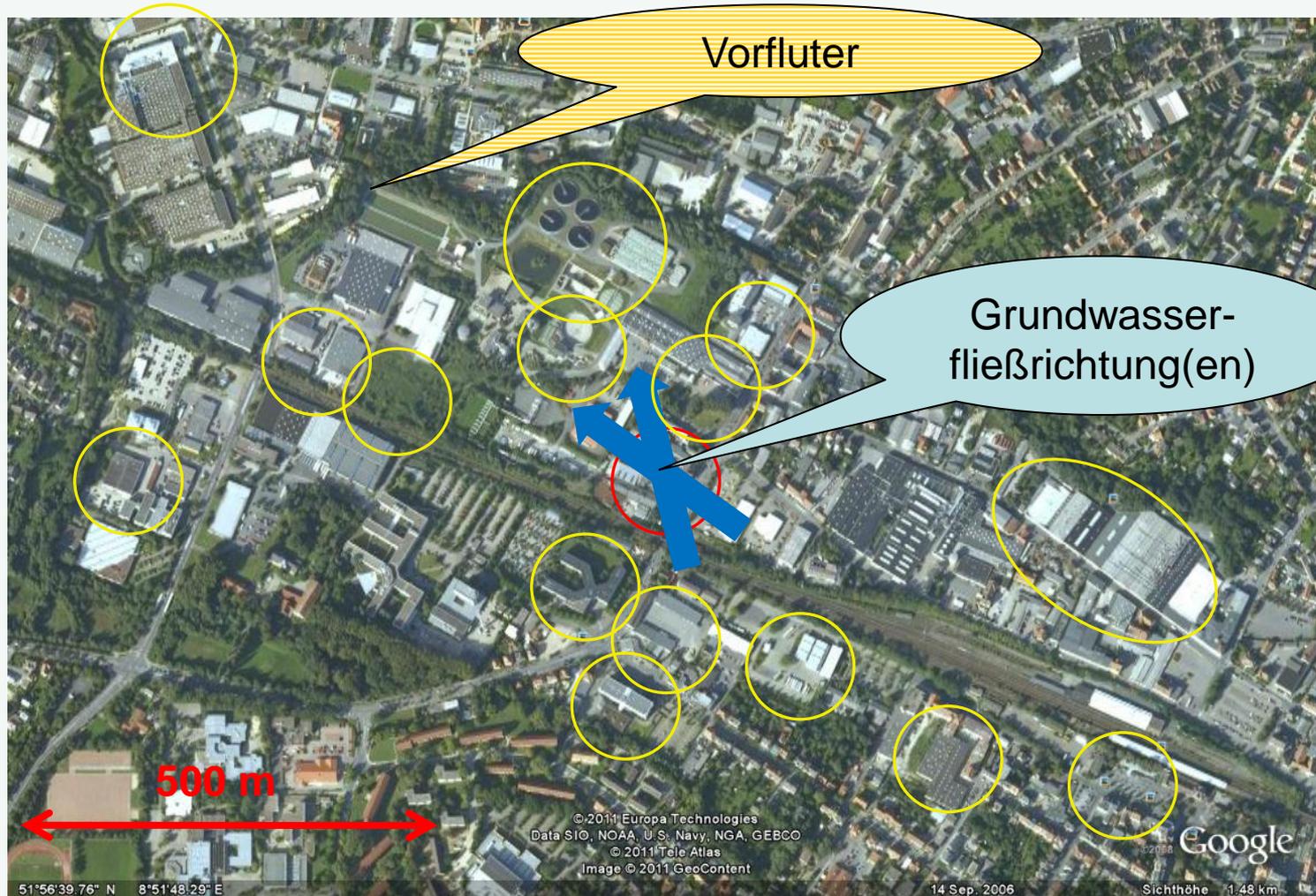
- ein weitgehender PAK- und BTEX-Abbau auf wenigen Zehner Metern Fließstrecke nachgewiesen ist,
- ausreichende Mengen an Elektronenakzeptoren auch über lange Zeiträume zu erwarten sind, wobei ggf. in der Zukunft (nach Unterbindung der Abwassereinträge) sogar Wechsel vom relativ langsamen anaeroben Abbau zu relativ schnellem aeroben Abbau auftreten wird,
- kein sensibles Umfeld vorhanden ist (nur Gewerbe- und Industrie),
- keine (dauerhafte) Grundwassernutzung im Abstrom erfolgt.

## Ist denn überhaupt eine Dichtwand erforderlich?

Ja, weil ...

- + mit einer sehr langen Emissionsdauer zu rechnen ist (aber: hier erfolgt nur eine Sicherung!),
- + immer wieder „Durchbrüche“ von PAK und BTEX auftreten, die vermutlich durch ereignisabhängigen Übertritt in das „schnelle“ Fließsystem verursacht werden,
- + trotz gewerblicher Nutzung und Abwassereinträgen in das Grundwasser flächenhaft eine vergleichsweise gute allgemeine Grundwasserqualität im Umfeld vorhanden ist und das Gaswerk damit einen „hot spot“ darstellt,
- + im Umfeld in der Zukunft durch Bau- und Flächenrecycling-Maßnahmen immer wieder Baustellenwasserhaltungen zu erwarten sind, die zu Verlagerungen der Fahne führen können und in die belastetes Wasser gelangen kann,
- + im Umfeld in Zeiten des EEG eine Zunahme der geothermischen Nutzungen des Grundwassers mit entsprechenden hydraulischen Auswirkungen (siehe vorgenannten Punkt) zu erwarten sind.

## Ehemaliges Gaswerk Detmold – ein „dynamisches“ Umfeld



Größere Bau- und Flächenrecycling-Maßnahmen in den letzten 20 Jahren  
(nur Maßnahmen im Bereich der NT-Kiese; ohne Gewähr der Vollständigkeit ...)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung:

Dr. Michael Kerth

Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH

Walter-Bröker-Ring 17

32756 Detmold

Tel. (0 52 31) 3 08 21 – 11

[m.kerth@dr-kerth-lampe.de](mailto:m.kerth@dr-kerth-lampe.de)