

## Fotokopie

### GUTACHTEN

**zur Sanierungsuntersuchung Grundwasserverunreinigung im Bereich der ehem. chemischen Reinigung Rübesamen, Warendorf**

Projekt-Nr: IAL-07-0134

Auftrags-Nr: IAL-00401-08

Auftraggeber: Kreis Warendorf  
Waldenburger Straße 2  
48231 Warendorf

Auftragsdatum: 26.06.2008

Projektleiter: Diplom-Geologe Dr. Stephan Simon,  
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger

**Altenberge, 10.06.2009**

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	5
2	Darstellung des Auftrages .....	7
3	Vorliegende Unterlagen .....	8
4	Durchgeführte Untersuchungen .....	9
4.1	Auswertung der Grundwasseruntersuchungen bei Kanalbaumaßnahmen .....	9
4.2	Pumpversuch September 2008 .....	10
4.3	Grundwasseruntersuchungen während des Pumpversuchs .....	11
5	Darstellung der Ergebnisse .....	12
5.1	Kanalbaumaßnahmen .....	12
5.1.1	Darstellung der hydraulischen Verhältnisse .....	12
5.1.2	Darstellung der Schadstoff-Verläufe .....	16
5.1.2.1	Wasserhaltung .....	16
5.1.2.2	Umfeldmessstellen .....	17
5.2	Pumpversuch .....	20
5.2.1	Grundwasserfließverhältnisse .....	20
5.2.2	Bestimmung der hydraulischen Kenndaten .....	21
5.2.3	Verlauf der LHKW-Konzentrationen beim Pumpversuch .....	24
5.2.4	Betrachtungen zum Schadstofftransport .....	25
5.3	Grundwasserbeprobungen .....	26
6	Sanierungserfordernis und Sanierungsziel .....	32

7	Diskussion verschiedener Grundwasser-Sanierungsverfahren .....	34
7.1	Biologische in situ Verfahren (ENA) .....	34
7.2	Chemische in situ Verfahren .....	35
7.3	Physikalische In-Situ-Verfahren .....	36
7.4	Pump&Treat-Verfahren .....	37
7.5	Monitored Natural Attenuation (MNA) .....	38
8	Auswahl möglicher Sanierungsverfahren .....	39
8.1	Anforderungen an Sanierungsverfahren.....	39
8.2	Pump & Treat.....	41
8.3	Pump & Treat und mikrobiologische in situ Sanierung .....	45
8.4	Reaktive Wand.....	46
9	Fachliche Bewertung ausgewählter Sanierungstechniken.....	47
9.1	Sanierungszeiten .....	47
9.2	Kostenschätzung .....	49
9.3	Kosten-Nutzen-Analyse .....	53
9.4	Vorschlag einer Vorzugssanierungsvariante .....	55
10	Überwachung und Nachsorgemaßnahmen .....	56
11	Zusammenfassung .....	58

## ANLAGEN

- Anlage 1: Grundwassergleichenplan (Ruhezustand)
- Anlage 2: Grundwassergleichenplan (abgesenkter Zustand DEULA neu)
- Anlage 2.1: Modellberechnung Grundwasserfließzeiten nat. Fließverhältnisse
- Anlage 2.2: Modellberechnung Pumpversuch P 9
- Anlage 3: LHKW-Konzentrationen i.d. Fahne (2.10.2008)
- Anlage 4: Lageplan Pumpanlage und Leitungsverlauf Vorfluter
- Anlage 5: Lageplan Kanalbaumaßnahme Freiherr-von-Langen-Straße
- Anlage 6: Auswertungen Pumpversuch (Diagramme, Tabellen)
- Anlage 7: Analysen-Prüfberichte
- Anlage 8: Ergebnisse Grundwassermonitoring (tabellarische Zusammenfassung der LHKW-Untersuchungen)
- Anlage 9: Matrix Sanierungsverfahren
- Anlage 10: Kostenschätzungen und Kosten-Barwertmethode
- Anlage 11: Nutzwertanalyse
- Anlage 12: Darstellung Sanierungsvariante 1A
- Anlage 12.1: Darstellung Sanierungsvariante 1A (Modellsimulation)
- Anlage 12.2: Darstellung Sanierungsvariante 1B (Modellsimulation)
- Anlage 13: Darstellung Sanierungsvariante 2
- Anlage 13.1: Darstellung Sanierungsvariante 2 (Modellsimulation)
- Anlage 14: Darstellung Sanierungsvariante 3
- Anlage 15: Darstellung Sanierungsvariante 4
- Anlage 16: Exponentielle Schadstoffabnahme mit Halbwertszeiten 24 u. 36 Monate

## 1 Einleitung

Auf dem Gelände Binsenberg 2 in Warendorf wurde bis August 2003 eine Wäscherei betrieben.

Erste altlastentechnische Untersuchungen fanden 1997 statt. Dabei sind Verunreinigungen der Bodenluft mit dem Reinigungsmittel Tetrachlorethen nachgewiesen worden, die nachfolgend in Abstimmung mit den zuständigen Behörden durch den damaligen Betreiber der Anlage über eine Bodenluftabsaugung saniert wurden.

Der Grundwasserpfad wurde durch ein regelmäßiges Monitoring überwacht. Dieses erstreckte sich zunächst auf das Betriebsgelände selbst. In der Zeit von 1999 bis 2003 wurden in den Grundwassermessstellen auf dem ehemaligen Betriebsgelände regelmäßig unauffällige LHKW-Gehalte im Bereich <10 bis 30 µg/l festgestellt. Bei der Beprobung im Frühjahr 2003 traten in den beiden auf dem Gelände errichteten Messstellen GWM 4 und GWM 5 erstmals Gehalte von Tetrachlorethen auf, die gegenüber allen Voruntersuchungen auf bis 50 µg/l leicht erhöht waren. Nach einem Konzentrationsrückgang traten im Frühjahr 2005 erneut, diesmal auf bis 350 µg/l deutlich erhöhte LHKW-Gehalte in den Überwachungsmessstellen auf dem ehemaligen Betriebsgelände auf. Die jeweiligen Schadstoffanstiege wurden nach den Ausführungen der Gefährdungsabschätzung vom 15.02.2008 jeweils in den Zusammenhang mit im Umfeld getätigten Grundwasserabsenkungsmaßnahmen gestellt.

Die Tatsache, dass offenbar höhere Schadstoffpotenziale im Umfeld des Altstandortes vorliegen, führte zusammen mit der Kenntnis über die Lage eines im Abstrom gelegenen Wohngebietes mit Eigenwasserversorgung zu weiteren Untersuchungen im Grundwasserabstrom. Dazu wurden ab 2006 insgesamt 9 Grundwassermessstellen im Bereich der Abstromfahne eingerichtet, beprobt und das Grundwasser regelmäßig auf LHKW untersucht.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi**Seite 6 von 62**

Durch diese Erkundungsmaßnahmen ist im Abstrom des Altstandortes eine LHKW-Fahne festgestellt worden, deren Ausdehnung derzeit gut bekannt ist. Die Ergebnisse sind in der Gefährdungsabschätzung der WESSLING Beratende Ingenieure GmbH (15.02.2008) zusammengefasst dargestellt. Danach kann die Grundwasserverunreinigung eingegrenzt werden: Ausgehend vom ehemaligen Betriebsgelände der Wäscherei zieht sich die LHKW-Fahne mit einer Ausdehnung von etwa 500 x 200 m in Richtung des natürlichen Grundwasserflusses nach Südwesten. Die Fahne ist mit der unauffälligen GWM 14 nach Südwesten abgegrenzt. Der Konzentrationsschwerpunkt liegt im Bereich der Grundstücke FN - DEULA (Deutsche Lehranstalt für Agrartechnik) - Wohngebiet „An der Tönneburg“. Hier werden LHKW-Summenkonzentrationen von 200 bis 1.000 µg/l erreicht, während in den Grundwassermessstellen auf dem ehemaligen Betriebsgelände der Reinigung LHKW-Gehalte zwischen 10 und 40 µg/l festzustellen sind.

In der Gefährdungsabschätzung vom 15.02.2008 wird die Notwendigkeit der Einleitung von (Abwehr-) Maßnahmen für das Grundwasser abgeleitet. Vor diesem Hintergrund wurde die WESSLING Beratende Ingenieure GmbH am 02.07.2008 vom Kreis Warendorf mit der Durchführung einer Sanierungsuntersuchung beauftragt.

Bei der Erstellung des Gutachtens wurde der Unterzeichner von erfahrenen Mitarbeitern der WESSLING Beratende Ingenieure GmbH unterstützt, die unter der Aufsicht / Kontrolle des Sachverständigen folgende Teilleistungen erbrachten:

- Dipl.-Geol. Gundolf Voigt: organisatorische Projektabwicklung, Abstimmung und Koordination der Nachunternehmer, hydrogeologische Berechnungen und Modellierungen, Auswertung von Pumpversuchen, Mitarbeit bei Kostenberechnungen und Verfahrensauswahl, Sichtung und Auswertung beigelegter Unterlagen
- Dipl.-Geograph Hubert Ostlender: Begleitung der Feldarbeiten (Bohrarbeiten und Pumpversuche, Wasserstandsmessungen)

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 7 von 62**

## **2 Darstellung des Auftrages**

Gemäß Auftrag vom 02.07.2008 sollten die folgenden Fragestellungen betrachtet werden:

Unter Berücksichtigung des Anhangs 3, Absatz 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastverordnung sollen in der Sanierungsuntersuchung im Bereich der LHKW-Grundwasserverunreinigung im Hinblick auf mögliche Sanierungsmaßnahmen u.a. die

- technische Durchführbarkeit
- der erforderliche Zeitaufwand
- die Wirksamkeit im Hinblick auf ein noch zu definierendes Sanierungsziel
- Kostenschätzung (Nutzwertanalyse)
- die Wirkungskdauer der Maßnahmen und deren Überwachungsmöglichkeit
- die Nachbesserungsmöglichkeiten

sowie

- die Erfordernisse von Nachsorgemaßnahmen

dargestellt werden. Zur Ergänzung der Grundlagendaten möglicher Sanierungstechniken wurde im Bereich der Fahne ein Pumpversuch auf dem Grundstück der Deutschen Lehranstalt für Agrartechnik in Warendorf (DEULA, Brunnen „DEULA neu“) und erneute Grundwasseruntersuchungen an vorhandenen Grundwassermessstellen durchgeführt.

Diese ergänzenden Untersuchungen dienen der ergänzenden Beurteilung des Schadstoffverhaltens unter veränderten hydraulischen Bedingungen (Mobilisierung, Transport) und der zu erwartenden Schadstofffracht bei möglichen hydraulischen Sanierungsmaßnahmen.

### 3 Vorliegende Unterlagen

- [1] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (21.11.1997): „Nachweiserkundung Betriebsgelände Fa. Rübesamen, Binsenstraße 2, Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [2] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (25.05.1998): „Gutachten zum Bodenluftabsaugversuch vom 20. - 24.04.1998 auf dem Betriebsgelände der Fa. Rübesamen, Binsenstraße 2 in Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [3] Kreis Warendorf, Amt für Umweltschutz (03.05.1999): „Betrieb der Chemischen Reinigung Rübesamen, Binsenstraße 2“, Schreiben mit Vorgabe der weiteren Untersuchungsschritte.
- [4] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (21.09.1999): „Orientierende Grundwassererkundung auf dem Betriebsgelände der Chemischreinigung Rübesamen in Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [5] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (04.10.1999): „Stellungnahme zum Verlauf der Bodenluftsanierung auf dem Betriebsgelände der Chemischreinigung Rübesamen in Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [6] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (20.03.2000): „Stellungnahme Erweiterte Grundwassererkundung Betriebsgelände Rübesamen oHG, Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [7] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (03.07.2000): „Stellungnahme Grundwasseruntersuchung Betriebsgelände Rübesamen oHG, Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [8] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (05.10.2000): „Zusammenfassende Stellungnahmen zu den Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen auf dem Betriebsgelände der Chemischen Reinigung Rübesamen OHG, Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [9] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (30.01.2004): „Boden-, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen auf dem Gelände der Rübesamen oHG, Binsenweg 2 in Warendorf.“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [10] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (26.07.2004): „Grundwasseruntersuchungen im Bereich des Geländes der ehem. Wäscherei Rübesamen, Binsenweg 2, Warendorf“, beauftragt durch die Rübesamen oHG.
- [11] Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH (17.05.2005): „Grundwasseruntersuchungen ehem. Betriebsgelände Rübesamen, DOKR, DEULA“, beauftragt durch die Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.
- [12] GUCH GmbH (29.03.2007): „Grundwasseruntersuchungen am 21./27.03.06“, beauftragt durch die Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.
- [13] Kreis Warendorf (13.03.2007): Schreiben an die WESSLING Beratende Ingenieure GmbH zur Angebotsanfrage mit Auszügen aus der Anordnung des Kreis Warendorf an die Reiterliche Vereinigung e.V. vom 22.1.2007.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 9 von 62**

- [14] WESSLING Beratende Ingenieure GmbH (15.02.2008): Gutachten zur Bewertung der Grundwasserverunreinigung im Bereich der ehem. chemischen Reinigung Rübesamen, Warendorf
- [15] WESSLING Beratende Ingenieure GmbH (05.09.2008): Konzept Sanierungsuntersuchung LCKW-Grundwasserschaden Rübesamen, Warendorf.

## **4 Durchgeführte Untersuchungen**

### **4.1 Auswertung der Grundwasseruntersuchungen bei Kanalbaumaßnahmen**

In der Zeit vom 14.03. bis 16.05.2008 wurde entlang der Freiherr-von-Langen-Straße eine Kanalbaumaßnahme durchgeführt. Dazu waren auch in erheblichem Ausmaß Absenkungen des Grundwasserspiegels erforderlich. Aufgrund der vorherzusehenden hydraulischen Auswirkungen auf den Bereich der LHKW-Verunreinigung im Fahnenbereich ist begleitend ein Grundwassermonitoring durchgeführt worden.

Der Kanalbau wurde durch das Ing.-Büro Hauer + Partner geplant und begleitet. Die Überwachung der Grundwasserabsenkung erfolgte durch die AGROLAB-Laborgruppe: Die Beprobungen ausgewählter Grundwassermessstellen wurde durch die OWL-Umweltanalytik, Leopoldshöhe, durchgeführt, die Analytik erfolgte durch die Dr. Blasy - Dr. Busse GmbH, Eiching/Ammersee.

Die Ergebnisse der Überwachung der Kanalbaumaßnahme sind der WESSLING Beratende Ingenieure GmbH am 20.5.2008 in elektronischer Form durch den Kreis Warendorf übermittelt worden. Dabei handelt es sich um die folgenden Dokumente:

- Erlaubnisbescheid des Kreises Warendorf vom 28.02.2008 (pdf-Dokument)
- Liste Zählerstände vom 14.3. bis 25.4.2008 pdf-Dokument)
- Tabellarischer Zusammenfassung aller Ergebnisse der Überwachung sowie Auswertung des Schadstoffverlaufes in den Grundwassermessstellen Excel-Dokument)

- Lageplan mit Darstellung bzw. Entnahmebereiche Kanalbauabschnitte; erstellt durch Hauer + Hartmann (pdf-Dokument)
- Excel-Dokument mit tabellarischer Zusammenfassung der langjährigen Grundwasserüberwachung im Bereich Rübesamen und Schadstofffahne; erstellt durch Kreis Warendorf (Excel-Dokument)
- Grundwassergleichenpläne vom 14.3., 25.3., 1.4., 8.4., 15.4., 29.4., 6.5., 13.5., 20.5., (pdf-Dokumente)
- Probenahmeprotokolle vom 25.3., 1.4., 15.4., 29.4. und 6.5.2008; erstellt durch OWL Umweltanalytik (pdf-Dokumente)
- Prüfberichte vom 14.3., 25.3., 1.4., 8.4., 15.4., 29.4. und 6.5.2008; erstellt durch OWL Umweltanalytik (pdf-Dokumente)

Die Auswertung der Unterlagen erfolgt vor dem Hintergrund einer Bewertung der Grundwasserverunreinigung in Kapitel 5.1.

#### **4.2 Pumpversuch September 2008**

Zur ergänzenden Untersuchung des Schadstoffverhaltens unter veränderten hydraulischen Bedingungen (Mobilisierung, Transport) und der zu erwartenden Schadstofffracht bei möglichen hydraulischen Sanierungsmaßnahmen wurde an dem auf dem DEULA-Gelände bestehenden Brunnen „DEULA neu“ ein ca. 14tägiger Pumpversuch durchgeführt. Der Brunnen wurde ausgewählt, da er sich im Bereich der höchsten LHKW-Konzentrationen der Fahne befindet und die notwendigen technischen Voraussetzungen bietet (Ausbaudurchmesser 125 mm, Tiefe ca. 17,5 m, durchgängige Filterstrecke). Die Deutsche Lehranstalt für Agrartechnik (DEULA) erklärte sich freundlicherweise bereit, den Brunnen für den 14tägigen Versuch zur Verfügung zu stellen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 11 von 62

Vorausgehende Abschätzungen ergaben ein Pumpvolumen von ca. 5 m<sup>3</sup>/h, um messbare Ansenkungen in den umliegenden Grundwassermessstellen (GWM) zu erzielen und eine Auswertung mit den gängigen Verfahren (Theis, Jacob, Cooper) zu ermöglichen. Zur Verbesserung der Grundwasserstandsmessungen im Absenktrichter während des Pumpversuchs wurden zusätzlich zwei Grundwassermessstellen (2" Ausbau, 3 m Vollrohr, 4 m Filterstrecke) in 5 m und 15 m Abstand zum Pumpbrunnen in den Aquifer eingespült.

Zur Reinigung des Pumpwassers wurden zwei in Reihe geschaltete Aktivkohle-Filter (2 x 1,5 m<sup>3</sup>) installiert und eine Abwasserleitung über das DOKR-Gelände bis in den nördlich verlaufenden Vorfluter verlegt (siehe Anlage 4). Die Pumpleistung wurde über einen Frequenzumrichter geregelt, das Fördervolumen über eine Wasseruhr gemessen.

Zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände im Pumpbrunnen wurde eine Drucksonde mit Datenlogger installiert. Der Pumpversuch wurde vom 17.9. – 1.10.2008 durchgeführt.

### **4.3 Grundwasseruntersuchungen während des Pumpversuchs**

Im Zuge der Überwachung des Pumpversuches wurden folgende Probenahmen und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt:

- 6 x Beprobung des Pumpbrunnen (DEULA neu) / Untersuchung auf LHKW
- 3 x Beprobung Ablauf Aktivkohlefilter Pumpanlage/ Untersuchung auf LHKW

Weiterhin wurde einmalig am Ende des Pumpversuchs (1.10.2008) eine Beprobung der unmittelbaren Umfeldmessstellen (GWM 4, GWM 5, GWM 6, GWM 7, GWM 8, GWM 11) durchgeführt. Die Untersuchung umfasste folgende Parameter: LHKW, Methan, Ethan, Ethen, Propan, Propen, iso-Butan, n-Butan, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Sulfid, Sulfat, Chlorid, DOC, Eisen<sub>ges.</sub>, Eisen II

Beprobung und Ergebnis der noch nachträglich untersuchten GWM werden noch eingefügt.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 12 von 62**

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Prüfberichten in Anlage 7 des Gutachtens dokumentiert.

Weiterhin wurden an zwei Stichtagen die Grundwasserstände der Umfeldmessstellen aufgenommen. Diese sind in den Grundwassergleichenplänen Anlage 1: Ruhezustand und Anlage 2: Abgesenkter Zustand DEULA neu ausgewertet.

## **5 Darstellung der Ergebnisse**

### **5.1 Kanalbaumaßnahmen**

#### **5.1.1 Darstellung der hydraulischen Verhältnisse**

Die Absenkung des Grundwassers erfolgte im Rahmen der Kanalbaumaßnahme abschnittsweise, beginnend am 14.03.2008 im Südosten im Bereich Dr.-Rau-Allee/Freiherr-von-Langen-Straße. In diesem südlichen Streckenabschnitt der Freiherr-von-Langen-Straße wurde bis Mitte April bei westwärts wanderndem Baufortschritt Grundwasser abgesenkt. Im Zeitraum vom 22.4. bis 13.5.2008 wurde die Kanalbaumaßnahme von Süden beginnend auf dem Nord-Süd-verlaufenden Straßenabschnitt der Freiherr-von-Langen-Straße weitergeführt. Die Lage der Grundwasserentnahmebereiche ist in Anlage 5 dargestellt.

Nach den Angaben auf der Liste der abgelesenen Zählerstände der Wasseruhr wurden etwa 31.000 m<sup>3</sup> Wasser gefördert, wobei durchschnittlich zwischen 15 und 30 m<sup>3</sup>/h abgepumpt wurde.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen

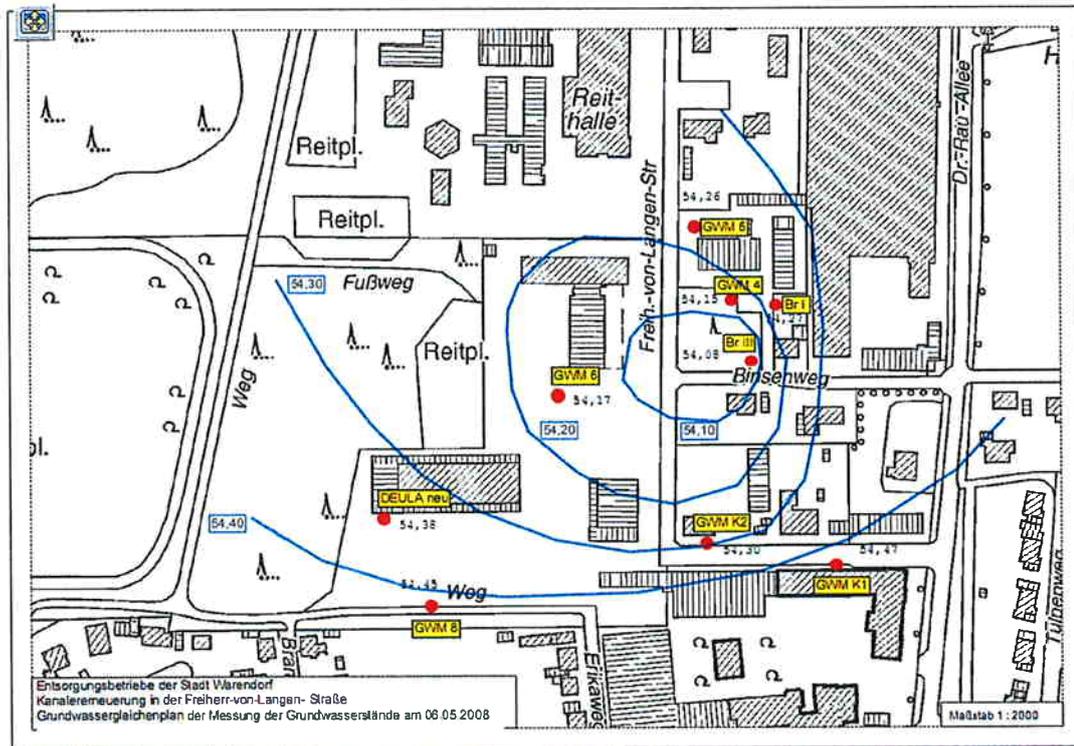
10.06.2009 / sim/voi

Seite 13 von 62

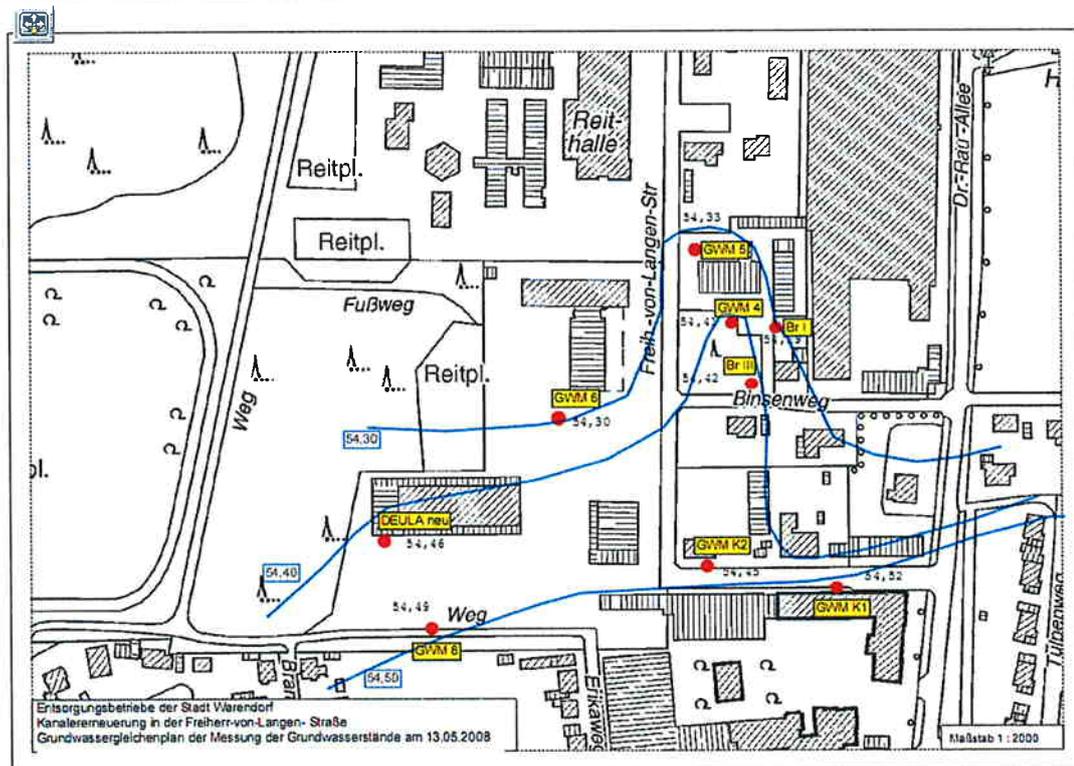
**Tabelle 5-1: Förderleistung im Rahmen der Grundwasserabsenkung Kanalbau Freiherr-v.-Langen-Str.**

	Fördermenge (m <sup>3</sup> )	Förderleistung (m <sup>3</sup> /h)
14.03.08	0	
26.03.08	4.751	16
01.04.08	9.101	30
08.04.08	13.208	24
15.04.08	17.229	24
22.04.08	21.404	25
29.04.08	24.378	18
06.05.08	26.978	15
13.05.08	29.890	17
16.05.08	31.000	15

Insgesamt verdeutlichen die begleitenden Messungen der Wasserstände, dass der Grundwasserleiter schnell auf die Absenkungsmaßnahmen reagiert. Es ist davon auszugehen, dass sich mit Beginn der Maßnahme in den Bereichen der jeweiligen Absenkung deutliche Absenktrichter ausgebildet haben, zu denen das Grundwasser radialsymmetrisch aus allen Richtungen anströmte.



**Abbildung 5-1: Situation der Absenkung im Bereich Frei-herr-von-Langen-Str./ Binsenweg (06.05.2008) Darstellung GUCH, 2008**



**Abbildung 5-2: Situation der Absenkung im Bereich Altstandort Rübesamen (13.05.2008) Darstellung GUCH, 2008**

Bezogen auf die bekannte Schadstoffsituation bedeutet dies, dass in dem Zeitraum, als sich die Baumaßnahme dem ehemaligen Betriebsgelände der Wäscherei näherte, sowohl Wasser aus nordöstlichen bis östlichen Richtungen (vom ehemaligen Gelände Rübesamen) als auch Wasser aus südwestlichen bis westlichen Richtungen (aus dem Bereich der Schadstofffahne) in den Absenkungsbereich der Kanalbaumaßnahme strömte (Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2). Ohne hier differenzieren zu können, war zu vermuten, dass sich bei Näherung der Kanalbaumaßnahme in den Fahnenbereich ein Anstieg der LHKW-Konzentrationen im abgepumpten Wasser der Wasserhaltungsmaßnahme einstellen wird.

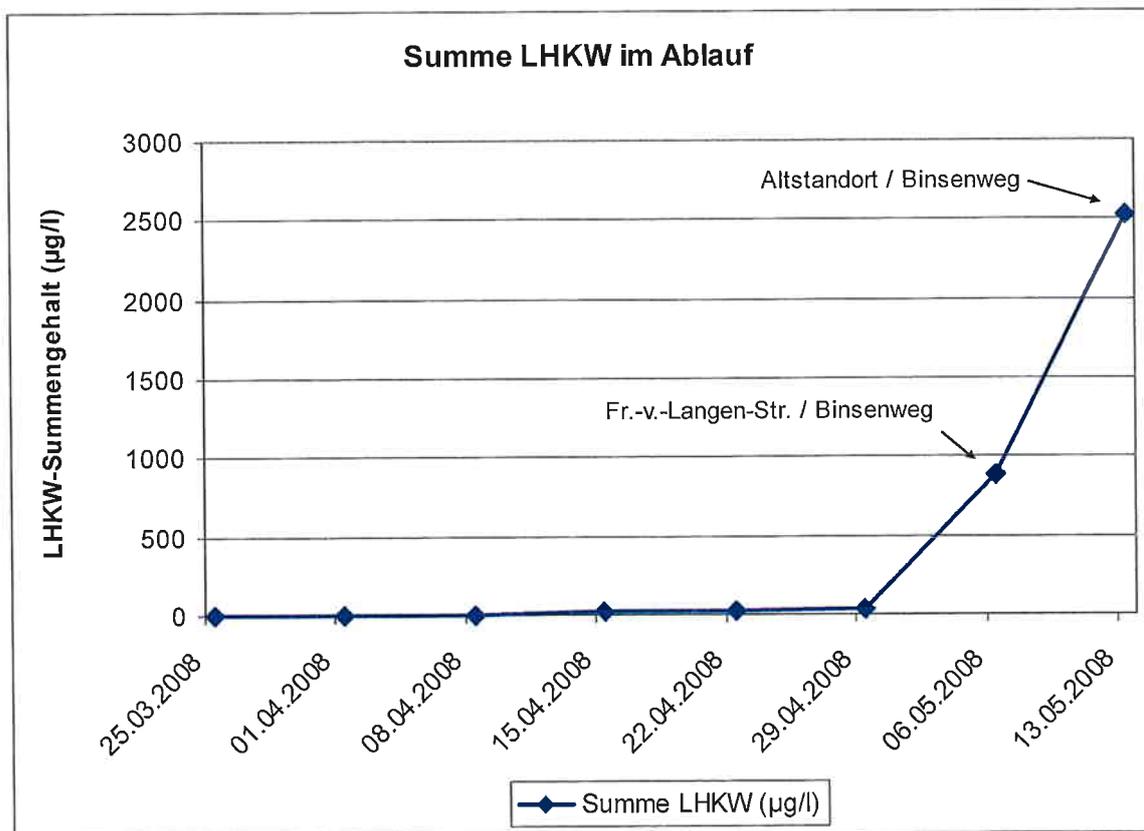
## 5.1.2 Darstellung der Schadstoff-Verläufe

### 5.1.2.1 Wasserhaltung

Die Wasserhaltung erfolgte im Bereich der fortschreitenden Kanalbaumaßnahme in ca. 20 m langen Kanalbaustrecken. Sie begann im Südosten des Beobachtungsgebietes im Bereich Dr.-Rau-Allee / Freiherr-von-Langen-Straße und wurde zunächst nach Westen und später gemäß dem Straßenverlauf nach Norden fortgesetzt (vgl. Anlage 5: Lageplan Kanalbaumaßnahme Ingenieurbüro H+H).

Aus dem geförderten Wasser der Sumpfungemaßnahme wurden wöchentlich Wasserproben entnommen und auf LHKW untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 5-3 dargestellt.

**Abbildung 5-3: Verlauf der LHKW-Summengehalte der Wasserhaltung**



IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 17 von 62**

Mit zunehmender Annäherung an den Bereich Rübesamen bzw. Schadstofffahne nehmen die LHKW-Summenkonzentrationen im gefördertem Wasser deutlich zu. Am Ende der Baumaßnahme befindet sich die Wasserhaltung im Bereich der Achse ehemaliges Betriebsgelände Rübesamen - LHKW-Fahne. Zu diesem Zeitpunkt werden LHKW-Gehalte von 890 bzw. 2.500 µg/l gemessen.

Der Zulauf in den Absenkungsbereich erfolgt radialsymmetrisch, das heißt, bezogen auf die bekannte Schadstoffsituation ist sowohl ein Anströmen aus dem Bereich Rübesamen (= östlich der Freiherr-von-Langen-Straße) als auch ein Anströmen aus dem Bereich Schadstofffahne (= westlich der Freiherr-von-Langen-Straße) anzunehmen.

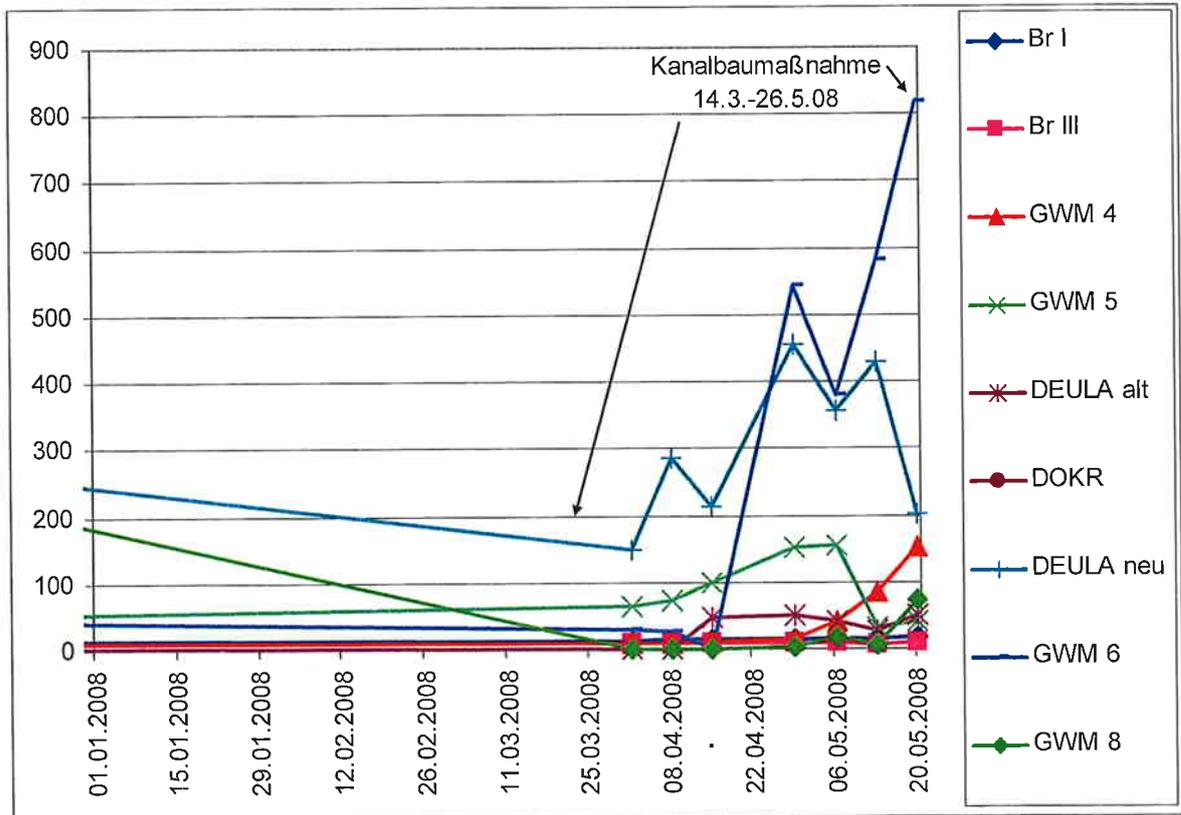
#### 5.1.2.2 Umfeldmessstellen

Im Hinblick auf die Frage nach der Herkunft der Belastungen im gefördertem Wasser der Grundwasserabsenkung (entweder vom ehemaligen Gelände Rübesamen – östlich der Freiherr-von-Langen-Straße oder aus dem Fahnenbereich westlich davon) ist der Verlauf der LHKW-Konzentrationen in den Umfeldmessstellen während der unterschiedlichen hydraulischen Situationen in Verlauf der Kanalbaumaßnahme interessant. Die Abbildung 5-4 zeigt die Schadstoffverläufe der Umfeldmessstellen vor und während der Kanalbaumaßnahme.

Bis Anfang April zeigen die Umfeldmessstellen keine Reaktion. Ab Mitte April reagieren einige Umfeldmessstellen bereits deutlich auf die Kanalbaumaßnahme. Dabei fallen die Konzentrationsanstiege der einzelnen Messstellen jedoch unterschiedlich aus. Aus dem unterschiedlichen Verhalten der einzelnen Messstellen können Rückschlüsse auf die Schadstoffsituationen in den zum Messzeitpunkt vorliegenden Anstrombereichen der jeweiligen Messstellen gezogen werden.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
 10.06.2009 / sim/voi

Seite 18 von 62

**Abbildung 5-4: Verlauf der LHKW-Konzentrationen in den Umfeldmessstellen während der Kanalbaumaßnahme Freiherr-von-Langen-Straße**


Die Brunnen I und III auf dem ehemaligen Betriebsgelände zeigen bezüglich ihrer LHKW-Gehalte insgesamt keine Reaktion auf die Absenkung des Grundwassers durch die Kanalbaumaßnahme. Die Messstellen GWM 4 und 5 reagieren mit moderaten LHKW-Anstiegen (GWM 5 von 70 auf 156 µg/l, GWM 4 von 10 auf 150 µg/l).

Von allen Überwachungsmessstellen zeigt GWM 6 die deutlichste Reaktion. Diese Messstelle liegt zwischen dem Gelände DEULA und dem ehemaligen Betriebsgelände Rübesamen. Hier erhöht sich die LHKW-Konzentration von einem Niveau zwischen 30 und 70 µg/l auf über 800 µg/l.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 19 von 62**

GWM 6 wird über die gesamte Dauer der Kanalbaumaßnahme aus westlicher Richtung angeströmt (vgl. Abbildung 5-1). Das durch Maximalkonzentrationen von bis zu 817 µg/l angezeigte Schadstoffpotenzial ist auf Mobilisationen aus dem Bereich der LHKW-Fahne zurückzuführen.

Die Messstellen DEULA neu und DEULA reagieren ebenfalls mit Anstiegen der LHKW-Konzentrationen, wenn auch nicht so deutlich. Auch hier sind Mobilisationen aus dem Bereich der Abstromfahne für die Schadstoffanstiege verantwortlich.

Zusammenfassend ist festzustellen:

- bei der Kanalbaumaßnahme ist im Bereich der Fahne durch die Wasserhaltung eine deutliche Mobilisation der LHKW im Grundwasserleiter erfolgt;
- bei der Grundwasserabsenkung im Bereich der Freiherr-von-Langen-Straße erfolgte der Zustrom von Osten aus dem Gelände der ehem. chem. Reinigung Rübesamen und von Westen aus dem Bereich der Fahne;
- die Grundwassermessstellen auf dem Gelände der Reinigung zeigen einen leichten Anstieg der Konzentration, der auf ein noch vorhandenes (geringes) Restschadstoffpotential in diesem Bereich vermuten lässt;
- die starken Konzentrationserhöhungen in der Wasserhaltung lassen sich aber i.W. auf Mobilisationen aus dem Fahnenbereich westlich der Freiherr-von-Langen-Straße zurückführen.

Schadstoffmobilisationen finden somit in weit größeren Umfang aus dem Bereich der Schadstofffahne statt als aus dem Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes. Hier liegen sicherlich noch gewisse Restbelastungen vor, das weit größere Schadstoffpotenzial liegt jedoch im Bereich der Abstromfahne. Dies bestätigt zunächst das bereits in der Gefährdungsabschätzung dargestellte Bild einer abgerissenen LHKW-Fahne.

## 5.2 Pumpversuch

### 5.2.1 Grundwasserfließverhältnisse

Vor dem Start des Pumpversuchs (17.9.2008) am Betriebsbrunnen der DEULA (DEULA neu) wurden an allen vorhandenen Grundwassermessstellen im Schadensgebiet die Ruhegrundwasserstände gemessen (Messdaten siehe Tabelle 5.2-1). Der daraus konstruierte Grundwassergleichenplan zeigt eine südwestliche Grundwasserfließrichtung auf die Ems zu (siehe Anlage 1). Gegenüber der Messung vom September 2007 liegt der Grundwasserspiegel durchschnittlich ca. 55 cm tiefer. Die Fließrichtung hat sich jedoch nicht verändert.

Das Gefälle und damit der hydraulische Gradient ist weiterhin insgesamt sehr gering und beträgt bei einer Spiegeldifferenz von etwa 0,3 m auf einer Fließstrecke von 300 m nur 0,001 oder 0,1 %. Im nordöstlichen Bereich zwischen der ehemaligen Schadstoffeintragsstelle und dem Brunnen DEULA neu ist der Gradient noch etwas flacher (ca. 0,0006; 0,06%). Die Abstandsgeschwindigkeit reduziert sich damit rechnerisch um den Faktor 0,6 (siehe Kap.5.2.2).

#### 5.2-1: Ruhegrundwasserstände im Schadensbereich

Messstbez.		Br. I	Br. III	GWM 4	GWM 5	GWM 6	GWM 7	GWM 7 *)	GWM 8
GOK	mNN	57,62	57,74	57,64	57,53	57,53	57,42	59,50	57,48
POK	mNN	55,68	56,26	58,33	57,41	58,60	58,22	60,29	57,40
Aug 07	mNN	54,90	54,84	54,81	54,78	54,71	54,60		54,66
Sep 07	mNN	54,91	54,94	54,92	54,88	54,84		54,66	54,76
Okt 07	mNN	55,19	55,20	55,16	55,15	55,08		54,90	54,94
Sep 08	mNN	n.g.	n.g.	54,35	54,32	54,28		54,14	54,19
Messstbez.		GWM 9	DEULA neu	GWM 10	GWM 11	GWM 12	GWM 13	GWM 14	
GOK	mNN	56,88	57,90	56,91	57,06	56,65	57,18	56,60	
POK	mNN	57,38	57,89	57,32	57,60	57,33	56,96	57,30	
Aug 07	mNN	54,41	54,68	54,49	54,45	54,52	54,68	**)	
Sep 07	mNN	54,44	54,74	54,50	54,48	54,54	54,72	**)	
Okt 07	mNN	54,63	54,97	54,73	54,69	54,81	54,94	54,59	
Sep 08	mNN	53,91	54,20	54,00	53,98	54,08	54,18	53,88	

\*) Veränderung GWM-Höhe wegen Aufschüttung Erdwall

\*\*\*) Messstelle noch nicht vorhanden

n.g. = nicht gemessen

Der Pumpversuch wurde bis zum 30.9.2008 kontinuierlich durchgeführt. Leider gab es am 30.9. auf dem DEULA-Gelände einen Stromausfall, so dass die Pumpe ein Tag vor dem geplanten Ende gestoppt wurde. Aus den vorhandenen GW-Standsmessdaten der näheren Umfeldmessstellen (GWM 6, 7, 8 und 10) vom 26.9. und den weiteren Umfeldmessstellen (GWM 4, 5, 9, 11, 12, 13 und 14) vom 1.10. 2008 wurde ein Grundwassergleichenplan der stärksten Absenkung konstruiert (siehe Anlage 2).

Im Pumpbrunnen wird bei der Förderrate von 5,5 m<sup>3</sup>/h eine maximale Absenkung von etwa 1,25 m erreicht. Die nah liegenden Hilfsmessstellen erfahren eine Absenkung von P1 = 0,32 m und P2 = 0,11 m.

Aus diesen Werten ergibt sich grafisch aus dem Gleichenplan der Absenkung (Anlage 2 u. 2.2) eine Entnahmebreite von ca. 180 – 200 Metern. Der untere Kulminationsbereich liegt etwa 80 m vom Pumpbrunnen entfernt (siehe Anlagen 2 u. 2.2). Die Werte wurden auf der Grundlage der Grundwasserstandsmessungen (Darstellung des Absenktrichters im Grundwassergleichenplan) und außerdem mit einem vereinfachten analytischen Grundwassermodell<sup>1</sup> berechnet, das die ermittelten hydraulischen und geologischen Kenndaten berücksichtigt. Berechnungen mit empirischen Gleichungen [SICHARD, KUSAKIN] führen zu Ergebnissen, die nicht mit den GW-Standsmessungen korrelieren. Sie stellen eher schematische Ansätze dar und sind für den vorliegenden Fall offenbar nicht realistisch.

### **5.2.2 Bestimmung der hydraulischen Kenndaten**

Im Gutachten zur Gefährdungsabschätzung der WESSLING Beratende Ingenieure GmbH vom 15.2.2008 wurden bis dahin ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) aus verschiedenen Bestimmungsverfahren im Kapitel 6.2.3 zusammenfassend in der folgenden Tabelle dargestellt:

---

<sup>1</sup> EDVProgramm: WinFlow, Enviromental Simulations Inc., Virginia, 1996

**Tabelle 5-2: Zusammenfassung der hydraulischen Kenndaten**

Büro	$K_f$ -Wert (m/s)	Grundwasser- gefälle	Porosität (%)	Abstandgeschwin- digkeit (m/a)
WESSLING, 2004	$2,2 \cdot 10^{-5}$	0,0021-0,0047	15	10-22
GUCH, 2006	$5 \cdot 10^{-5}$ bis $2 \cdot 10^{-4}$	0,0009-0,0012	15	10-46
WESSLING, 2007 (Infiltrationsversuche)	$3 \cdot 10^{-5}$	0,001	15	6
WESSLING, 2007 (Kornverteilungen, Bereich oben)	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,001	15	29
WESSLING, 2007 (Kornverteilungen, Bereich unten)	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,001	20	55

Langzeit-Pumpversuche erlauben eine gute Bestimmung von  $k_f$ -Werten bei Förderraten, die in den Umfeldmessstellen und im Pumpbrunnen selbst eine gut messbare Absenkung erzeugen. Dies ist beim Pumpversuch im Brunnen DEULA neu der Fall.

Bei der Ausführung des 14tägigen Pumpversuchs wurden die Absenkungen im Pumpbrunnen über einen Drucksensor mit Datenlogger erfasst, bei den im Umfeld liegenden Messstellen wurden die Wasserstände jeweils bei der Probenahme aus dem Förderstrom mit einem Lichtlot gemessen. Die einzelnen Messwerte und Diagramme der GW-Standsmessungen sind der Anlage 6 zu entnehmen. Im Pumpbrunnen betrug die maximale Absenkung ca. 1,25 m und in den nah liegenden Hilfsmessstellen P1 0,32 m und P2 0,11m bei einer durchschnittlichen Förderrate von 5,5 m<sup>3</sup>/h. Bis zum Ende des Pumpversuchs wurde ein annähernd stationärer Zustand erreicht. Im Pumpbrunnen wurde in den letzten Tagen eine konstante Absenkung von 1,23 m – 1,25 m vom Messsensor registriert. Die Grundwasserstandsverläufe zeigen im Oberstrom (GWM 4, GWM 5) einen geringen Anstieg (1 – 2 cm) des Grundwassers, während die Unterstrommessstellen (GWM 11 – 14) ein leichtes Fallen (3 – 4 cm) verzeichnen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi**Seite 23 von 62**

Der vollkommen ausgebaute Pumpbrunnen DEULA neu erfasst den gesamten (relativ homogen) ausgebildeten Aquifer. Somit kann für den erzeugten Einzugsbereich während des Pumpversuchs mit einem Bodenvolumen von ca. 11.000 m<sup>3</sup> (Fördervolumen/Porenraum x 100% = 1170 m<sup>3</sup>/0,15) ein über die gesamte Aquifermächtigkeit gemittelter  $k_F$ -Wert berechnet werden.

Aus dem im September 2008 durchgeführten 14-tägigen Pumpversuch wurde über verschiedene Auswerteverfahren mit dem EDV-Programm HydroTec<sup>2</sup> (Einzelbestimmungen siehe Anlage 6) ein durchschnittlicher  $k_F$ -Wert von  $3,8 \times 10^{-4}$  m/s ermittelt. Der Wert liegt damit im Bereich der  $k_F$ -Werte, die bisher über Kornverteilungskurven bestimmt wurden (s.o.).

Die früher bestimmten  $k_F$ -Werte über Infiltrations- und Kurzpumpversuche geben möglicherweise wegen des begrenzten Austauschvolumens einen zu geringen  $k_F$ -Wert an. Bei zu geringen Absenkungs- bzw. Erhöhungsbeträgen in den Versuchsmessstellen machen sich die Einflüsse der Ausbaugeometrie der Messstellen oder des Brunnen im Verhältnis zu den gemessenen Werten zu stark bemerkbar.

Für die Abstandsgeschwindigkeit im Bereich der Schadstofffahne sind nach den Ergebnissen des Pumpversuchs und der Körngrößenanalysen Werte von ca. 30 m für die Aquifertiefe von ca. 3 – 9 m u GOK (oberer Aquiferbereich) und bis 50 m für die Aquifertiefe von ca. 9 – 15 m u GOK (unterer Aquiferbereich) pro Jahr anzunehmen.

---

<sup>2</sup> HydroTec 5.5, GeoLogik GmbH 2007

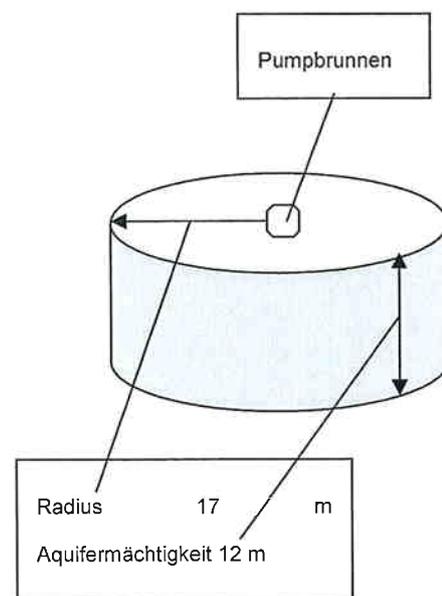
IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 24 von 62**

### 5.2.3 Verlauf der LHKW-Konzentrationen beim Pumpversuch

Die Konzentrationen im geförderten Grundwasser liegen nahezu konstant bei etwa 750 µg/l. Da keine abnehmenden Konzentrationen (z.B. durch Verdünnung) oder zunehmende Konzentrationen (Hinweis auf Mobilisationen aus dem Fahnenbereich vorliegen, ist davon auszugehen, dass der Brunnen sich im höher kontaminierten Bereich der Abstromfahne befindet (siehe Anlage 3). Unter Berücksichtigung der gemessenen Konzentrationen von bis zu 2.500 µg/l bei der Wasserhaltung während der Kanalbau-maßnahme ist deshalb nicht auszuschließen, dass bei längeren Pumpzeiten auch durchschnittliche Konzentrationen größer 800 µg/l auftreten können.

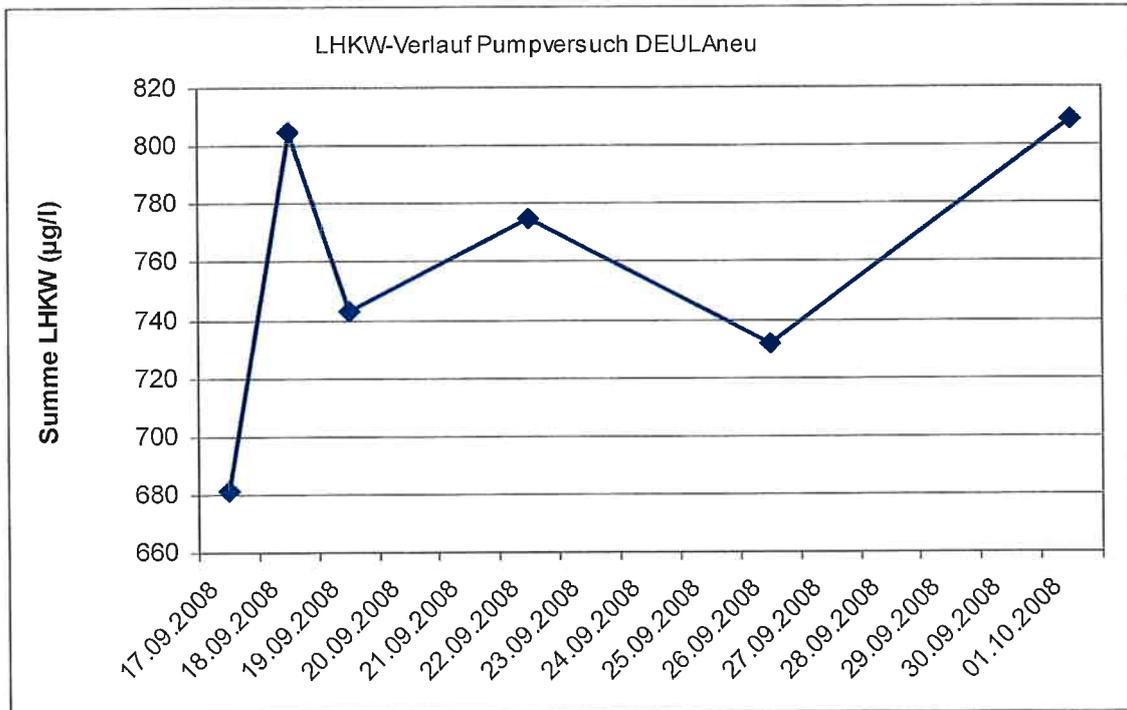
Der Entnahmbereich des Pumpversuch beträgt ca. 11.000 m<sup>3</sup> Bodenvolumen (siehe S. , d.h. bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit des Aquifers von ca. 12 m ergibt sich eine Geländeoberfläche von ca. 900 m<sup>2</sup> (Kreisfläche mit  $r = 17$  m um den Pumpbrunnen, unter der das Grundwasser entnommen wurde).

**Schematische Darstellung Entnahmebereich um Pumpbrunnen mit Boden – Wasservolumen von ca. 11.000 m<sup>3</sup>**



IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 25 von 62



#### 5.2.4 Betrachtungen zum Schadstofftransport

Das Schadensbild der LHKW-Grundwasserverunreinigung zeigt im Abstrom eine abgerissene Fahne, die von der ehemaligen Quelle nicht mehr mit Schadstoffen „gespeist“ wird.

Die Chemische Reinigung Rübesamen versorgte den Betrieb der historischen Recherche zufolge bis 1994 mit Brauchwasser über eigene Förderbrunnen (Br. I und Br. II). Dadurch, dass die Förderbrunnen auf dem Betriebsgelände einen Fördertrichter erzeugten, ist wahrscheinlich während dieser Zeit ein Austrag von Schadstoffen (LHKW) verhindert oder vermindert worden. Erst seit der Stilllegung der Brunnen im Jahr 1994 konnten in den Boden und das Grundwasser eingetragene LHKW vermehrt mit der natürlichen Grundwasserströmung ausgetragen werden.

Unter der Annahme der ermittelten Bandbreite der Grundwasser-Abstandsgeschwindigkeiten von 30 – 50 m pro Jahr (siehe Anlage 2.1), sind bisher geringe Anteile der Schadstoffe maximal ca. 550 m weit transportiert worden (Bereich GWM 9 – 12). Möglicherweise durch Sorptionsprozesse beeinflusst, aber auch durch späteren Austrag aus der Schadensquelle (ab 1994) ist der Hauptteil der Stoffe bis in den Bereich zwischen der GWM 6 und der Siedlung „An der Tönneburg“ (100 m – 400 m vom Schadensherd) transportiert worden. Daraus ergeben sich für die Transportgeschwindigkeiten der Hauptschadstoffmenge Werte von ca. 20 – 30 m pro Jahr und damit nur geringfügig kleinere Werte als für die Grundwasser-Abstandsgeschwindigkeiten. Damit werden die Schadstoffe annähernd mit der GW-Fließgeschwindigkeit transportiert und Sorptionsprozesse spielen offenbar keine große Rolle. Im Hinblick auf verschiedene Sanierungsverfahren (hydraulische Verfahren, Mikrobiologie) sind diese Eigenschaften positiv zu bewerten.

Durch massive Pumpmaßnahmen während verschiedener Baumaßnahmen und Kanalbauarbeiten im Umfeld des Altstandortes, zuletzt im Frühjahr 2008 in der Freiherr-von-Langen-Straße, wurden Teile der Schadstoffe wieder in Richtung Nordosten transportiert. Die Auswirkungen dieser hydraulischen Veränderungen sind im Gutachten vom 15.02.2008 sowie in Kapitel 5.1 dargestellt.

Die im Rahmen der Sanierungsuntersuchung durchgeführten Untersuchungen bestätigen mit den ermittelten hydraulischen Kenndaten die Aussage der Gefährdungsabschätzung, dass ohne Sanierungsmaßnahmen mit einem Anstieg der LHKW-Konzentrationen im Grundwasser (bis ca. 10 µg/l) an der Grenze zum Wohngebiet „Hasenkamp–Buschkamp“ in etwa 5 – 7 Jahren (Transportgeschwindigkeit ca. 20 - 30 m/a; Entfernung zur Grenze des Wohngebietes ca. 150 m), d.h. ab ca. dem Jahr 2014, zu rechnen ist.

### **5.3 Grundwasserbeprobungen**

Im Rahmen des Pumpversuchs wurden Anfang Oktober 2008 die Umfeldmessstellen GWM 4, GWM 5, GWM 6, GWM 7, GWM 8 und GWM 11 beprobt und auf folgende Parameter untersucht:

LHKW, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Sulfid, Chlorid, Sulfat, DOC, Eisen, Eisen II

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
 10.06.2009 / sim/voi

Seite 27 von 62

Die Ergebnisse sind im Prüfbericht UAL08-13406-2 (Anlage 7) dokumentiert und in Tabelle 5-2 zusammengefasst dargestellt. In Anlage 8 sind die Ergebnisse der LHKW-Untersuchungen gemeinsam mit den übrigen Ergebnissen des Grundwassermonitorings seit 1999 tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 5-2: Untersuchungsergebnisse 1. Oktober 2008**

		GWM 4	GWM 5	GWM 6	GWM 7	GWM 8	GWM 11	DEULA neu
Sauerstoff	mg/l	2,5	0,1	2,3	1,3	1,8	1	0,7
Redoxpotential	mV	252	197	335	447	380	405	358
Methan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,011
Ethan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ethen	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Propan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Propen	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
iso-Butan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
n-Butan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ammonium	mg/l	0,4	0,87	0,08	< 0,05	< 0,05	0,08	0,06
Nitrit	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,48	0,05	< 0,01	0,08
Nitrat	mg/l	1,2	< 1	21	73	52	5,5	5,5
Sulfid	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Chlorid	mg/l	39	76	52	36	8,9	23	20
Sulfat	mg/l	50	94	84	190	47	86	45
DOC	mg/l	3,9	5	2	13	2	1,3	0,8
Eisen II	mg/l	0,11	0,62	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06*	0,32
Eisen	mg/l	0,13	0,68	0,13	0,026	< 0,05	0,052*	0,42
Vinylchlorid	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	1,4	5,3	5,1	6,3	7,4	1,4	19
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tetrachlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Trichlorethen	µg/l	0,9	3,1	19	27	58	18	250
Tetrachlorethen	µg/l	11	21	470	4,6	110	64	540
Summe LHKW	µg/l	13,3	29,4	494,1	37,9	175,4	83,4	809

\*: geringfügig höherer Fe-II-Gehalt ist aufgrund von unterschiedlicher Messmethodik möglich

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 28 von 62**

Die Gesamtübersicht (Anlage 8) zeigt, dass seit 2003 in den Überwachungsmessstellen starke Schwankungen der beobachteten LHKW-Summengehalte festzustellen sind, die im Zusammenhang mit den im Umfeld der Grundwasserverunreinigung stattgefundenen Wasserhaltungsmaßnahmen stehen (vgl. Gutachten vom 15.3.2008 sowie Kapitel 5.1).

Nach den aktuellen Untersuchungen wurde in den Brunnen auf dem Gelände der ehemaligen Wäscherei Anfang Oktober 2008 LHKW-Summengehalte von 13,3 (GWM 4) und 29,4 µg/l (GWM 5) festgestellt. Damit liegen diese nach den zuletzt durch die Mobilisation im Zusammenhang mit der Kanalbaumaßnahme erhöhten Konzentrationen wieder im üblichen Bereich. DEULA neu zeigt kurz nach Beendigung des Pumpversuchs mit 809 µg/l noch einen erhöhten Gehalt an LHKW. GWM 6 weist mit 494 µg/l seit der Kanalbaumaßnahme gegenüber den ersten Probenahmen ebenfalls noch erhöhte LHKW-Konzentrationen auf. In GWM 7 wurden demgegenüber mit 37,9 µg/l vergleichsweise geringe LHKW-Gehalte festgestellt. Diese Messstelle dürfte im Pumpversuchsverlauf aus westlichen, vergleichsweise unbelasteten Grundwasserregionen angeströmt worden sein.

GWM 8 weist 175 µg/l LHKW auf. Diese Messstelle zeigte zuvor, während der Kanalbaumaßnahme, deutlich geringere Gehalte auf. GWM 11 liegt mit zuletzt 83,4 µg/l LHKW in der Summe im Rahmen der Erstbeprobung von August 2007.

Die Untersuchungen wurden auch hinsichtlich der Bewertung eines möglichen natürlichen Schadstoffabbaus durchgeführt.

Der Abbau von Tetrachlorethen findet unter reduktiven Verhältnissen bei fortschreitender Dechlorierung statt. Dabei wird folgende Abbaureihe durchlaufen:

Tetrachlorethen ⇒ Trichlorethen ⇒ Dichlorethen ⇒ Vinylchlorid ⇒ Ethen

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen

10.06.2009 / sim/voi

**Seite 29 von 62**

Unter den LHKW findet sich mit dem Einzelstoff cis-1,2-Dichlorethen in allen untersuchten Wässern (in geringem Umfang) auch ein Abbauprodukt von Tetrachlorethen und Trichlorethen. Ein weiterer Abbau fand bisher nicht statt, da Vinylchlorid nicht nachgewiesen wurde. Die ersten Stoffe der Abbaukette bis zum Dichlorethen werden leichter unter natürlichen Bedingungen gebildet und häufig nachgewiesen. Für die vollständige Dechlorierung herrschen meist nicht die idealen Bedingungen vor. Bei vollständiger Dechlorierung bildet sich am Ende Ethen, welches in den Wässern ebenfalls nicht nachzuweisen war.

Neben der Hauptschadstoffgruppe der LHKW wurden noch weitere Parameter untersucht, durch welche Hinweise über etwaige Abbaubedingungen abgeleitet werden sollten. Danach weisen die Messstellen insgesamt auf eher oxidative Verhältnisse hin. Nitrat und Sulfatnachweise sind jeweils unter Berücksichtigung der Molmassen in höheren Gehalten festzustellen als die reduzierten Parameter (z.B. Ammonium, Sulfid nur in Spuren bzw. nicht nachweisbar). Da vergleichsweise hohe Konzentrationen an Nitrat und Sulfat als möglichen Sauerstoffdonatoren in den am höchsten belasteten Messstellen gemessen wurden, liegen keine Hinweise auf einen unter anaeroben Bedingungen erfolgenden Abbau mit Reduktion dieser Verbindungen vor.

Auch die Vor-Ort gemessenen Redoxpotenziale weisen hier mit Werten zwischen 250 und 450 mV auf aerobe Verhältnisse hin. Eine Ausnahme stellt hier lediglich die Messstelle GWM 5 dar. Ammonium tritt hier mit 0,87 mg/l etwas deutlicher in Erscheinung, das Redoxpotenzial ist mit 197 mV geringer und gleichzeitig ist der Sauerstoffgehalt verhältnismäßig niedrig (0,1 mg/l).

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass Bedingungen, welche einen nachhaltigen vollständigen natürlichen Abbau der LHKW begünstigen, nicht vorliegen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi**Seite 30 von 62**

Im Schadensgebiet werden zur Zeit die Schadstoffkonzentrationen in einem Grundwassermonitoring weiter überwacht. Die Grundwasseruntersuchungen im Rahmen des Pumpversuches können als 1/2jähriges Monitoring gewertet werden. Es wurden zur Zeit der Pumpversuchsdurchführung im Unterstrom nicht alle Grundwassermessstellen untersucht, da die GWM 11 keine Konzentrationsveränderungen gegenüber dem letzten Monitoring (Frühjahr 2008) zeigte.

Ergänzend wurden Anfang März 2009 zur Vervollständigung der Beprobungen unter Berücksichtigung des festgelegten Monitorings die GWM 9, 10, 12, 13 und 14 nachträglich untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammen gefasst.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen

10.06.2009 / sim/voi

Seite 31 von 62

**Tabelle 5-3: Ergänzende Grundwasserbeprobung GWM 9, 10, 12, 13 und 14**

		GWM 9	GWM 10	GWM 12	GWM 13	GWM 14
<b>Sauerstoff</b>	mg/l	1,0	1,7	1,5	1,9	1,2
<b>Redoxpotential</b>	mV	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<b>Methan</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Ethan</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Ethen</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Propan</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Propen</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>iso-Butan</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>n-Butan</b>	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Ammonium</b>						
	mg/l	0,15	0,16	0,32	0,06	0,06
<b>Nitrit</b>						
	mg/l	0,03	0,04	0,14	0,04	0,01
<b>Nitrat</b>						
	mg/l	8,6	10	20	11	1,8
<b>Sulfid</b>						
	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Chlorid</b>						
	mg/l	33	45	43	37	34
<b>Sulfat</b>						
	mg/l	65	93	120	96	110
<b>DOC</b>						
	mg/l	5,6	5,2	6,4	8	7
<b>Eisen II</b>						
	mg/l	0,09	0,13	0,28	<0,05	1,8
<b>Eisen</b>						
	mg/l	0,17	0,21	0,54	0,074	1,8
<b>Vinylchlorid</b>						
	µg/l	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Dichlormethan</b>						
	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>cis-1,2-Dichlorethen</b>						
	µg/l	1,8	2,1	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Trichlormethan</b>						
	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>1,1,1-Trichlorethan</b>						
	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Tetrachlormethan</b>						
	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Trichlorethen</b>						
	µg/l	11	<0,5	0,7	<0,5	<0,5
<b>Tetrachlorethen</b>						
	µg/l	3,6	<0,5	1,5	<0,5	<0,5
<b>Summe LHKW</b>						
	µg/l	16,9	2,1	2,2	-/-	-/-

Die Ergebnisse zeigen wie schon bei den vergangenen Untersuchungen keine erhöhten LHKW-Gehalte. Die nachgewiesenen LHKW-Konzentrationen liegen in den gleichen Größenordnungen wie bei den früheren Monitoringuntersuchungen. Die Unterstrommessstelle GWM 14 zeigt erneut keinen LHKW-Nachweis, so dass eine weitere deutliche Ausbreitung der LHKW-Fahne in Richtung Wohngebiet Hasenkamp aufgrund des kurzen Beobachtungszeitraumes von ca. 1,5 Jahren (noch) nicht festzustellen ist.

Bei den anderen untersuchten Parametern ergeben sich die Verhältnisse, die auch schon zuvor auf Seite 28 für die oberstromigen Grundwassermessstellen beschrieben wurden (oxidative Verhältnisse, geringe Stickstoffgehalte, wenig gelöster organischer Kohlenstoff, geringe Eisengehalte).

## **6 Sanierungserfordernis und Sanierungsziel**

Nach der Bewertung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung vom 15.2.2008 ist die Grundwasserverunreinigung im Abstrom des Altstandortes Rübesamen „nicht klein“ im Sinne der Empfehlungen der LAWA 2006<sup>3</sup> und es besteht wegen des geringen Rückhaltes und Abbauvermögens im Untergrund ein Ausbreitungsrisiko. Aus diesen Zusammenhängen wurde ein Handlungs- oder Sanierungserfordernis abgeleitet.

Die Ergebnisse der Sanierungsuntersuchung und die hier dargelegten Empfehlungen sollen die Untere Bodenschutzbehörde in die Lage versetzen, darüber entscheiden zu können, welche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr geeignet, erforderlich und angemessen sind.

---

<sup>3</sup> „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“; Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO), 2006

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 33 von 62**

Vor den weiteren Planungsschritten sind deshalb Sanierungsziele zu definieren. Sanierungsziele können sowohl quantitativ, z.B. Festlegung eines bestimmten Wertes (Schadstoffkonzentration), als auch qualitativ (z.B. keine weitere Schadstoffausbreitung in bislang geringer belastete Bereiche [= stationäre Verhältnisse] oder Verringerung des Schadstoffpotentials) definiert werden.

Zur Festlegung einer zu erreichenden Konzentration ist grundsätzlich der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) der LAWA (2004) maßgebend. Die GFS für LHKW in der Summe beträgt 20 µg/l, für die Einzelstoffe Tri – und Tetrachlorethen max. 10 µg/l. Im Verlauf der Grundwassersanierung ist jedoch zu überprüfen, ob zum Erreichen dieser Vorgabe die Verhältnismäßigkeit der Weiterführung von Sanierungsmaßnahmen gegeben ist. Dazu werden in Kapitel 9 (Nutzwertanalyse) Bewertungen zu verschiedenen Sanierungsverfahren vorgenommen.

Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung ist zu prüfen, welche der betrachteten Sanierungsvarianten bezogen auf die Untersuchungsergebnisse und die Sachlage am geeignetsten ist,

- eine weitere Schadstoffausbreitung aus dem Bereich der Schadstofffahne des Grundwassers zu verhindern und
- die Abnahme der Schadstoffbelastung im verunreinigten Grundwasserkörper zu erreichen.

## **7 Diskussion verschiedener Grundwasser-Sanierungsverfahren**

### **7.1 Biologische in situ Verfahren (ENA)**

Bei den biologischen in situ Verfahren werden durch die Einbringung von Hilfs- und Nährstoffen die vorliegenden Standortbedingungen so verändert, dass die standorteigenen Mikroorganismen in der Lage sind, die vorhandenen Schadstoffe möglichst vollständig zu mineralisieren. In Abhängigkeit des bevorzugten Abbauweges werden entweder oxidative oder reduktive Milieuverhältnisse im Grundwasser eingestellt. Bei den LHKW erfolgt der vollständige mikrobiologische Abbau unter speziellen Redox-Verhältnissen.

Für eine Abstomsicherung reicht in der Regel eine schmale Zone im Aquifer (Bioschirm) aus, in der eine erhöhte mikrobiologische Aktivität im Untergrund herrscht. Um jedoch eine vollständige Erfassung der Kontaminationsfahne zu erreichen, muss im vorliegenden Fall in der gesamten Breite des noch zu sanierenden Fahnenbereichs (ca. 150 m) und in der vollständigen Aquifertiefe der mikrobiologische Abbau stimuliert werden.

Die Nutzung des süd-westlich des Wohngebietes „An der Tönneburg“ liegenden Bundeswehrgeländes wäre dazu Voraussetzung. Der Platzbedarf des Sanierungsverfahrens selbst ist nach Installation der Infiltrationsanlagen nicht größer als der für eine Pump- & Treat-Anlage.

Wird jedoch mit der Mikrobiologie nicht nur eine Sicherung des Schadens angestrebt, sondern eine effektive Schadstoffreduzierung im stärksten Belastungsbereich, ist die Mikrobiologie oberstromig, bzw. direkt flächig in den zu erfassenden Schadensbereichen einzusetzen. Auch dazu müssen die notwendigen Flächen durch die Eigentümer zur Verfügung gestellt werden (im Wohngebiet an der Tönneburg).

Aus der Geometrie der Fahne (Erstreckung über mehrere 100 Meter) und der vorliegenden Schadstoffe (LHKW) wird zur Realisierung des Verfahrens vor allem anfänglich ein größerer Voruntersuchungsbedarf und damit auch höherer finanzieller Investitionsbedarf abgeleitet.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 35 von 62**

Die ausschließliche Anwendung eines biologischen in situ Verfahrens ist beim LHKW-Schaden Rübesamen bei den bestehenden hydrogeologischen Bedingungen grundsätzlich möglich, wird aber hier vorerst nicht empfohlen, sondern eher nur als Option für eine unterstützende Zusatzmaßnahme z.B. bei einer hydraulischen Sanierungstechnik (Pump&Treat).

## **7.2 Chemische in situ Verfahren**

### Reaktive Wand

Reaktive Wände werden in der Regel quer zur Grundwasserströmung über die gesamte Höhe des belasteten Aquifers bis in den Stauer eingebracht. Es wird unterschieden zwischen voll durchströmten Wänden und Wänden, die aus einem Funnel & Gate-System bestehen. In das Gate bzw. in die voll durchströmte Wand wird ein Reaktionsmittel gebracht.

Bei LHKW-Schäden wird als Reaktionsmittel nullwertiges (elementares) Eisen eingesetzt. Da es sich bei den reaktiven Wänden um ein passives Verfahren handelt, d.h. die Durchströmung der Wände durch die natürliche Grundwasserströmung erfolgt, sind stabile hydraulische Verhältnisse mit nahezu konstanten Fließrichtungen erforderlich. Diese liegen im Verunreinigungsbereich vor. Da die LHKW im Abstrom aber schon größere Tiefen erreicht haben (bis 15 m) ist der bauliche und finanzielle Aufwand zur Herstellung der reaktiven Wände vor allem im Vergleich zur vorhandenen relativ geringen Schadstoffmasse sehr hoch.

In Deutschland gibt es nur wenige praktische Erfahrungen im F&E Bereich (RUBIN) mit reaktiven Wänden (z.B. Rheine).

### In situ Chemische Oxidation (ISCO)

Bei der In-Situ-Chemischen-Oxidation können Schadstoffe im Untergrund mittels der Zugabe von z. B. Permanganat, Persulfat, Fentons Reagenz oder Ozon chemisch oxidiert und vollständig mineralisiert werden. Da das Oxidationsmittel direkt in Kontakt mit dem Schadstoff gebracht werden muss und die Oxidationsmittel im Grundwasser keine lange Halbwertszeit aufweisen, ist die Anwendung der chemischen Oxidation sinnvoller Weise auf Schadenszentren oder auf gering ausgedehnte Schadstofffahnen beschränkt. Eine Anwendung in der zu betrachtenden Kontaminationsfahne ist somit nicht geeignet.

## **7.3 Physikalische In-Situ-Verfahren**

### Tenside / Mikroemulsionen

Durch die Einbringung von Tensiden in den Grundwasserleiter wird die Grenzflächen-spannung zwischen Schadstoff und Wasserteilchen vermindert. Folge dieses Effekts ist eine Mobilisierung der dispers verteilten Produktenphase (als fein verteilte Tröpfchen, nicht als Phase im eigentlichen Sinne).

Die Anwendung von Mikroemulsionen entspricht nicht dem Stand der Technik. Durch die Einbringung von Mikroemulsionen soll die Löslichkeit einer DNAPL- oder LNAPL-Phase im Wasser verbessert werden. Bei Kontaminationsfahnen im Grundwasser, in denen die Schadstoffe bereits echt gelöst sind, ergibt sich durch den Einsatz von Tensiden / Mikroemulsionen keine Verbesserung der Dekontaminationsleistung, so dass das Verfahren für den vorliegenden Fall nicht geeignet ist.

### Schallenergie

Der Einsatz von Schallenergie kann als unterstützende Sanierungsmethode herkömmlicher Sanierungsverfahren (z. B. Pump&Treat) gesehen werden. Durch die Übertragung von Schallenergie in eine grundwassergesättigte, mit leichtflüchtigen Schadstoffen verunreinigte Bodenzone, werden die in residualer Sättigung vorliegenden Schadstoffe mobilisiert. Es wird meist zusätzlich zu Pump & Treat angewendet. Das Verfahren entspricht nicht dem Stand der Technik und ist nur beim Vorliegen von dispers verteilter Phase (Schadstoffquelle) oder höheren Kontaminationskonzentrationen anwendbar und somit für die Sanierung der im Abstrom der ehemaligen chemischen Reinigung Rübesamen bestehenden Fahne nicht geeignet.

### **7.4 Pump&Treat-Verfahren**

Bei dem Pump&Treat-Verfahren handelt es sich um eines der ältesten und etabliertesten Grundwasser-Sanierungsverfahren überhaupt. Hierbei wird über Sanierungsbrunnen das kontaminierte Wasser gefördert und über entsprechende Behandlungsanlagen (Strippen /Aktivkohle) gereinigt. Pump&Treat-Maßnahmen können flexibel auf sich verändernde Rahmenbedingungen (z. B. Grundwasserhydraulik, Stoffzusammensetzung) angepasst werden. Pump&Treat-Verfahren eignen sich zum Einsatz in der Schadstoffquelle, wie auch im Fahnenbereich zur Sicherung und Vermeidung des weiteren Schadstoffaustrages. Die erforderlichen hydraulischen Situationen zur Erfassung z.B. einer Fahne können gut mit numerischen Grundwassermodellen prognostiziert werden. Der Einsatz von Pump&Treat-Maßnahmen zeichnet sich allgemein durch die schnelle Wirksamkeit aus. Durch ein für den jeweiligen Schadensfall ausgebautes Messstellennetz ist die Wirksamkeit jederzeit überprüfbar.

Der Nachteil des hydraulischen Sanierungsverfahrens liegt häufig in der vorher nur schwer abschätzbaren Sanierungsdauer und erreichbaren Schadstoffkonzentrationen. Meist werden anfänglich gute und schnelle Sanierungserfolge mit hohen Stofffrachten erzielt, die nach dem Erreichen des sog. „Tailing“ in eine Phase mit geringer Fracht und geringen Schadstoffrückgang übergehen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen

10.06.2009 / sim/voi

Seite 38 von 62

Ist das Sanierungsziel in dieser Phase noch nicht erreicht, oder in absehbarer Zeit nicht erreichbar, sollte über ergänzende Sanierungsmaßnahmen (z.B. mikrobiologische Verfahren) nachgedacht werden.

Beim vorliegenden Schadensfall kann ein hydraulisches Sanierungsverfahren ohne Einschränkung im Bereich der Schadstofffahne angewendet werden.

### **7.5 Monitored Natural Attenuation (MNA)**

Bei dem Monitored Natural Attenuation (MNA) handelt es sich nicht um eine Sanierungsmaßnahme. Gemäß dem LABO-Positionspapier ist Natural Attenuation (NA) lediglich ein natürlicher Schadstoffminderungsprozess, der ohne menschliches Eingreifen zu einer Reduzierung der Masse, der Toxizität, der Mobilität und des Volumens der Konzentration eines Stoffes führt. Monitored Natural Attenuation (MNA) ist eine Überwachungsmaßnahme zur Kontrolle von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen.

Da sich bei den bisherigen Untersuchungen kein wesentlicher natürlicher Abbau der LHKW bei den Grundwasseranalysen gezeigt hat und auch Sorptionsprozesse nur eine untergeordnete Rolle spielen, ist davon auszugehen, dass eine flächenhafte Wirksamkeit von natürlichen Stoffminderungsprozessen im vorliegenden Fall nicht gegeben ist.

Unter den herrschenden Verhältnissen würde die Schadstofffahne weiter in Richtung Ems wandern. Dabei wird sich der kontaminierte Bereich durch Dispersion weiter vergrößern und die Konzentration nur durch Verdünnung abnehmen. Die Schadstoffmasse innerhalb der Fahne bleibt dabei erhalten. Bei der Ausbreitung der Schadstoffe werden zusätzliche Aquiferbereiche kontaminiert und damit gegen das Verschlechterungsverbot des WHG verstoßen.

Aus diesem Grund kann die Handlungsoption MNA für den LHKW-Schadens als „Sanierungsmethode“ nicht empfohlen werden.

MNA stellt möglicherweise eine Handlungsoption für eventuelle Restbelastungen bzw. die Randbereiche der Fahne dar.

## **8 Auswahl möglicher Sanierungsverfahren**

### **8.1 Anforderungen an Sanierungsverfahren**

Grundwassersanierungen sind im Allgemeinen technisch und kostenmäßig aufwändige Sanierungsverfahren, deren Erfolg oder Versagen eng mit der angewendeten Methode verknüpft ist.

Entsprechend den Ausführungen zur Festlegung des Sanierungsziels (siehe Kapitel 6), ist das Grundwasser so zu sanieren oder zu sichern, dass eine weitere Ausbreitung der Schadstoffe in Richtung Unterstrom zukünftig verhindert und die Schadstoffbelastung im verunreinigten Grundwasserkörper verringert wird.

An die Verfahren zur Sanierung der Kontaminationsfahne im Bereich der ehemaligen chemischen Reinigung Rübesamen sind dazu folgende Anforderungen zu stellen:

- Geeignet für die vorliegenden hydraulischen Verhältnissen und die Schadstoffe
- Stand der Technik
- Geringer Platzbedarf
- Flächenhafte Wirksamkeit
- Zeitdauer (mittelfristig)

#### Stand der Technik:

Die anzuwendenden Sanierungsverfahren sollten möglichst dem Stand der Technik entsprechen und ihre Wirksamkeit unter vergleichbaren Standortbedingungen schon bewiesen haben.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 40 von 62**Hydraulische Verhältnisse:

Die Hydraulik im Sanierungsplangebiet wird durch einen gut durchlässigen, 12 – 14 m mächtigen sandigen Aquifer geprägt. Die hydraulischen Verhältnisse sind relativ stabil, können aber zeitweise durch lokale Wasserentnahmen (DEULA) oder mögliche Tiefbau-maßnahmen mit Bauwasserhaltungen gestört werden. Die einsetzbaren Sanierungsverfahren müssen sich flexibel an diese Verhältnissen anpassen lassen.

Geringer Platzbedarf:

Das Gebiet der Grundwasserverunreinigung gehört zum nördlichen Stadtrand der Stadt Warendorf mit Gewerbebereichen und Wohngebieten. Das ehemalige Schadenszentrum, in dem nur noch LHKW-Konzentrationen deutlich unter 100 µg/l im Grundwasser gemessen werden, liegt auf dem Gelände der ehemaligen Chemischen Reinigung Rübesamen. Der direkte von der LHKW-Verunreinigung betroffene Unterstrom schließt sich südwestlich auf fremden Gewerbe- und Wohngebieten an. Die einsetzbaren Verfahren zur Sanierung sollten aus diesem Grund nur einen geringen Platzbedarf aufweisen und nach der Installation die Flächennutzung auf diesen Geländen nicht beeinträchtigen.

Flächenhafte Wirksamkeit:

Die vorliegende Grundwasserkontamination liegt flächenhaft verteilt im Unterstrom den letzten Untersuchungen zufolge bis ca. 550 m Entfernung von der ehemaligen Eintragstelle vor. Es ist erforderlich, dass das Verfahren zur Grundwassersanierung auf Dauer eine flächenhafte Wirksamkeit über die gesamte Fahne besitzt, da nicht nur eine weitere Ausbreitung der LHKW-Fahne unterbunden werden soll, sondern auch die flächenhafte Ausdehnung der Grundwasserkontamination verringert werden soll.

Zeitdauer:

Das Ziel ist es, kurzfristig ein Abströmen der Kontamination in den nicht kontaminierten Unterstrom zu verhindern und mittelfristig das Grundwasser im Bereich der Fahne gemäß den Vorgaben des Sanierungsziels saniert zu haben. Verfahren oder Handlungsweisen, die dies nicht sicherstellen sind nicht geeignet.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 41 von 62

In der Tabelle der Anlage 9 sind auf dem Markt verfügbare Sanierungsverfahren hinsichtlich der oben dargestellten und zusätzlicher Anforderungen wie z.B. der Kosten bzw. der Kostenwirksamkeit bewertet worden. Sanierungsverfahren, die überwiegend zur Sanierung von Schadstoffquellen eingesetzt werden, sind hier nicht mehr aufgeführt, da aus Gutachtersicht eine Sanierung des ehemaligen Eintragsbereichs nicht zu einer Schadstoffreduzierung im Hauptschadensbereich innerhalb der Fahne führen wird.

Aufgrund der zuvor dargelegten Anforderungen und Eigenschaften der diskutierten Sanierungsverfahren und ihrer Bewertung in der Tabelle der Anlage 9 kommen unter Berücksichtigung der Anforderungen des LHKW-Schadens Rübesamen technisch folgende Sanierungsverfahren in Betracht:

- Pump & Treat in mehreren Varianten
- Pump & Treat und unterstützender in situ Mikrobiologie (ENA)
- Reaktive Wand

## 8.2 Pump & Treat

Es handelt sich bei **Pump&Treat** um ein Verfahren, das dem Stand der Technik entspricht. Der Platzbedarf ist gering und die Anlagentechnik kann örtlich flexibel installiert werden. Die zur Einrichtung der Anlagentechnik sowie Abführung des gereinigten Grundwassers notwendige Infrastruktur ist im infrage kommenden Bereich vorhanden.

Die Wirksamkeit von Pump&Treat wurde durch den Pumpversuch bestätigt. Mit der Förderrate von ca. 5,5 m<sup>3</sup>/h wurde nahezu ein ausreichend großes Einzugsgebiet erzeugt, die Fahne in ihrer gesamten Breite vollständig zu erfassen (Anlage 2.1).

Die Grundwasseranalysen während des Pumpversuchs zeigen, dass die Schadstoffe mit einer hydraulischen Maßnahme im grundwassergesättigtem Sediment mobilisiert und mit dem Grundwasserstrom entfernt werden können. Die gute Durchlässigkeit des Sedimentes lässt bei einer optimalen hydraulischen Dimensionierung und Positionierung der Brunnen eine sofortige Wirksamkeit im Hinblick auf das Sanierungsziel der Verhinderung einer Schadstoffausbreitung und mittelfristig die Erreichung des Ziels einer Abnahme der Schadstoffbelastung im verunreinigten Grundwasserkörper erwarten.

Zur Sanierung des LHKW-Schadens Rübesamen bieten sich aus Gutachtersicht aufgrund der vorliegenden Verhältnisse 3 Varianten einer hydraulischen Sanierung (Pump & Treat) an. Die Varianten sind im Rahmen der SU mit einem vereinfachten analytischen Grundwassermodell für homogene, isotrope Verhältnisse (siehe Fußnote 1) berechnet worden und geben die Verhältnisse bereits genähert wieder. Zur endgültigen Dimensionierung der hydraulischen Auslegung und optimalen Positionierung der Förderbrunnen wird im Rahmen einer Sanierungsplanung (z.B. Sanierungsplan nach BBodSchG) empfohlen, ein stationäres numerisches Grundwassermodell für inhomogene Verhältnisse zu erstellen. Folgende Varianten werden betrachtet:

- Variante 1A: zwei Brunnen in einem Entnahmebereich quer zur Grundwasserfließrichtung (s. Anlage 12 und 12.1)
- Variante 1B: zwei Brunnen längs zur Grundwasserfließrichtung (Fahnenbereich DEULA und Fahnen spitze (s. Anlage 12.2)
- Variante 2: zwei Brunnengalerien mit je zwei Brunnen im Fahnenbereich DEULA und in der Straße An der Tönneburg (s. Anlage 13 u. 13.1)

Die denkbare Variante einer hydraulischen Sicherungsmaßnahme durch einen Brunnen im Bereich der derzeitigen Fahnen spitze wird nicht weiter betrachtet, da einerseits die Förderraten dieses möglichen Brunnens zum Erhalt der Wirksamkeit nicht reduziert werden kann, andererseits der Sanierungszeitraum sich erheblich verlängern würde (bis die Schadstoffe der Fahne aus dem Oberstrom entsprechend der natürlichen Fließgeschwindigkeit bis in den Sicherungsbrunnen gelangen würden).

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 43 von 62**

Die Auswahl der Varianten soll anhand von Sanierungssicherheit, Sanierungszeit und Kostenerfolgen.

- Variante 1A

Die Variante 1A ist so angelegt, dass durch zwei quer zur Grundwasserfließrichtung liegende Sanierungsbrunnen die gesamte Fahnenbreite erfasst wird und durch die Förderrate von ca.  $2 \times 5 \text{ m}^3/\text{h}$  der untere Kulminationsbereich im Bereich der Fahnenpitze liegt. Dadurch werden die höchsten Konzentrationen auch aus dem Unterstrom den Sanierungsbrunnen zugeführt. Hohe LHKW-Konzentrationen werden nicht in jetzt niedriger belastete Bereiche transportiert. Zwei Förderbrunnen verbessern dabei die Anpassung / Optimierung der Fördermengen und damit der Einzugsbereiche und erhöhen die Ausfallsicherheit.

Aufgrund der Lage der Sanierungsbrunnen außerhalb der Wohngebiete im südwestlichen Grundstück der DEULA ergeben sich günstige Bedingungen für die bauliche Ausführung der Sanierungsanlagen (siehe Anlage 12). Die Sanierungsbrunnen und auch die Versorgungsleitungen können gut zugänglich und kostengünstig in freiem Gelände (ohne Oberflächenversiegelungen) verlegt werden.

Nachteil der Variante ist die relativ große Förderrate (mind.  $2 \times 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), die notwendig ist, den Kulminationspunkt in der Fahnenpitze auszubilden und damit zu gewährleisten, dass keine weitere Ausbreitung der LHKW-Kontamination in den Unterstrom erfolgt. Die Reinigungsanlage sollte deshalb für mindestens  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  ausgelegt werden.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 44 von 62**

- Variante 1B

Die Variante 1B wird ebenfalls mit zwei Förderbrunnen betrieben, die jedoch in Längsrichtung zur Fließrichtung jeweils an der Fahnen spitze und im Bereich des Brunnens DEULA neu angeordnet sind (s. Anlage 12.2).

Hydraulisch ergibt sich eine günstige Lage der Sanierungsbrunnen und daraus geringe Förderraten (ca.  $2 \times 3 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Der Schadstofftransport beim unterstromigen Brunnen erfolgt jedoch aus stark belasteten Bereichen in weniger belastete Bereiche an der Fahnen spitze. Dies sollte, wenn andere Brunnenstandorte möglich sind, auf jeden Fall vermieden werden.

Für die bauliche Ausführung der Sanierungsanlage ergeben sich für die Variante 1B größere Aufwendungen, da bis zur Reinigungsanlage größere Strecken (Straßen u. Gehwegbereich ca. 250 m, Freigelände ca. 170 m) Kabel und Leitungen zu verlegen sind. Die Installation von zwei getrennten Reinigungsanlagen wird technisch aufwändig und die kostenlose Abführung des gereinigten Wassers in den Vorfluter erfolgt über wesentlich längere Erschließungswege als bei Variante 1A.

- Variante 2

Die Förderung des kontaminierten Grundwassers erfolgt in Variante 2 über insgesamt 4 Brunnen mit je ca.  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  und zwei Förderbereichen (siehe Anlage 13 u. 13.1). Der nördliche Förderbereich entspricht in etwa dem der Variante 1A. Zusätzlich erfolgt eine Förderung über zwei Brunnen, die im Bereich der Fahnenmitte in der Straße „An der Tönneburg“ angeordnet werden können.

Die Variante 2 weist im Bereich an der Tönneburg die günstigsten „Schadstofftransportwege“ auf. Die Fördermengen liegen nach Berechnung mit dem vereinfachten Grundwassermodell mit ca.  $8 \text{ m}^3/\text{h}$  etwas niedriger als die Variante 1A. Durch die kürzeren Transportwege ergeben sich bei dieser Variante voraussichtlich geringere Sanierungszeiten als bei den Varianten 1A und 1B.

Die Nachteile dieser Variante liegen in den erhöhten Investitions- und Betriebskosten von zusätzlichen zwei Brunnen, die mit Versorgungsleitungen im Straßenbereich ( ca. 200 m) „An der Tönneburg“ erstellt werden müssen sowie höheren Wartungs-, Betriebs- und Überwachungskosten für die 4 Brunnen.

### **8.3 Pump & Treat und mikrobiologische in situ Sanierung**

In der Variante 3 (siehe Anlage 14) kann eine kleiner dimensionierte Pump&Treat Maßnahme (basierend auf Variante 1A) auf dem DEULA-Gelände installiert werden. Dadurch werden im Unterstrom an der Fahnen Spitze die Schadstoffe von der hydraulischen Maßnahme nicht mehr erfasst. Die dort befindlichen Belastungen werden durch eine mikrobiologische in situ Sanierung behandelt (mikrobiologische Ergänzung der hydraulischen Maßnahme).

Die an der Fahnen Spitze in geringen Konzentrationen (< 100 bis ca. 500 µg/l, im Mittel ca. 200 µg/l) vorhandenen LHKW werden durch die mikrobiologische in situ Sanierung vor der weiteren Verlagerung in den Unterstrom abgebaut. Diese unterstützende Maßnahme kann zeitlich mittelfristig (ca. 5 Jahre) begrenzt vorgenommen werden, da aus dem Oberstrom durch den Betrieb der hydraulischen Sanierung keine LHKW mehr nachströmen.

Mikrobiologische in situ Verfahren entsprechen (noch) **nicht** dem Stand der Technik, werden in den letzten Jahren jedoch immer häufiger vor allem zur unterstützenden Sanierung von Grundwasserschäden eingesetzt. Erfolg wird gerade da verzeichnet, wo die hydraulische Durchlässigkeit des Aquifers gut ist. Im Schadensfall Rübesamen mit ermittelten  $k_f$ -Werten von  $1 - 3 \times 10^{-4}$  m/s sind diese Voraussetzungen gegeben.

Mikrobiologische Abbauvorgänge werden im Schadensbereich bisher nur in geringem Maße beobachtet. Für einen unterstützenden Einsatz ist deshalb die Möglichkeit der Stimulierung der Standort eigenen Mikrobiologie oder der Zusatz geeigneter Mikrobiologie (Bakterienstämme) im Labor und in Pilot-Tests im Feld zu untersuchen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 46 von 62**

Ist die Wirksamkeit der Mikrobiologie in Pilotversuchen nachgewiesen und die Substrate in den Aquifer eingebracht, kann schätzungsweise in ca. 2-3 Jahren ein deutlicher Schadstoffabbau und damit das Teil-Sanierungsziel Stationarität der Fahne erreicht werden.

Von Vorteil ist bei mikrobiologischen in situ Verfahren, dass nur im geringen Umfang technische Anlagen Vorort installiert werden müssen. Es ist keine dauerhafte Energieversorgung (kein dauerhafter Energieverbrauch) und keine Entwässerung notwendig. Die Fläche sollte möglichst frei von dichter Bebauung sein, damit die Injektion des Nährsubstrates nicht behindert wird (möglich z.B. im Bundeswehrgelände und nördlich angrenzender Wohnbebauung bis zur Straße „An der Tönneburg.“)

Der Nachteil besteht im erhöhten Kontrollaufwand im Unterstrom der Fahne während der Durchführungsphase. Online-Messtechnik mit Funkübertragung von Vor-Ort-Daten (Redoxpotenzial, pH-Wert, GW-Stände) ermöglichen jedoch heute einen geringeren Personaleinsatz.

Wird aus unvorhersehbaren Gründen ein prognostizierter mikrobiologischer Abbau nicht erreicht, können nur wenige Korrekturmaßnahmen eingesetzt werden. Dies ist ein weiterer Nachteil, der beim Einsatz von Mikrobiologie zu berücksichtigen ist. Die bei der Variante 3 im Oberstrom zusätzlich installierte hydraulische Sanierung ist deshalb so zu planen, dass sie in einem solch ungünstigen Fall entsprechend erweitert werden kann.

#### **8.4 Reaktive Wand**

Unter den gegebenen geologischen und hydrogeologischen Voraussetzungen kann auch eine Reaktive Wand zur Sanierung des Schadens eingesetzt werden. Sie muss an der Fahnen Spitze (Lage siehe Anlage 14; Gebiet im Bereich zwischen GWM 11 und GWM 14) gebaut werden, um alle noch vorhandenen Schadstoffe bei einer Durchströmung mit der natürlichen Fließgeschwindigkeit zu erfassen. Dementsprechend lange Sanierungszeiten (3-fache Durchströmung der Wand mit natürlicher Fließgeschwindigkeit, s. Anlage 2.1 ca. 40 – 50 Jahre) sind einzuplanen.

Der Bau einer Reaktiven Wand mit einer notwendigen Baugröße von ca. 150 m Länge und ca. 14 m Tiefe erfordert hohe Investitionskosten, der Betrieb ist jedoch mit geringen Kosten verbunden. Es ist lediglich ein Grundwassermonitoring zur Kontrolle der Wirkung notwendig. Sollte die Reaktive Wand jedoch ihre Wirkung verlieren (z.B. Verringerung der Durchlässigkeit) sind Wartungsarbeiten sehr Kosten intensiv.

Eine Reaktive Wand kann von der Art des Verfahrens beim Grundwasserschaden Rübesamen eingesetzt werden. Auch wenn das Verfahren nicht dem Stand der Technik entspricht und nicht als geeignetes Sanierungsverfahren eingeschätzt wird, wird die Reaktive Wand bei der folgenden Kostenschätzung mitbetrachtet.

## 9 Fachliche Bewertung ausgewählter Sanierungstechniken

### 9.1 Sanierungszeiten

Die Verringerung von Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser bei Pumpmaßnahmen kann erfahrungsgemäß näherungsweise mit einer e-Funktion beschrieben werden. Obwohl der Konzentrationsverlauf typischerweise einer asymptotischen Kurve entspricht, kann er im konkreten Fall nicht sicher abgeleitet werden. Um zu einer realistischen Annahme zu kommen, werden nachfolgend verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Kurvenverläufen (Annahme verschiedener Halbwertszeiten [HWZ]) betrachtet.. Im vorliegenden Fall ist es sinnvoll, eher längere Halbwertszeiten anzunehmen, da die Anfangskonzentrationen mit 800 µg/l (Ergebnisse Pumpversuch) nicht sehr hoch sind und in diesem Konzentrationsbereich schnelle Schadstoffreduktionen nicht zu erwarten sind.

Niedrige Konzentrationen (z.B. Bereich der GFS) im asymptotischen Kurvenabschnitt zur x-Achse werden etwa nach 10 Jahren (HWZ 24 Monate)- 15 Jahren (HWZ 36 Monate) erreicht (siehe Anlage 16, Konzentrationsdiagramm).

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 48 von 62

Bei den zugrundeliegenden Förderraten ergeben sich über den Sanierungszeitraum abgeschätzte Frachten von ca. 160 -**200** kg LHKW. Diese gegenüber der abgeschätzten Menge von derzeit 40 kg im Grundwasser der Schadstofffahne gelösten Schadstoffe erklärt sich aus der Mobilisation auch sorbierter Schadstoffe durch die hydraulische Maßnahme.

Aus den beigefügten Diagrammen wird ebenso ersichtlich, dass mit sinkender Konzentration die Kosten für die Förderung des Schadstoffes erheblich ansteigen (s. Anlage 16). Ist der „asymptotische Kurvenabschnitt“ erreicht (nach ca. 10 Jahren), so ist noch mit Restbelastungen in der Größenordnung von 20 – 80 µg/l zu rechnen. Aufgrund der zu erwartenden stark ansteigenden spezifischen Kosten zur Entfernung der Schadstoffe sollte in dieser Phase der hydraulischen Sanierung eine Überprüfung der Verhältnismäßigkeit der Sanierungsmaßnahme vorgenommen und eine Entscheidung über die Weiterführung getroffen werden.

Erfahrungsgemäß ist unter Berücksichtigung von Verdünnungs- und Sorptionsprozessen zum Erreichen von niedrigen Konzentrationen mindestens ein dreifacher Austausch des Grundwasser erforderlich. Bei einem ca. 3-fachen Austausch des kontaminierten Grundwasservolumens (ca. 200.000 m<sup>3</sup>, siehe Gefährdungsabschätzung) ergibt sich zusammen mit dem durch die Pumpmaßnahme hydraulisch vergrößerten Einzugsgebiet (auch nicht belastete Teile des Aquifers werden mit erfasst) z.B. der Variante 1A (siehe Anlage 12.1) von ca. 410.000 m<sup>3</sup> (ca. 410.000 m<sup>3</sup> = 420m x 450m x 12m Aquifermächtigkeit x 0,18<sub>(eff. Porenvolumen)</sub>) bei einer Förderrate von maximal ca. 10 m<sup>3</sup>/h eine Sanierungszeit von ca. 13 – 15 Jahren.

Anhand der beiden Abschätzungen ergibt sich ein zu erwartender Zeitrahmen von ca. 10 bis 15 Jahren für den Betrieb der aktiven hydraulischen Sanierungsmaßnahme

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 49 von 62

In der Variante 1B muss ein Pumpbrunnen an der Fahnen Spitze platziert werden, um die Stationarität der Fahne zu gewährleisten. Das hat zur Folge, dass die Schadstoffe aus dem höher belasteten Bereich der Fahne eine weite Strecke zum Pumpbrunnen (SB 2) mit entsprechend geringerer Grundwasser-Fließgeschwindigkeit transportiert werden müssen (SB 1 pumpt „gegen“ die Fließrichtung von SB 2, siehe Anlage 12.2). Daraus ergeben sich Sanierungszeiten von ca. 13 bis 15 Jahren (bei 3fachem Volumenaustausch).

Die Variante 2 zielt darauf, die Sanierungszeit zu verkürzen, da sich zwei Entnahmebereiche das Einzugsgebiet „teilen“ und die Transportwege der Schadstoffe durch die Lage der Brunnen in der Straße „An der Tönneburg“ verkürzt werden kann. Möglicherweise werden dann Halbwertszeiten von 24 Monaten erzielt und eine Sanierungszeit von ca. 10 Jahren scheint dabei erreichbar.

Dies gilt ebenso für die Variante 3 mit unterstützender Mikrobiologie.

Bei der Reaktiven Wand werden die Schadstoffe bei der Durchströmung entsprechend der natürlichen Fließgeschwindigkeit aus dem Grundwasser eliminiert. Dementsprechend lange Sanierungszeiten (mind. 3-fache Durchströmung der Wand mit natürlicher Fließgeschwindigkeit, s. Anlage 2.1) von ca. 40 – 50 Jahren sind einzuplanen.

## 9.2 Kostenschätzung

Fünf Varianten werden in der gegenwärtigen Phase kostenmäßig in Betracht gezogen:

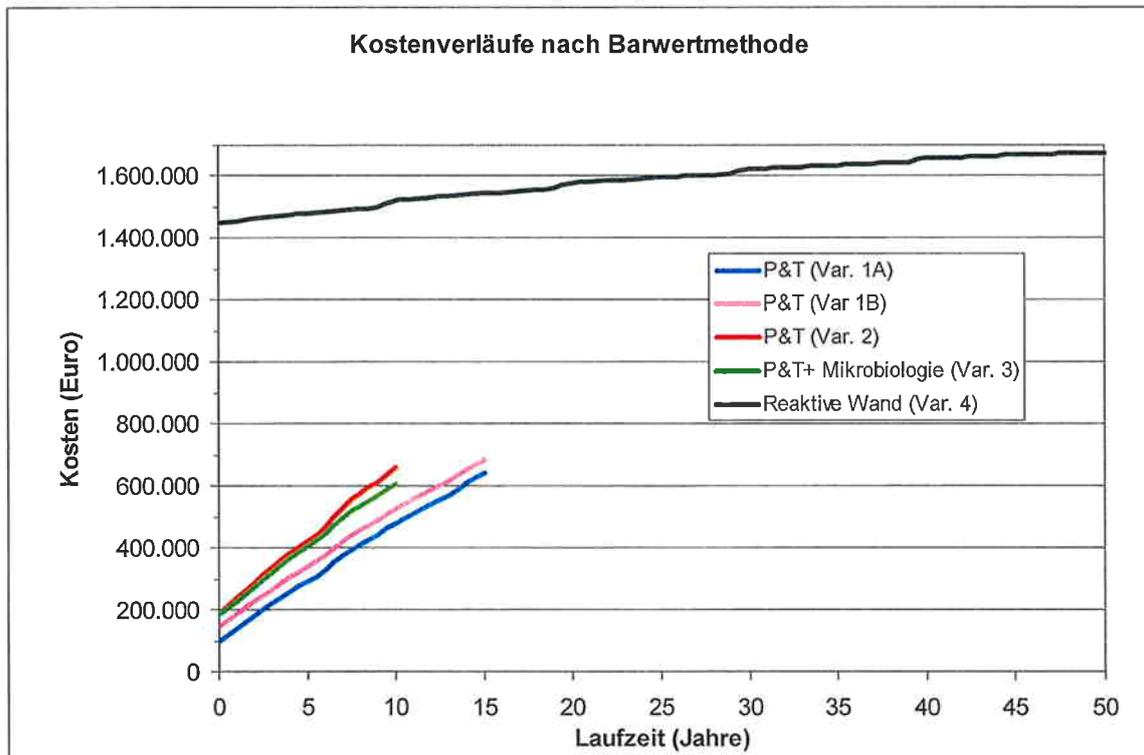
- Variante 1A: Pump&Treat (1 Entnahmebereich quer z. Fließrichtung, 2 Brunnen)
- Variante 1B: Pump&Treat (2 Brunnen längs zur Fließrichtung)
- Variante 2: Pump&Treat (2 Entnahmebereiche, je 2 Brunnen)
- Variante 3: Pump&Treat (Var. 1A, ergänzt durch in situ Mikrobiologie)
- Variante 4: Reaktive Wand

In den Tabellen der Anlage 10 sind Kostenschätzungen für die aufgeführten Varianten vorgenommen worden und in der folgenden Tabelle zusammenfasst dargestellt. Für die aufgeführten Varianten wurden entsprechend ihrer voraussichtlichen Laufzeit von 10, 15 und 50 Jahren Kosten nach der Kosten-Barwertmethode ermittelt. Die detaillierten Ergebnisse mit der Darstellung der Grundkosten sind in der Anlage 10 beigefügt. Das Ergebnis der Kosten-Barwertmethode ist im folgenden Diagramm dargestellt.

Bei den Pump&Treat-Varianten wurden ergänzend die Kosten zwischen dem Einsatz von Wasseraktivkohle (Direktadsorption) und Strippung mit nachfolgender Adsorption an Luftaktivkohle zur Grundwasserreinigung verglichen (vgl. Anlage 10). Es zeigt sich dabei, dass die Verwendung der Wasseraktivkohle insgesamt etwas höhere Investitions- und Betriebskosten aufweist. Der Verbrauch der Luftaktivkohle liegt bei ca. 400 kg/a, während bei der Wasseraktivkohle aufgrund der geringen Beladungskapazität von meist nur 2% (10% bei Luftaktivkohle) fast die fünffache Menge (ca. 1.800 kg) verbraucht wird. Ebenso ist die Filtergröße zur Realisierung der notwendigen Wasserkontaktzeit bei 10 m<sup>3</sup>/h Fördermenge mit fast 3,5 m<sup>3</sup> wesentlich größer als bei der Luftaktivkohle (ca. 1 m<sup>3</sup>) und damit die Anfangfüllung zzgl. der großen Behälter teurer als eine Stripanlage. Bei der Kostenbarwertmethode werden deshalb die Kostenschätzungen mit der Wasseraktivkohle nicht aufgeführt. Die Entscheidung über die letztlich zu wählende Reinigung des geförderten Wassers ist in der Ausführungsplanung zu treffen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübeseamen  
10.06.2009 / sim/voi Seite 51 von 62

**Diagramm 8-1: Kostenbarwertvergleich (Nettokosten)**



**Tab. 8-2: Zusammenfassung Kostenschätzung (Strippung und Adsorption mit Luft-A-Kohle) nach Kosten-Barwertmethode (netto)**

	<b>Pump&amp;Treat Variante 1A</b>	<b>Pump&amp;Treat Variante 1B</b>	<b>Pump&amp;Treat Variante 2</b>	<b>Pump&amp;Treat Mikr.-Biol. Var. 3</b>	<b>Reaktive Wand Variante 4</b>
Laufzeit	15 Jahre	15 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	50 Jahre
Reinvestition nach Jahren	7	7	7	1-5 u. 7	10
Investition	97.000 €	143.000 €	186.000 e	183.000 €	1,45 Mio. €
Reinvestition ges.	30.000 €	30.000 €	25.000 €	15.000 € u. 25.000 €	100.000 €
Betriebskosten ges. /Jahr	42.000 €	42.000 €	51.000 €	44.000 €	6.000 €
<b>Summe Kosten (nicht abgezinst)</b>	<b>ca. 757.000</b>	<b>ca. 803.000</b>	<b>ca. 721.000</b>	<b>ca. 663.000</b>	<b>ca. 1,85 Mio.€</b>
<b>Barwerte nach Laufzeit Zinsen 2,5%</b>	<b>ca. 639.000 €</b>	<b>ca. 684.000 €</b>	<b>ca. 654.000 €</b>	<b>ca. 604.000 €</b>	<b>ca. 1,68 Mio. €</b>

Für das Verfahren der Reaktiven Wand liegen Kostenvergleiche aus praktischen Anwendungen nicht vor. Deshalb wurde für die Kostenschätzung auf grobe Angaben aus dem Abschlussbericht des F&E-Vorhabens RUBIN<sup>4</sup> zurückgegriffen. Bei Kosten von min. 500 €/m<sup>2</sup> und einer Länge von ca. 150 m über die Aquifertiefe von 14 m ergeben sich Investitionskosten von ca. 1,45 Mio. € (siehe Anlage 10).

Die Kosten einer Reaktiven Wand ließen sich verringern, wenn eine Restkontamination in den Rändern der Fahne toleriert werden kann und die Baulänge der Wand sich dadurch verkürzt. Bei einer nur 100 m langen Wand fielen etwa 300.000 € weniger Investitionskosten an, die aber immer noch deutlich über den Investitionskosten für die hydraulischen Verfahren liegen.

<sup>4</sup> BMBF-Vorhaben „Anwendung von durchströmten Reinigungswänden RUBIN Teil I + II“, 2006

Bei der Kostenschätzung für die Pump&Treat Maßnahmen sind keine Einleitgebühren für das gereinigte Wasser in die öffentliche Kanalisation berücksichtigt worden, sondern es wird von der Möglichkeit einer Direkteinleitung ausgegangen. Sollte eine kostenfreie Einleitung des Pumpwassers in den Vorfluter wie beim Pumpversuch nicht möglich sein, sondern nur kostenpflichtig in die Kanalisation, steigen die Kosten für die Pump&Treat Maßnahmen stark an. Bei einer Förderleistung von 10 m<sup>3</sup>/h und einer Gebühr von 2,5 €/m<sup>3</sup> ergäben sich über 20 Jahre Kosten in Höhe von ca. 4,4 Mio. €.

### 9.3 Kosten-Nutzen-Analyse

Nachdem die Kosten der möglichen Verfahren abgeschätzt wurden, soll die Entscheidung für die zu realisierende Sanierungsvariante zusätzlich mit einer Nutzwertanalyse für den Standort getroffen werden. Dazu wurde eine Matrix erstellt, die vier Kriterien unterschiedlich nach dem folgenden Schema gewichtet (vgl. Anlage 11):

Kriterien	Gewichtung
Technische Anwendbarkeit	30 %
Wirksamkeit (im Hinblick auf Sanierungszielerfüllung)	20 %
Auswirkungen auf die Umwelt und Infrastruktur	10 %
Kosten	40 %
Summe	100%

Mit 40 % wird das Kriterium „Kosten“ am stärksten gewichtet, während die Auswirkungen auf die Umwelt und Infrastruktur bei der Bewertung eher gering ins Gewicht fallen.

Die Bewertung und Einschätzung erfolgt durch den Gutachter nach einem Wertigkeits- und Punkteschema auf einer Skala von 1 (ungünstige Bewertung) bis 10 (positive Bewertung). Die Bewertung der Unterpunkte bei den Kriterien macht deutlich, welche Eigenschaften der einzelnen Sanierungsverfahren besonders zu berücksichtigen sind.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi**Seite 54 von 62**

So wird beim Kriterium „Technische Anwendbarkeit“ die schadstoffspezifische Eignung sowie die Betriebssicherheit mit der Standortgeologie am höchsten gewichtet, während Stand der Technik, Handlungsmöglichkeiten bei Versagen und Überwachungsmöglichkeiten geringer gewichtet werden. So erreichen die hydraulischen Verfahren gegenüber der Mikrobiologie und der Reaktiven Wand gerade durch die hohe Betriebssicherheit einen Punktvorteil.

Verminderte Punktzahlen erhalten die Mikrobiologie und die Reaktive Wand bei der Bewertung „Grundwasserschutz“, da hier die Methoden für die Zeit ihres Einsatzes durch Stoffeingabe (Co-Substrat Mikrobiologie) und Verwendung von Reaktionsstoffen (Reaktive Wand) die Grundwasserbeschaffenheit verändern. Durch die stattfindende Dechlorierung wird der Chloridgehalt des Grundwassers im Unterstrom leicht erhöht (1 mg/l Per  $\approx$  0,8 mg/l Chlorid). Gegenüber den natürlichen Chloridgehalten im Grundwasser ist diese Erhöhung jedoch nicht relevant.

Bei der Bewertung der Kosten werden die Investitionskosten am höchsten bewertet, so dass die Reaktive Wand aufgrund der sehr hohen Investitionskosten nur eine geringe Punktzahl erreicht. Obwohl die Reaktive Wand bei Betriebs- und Nachsorgekosten sehr hohe Punktzahlen erhält, schneidet sie insgesamt bei der Kostenbewertung am schlechtesten ab.

Das Ergebnis ist als Anlage 11 beigefügt und ergibt zusammenfassend folgende Bewertung:

- Pump&Treat (Variante 1A) = 8,00 Punkte
- Pump&Treat (Variante 1B) = 7,75 Punkte
- Pump&Treat (Variante 2) = 7,76 Punkte
- Pump&Treat mit Mikrobiologie (Variante 3) = 6,81 Punkte
- Reaktive Wand (Variante 4) = 6,43

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 55 von 62

Die Nutzwertanalyse zeigt, dass alle vorausgewählten Verfahren zur Sanierung des Grundwasserschadens Rübesamen in Warendorf grundsätzlich geeignet sind, die Reaktive Wand jedoch aufgrund ihrer hohen Investitionskosten und des noch nicht bis zum „Stand der Technik“ entwickelten Verfahrens deutlich mit der geringsten Punktzahl abschneidet.

Die Pump&Treat-Varianten liegen in der Punktzahl relativ dicht zusammen und können (in einer der Varianten) bei der Sanierung des Grundwasserschadens in Betracht gezogen werden.

Die Variante 3 (Pump&Treat mit unterstützender Mikrobiologie) liegt bei den Kosten etwas unter den Pump&Treat-Varianten. In der technischen Anwendbarkeit jedoch mit den Bewertungskriterien –Stand der Technik, Betriebssicherheit, Überwachungsmöglichkeit und Handlungsmöglichkeit bei Versagen (1.3 – 1.6) erhält diese Variante deutlich weniger Punkte als die „konventionellen“ Pump&Treat Verfahren, so dass der Kostenvorteil nicht zum Tragen kommt.

#### **9.4 Vorschlag einer Vorzugssanierungsvariante**

Nachdem für die näher betrachteten Sanierungsvarianten (Varianten 1A, 1B, 2, 3 u. 4) Kostenschätzungen vorgenommen wurden und mit der Kosten-Nutzenanalyse alle Verfahren bewertet wurden, wird von Gutachterseite die Variante 1A als Vorzugsvariante vorgeschlagen. Diese Variante erhielt bei der Bewertung mit 8,0 die höchste Punktzahl.

Aufgrund der länger abgeschätzten Laufzeit der Variante 1A gegenüber den Varianten 2 und 3 ergeben sich zwar höhere Kosten gegenüber der Mikrobiologie (Variante 3), dafür ist die Variante am geplanten Standort (freies DEULA-Gelände), ohne Eingriff in die Infrastruktur des angrenzenden Wohngebietes, einfach zu installieren. Eventuelle Defekte im Kabel oder Leitungssystem können mit geringem Aufwand bei Tiefbauarbeiten repariert werden. Daraus resultieren gegenüber den anderen Varianten relativ geringe Investitionskosten von ca. 100.000 €. Der Kostenbarwert ist mit 630.000 € nur wenig höher als die Mikrobiologie mit 600.000 €. Das Verfahren entspricht (im Gegensatz zu den mikrobiologischen in situ Verfahren) dem Stand der Technik und ist seit vielen Jahren erprobt.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 56 von 62

Es vermeidet die Installation und den Betrieb von Anlagen innerhalb des Wohngebietes an der Tönneburg und damit die Inanspruchnahme verschiedener privater Grundstücke; die Sanierungsanlagen als dauerhaft technisch betriebene Anlagen sind außerdem nicht in sensibel genutzten (privaten) Bereichen untergebracht.

Bei der Ausführung der Tiefbau- und Bohrarbeiten sowie beim Umgang mit dem kontaminierten Grundwasser sind die Vorschriften für den Arbeitsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen - BGR 128 – zu beachten. Im Betrieb sind alle Anlagen so zu betreiben, dass sich keine Belästigungen oder Beeinträchtigungen auf den privat genutzten Grundstücken (z.B. Lärmentwicklung) ergeben und die Inanspruchnahme der Flächen auf dem DEULA-Gelände möglichst gering gehalten wird.

## 10 Überwachung und Nachsorgemaßnahmen

Die dargestellten hydraulischen Maßnahmen sichern bei einem dauerhaften Betrieb das Erreichen der Sanierungsziele (siehe Kapitel 6). Dies sind sofortige Stationarität der Grundwasserverunreinigung und im weiteren Zeitverlauf der Sanierung die Abnahme der Schadstoffbelastung im verunreinigten Grundwasserkörper.

Die Maßnahme ist dabei so zu überwachen, dass die Einhaltung der Sanierungsziele nachgehalten und dokumentiert werden kann:

- **Überwachung**

### **Sanierungsanlagen-Kontrolle (wöchentlich oder Fernüberwachung):**

Erfassung der Fördermengen

Erfassung der Betriebszeiten und -zustände

Erfassung der Grundwasserstände in den Sanierungsbrunnen und angrenzende Kontrollmessstellen

ggfl. Abluftkontrolle über vor Ort Sensormesstechnik

### **Analytik geförderttes und gereinigtes Grundwasser (monatlich)**

Untersuchung der Schadstoffkonzentrationen in den einzelnen Förderbrunnen

Untersuchung der Schadstoffkonzentrationen im Ablauf Sanierungsanlage

**Umfelduntersuchungen (halbjährlich bis jährlich):**

Beprobung und Untersuchung der Umfeldmessstellen

Erfassung der Grundwasserstände in den Umfeldmessstellen

- **Nachsorge**

Die Sanierungsmaßnahme gilt nach der Ableitung der Sanierungsziele (Kap. 6) als beendet, wenn die Kriterien des Sanierungsziels dauerhaft erreicht sind. Um dies zu dokumentieren, sind nach einem erstmaligen Stilllegen der Sanierungsanlagen nachsorgende Maßnahmen zu ergreifen. Dafür sind die bestehenden Kontrollmaßnahmen an den Überwachungsmessstellen weiter fortzuführen bis sich die natürlichen hydraulischen Verhältnisse wieder eingestellt haben und davon ausgegangen werden kann, dass auch ohne Pumpmaßnahmen die LHKW-Konzentrationen nicht mehr ansteigen.

Erfahrungsgemäß wird ein Monitoring mit kürzeren Beprobungszyklen von etwa 3 - 6 Monaten in den ersten 2 – 3 Jahren durchgeführt. Danach können die Zyklen je nach Stetigkeit der Untersuchungsergebnisse verlängert werden. Werden dauerhaft die Kriterien des Sanierungsziels ohne Pumpmaßnahmen nicht erreicht, muss die Förderung wieder aufgenommen werden. Es kann deshalb sinnvoll sein, die Sanierungsanlagen nach Beendigung der hydraulischen Maßnahme zunächst funktionsfähig vor Ort zu belassen.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen

10.06.2009 / sim/voi

Seite 58 von 62

## 11 Zusammenfassung

Für den Bereich der LHKW-Grundwasserverunreinigung Rübesamen in Warendorf an der Freiherr-von-Langen-Straße wurde die WESSLING Beratende Ingenieure GmbH mit Schreiben vom 2. Juli 2008 vom Kreis Warendorf beauftragt, nach den Vorgaben des Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) eine Sanierungsuntersuchung durchzuführen.

Grundlage für die Sanierungsuntersuchung ist die Gefährdungsabschätzung vom 15.2.2008, [14]. In der Gefährdungsabschätzung wurde festgestellt, dass es sich bei der LHKW-Grundwasserverunreinigung gemäß dem LAWA-Konzept<sup>5</sup> nicht um eine kleine Grundwasserverunreinigung mit einem bestehenden Ausbreitungsrisiko handelt und für das Schadensgebiet ein Sanierungserfordernis besteht.

Ausgehend von der Schadstoffquelle im Bereich der ehemaligen chemischen Reinigung, in deren Bereich die LHKW-Konzentrationen mittlerweile auf Gehalte um 30 µg/l gesunken sind, hat sich eine mit LHKW verunreinigte Schadstofffahne mit dem Grundwasser maximal ca. 550 m nach Südwesten bis zum Bundeswehrgelände „An der Tönneburg“ ausgebreitet (siehe Anlage 3). Die regelmäßig beobachteten Maximalkonzentrationen in der Fahne liegen bei ca. 800 - 1.000 µg/l in der Summe der LHKW (Maximalwert bei der Wasserhaltung für die Kanalbaumaßnahme bis 2.500 µg/l). In einer Entfernung von ca. 200 m von der Unterstrommessstelle GWM 11, in der noch eine LHKW-Verunreinigung von ca. 80 µg/l gemessen wurde, liegt das Wohngebiet Hasenkamp – Buschkamp mit einer bestehenden Eigentrinkwasserversorgung.

---

<sup>5</sup> „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“; Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO), 2006

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 59 von 62

Die Sanierungsuntersuchung wurde mit dem Ziel durchgeführt, im Hinblick auf mögliche Sanierungsmaßnahmen zum Erreichen des Sanierungsziels die

- technische Durchführbarkeit
- den erforderlichen Zeitaufwand
- die Wirksamkeit im Hinblick auf das Erreichen des Sanierungsziels
- eine Kostenschätzung (Nutzwertanalyse)
- die Wirkungskdauer der Maßnahmen und deren Überwachungsmöglichkeit
- die Nachbesserungsmöglichkeiten

sowie

- die Erfordernisse von Nachsorgemaßnahmen

darzustellen.

Zur Ergänzung der Grundlagendaten möglicher Sanierungstechniken wurde im Bereich der Fahne ein Pumpversuch auf dem Grundstück der Deutschen Lehranstalt für Agrartechnik in Warendorf (DEULA, Brunnen „DEULA neu“) und erneute Grundwasseruntersuchungen an vorhandenen Grundwassermessstellen durchgeführt. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der begleitenden Grundwasseruntersuchungen beim Kanalbau in der Freiherr-von-Langen-Straße im April und Mai 2008 des Ingenieurbüros GUCH GmbH [12] dargestellt und im Hinblick auf Veränderungen der Schadensituation bewertet (siehe Kap. 5.1).

Die Ergebnisse der Sanierungsuntersuchung und die hier dargelegten Empfehlungen sollen die Untere Bodenschutzbehörde in die Lage versetzen, darüber entscheiden zu können, welche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr geeignet, erforderlich und angemessen sind.

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi

Seite 60 von 62

Als Sanierungsziel wurde die Verhinderung der weiteren Schadstoffausbreitung im Bereich der Fahne (Stationarität der Fahne) und die Abnahme der Schadstoffbelastung im verunreinigten Grundwasserkörper festgelegt (siehe Kap. 6).

In Kap. 7 wurden verschiedene Sanierungsmethoden vorgestellt. Sanierungsmethoden, die ausschließlich zur Sanierung von Schadstoffquellen geeignet sind, wurden nicht aufgeführt, da aus dem Bereich der ehemaligen chemischen Reinigung den letzten Grundwasseruntersuchungen zufolge nur noch geringe Schadstoffemissionen zu erwarten sind, die eine Behandlung nicht mehr erfordern.

Die **Auswertungen des Pumpversuchs** bestätigten mit Durchlässigkeitsbeiwerten von  $3 \times 10^{-4}$  m/s Größenordnungen, die bei früheren Untersuchungen ebenfalls ermittelt wurden. Die im Pumpbrunnen gemessenen LHKW-Gehalte im Bereich von 680 µg/l (vor Start Pumpversuch) und 820 µg/l (zum Ende Pumpversuch) zeigen keine wesentlichen Schwankungen. Da keine abnehmenden Konzentrationen (z.B. durch Verdünnung) oder zunehmende Konzentrationen (Hinweis auf Mobilisationen aus dem Fahnenbereich vorliegen, ist davon auszugehen, dass der Förderbrunnen sich im zentralen gleichmäßig kontaminierten Bereich der Abstromfahne mit LHKW-Konzentrationen um 800 µg/l befindet.

Aus den **begleitenden Untersuchungen bei den Kanalbauarbeiten** im April und Mai 2008 können zusammenfassend folgende Ergebnisse festgestellt werden:

- bei der Kanalbaumaßnahme ist im Bereich der Fahne durch die Wasserhaltung eine deutliche Mobilisation der LHKW im Grundwasserleiter erfolgt;
- bei der Grundwasserabsenkung im Bereich der Freiherr-von-Langen-Straße erfolgte der Zustrom von Osten aus dem Gelände der ehem. chem. Reinigung Rübesamen und von Westen aus dem Bereich der Fahne;
- die Grundwassermessstellen auf dem Gelände der Reinigung zeigen einen leichten Anstieg der Konzentration, der auf ein noch vorhandenes (geringes) Restschadstoffpotential in diesem Bereich vermuten lässt;

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi **Seite 61 von 62**

- die starken Konzentrationserhöhungen (kurzfristig bis zu 2.500 µg/l in der Wasserhaltung) lassen sich aber i.W. auf Mobilisationen aus dem Fahnenbereich westlich der Freiherr-von-Langen-Straße zurückführen.

Die Ergebnisse der Messstellenbeprobung zum Ende des Pumpversuch sollten eventuelle Veränderungen durch den Pumpversuch zeigen, aber durch die zusätzlichen Untersuchungsparameter auch Hinweise auf natürliche Abbaupotenziale (NA) geben.

Konzentrationsveränderungen durch den Pumpversuch wurden nicht festgestellt. Lediglich die Konzentrationsveränderungen durch die Wasserhaltungen bei den Kanalbaumaßnahmen, die wesentlich größere Grundwassermengen aus dem Aquifer entfernten, waren vor allem in der GWM 6 noch zu sehen.

Hinweise auf einen natürlichen LHKW-Abbau im Grundwasserleiter (NA) ergaben sich nicht. Die vor Ort gemessenen Redoxpotenziale um +300 mV und Sauerstoffgehalte von 0,7 – 2,5 mg/l weisen eher auf oxidative Verhältnisse hin, so dass ein anaerober Abbau von LHKW nur in geringen Umfang stattfindet. Eine Verlagerung der Fahnen spitze in Richtung Unterstrom wurde nicht festgestellt. Die LHKW-Konzentrationen in den Unterstrommessstellen GWM 11 und 14 (kein LHKW-Nachweis) wurden in der gleichen Größenordnung wie bei früheren Untersuchungen gemessen.

Die Darstellung verschiedener möglicher Sanierungsverfahren (Kap. 7) ergab unter technischen Gesichtspunkten folgende Vorauswahl:

- Pump & Treat
  - Variante 1A: mit einem Entnahmebereich quer zur Fließrichtung und 2 Brunnen
  - Variante 1B: mit 2 Brunnen in GW-Fließrichtung (DEULA-Gelände und Fahnen spitze).
  - Variante 2: mit zwei Entnahmebereichen in verschiedenen Fahnenabschnitten
  - Variante 3: Pump & Treat mit einem Entnahmebereich und unterstützender in situ Mikrobiologie (ENA)
  - Variante 4: Reaktive Wand

IAL-07-0134 / Kreis Warendorf / Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
10.06.2009 / sim/voi**Seite 62 von 62**

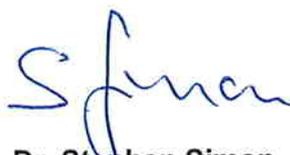
Nach Ermittlung der Kosten mit der Kosten-Barwertmethode für einem Berechnungszeitraum von 10 - 50 Jahren je nach Sanierungsvariante (siehe Anlage 10) und Durchführung einer Nutzwertanalyse anhand einer Matrix (siehe Anlage 11) wird von Gutachterseite die Variante 1A als Vorzugsvariante zur Sanierung des LHKW-Grundwasserschadens empfohlen. Die Kostenbarwerte werden für eine Sanierungszeit von 15 Jahren mit ca. 639.000 € abgeschätzt. Einleitgebühren für das geförderte Wasser in die öffentliche Kanalisation wurden dabei jedoch nicht berücksichtigt, da von einer Möglichkeit zur Direkteinleitung ausgegangen wird.

Eine Reaktive Wand im Unterstrom der Schadstofffahne ist von der Methode zwar grundsätzlich technisch geeignet, die Anforderungen des Sanierungsziels zu erfüllen, wird aber aufgrund der um ca. 1 Mio. € höheren Kosten gegenüber den Pump&Treat-Varianten und des noch nicht erlangten Status „Stand der Technik“ nicht empfohlen.

Auch die Variante 3 (Pump&Treat mit mikrobiologischer Ergänzung) wird wegen des noch nicht erreichten Standes der Technik als Sanierungsmethode nicht empfohlen, obwohl sie eine kürzere Sanierungszeit und geringfügig niedrigere Kosten aufweist.

Für die nähere Beschreibung und Auslegung der Pump&Treat-Maßnahme sind weitere fachspezifische Planungen vorzunehmen (Sanierungsplanung).

Während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen sind die Schadstoffkonzentrationen und je nach Sanierungsmethode weitere Parameter in den vorhandenen Grundwassermessstellen und den Messstellen einer Sanierungsanlage zu überwachen und der Sanierungsfortschritt zu dokumentieren. Entsprechende Überwachungs- und auch Nachsorgemaßnahmen für einen Zeitraum nach der Sanierung wurden in Kapitel 11 skizziert .



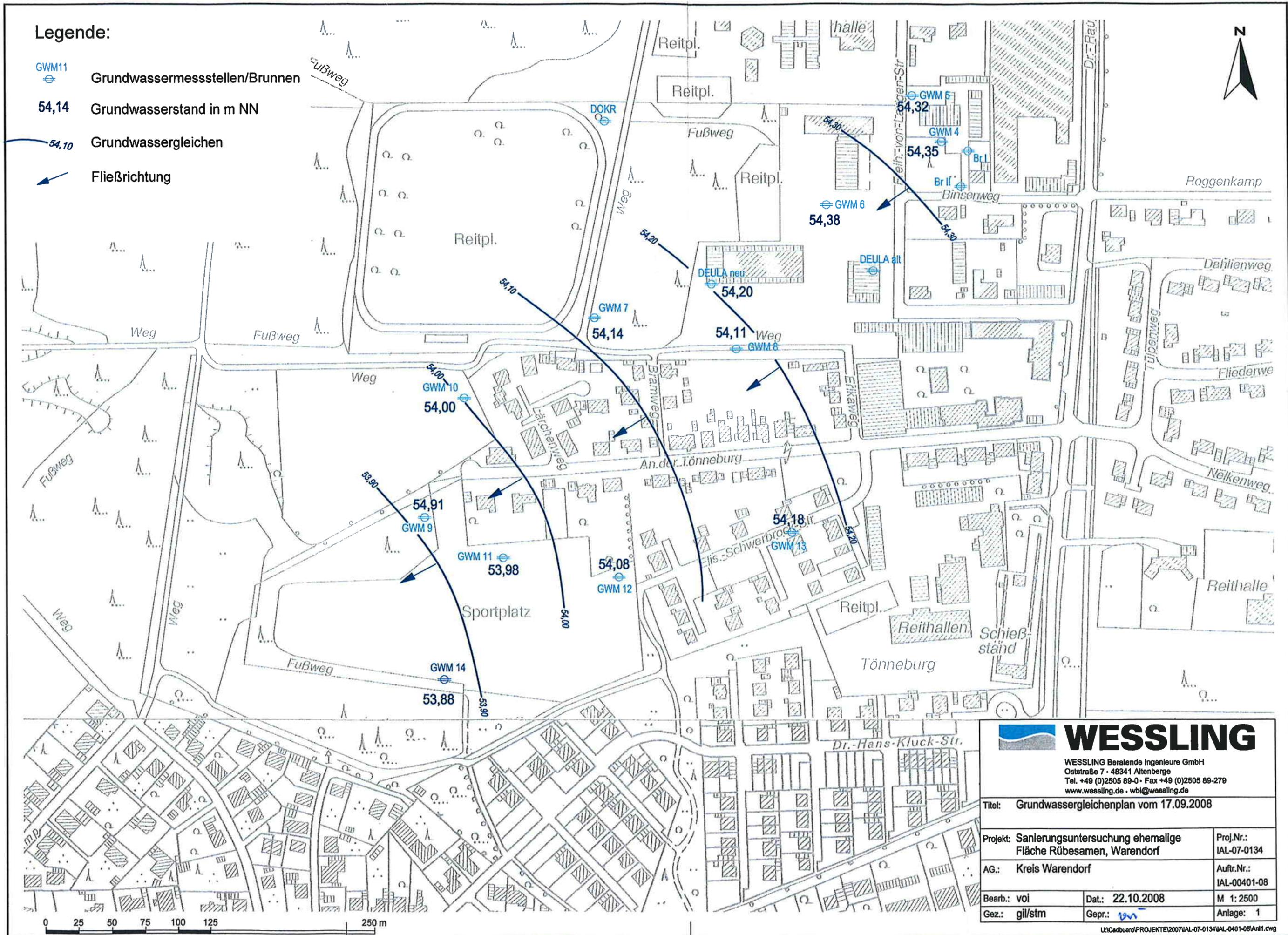
**Dr. Stephan Simon**  
Diplom-Geologe

## **ANLAGE 1**

### **Grundwassergleichenplan (Ruhezustand)**

**Legende:**

-  **GWM11** Grundwassermessstellen/Brunnen
- 54,14** Grundwasserstand in m NN
-  **54,10** Grundwassergleichen
-  **Fließrichtung**





**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de • wbi@wessling.de

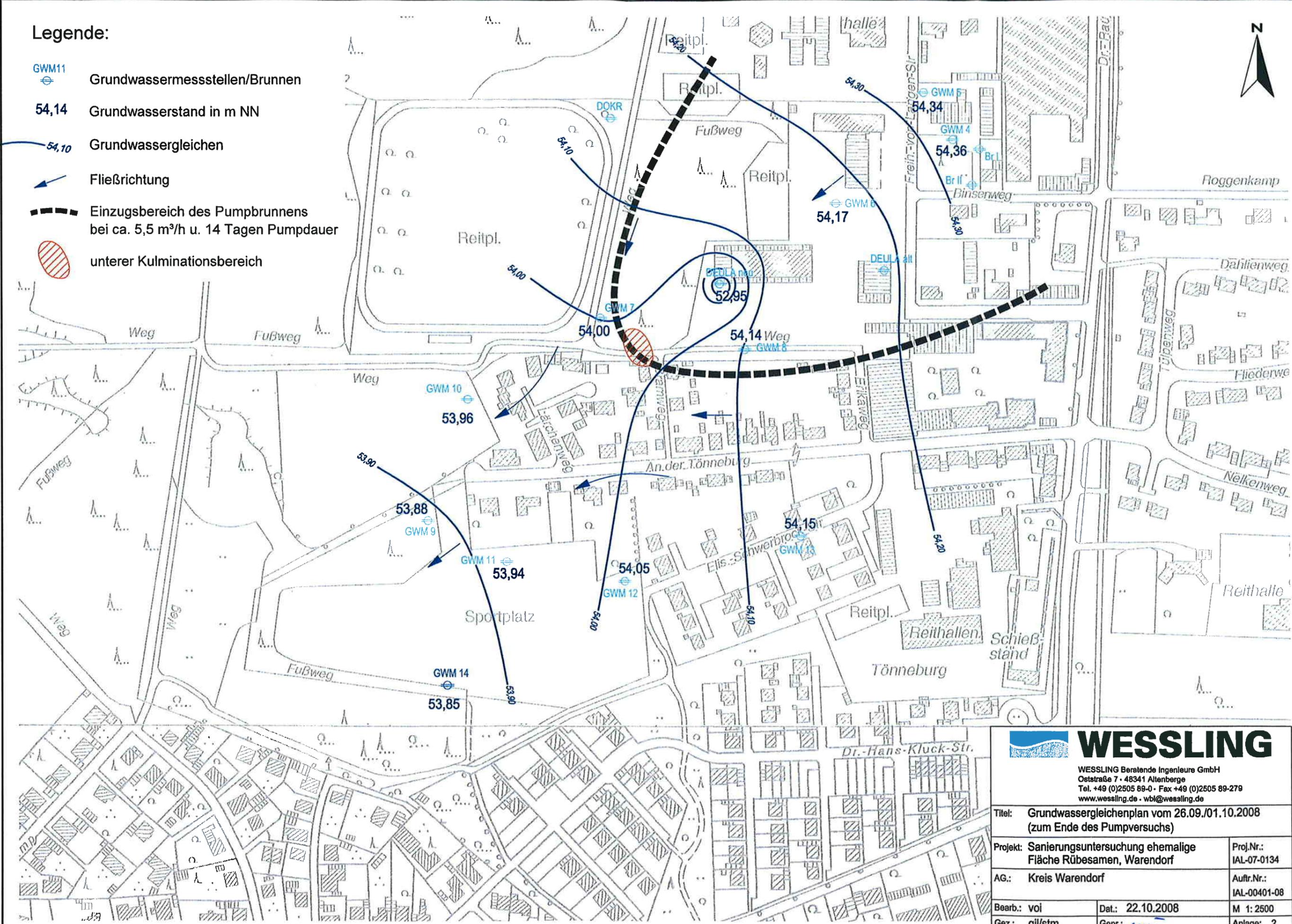
Titel: Grundwassergleichenplan vom 17.09.2008		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Aufr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: voi	Dat.: 22.10.2008	M 1: 2500
Gez.: gil/stm	Gepr.: 	Anlage: 1

## **ANLAGE 2**

### **Grundwassergleichenplan (abgesenkter Zustand DEULA neu)**

**Legende:**

-  **GWM11** Grundwassermessstellen/Brunnen
- 54,14** Grundwasserstand in m NN
-  **54,10** Grundwassergleichen
-  Fließrichtung
-  Einzugsbereich des Pumpbrunnens bei ca. 5,5 m³/h u. 14 Tagen Pumpdauer
-  unterer Kulminationsbereich





**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oetstraße 7 • 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de • wbl@wessling.de

Titel: Grundwassergleichenplan vom 26.09./01.10.2008 (zum Ende des Pumpversuchs)		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	AG.: Kreis Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134
Bearb.: voi	Dat.: 22.10.2008	Aufr.Nr.: IAL-00401-08
Gez.: gil/stm	Gepr.: 	M 1: 2500 Anlage: 2

## **ANLAGE 2.1**

### **Modellberechnung Grundwasserfließzeiten**

#### **nat. Fließverhältnisse**

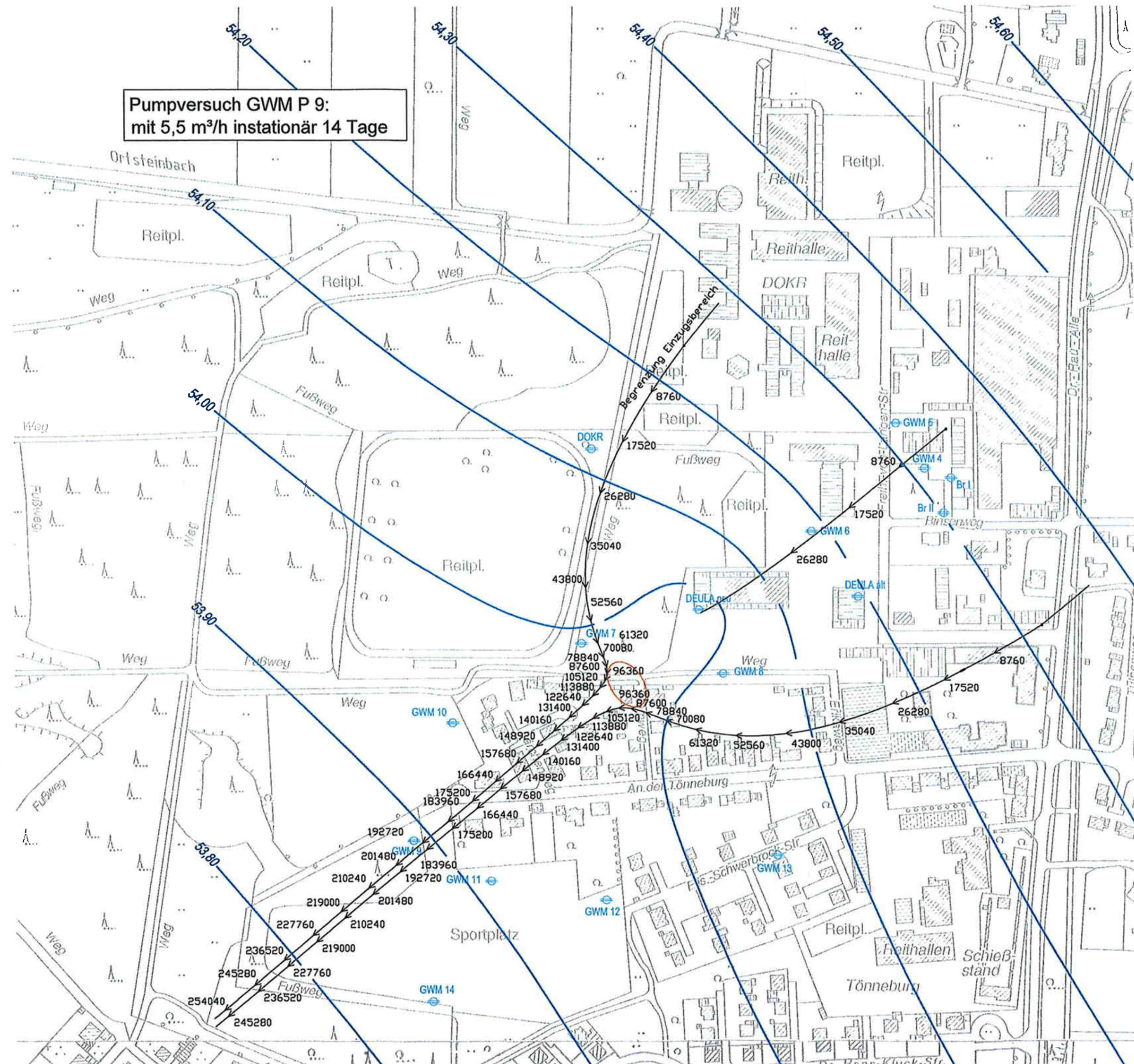


## **ANLAGE 2.2**

### **Modellberechnung Pumpversuch P 9**

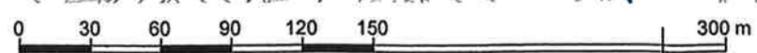


**Pumpversuch GWM P 9:**  
mit 5,5 m<sup>3</sup>/h instationär 14 Tage



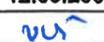
**Legende:**

-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
-  Grundwassergleichen mit Höhenangabe NN
-  GW-Fließzeiten in Jahresstunden und Fließwege
-  Kulminationsbereich





**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbi@wessling.de

<b>Titel:</b> Darstellung Grundwasserabsenkung Pumpversuch P9 (Modellsimulation)		
<b>Projekt:</b> Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	<b>Proj.Nr.:</b> IAL-07-0134	
<b>AG.:</b> Kreis Warendorf	<b>Auftr.Nr.:</b> IAL-00401-08	
<b>Bearb.:</b> vol	<b>Dat.:</b> 12.03.2009	<b>M:</b> 1:3000
<b>Gez.:</b> stm	<b>Gepr.:</b> 	<b>Anlage:</b> 2.2

U:\Cedruero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\Anl2-2.dwg

## **ANLAGE 3**

**LHKW-Konzentrationen i.d. Fahne (2.10.2008)**

**Legende:**

GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen

175 LHKW- Konzentration ( $\mu\text{g/l}$ )

10 - 20  $\mu\text{g/l}$

> 20 - 50  $\mu\text{g/l}$

> 50 - 100  $\mu\text{g/l}$

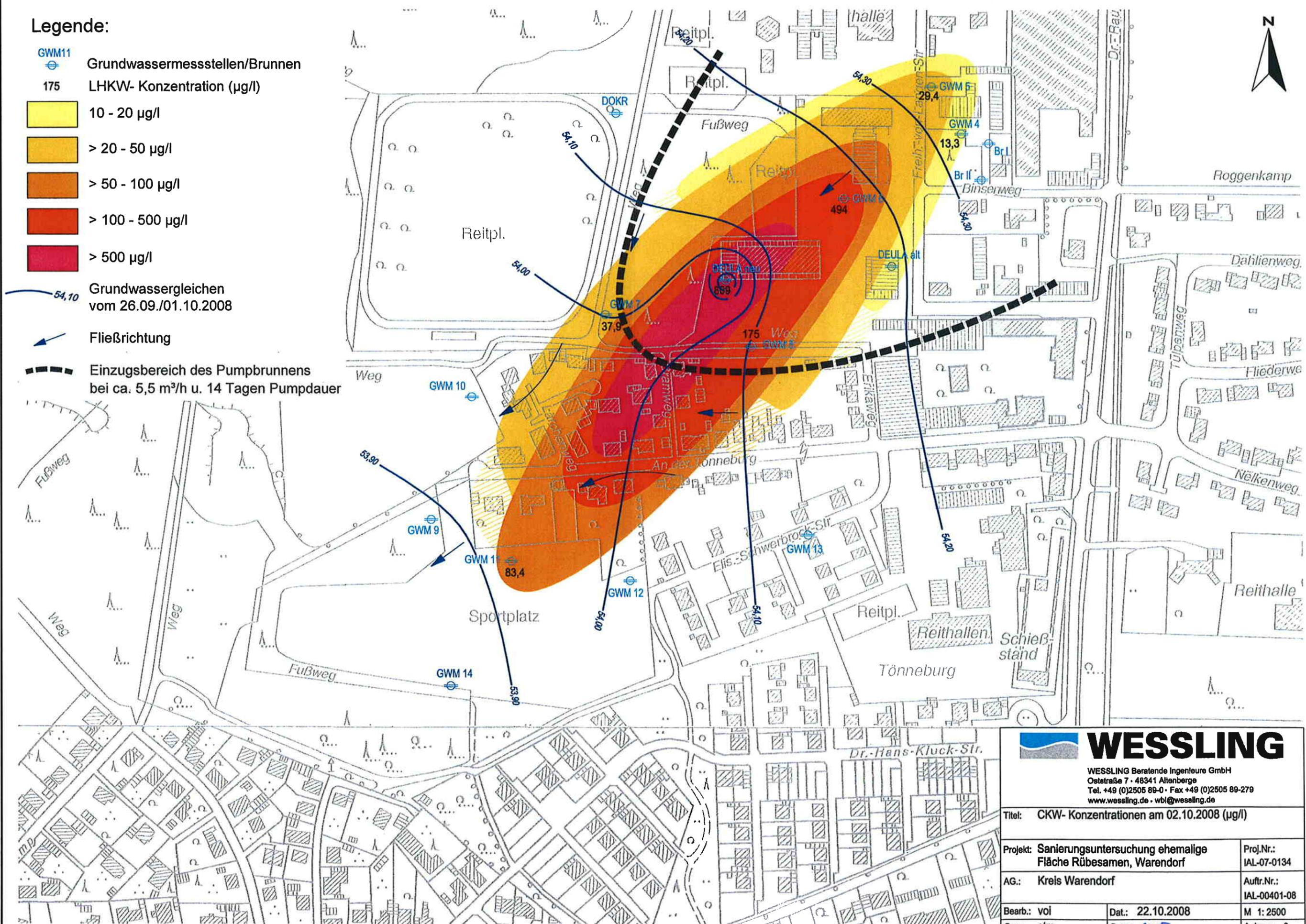
> 100 - 500  $\mu\text{g/l}$

> 500  $\mu\text{g/l}$

54,10 Grundwassergleichen vom 26.09./01.10.2008

Fließrichtung

Einzugsbereich des Pumpbrunnens bei ca. 5,5 m<sup>3</sup>/h u. 14 Tagen Pumpdauer



**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbl@wessling.de

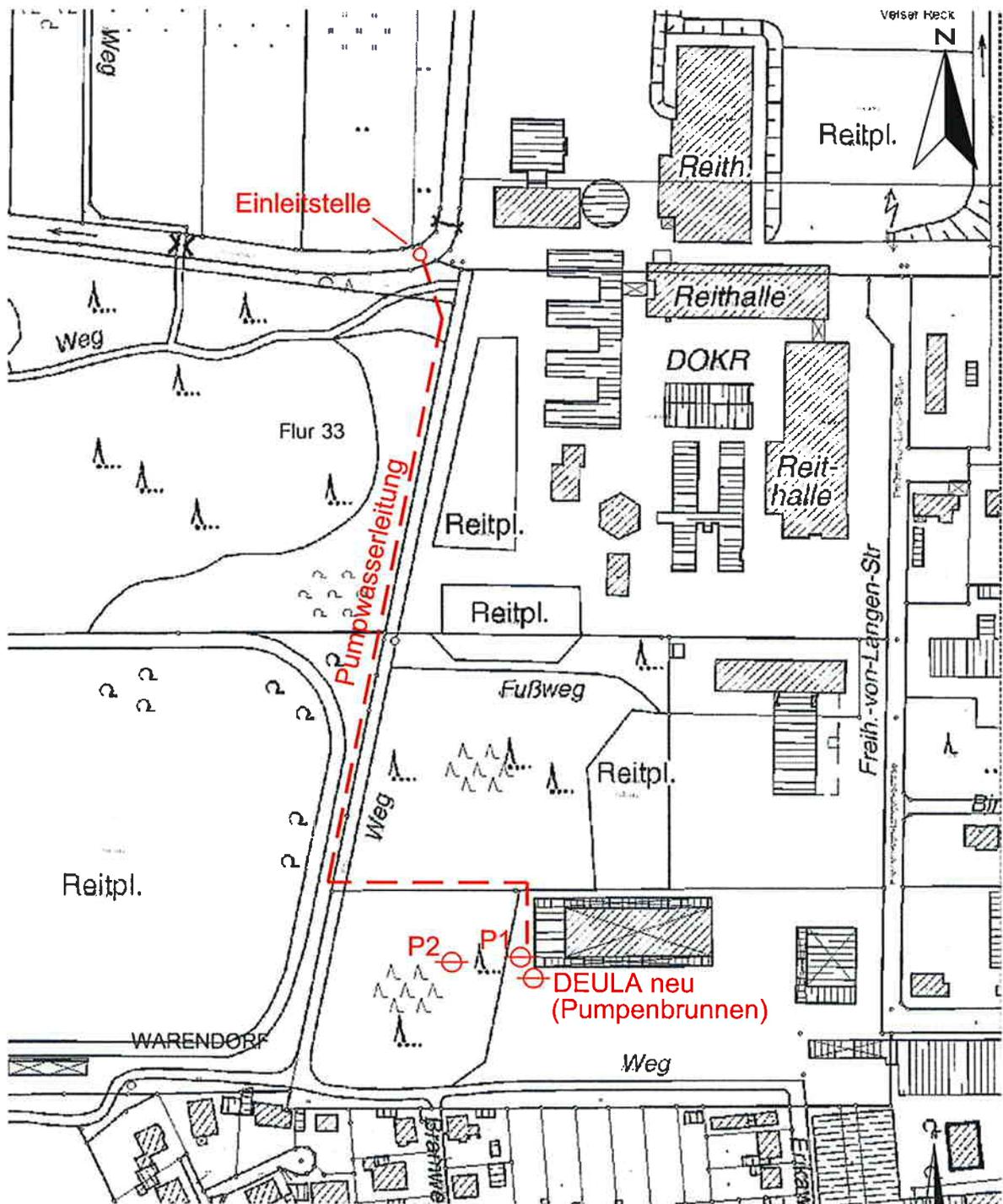
**Titel:** CKW- Konzentrationen am 02.10.2008 ( $\mu\text{g/l}$ )

<b>Projekt:</b> Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	<b>Proj.Nr.:</b> IAL-07-0134
<b>AG.:</b> Kreis Warendorf	<b>Aufr.Nr.:</b> IAL-00401-08
<b>Bearb.:</b> voi	<b>Dat.:</b> 22.10.2008
<b>Gez.:</b> stm	<b>M:</b> 1:2500
	<b>Anlage:</b> 3

U:\Cedbuero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\Anl3.dwg

## **ANLAGE 4**

### **Lageplan Pumpanlage und Leitungsverlauf Vorfluter**





WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de • wbi@wessling.de

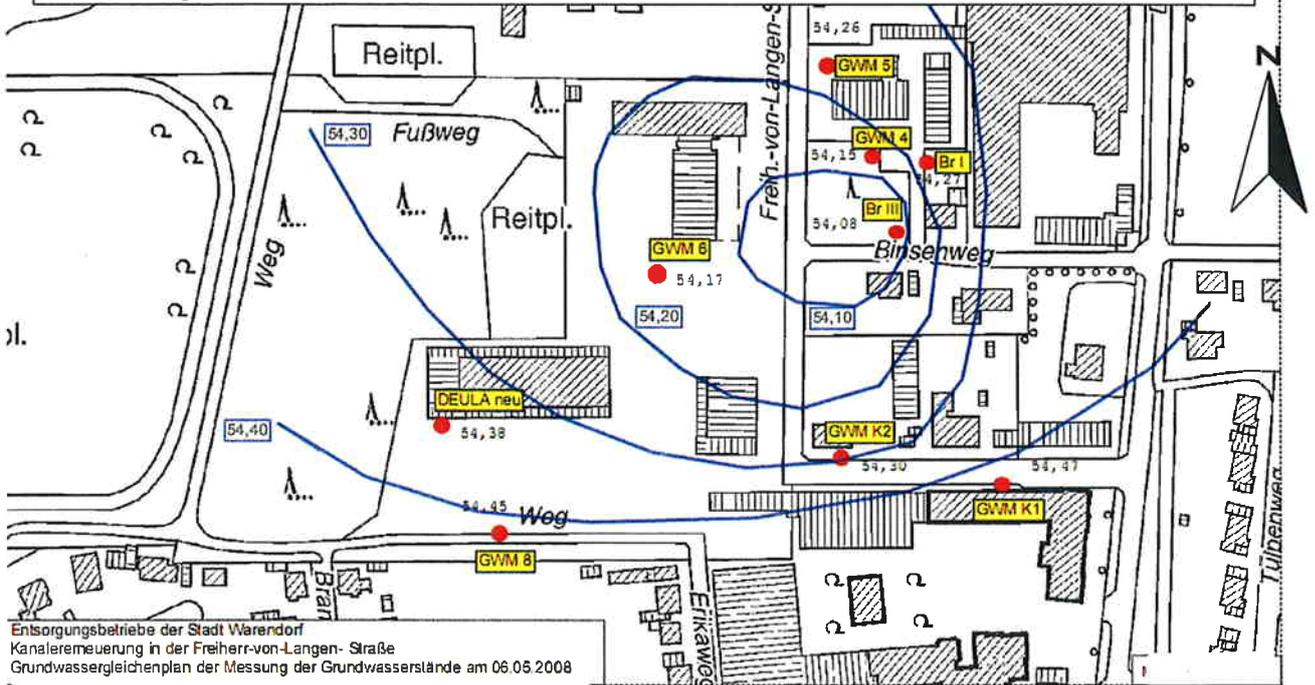
Titel: Verlauf Pumpwasserleitung Pumpversuch an DEULA neu		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehem. Fläche Rübesamen		Proj.Nr.: IAL-07-0134
AG.: Kreis Warendorf		Auftr.Nr.: IAL-00401-08
Bearb.: voi	Dat.: 14.11.2008	M 1: 2500
Gez.: gil/stm	Gepr.: 	Anlage: 4

## **ANLAGE 5**

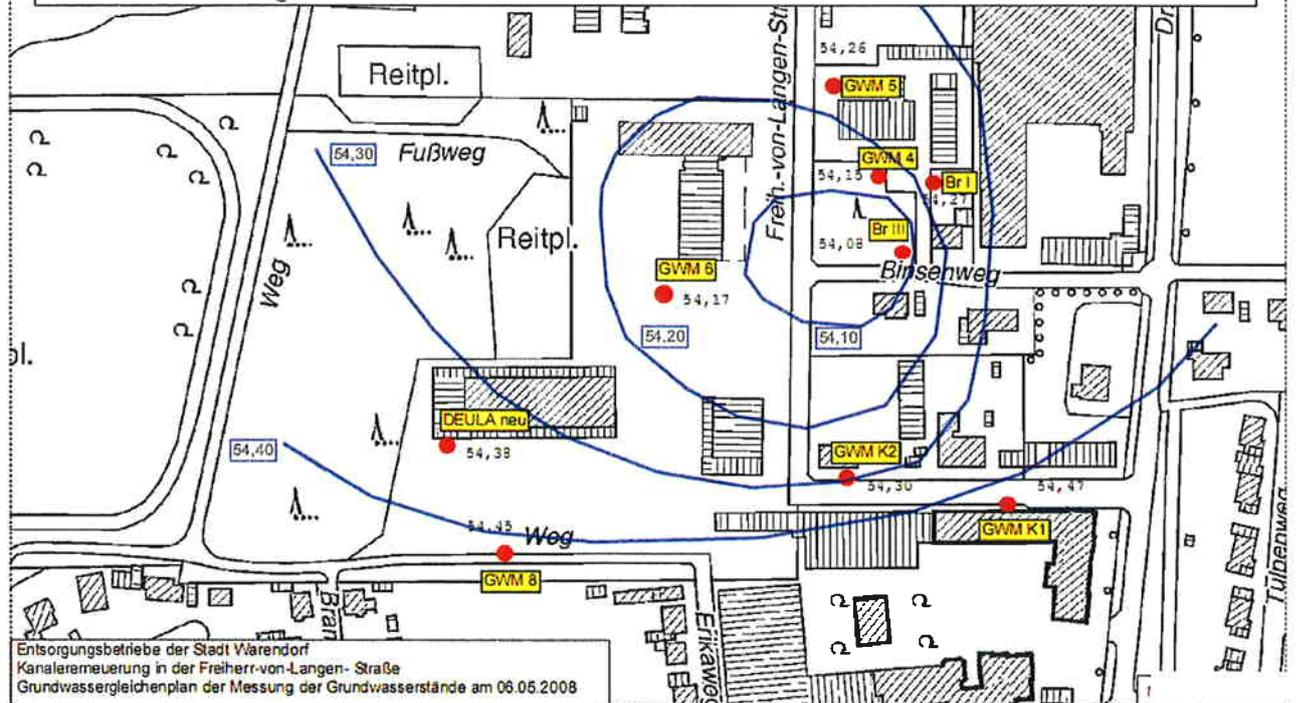
**Lageplan Kanalbaumaßnahme**

**Freiherr-von-Langen-Straße**

Situation der Absenkung im Bereich Freiherr-von-Lingen-Str./ Binsenweg (06.05.2008)  
Darstellung GUCH, 2008



Situation der Absenkung im Bereich Altstandort Rübesamen (13.05.2008)  
Darstellung GUCH, 2008



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
www.wessling.de • wbi@wessling.de

Titel: Grundwasserentnahmen Kanalbau Freiherr-von-Langen-Straße		Proj.Nr.: IAL-07-0134
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf		Auftr.Nr.: IAL-00401-08
AG.: Kreis Warendorf		
Bearb.: vol	Dat.: 16.06.2009	M ohne
Gez.: stm	Gepr.: <i>vol</i>	Anlage: 5

## **ANLAGE 6**

### **Auswertungen Pumpversuch (Diagramme, Tabellen)**



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststr. 7  
48341 Altenberge  
Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
E-mail: wbi@wessling.de

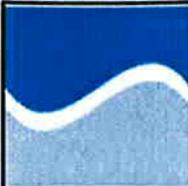
### Pumpversuchsauswertung

Projekt: Rübeseamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf		Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu		Förderbrunnen: Deula Neu		
Versuch durchgeführt von: WBI				Versuchsdatum: 17.09.2008		
Aquifermächtigkeit: 13,30 m		Förderrate: 5,5 [m <sup>3</sup> /h]				
	Bezeichnung	Methode	Brunnen	T [m <sup>2</sup> /s]	K [m/s]	S
1	Auswertung P1 P2	NEUMAN	P 1	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-2}$
2	Auswertung P1 P2	NEUMAN	P 2	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$8,26 \times 10^{-3}$
3	DEULA neu	THEIS mit JACOB-Korrektur	Deula Neu	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$6,21 \times 10^{-12}$
4	Zeit-Absenkung	COOPER & JACOB I	P 1	$5,07 \times 10^{-3}$	$3,81 \times 10^{-4}$	$4,99 \times 10^{-3}$
5	Zeit-Absenkung	COOPER & JACOB I	P 2	$5,00 \times 10^{-3}$	$3,76 \times 10^{-4}$	$7,18 \times 10^{-3}$
6	Zeit-Absenkung	COOPER & JACOB I	GWM 7	$8,15 \times 10^{-3}$	$6,13 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-3}$
7	Abstand - Absenkung	COOPER & JACOB II	mehrere	$7,84 \times 10^{-3}$	$5,89 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$
8	Deula Neu - mit Brunneneffekt	AGARWAL + NEUMAN	Deula Neu	$1,91 \times 10^{-3}$	$1,44 \times 10^{-4}$	$1,15 \times 10^{-4}$
Durchschnitt				$5,06 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-4}$	$5,16 \times 10^{-3}$



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststr. 7  
48341 Altenberge  
Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
E-mail: wbl@wessling.de

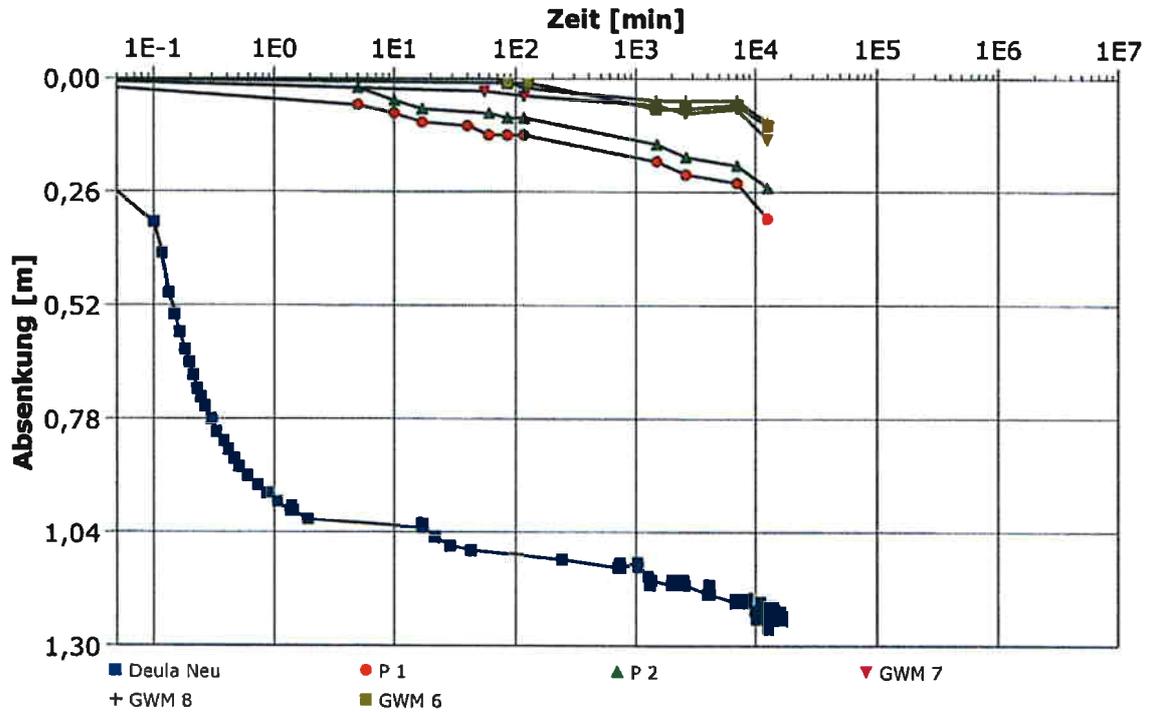
### Pumpversuchsauswertung

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	Ganglinien	Ausgewertet am: 17.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m³/h]	





**WESSLING Beratende Ingenieure GmbH**  
 Oststr. 7  
 48341 Altenberge  
 Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
 E-mail: wbi@wessling.de

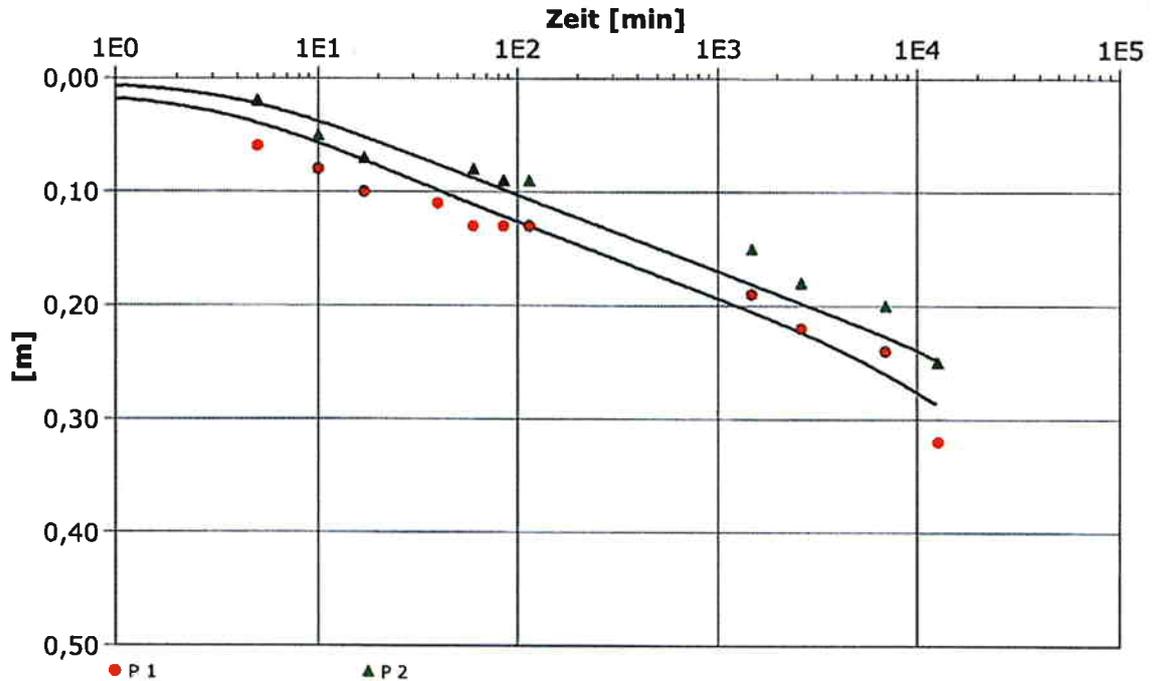
**Pumpversuchsauswertung**

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	Auswertung P1 P2	Ausgewertet am: 17.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m³/h]	



**Berechnungsergebnisse nach NEUMAN**

Messstelle	Transmissivität [m²/s]	K-Wert [m/s]	nutz. Porenvol.	Verhältnis P(n)/S	P	Abst. v. Pumpbr. [m]
P 1	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-2}$	$5,62 \times 10^3$	$9,55 \times 10^1$	5,66
P 2	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$8,26 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^2$	$1,00 \times 10^2$	14,01
Durchschnitt	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-2}$	$2,86 \times 10^3$	$9,77 \times 10^1$	



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststr. 7  
48341 Altenberge  
Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
E-mail: wbi@wessling.de

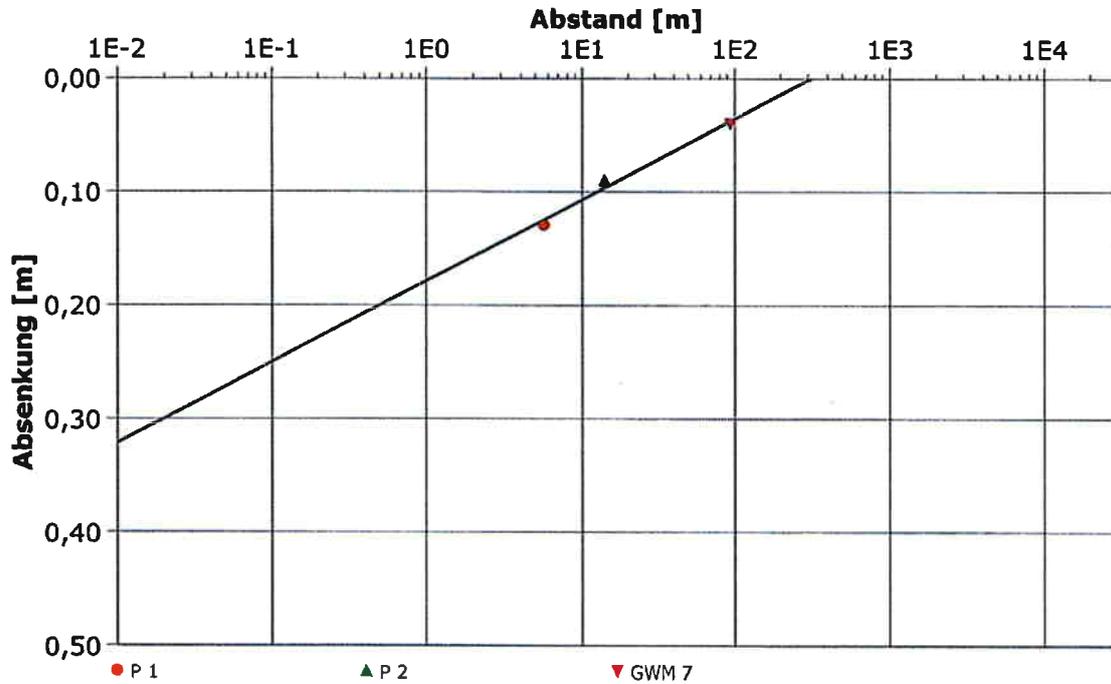
### Pumpversuchsauswertung

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	Abstand - Absenkung	Ausgewertet am: 23.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m <sup>3</sup> /h]	



#### Berechnungsergebnisse nach Cooper & Jacob

	Transmissivität [m <sup>2</sup> /s]	K-Wert [m/s]	Speicherkoeffizient
Zeitpunkt [min]: 100	$7,84 \times 10^{-3}$	$5,89 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$



**WESSLING Beratende Ingenieure GmbH**  
 Oststr. 7  
 48341 Altenberge  
 Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
 E-mail: wbi@wessling.de

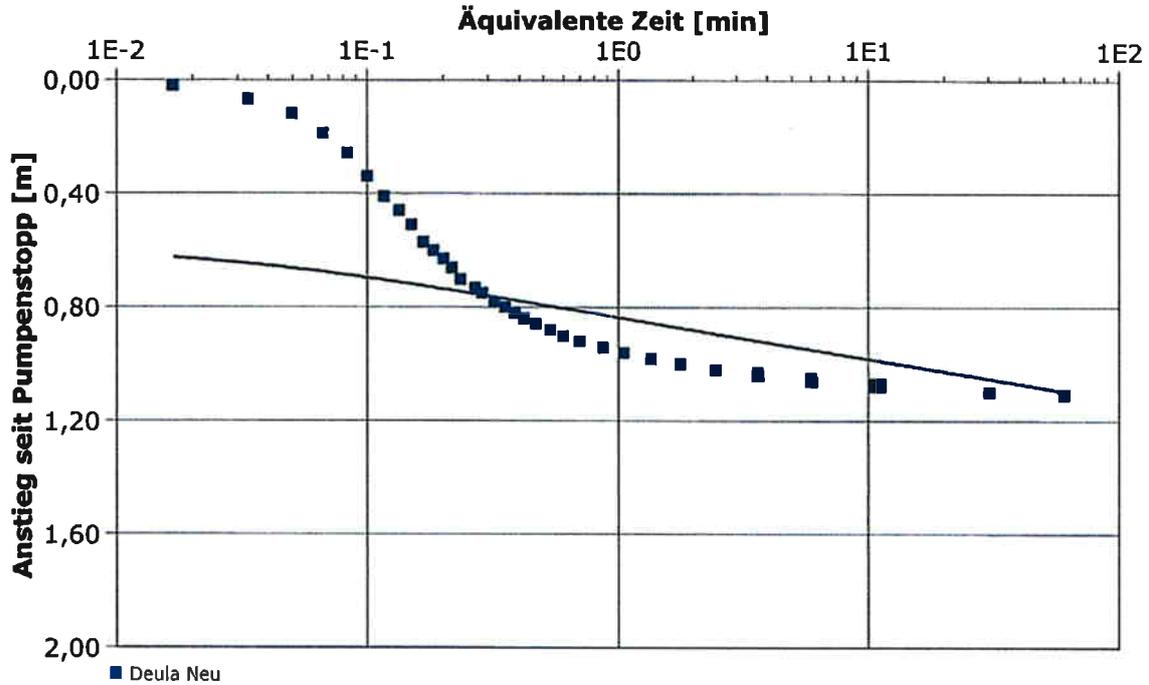
**Pumpversuchsauswertung**

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	Deula Neu - mit Brunneneffekten	Ausgewertet am: 24.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m³/h]	



**Berechnungsergebnisse nach AGARWAL + NEUMAN**

Messstelle	Transmissivität [m²/s]	K-Wert [m/s]	nutz. Porenvol.	Verhältnis K(v)/K(h)	Verhältnis P(n)/S	Abst. v. Pumpbr. [m]
Deula Neu	$1,91 \times 10^{-3}$	$1,44 \times 10^{-4}$	$1,15 \times 10^{-4}$	$1,00 \times 10^0$	$1,00 \times 10^1$	0,06



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststr. 7  
48341 Altenberge  
Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
E-mail: wbi@wessling.de

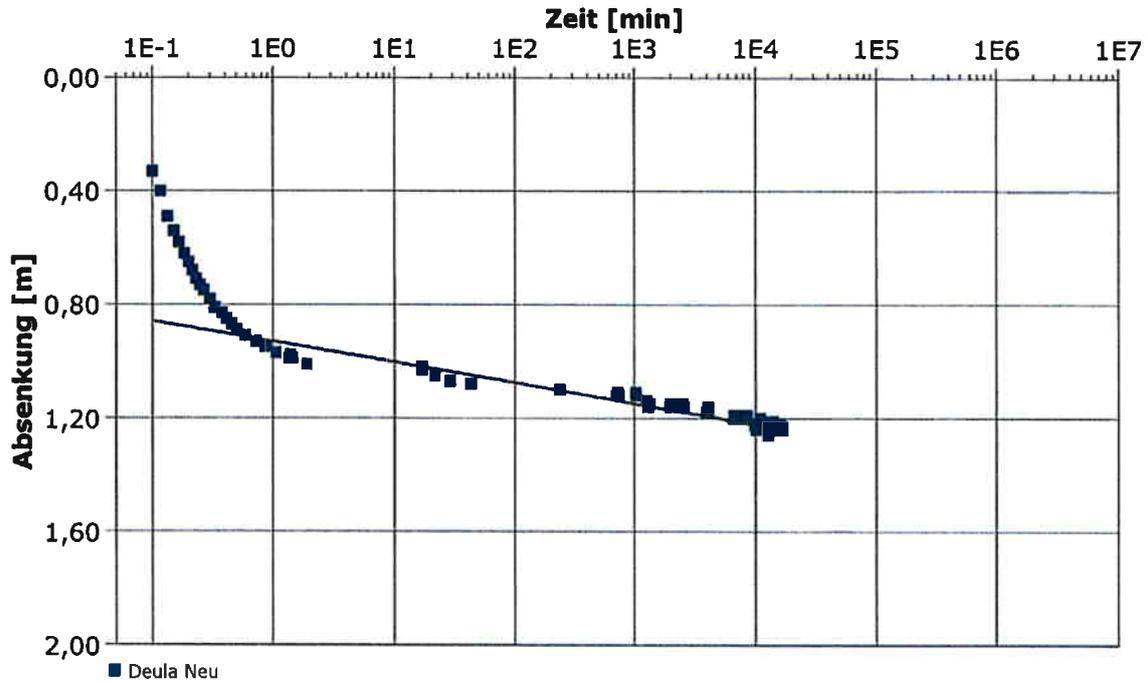
### Pumpversuchsauswertung

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	DEULA neu	Ausgewertet am: 23.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m <sup>3</sup> /h]	



#### Berechnungsergebnisse nach THEIS mit JACOB-Korrektur

Messstelle	Transmissivität [m <sup>2</sup> /s]	K-Wert [m/s]	Speicherkoeffizient	Abst. v. Pumpbr. [m]
Deula Neu	$4,17 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-4}$	$6,21 \times 10^{-12}$	0,06



**WESSLING Beratende Ingenieure GmbH**  
 Oststr. 7  
 48341 Altenberge  
 Tel: 02505/89-0 Fax: -279  
 E-mail: wbi@wessling.de

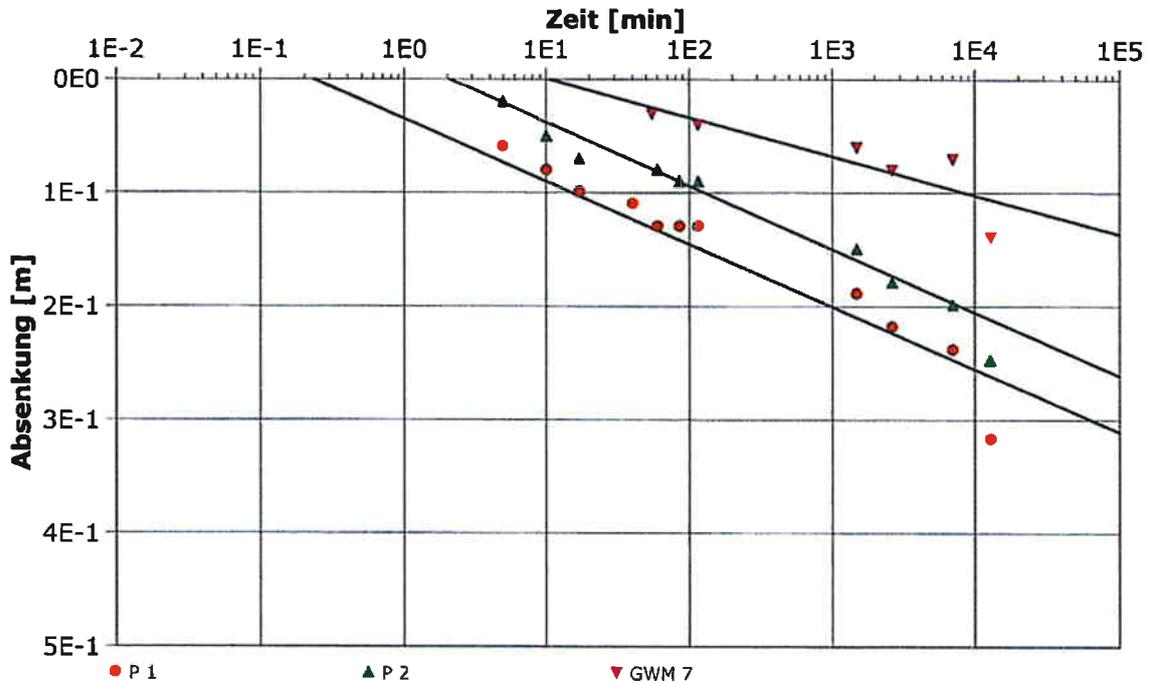
**Pumpversuchsauswertung**

Projekt: Rübesamen

Nummer: IAL-07-0134

Auftraggeber: Kreis Warendorf

Ort: Warendorf	Pumpversuch: Pumpversuch Deula Neu	Förderbrunnen: Deula Neu
Versuch durchgeführt von: WBI		Versuchsdatum: 17.09.2008
Bearbeiter:	Zeit-Absenkung	Ausgewertet am: 23.10.2008
Aquifermächtigkeit: 13,30 m	Förderrate: 5,5 [m³/h]	



Berechnungsergebnisse nach Cooper & Jacob

Messstelle	Transmissivität [m²/s]	K-Wert [m/s]	nutz. Porenvol.	Abst. v. Pumpbr. [m]
P 1	$5,07 \times 10^{-3}$	$3,81 \times 10^{-4}$	$4,99 \times 10^{-3}$	5,66
P 2	$5,00 \times 10^{-3}$	$3,76 \times 10^{-4}$	$7,18 \times 10^{-3}$	14,01
GWM 7	$8,15 \times 10^{-3}$	$6,13 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-3}$	93,69
Durchschnitt	$6,07 \times 10^{-3}$	$4,57 \times 10^{-4}$	$4,50 \times 10^{-3}$	

## **ANLAGE 7**

### **Analysen-Prüfberichte**

WESSLING Laboratorien GmbH  
Umweltanalytik  
Oststraße 6 · 48341 Altenberge  
Tel. +49 (0) 2505 89-0 · Fax +49 (0) 2505 89-119  
umweltanalytik@wessling.de

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 Altenberge

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Herr Gundolf Voigt  
Oststraße 7  
48341 Altenberge

Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
Durchwahl: (02505) 89-251  
E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de

### Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf

Prüfbericht Nr.	UAL08-12436-1	Auftrag Nr.	UAL-05104-08	Datum	24.09.2008
Probe Nr.	08-077634-01				
Eingangsdatum	22.09.2008				
Bezeichnung	DEULA neu 080919 (10:00 Uhr)				
Probenart	Wasser, allgemein				
Probenahme	19.09.2008				
Probenahme durch	WBI Altenberge				
Probenmenge	250 ml				
Probengefäß	250 ml Schliiffflasche				
Anzahl Gefäße	1				
Untersuchungsbeginn	22.09.2008				
Untersuchungsende	23.09.2008				

Prüfbericht Nr. **UAL08-12436-1** Auftrag Nr. **UAL-05104-08** Datum **24.09.2008**

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)**

Probe Nr.	08-077634-01		
Bezeichnung	DEULA neu 080919 (10:00 Uhr)		
Vinylchlorid	µg/l	W/E	<0,5
Dichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	W/E	13
Trichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	W/E	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	W/E	<0,5
Trichlorethen	µg/l	W/E	210
Tetrachlorethen	µg/l	W/E	520
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	W/E	743

**Abkürzungen und Methoden**

LHKW (leichtfl. halogen. Kohlenwasserst.) EN ISO 10301<sup>A</sup>

W/E Wasser/Eluat



Guido Averesch  
Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 Altenberge

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Herr Gundolf Voigt  
 Oststraße 7  
 48341 Altenberge

Prüfbericht Nr.: **UAL09-04002-1**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08  
 Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
 Durchwahl: (02505) 89-251  
 E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de  
 Datum: 20.03.2009

## Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf

Projekt Nr.: IAL-07-0134 Grundwasserverunreinigung Rübesamen

Ihr Auftrag: schriftlich vom 26.09.2008

### Probeninformationen

Probe Nr.	09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Eingangsdatum	16.03.2009	16.03.2009	16.03.2009
Bezeichnung	GWM 13	GWM 10	GWM 14
Probenart	Wasser, allgemein	Wasser, allgemein	Wasser, allgemein
Probenahme	13.03.2009	13.03.2009	13.03.2009
Probenahme durch	WESSLING Laboratorien	WESSLING Laboratorien	WESSLING Laboratorien
Probenehmer	Herr Winter	Herr Winter	Herr Winter
Probenmenge	2,3 Liter	2,3 Liter	2,3 Liter
Probengefäß	1 L PE	1 L PE	1 L PE
	3x250 ml Schliffflasche	3x250 ml Schliffflasche	3x250 ml Schliffflasche
	2x250 ml PE	2x250 ml PE	2x250 ml PE
Anzahl Gefäße	3xSeptumglas	3xSeptumglas	3xSeptumglas
	9	9	9
Untersuchungsbeginn	16.03.2009	16.03.2009	16.03.2009
Untersuchungsende	19.03.2009	19.03.2009	19.03.2009

## Untersuchungsergebnisse

### Vor-Ort-Parameter

Probe Nr.		09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung		GWM 13	GWM 10	GWM 14
Entnahmedatum	WE	13.03.09	13.03.09	13.03.09
Uhrzeit	WE	11:35	12:03	12:30
Entnahmegerat	WE	U.P.	U.P.	U.P.
Pumpen-Nummer	WE	UP1S1	UP1S1	UP1S1
Vorlaufvolumen	l	WE 300,00	300,00	300,00
Förderleistung	l/min	WE 30,0	30,0	30,0
Abpumpdauer	min	WE 10	10	10
Brunnentiefe unter POK	m	WE 20,60	19,60	23,05
Brunnendurchmesser	mm	WE 50	50	50
Ruhewasserstand unter POK	m	WE 2,50	3,08	3,24
Entnahmetiefe unter POK	m	WE 19,00	18,00	22,00
Wasserstand bei Entnahme u. POK	m	WE -/-	-/-	-/-
Wassertemperatur	°C	WE 12,50	11,80	11,40
pH-Wert		WE 6,8	7,2	7,1
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	WE 510	470	580
Sauerstoff (elektrom.)	mg/l	WE 1,9	1,7	1,2
Redoxpotential vs. NHE	mV	WE -/-	-/-	-/-
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) Schnelltest	mg/l	WE -/-	-/-	-/-
Farbe		WE grau	grau	grau
Farbstärke		WE schwach	schwach	schwach-mittel
Trübung		WE schwach	schwach	mittel
Geruch		WE geruchlos	geruchlos	geruchlos
Geruchstärke		WE -/-	-/-	-/-
Schaumbildung		WE nein	nein	nein
Schwimmstoffe		WE nein	ja	nein
Lufttemperatur	°C	WE 8	-/-	-/-
Wetterlage Vortag		WE -/-	-/-	-/-
Wetterlage Probennahmetag		WE trocken	trocken	trocken
Ölphase	mm	WE nein	nein	nein
Besonderheiten		WE keine	keine	keine
Bodensatz		WE ja	nein	ja

### Alkane

Probe Nr.			09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung			GWM 13	GWM 10	GWM 14
Methan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
Ethan	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
Ethen	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
Propan	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
Propen	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
iso-Butan	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
n-Butan	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1

### Kationen, Anionen und Nichtmetalle

Probe Nr.			09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung			GWM 13	GWM 10	GWM 14
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	WE	0,06	0,16	0,06
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	WE	0,04	0,04	0,01
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	WE	11	10	1,8
Sulfid (S), gesamt	mg/l	WE	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorid (Cl)	mg/l	WE	37	45	34
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	WE	96	93	110

### Summenparameter

Probe Nr.			09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung			GWM 13	GWM 10	GWM 14
DOC	mg/l	WE	8	5,2	7

### Elemente

Probe Nr.			09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung			GWM 13	GWM 10	GWM 14
Eisen (II)	mg/l	WE	<0,05	0,13	1,8
Eisen (Fe)	mg/l	WE	0,074	0,21	1,8

Prüfbericht Nr.: **UAL09-04002-1**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 20.03.2009

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)**

Probe Nr.			09-021245-01	09-021245-02	09-021245-03
Bezeichnung			GWM 13	GWM 10	GWM 14
Vinylchlorid	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	WE	<0,5	2,1	<0,5
Trichlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Tetrachlorethen	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	WE	-/-	2,1	-/-

**Probeninformationen**

Probe Nr.	09-021245-04	09-021245-05
Eingangsdatum	16.03.2009	16.03.2009
Bezeichnung	GWM 12	GWM 9
Probenart	Wasser, allgemein	Wasser, allgemein
Probenahme	13.03.2009	13.03.2009
Probenahme durch	WESSLING Laboratorien	WESSLING Laboratorien
Probenehmer	Herr Winter	Herr Winter
Probenmenge	2,3 Liter	2,3 Liter
Probengefäß	1 L PE	1 L PE
	3x250 ml Schliffflasche	3x250 ml Schliffflasche
	2x250 ml PE	2x250 ml PE
Anzahl Gefäße	3xSeptumglas	3xSeptumglas
	9	9
Untersuchungsbeginn	16.03.2009	16.03.2009
Untersuchungsende	19.03.2009	19.03.2009

## Untersuchungsergebnisse

### Vor-Ort-Parameter

Probe Nr.		09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung		GWM 12	GWM 9
Entnahmedatum	WE	13.03.09	13.03.09
Uhrzeit	WE	12:48	13:07
Entnahmegerat	WE	U.P.	U.P.
Pumpen-Nummer	WE	UP1S1	UP1S1
Vorlaufvolumen	l	WE 300,00	WE 300,00
Förderleistung	l/min	WE 30,0	WE 30,0
Abpumpdauer	min	WE 10	WE 10
Brunnentiefe unter POK	m	WE 25,10	WE 22,10
Brunnendurchmesser	mm	WE 50	WE 50
Ruhewasserstand unter POK	m	WE 3,01	WE 3,26
Entnahmetiefe unter POK	m	WE 24,00	WE 21,00
Wasserstand bei Entnahme u. POK	m	WE -/-	WE -/-
Wassertemperatur	°C	WE 12,00	WE 11,60
pH-Wert		WE 7,4	WE 7,1
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	WE 680	WE 430
Sauerstoff (elektrom.)	mg/l	WE 1,5	WE 1,0
Redoxpotential vs. NHE	mV	WE -/-	WE -/-
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) Schnelltest	mg/l	WE -/-	WE -/-
Farbe		WE grau	WE grau
Farbstärke		WE schwach	WE schwach
Trübung		WE schwach	WE schwach
Geruch		WE geruchlos	WE geruchlos
Geruchstärke		WE -/-	WE -/-
Schaumbildung		WE nein	WE nein
Schwimmstoffe		WE ja	WE nein
Lufttemperatur	°C	WE -/-	WE -/-
Wetterlage Vortag		WE -/-	WE -/-
Wetterlage Probennahmetag		WE trocken	WE trocken
Ölphase	mm	WE nein	WE nein
Besonderheiten		WE keine	WE keine
Bodensatz		WE nein	WE nein

### Alkane

Probe Nr.			09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung			GWM 12	GWM 9
Methan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	WE	<0,1	<0,1
Ethan	mg/l	WE	<0,1	<0,1
Ethen	mg/l	WE	<0,1	<0,1
Propan	mg/l	WE	<0,1	<0,1
Propen	mg/l	WE	<0,1	<0,1
iso-Butan	mg/l	WE	<0,1	<0,1
n-Butan	mg/l	WE	<0,1	<0,1

### Kationen, Anionen und Nichtmetalle

Probe Nr.			09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung			GWM 12	GWM 9
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	WE	0,32	0,15
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	WE	0,14	0,03
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	WE	20	8,6
Sulfid (S), gesamt	mg/l	WE	<0,1	<0,1
Chlorid (Cl)	mg/l	WE	43	33
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	WE	120	65

### Summenparameter

Probe Nr.			09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung			GWM 12	GWM 9
DOC	mg/l	WE	6,4	5,6

### Elemente

Probe Nr.			09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung			GWM 12	GWM 9
Eisen (II)	mg/l	WE	0,28	0,09
Eisen (Fe)	mg/l	WE	0,54	0,17

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)**

Probe Nr.		09-021245-04	09-021245-05
Bezeichnung		GWM 12	GWM 9
Vinylchlorid	µg/l	WE <0,5	0,5
Dichlormethan	µg/l	WE <0,5	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	WE <0,5	1,8
Trichlormethan	µg/l	WE <0,5	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	WE <0,5	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	WE <0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	WE 0,7	11
Tetrachlorethen	µg/l	WE 1,5	3,6
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	WE 2,2	16,9

**Abkürzungen und Methoden**

LHKW (leichtfl. halogen. Kohlenwasserst.)	EN ISO 10301 <sup>A</sup>
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304 D19/D20 <sup>A</sup>
Sulfid gesamt in Wasser/Eluat	DIN 38405 D27 mod.
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304 D19/D20 <sup>A</sup>
Nitrit in Wasser/Eluat	EN 26777 <sup>A</sup>
Ammonium	DIN 38406 E5-1 <sup>A</sup>
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304-1 <sup>A</sup>
Eisen (II) in Wasser	DIN 38406 E1 <sup>A</sup>
Metalle/Elemente in Wasser/Eluat (ICP-OES)	ISO 11885 / ISO 17294-2 <sup>A</sup>
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	EN 1484
Alkane in Wasser	WES 245
Vor-Ort-Parameter	
W/E	Wasser/Eluat

**Guido Aversch**

Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

WESSLING Laboratorien GmbH  
Umweltanalytik  
Oststraße 6 · 48341 Altenberge  
Tel. +49 (0) 2505 89-0 · Fax +49 (0) 2505 89-119  
umweltanalytik@wessling.de

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 Altenberge

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Herr Gundolf Voigt  
Oststraße 7  
48341 Altenberge

Prüfbericht Nr.: **UAL08-13264-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08  
Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
Durchwahl: (02505) 89-251  
E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de  
Datum: 10.10.2008

## Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf

Projekt Nr.: IAL-07-0134 Grundwasserverunreinigung Rübesamen  
Ihr Auftrag: schriftlich vom 26.09.2008

### Probeninformationen

Probe Nr.	08-083372-01
Eingangsdatum	02.10.2008
Bezeichnung	Ablauf Anlage
Probenart	Wasser, allgemein
Probenahme	01.10.2008
Probenahme durch	WBI Altenberge
Probenehmer	Herr Ostlender
Probenmenge	250 ml
Probengefäß	250 ml Schliffflasche
Anzahl Gefäße	1
Untersuchungsbeginn	03.10.2008
Untersuchungsende	10.10.2008

## Untersuchungsergebnisse

### Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

Probe Nr.			08-083372-01
Bezeichnung			Ablauf Anlage
Vinylchlorid	µg/l	W/E	<0,5
Dichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	W/E	<0,5
Trichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	W/E	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	W/E	<0,5
Trichlorethen	µg/l	W/E	<0,5
Tetrachlorethen	µg/l	W/E	<0,5
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	W/E	-/-

### Abkürzungen und Methoden

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	EN ISO 10301 <sup>A</sup>
W/E	Wasser/Eluat



**Guido Aversch**  
Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 AltenbergeWESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Herr Gundolf Voigt  
Oststraße 7  
48341 AltenbergePrüfbericht Nr.: **UAL08-13406-2**Auftrag Nr.: UAL-05104-08  
Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
Durchwahl: (02505) 89-251  
E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de  
Datum: 13.10.2008**Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf**Projekt Nr.: IAL-07-0134 Grundwasserverunreinigung Rübesamen  
Ihr Auftrag: schriftlich vom 26.09.2008**Probeninformationen**

Probe Nr.	08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Eingangsdatum	02.10.2008	02.10.2008	02.10.2008
Bezeichnung	GWM 4	GWM 5	GWM 6
Probenart	Grundwasser	Grundwasser	Grundwasser
Probenahme	01.10.2008	01.10.2008	01.10.2008
Probenahme durch	WESSLING, Laboratorien	WESSLING, Laboratorien	WESSLING, Laboratorien
Probenehmer	Hr. Heerd	Hr. Heerd	Hr. Heerd
Probenmenge	2 Liter	2 Liter	2 Liter
Probengefäß	1000 ml Poly 250 ml Poly 250 ml Schliffglas Septumglas	1000 ml Poly 250 ml Poly 250 ml Schliffglas Septumglas	1000 ml Poly 250 ml Poly 250 ml Schliffglas Septumglas
Anzahl Gefäße	8	8	8
Untersuchungsbeginn	02.10.2008	02.10.2008	02.10.2008
Untersuchungsende	13.10.2008	13.10.2008	13.10.2008

Prüfbericht Nr.: **UAL08-13406-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 13.10.2008

## Untersuchungsergebnisse

### Vor-Ort-Parameter

Probe Nr.		08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung		GWM 4	GWM 5	GWM 6
Entnahmedatum	WE	01.10.08	01.10.08	01.10.08
Uhrzeit	WE	11:23	10:50	13:30
Entnahmegesäß	WE	U.P.	U.P.	U.P.
Pumpen-Nummer	WE	UP4V4S1	UP4V4S1	UP4V4S1
Vorlaufvolumen	l	WE 200	WE 450	WE 200
Förderleistung	l/min	WE 20	WE 30	WE 20
Abpumpdauer	min	WE 10	WE 15	WE 10
Brunnentiefe unter POK	m	WE 16,4	WE 15,7	WE 17,1
Brunnendurchmesser	mm	WE 50	WE 125	WE 50
Ruhewasserstand unter POK	m	WE 3,97	WE 3,07	WE 4,34
Entnahmetiefe unter POK	m	WE 15,5	WE 15	WE 16
Wasserstand bei Entnahme u. POK	m	WE -/-	WE 3,2	WE -/-
Wassertemperatur	°C	WE 12,5	WE 11,9	WE 12
pH-Wert		WE 6,8	WE 7	WE 7,2
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	WE 520	WE 900	WE 790
Sauerstoff (elektrom.)	mg/l	WE 2,5	WE 0,1	WE 2,3
Redoxpotential vs. NHE	mV	WE 252	WE 197	WE 335
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) Schnelltest	mg/l	WE -/-	WE -/-	WE -/-
Farbe		WE farblos	WE gelb	WE gelb
Farbstärke		WE -/-	WE schwach	WE schwach
Trübung		WE schwach	WE schwach	WE mittel
Geruch		WE geruchlos	WE geruchlos	WE geruchlos
Geruchstärke		WE -/-	WE -/-	WE -/-
Schaumbildung		WE nein	WE nein	WE nein
Schwimmstoffe		WE nein	WE nein	WE nein
Lufttemperatur	°C	WE 16	WE 16	WE 16
Wetterlage Vortag		WE nas	WE nass	WE nass
Wetterlage Probennahmetag		WE nass	WE nass	WE nass
Ölphase	mm	WE nein	WE nein	WE nein
Besonderheiten		WE keine	WE keine	WE keine
Bodensatz		WE nein	WE nein	WE nein

### Alkane

Probe Nr.			08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung			GWM 4	GWM 5	GWM 6
Methan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Ethan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Ethen	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Propan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Propen	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
iso-Butan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
n-Butan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01

### Kationen, Anionen und Nichtmetalle

Probe Nr.			08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung			GWM 4	GWM 5	GWM 6
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	0,4	0,87	0,08
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	W/E	1,2	<1	21
Sulfid (S), gesamt	mg/l	W/E	<0,04	<0,04	<0,04
Chlorid (Cl)	mg/l	W/E	39	76	52
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	50	94	84

### Summenparameter

Probe Nr.			08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung			GWM 4	GWM 5	GWM 6
DOC	mg/l	W/E	3,9	5	2

### Elemente

Probe Nr.			08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung			GWM 4	GWM 5	GWM 6
Eisen (II)	mg/l	W/E	0,11	0,62	<0,05
Eisen (Fe)	mg/l	W/E	0,13	0,68	0,13

### Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

Probe Nr.			08-081577-01	08-081577-02	08-081577-03
Bezeichnung			GWM 4	GWM 5	GWM 6
Vinylchlorid	µg/l	W/E	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlormethan	µg/l	W/E	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	W/E	1,4	5,3	5,1
Trichlormethan	µg/l	W/E	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	W/E	<0,5	<0,5	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	W/E	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	W/E	0,9	3,1	19
Tetrachlorethen	µg/l	W/E	11	21	470
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	W/E	13,3	29,4	494

**Probeninformationen**

Probe Nr.	08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Eingangsdatum	02.10.2008	02.10.2008	02.10.2008
Bezeichnung	GWM 11	Deula neu	GWM 7
Probenart	Grundwasser	Grundwasser	Grundwasser
Probenahme	01.10.2008	01.10.2008	01.10.2008
Probenahme durch	WESSLING, Laboratorien WESSLING, Laboratorien WESSLING, Laboratorien		
Probenehmer	Hr. Heerdt	Hr. Heerdt	Hr. Heerdt
Probenmenge	2 Liter	2 Liter	2 Liter
Probengefäß	1000 ml Poly	1000 ml Poly	1000 ml Poly
	250 ml Poly	250 ml Poly	250 ml Poly
	250 ml Schliffglas Septumglas	250 ml Schliffglas Septumglas	250 ml Schliffglas Septumglas
Anzahl Gefäße	8	8	8
Untersuchungsbeginn	02.10.2008	02.10.2008	02.10.2008
Untersuchungsende	13.10.2008	13.10.2008	13.10.2008

## Untersuchungsergebnisse

### Vor-Ort-Parameter

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
Entnahmedatum	W/E		01.10.08	01.10.08	01.10.08
Uhrzeit	W/E		9:58	13:15	15:40
Entnahmegesetz	W/E		U.P.	Zapfhahn	U.P.
Pumpen-Nummer	W/E		UP4V4S1	-/-	UP4V4S1
Vorlaufvolumen	l	W/E	200	-/-	200
Förderleistung	l/min	W/E	20	-/-	20
Abpumpdauer	min	W/E	10	-/-	10
Brunnentiefe unter POK	m	W/E	24	-/-	19,1
Brunnendurchmesser	mm	W/E	50	-/-	50
Ruhewasserstand unter POK	m	W/E	3,64	-/-	6,2
Entnahmetiefe unter POK	m	W/E	23	-/-	18
Wasserstand bei Entnahme u. POK	m	W/E	-/-	-/-	-/-
Wassertemperatur	°C	W/E	11,8	11,5	10,8
pH-Wert		W/E	7,5	7,3	5,4
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	W/E	530	480	670
Sauerstoff (elektrom.)	mg/l	W/E	1	0,7	1,3
Redoxpotential vs. NHE	mV	W/E	405	358	447
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) Schnelltest	mg/l	W/E	-/-	-/-	-/-
Farbe	W/E		farblos	farblos	farblos
Farbstärke	W/E		-/-	-/-	-/-
Trübung	W/E		schwach	keine	keine
Geruch	W/E		geruchlos	siehe Kommentar	geruchlos
Geruchstärke	W/E		-/-	schwach	-/-
Schaumbildung	W/E		nein	nein	nein
Schwimmstoffe	W/E		nein	nein	nein
Lufttemperatur	°C	W/E	16	16	15
Wetterlage Vortag	W/E		nass	nass	nass
Wetterlage Probennahmetag	W/E		nass	nass	nass
Ölphase	mm	W/E	nein	nein	nein
Besonderheiten	W/E		keine	keine	keine
Bodensatz	W/E		nein	nein	nein

### Alkane

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
Methan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	<0,01	0,011	<0,01
Ethan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Ethen	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Propan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
Propen	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
iso-Butan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01
n-Butan	mg/l	W/E	<0,01	<0,01	<0,01

### Kationen, Anionen und Nichtmetalle

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	0,08	0,06	<0,05
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	W/E	<0,01	0,08	0,48
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	W/E	5,5	5,5	73
Sulfid (S), gesamt	mg/l	W/E	<0,04	<0,04	<0,04
Chlorid (Cl)	mg/l	W/E	23	20	36
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	86	45	190

### Summenparameter

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
DOC	mg/l	W/E	1,3	0,8	13

### Elemente

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
Eisen (II)	mg/l	W/E	0,06	0,32	<0,05
Eisen (Fe)	mg/l	W/E	0,052	0,42	0,026

Prüfbericht Nr.: **UAL08-13406-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 13.10.2008

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)**

Probe Nr.			08-081577-04	08-081577-05	08-081577-06
Bezeichnung			GWM 11	Deula neu	GWM 7
Vinylchlorid	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	WE	1,4	19	6,3
Trichlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	WE	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	µg/l	WE	18	250	27
Tetrachlorethen	µg/l	WE	64	540	4,6
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	WE	83,4	809	37,9

---

**Prüfbericht Nr.: UAL08-13406-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 13.10.2008

---

**Probeninformationen**

Probe Nr.	08-081577-07
Eingangsdatum	02.10.2008
Bezeichnung	GWM 8
Probenart	Grundwasser
Probenahme	01.10.2008
Probenahme durch	WESSLING, Laboratorien
Probenehmer	Hr. Heerdt
Probenmenge	2 Liter
Probengefäß	1000 ml Poly
	250 ml Poly
	250 ml Schliffglas Septumglas
Anzahl Gefäße	8
Untersuchungsbeginn	07.10.2008
Untersuchungsende	13.10.2008

Prüfbericht Nr.: **UAL08-13406-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 13.10.2008

## Untersuchungsergebnisse

### Vor-Ort-Parameter

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
Entnahmedatum	W/E		01.10.08
Uhrzeit	W/E		15:05
Entnahmegerät	W/E		U.P.
Pumpen-Nummer	W/E		UP4V4S1
Vorlaufvolumen	l	W/E	200
Förderleistung	l/min	W/E	20
Abpumpdauer	min	W/E	10
Brunnentiefe unter POK	m	W/E	20,6
Brunnendurchmesser	mm	W/E	50
Ruhewasserstand unter POK	m	W/E	3,25
Entnahmetiefe unter POK	m	W/E	19,5
Wasserstand bei Entnahme u. POK	m	W/E	-/-
Wassertemperatur	°C	W/E	11,7
pH-Wert		W/E	7,1
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	W/E	490
Sauerstoff (elektrom.)	mg/l	W/E	1,8
Redoxpotential vs. NHE	mV	W/E	380
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) Schnelltest	mg/l	W/E	-/-
Farbe		W/E	grau
Farbstärke		W/E	schwach
Trübung		W/E	schwach
Geruch		W/E	geruchlos
Geruchstärke		W/E	-/-
Schaumbildung		W/E	nein
Schwimmstoffe		W/E	nein
Lufttemperatur	°C	W/E	15
Wetterlage Vortag		W/E	nass
Wetterlage Probennahmetag		W/E	nass
Ölphase	mm	W/E	nein
Besonderheiten		W/E	keine
Bodensatz		W/E	nein

Prüfbericht Nr.: **UAL08-13406-2**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08

Datum: 13.10.2008

### Alkane

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
Methan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	0,014
Ethan	mg/l	W/E	<0,01
Ethen	mg/l	W/E	<0,01
Propan	mg/l	W/E	<0,01
Propen	mg/l	W/E	<0,01
iso-Butan	mg/l	W/E	<0,01
n-Butan	mg/l	W/E	<0,01

### Kationen, Anionen und Nichtmetalle

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	<0,05
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	W/E	0,05
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	W/E	52
Sulfid (S), gesamt	mg/l	W/E	<0,04
Chlorid (Cl)	mg/l	W/E	8,9
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	W/E	47

### Summenparameter

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
DOC	mg/l	W/E	2

### Elemente

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
Eisen (II)	mg/l	W/E	<0,05
Eisen (Fe)	mg/l	W/E	<0,01

### Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

Probe Nr.			08-081577-07
Bezeichnung			GWM 8
Vinylchlorid	µg/l	W/E	<0,5
Dichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	W/E	7,4
Trichlormethan	µg/l	W/E	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	W/E	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	W/E	<0,5
Trichlorethen	µg/l	W/E	58
Tetrachlorethen	µg/l	W/E	110
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	W/E	175

08-081577-05

Kommentare der Ergebnisse:

Vor-Ort-Parameter W, Geruch: Der Geruch konnte nicht näher identifiziert werden.

### Abkürzungen und Methoden

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	EN ISO 10301 <sup>A</sup>
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304 D19/D20 <sup>A</sup>
Sulfid gesamt in Wasser/Eluat	DIN 38405 D27 mod. <sup>A</sup>
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304 D19/D20 <sup>A</sup>
Nitrit in Wasser/Eluat	EN 26777 <sup>A</sup>
Ammonium	DIN 38406 E5-1 <sup>A</sup>
Gelöste Anionen (D19/D20) in Wasser/Eluat	EN ISO 10304-1 <sup>A</sup>
Eisen (II) in Wasser	DIN 38406 E1 <sup>A</sup>
Metalle/Elemente in Wasser/Eluat (ICP-OES)	ISO 11885 / ISO 17294-2 <sup>A</sup>
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) in Wasser/Eluat	EN 1484
Alkane in Wasser	WES 245
Vor-Ort-Parameter	
W/E	Wasser/Eluat

*V. M. Post*

Guido Aversch

Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 Altenberge

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Herr Gundolf Voigt  
Oststraße 7  
48341 AltenbergePrüfbericht Nr.: **UAL08-12811-1**Auftrag Nr.: UAL-05104-08  
Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
Durchwahl: (02505) 89-251  
E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de  
Datum: 01.10.2008

## Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf

Projekt Nr.: IAL-07-0134 Grundwasserverunreinigung Rübesamen

Ihr Auftrag: schriftlich vom 26.09.2008

### Probeninformationen

Probe Nr.	08-080245-01
Eingangsdatum	29.09.2008
Bezeichnung	Zulauf Deula Neu 080926
Probenart	Grundwasser
Probenahme	26.09.2008
Zeit	10:15
Probenahme durch	WBI
Probenehmer	Frau Ruhmann
Probenmenge	250 ml
Probengefäß	250 ml Schliffglas
Anzahl Gefäße	1
Untersuchungsbeginn	29.09.2008
Untersuchungsende	01.10.2008

## Untersuchungsergebnisse

### Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

Probe Nr.	08-080245-01		
Bezeichnung	Zulauf Deula Neu 080926		
Vinylchlorid	µg/l	WE	<0,5
Dichlormethan	µg/l	WE	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	WE	12
Trichlormethan	µg/l	WE	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	WE	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	WE	<0,5
Trichlorethen	µg/l	WE	210
Tetrachlorethen	µg/l	WE	510
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	WE	732

### Abkürzungen und Methoden

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) EN ISO 10301<sup>A</sup>

WE Wasser/Eluat



Guido Aversch

Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

WESSLING Laboratorien GmbH, Oststr. 6, 48341 Altenberge

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Herr Gundolf Voigt  
Oststraße 7  
48341 Altenberge

Prüfbericht Nr.: **UAL08-12377-1**

Auftrag Nr.: UAL-05104-08  
Ansprechpartner: Gundolf Voigt  
Durchwahl: (02505) 89-251  
E-Mail: Gundolf.Voigt@wessling.de  
Datum: 23.09.2008

## Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf

Projekt Nr.: IAL-07-0134      Grundwasserverunreinigung Rübesamen  
Ihr Auftrag: vom 17.09.2008

### Probeninformationen

Probe Nr.	08-077361-01
Eingangsdatum	19.09.2008
Bezeichnung	DEULA neu 080918 14:30 Uhr
Probenart	Wasser, allgemein
Probenahme	18.09.2008
Probenahme durch	WBI Altenberge
Probenmenge	250 ml
Probengefäß	250 ml Schliffflasche
Anzahl Gefäße	1
Untersuchungsbeginn	19.09.2008
Untersuchungsende	22.09.2008

**Untersuchungsergebnisse****Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)**

Probe Nr.	08-077361-01		
Bezeichnung	DEULA neu 080918 14:30 Uhr		
Vinylchlorid	µg/l	WE	<0,5
Dichlormethan	µg/l	WE	<0,5
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l	WE	15
Trichlormethan	µg/l	WE	<0,5
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	WE	<0,5
Tetrachlormethan	µg/l	WE	<0,5
Trichlorethen	µg/l	WE	220
Tetrachlorethen	µg/l	WE	570
Summe nachgewiesener LHKW	µg/l	WE	805

**Abkürzungen und Methoden**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) EN ISO 10301<sup>A</sup>

W/E Wasser/Eluat

  
Guido Aversch

Dipl. Ing. Chemie; Kundenbetreuung

## **ANLAGE 8**

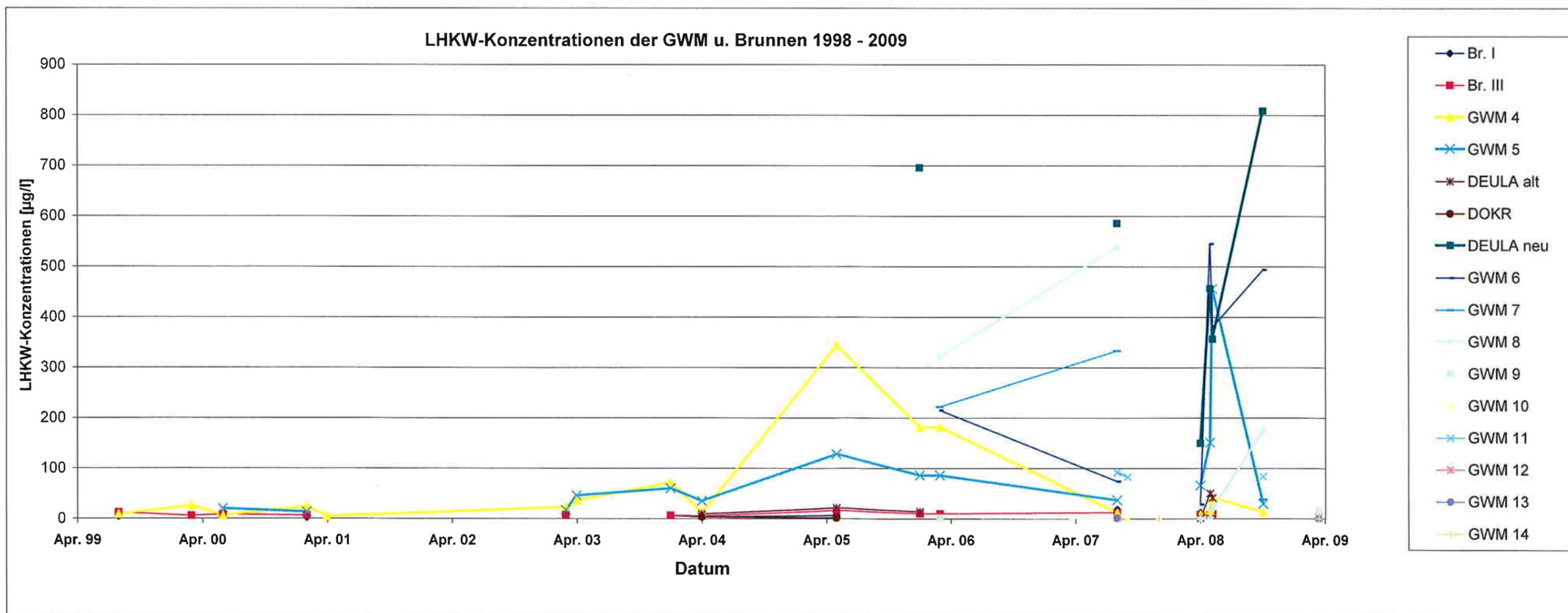
### **Ergebnisse Grundwassermonitoring (tabellarische Zusammenfassung der LHKW-Untersuchungen)**

IAL-07-0134: Sanierungsuntersuchung Rübesamen, WESSLING Ber. Ingenieure

Tabellarische Zusammenfassung der LHKW-Grundwasseranalytik 1999 - 2009

	Br. I	Br. III	GWM 4	GWM 5	DEULA alt	DOKR	DEULA neu	GWM 6	GWM 7	GWM 8	GWM 9	GWM 10	GWM 11	GWM 12	GWM 13	GWM 14	Bezeichnung durchgeführter Maßnahmen
Aug. 99	4,0	12,0	9,0														
Mrz. 00		5,5	26,0														
Jun. 00		8,0	6,0	20,0													
Feb. 01	1,5	5,7	23,9	12,9													
Apr. 01			4,8														
Mrz. 03	8,4	6,9	23,4	17,5													
Apr. 03			36,1	46,2													
Jan. 04	6,0	6,0	72,0	60,0													Baumaßnahme FN
Apr. 04	3,0	5,0	12,0	35,0	9,0	3,0											
Mai. 05	6,0	16,0	344,0	128,0	21,0	1,0											Kanalbaumaßnahme Dr.Rau Allee
Jan. 06		10,0	182,0	86,0	14,0		696,0										
Mrz. 06		10,0	182,0	86,0			215,0	222,0	322,0	1,4							
Aug. 07	18,6	12,2	12,1	37,0	1,2	n.n.	586,0	74,0	333,0	538,0	n.n.	0,8	91,9	2,5	0,6		
Sep. 07												0,6	82,7				
Dez. 07																0,5	
Apr. 08	12,0	8,0	9,0	66,0	1,2		150,0	28,0		0,0							Kanalbaumaßnahme Fr.v.Langgen Str.
Apr. 08	13,0	7,0	16,0	151,0	50,0		457,0	545,0		2,0							
Mai. 08	15,0	9,0	42,0	456,0	41,0		357,0	380,0		19,0							
Okt. 08			13,3	29,4			809,0	494,0	37,9	175,0			83,4				Ende PV DEULA neu
Mrz. 09											16,9	2,1		2,2	n.n	n.n	

Angaben: Summe LHKW [ $\mu\text{g/l}$ ]



## **ANLAGE 9**

### **Matrix Sanierungsverfahren**

**Auswahlmatrix Sanierungsverfahren**

		Biolog. in situ Verf.		Chemische Verfahren		Physikalische Verfahren					Sonstiges	
		Oxidation	reduktive Dechlorierung	Reaktive Wand	ISCO chemische Oxidation z.B. Fenton	Tensid-spülung/ Mikro-emulsionen	Schall- oder Druck-energie	Sorptions-sperre	Heißdampf-injektion	in-situ Strippen	Pump & Treat	MNA
		ORC	Mikro biologie z. B. Melasse									
<b>1</b>	<b>Technische Anwendbarkeit</b>											
1.1	Schadstoffe											
1.1.2	gelöste CKW in der Fahne	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
1.1.2.1	TRI, PER	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
1.1.2.2	cis-Dichlorethen, Vinylchlorid	+	- (+)	+	-	-	-	-	-	-	(+)*	-
1.2	Geologie/Hydrogeologie											
1.2.2	Porengrundwasserleiter (K <sub>v</sub> = 3*10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup> m/s)	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
1.2.5	große belastete Aquifermächtigkeit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1.3	Standortverhältnisse											
1.3.1	Freiflächen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.3.2	Wohngebiete	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+
1.3.3	Verkehrsflächen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
1.3.4	Gewerbe-/Industrieflächen	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
1.3.5	Ableitung des gereinigten Wassers	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
1.3.5.1	Schmutzwasserkanal					+	+		-		+	
1.3.4.2	Oberflächengewässer					-	+		-		+	
1.4	Stand der Technik	-	-	-	-	-	-	-	-	0	+	-
1.5	Betriebssicherheit	-	-	-	-	-	-	-	-	0	+	-
1.6	Nachsorge											
1.6.1	Überwachbarkeit	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+
1.6.2	Wiederherstellbarkeit bei Versagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
<b>2</b>	<b>Sanierungszielerfüllung</b>											
2.1	Dekontamination gesamte Fahne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2	Fahnenausbreitung	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+
<b>3</b>	<b>Flächennutzungsmöglichkeiten</b>	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
<b>4</b>	<b>Kosten</b>											
4.1	Gesamtkosten	+	0	-	-	-	-	-	-	-	-	+
4.2	Investitionskosten	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
4.3	Betriebskosten	+	-	+	-	0	+	-	-	-	-	+
4.4	Nachsorgekosten	+	+	0	+	+	-	+	-	-	+	-
<b>5</b>	<b>Wertung</b>	-	0	-	-	-	-	-	-	-	+	-

- + = positiv
- = negativ
- 0 = neutrale Einstufung
- = wahrscheinliche Standortbedingung

\* bei Auftreten von VC Schwierigkeiten bei der A-Kohleadsorption der Abluft oder des Abwassers



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0) 2505 89-0 · Fax +49 (0) 2505 89-279  
 wbi@wessling.de

## **ANLAGE 10**

### **Kostenschätzungen und Kosten-Barwertmethode**

## Variante 1A

(1) P&amp;T einf.

(1) P&amp;T einf.

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)					100000						
Zinssatz					2,5%						
laufende Kosten					41.600						
wiederkehrende Investitionen 1					15.000						
Intervall für Reinvestitionen 1					7						
Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte	
0	0	0	0	1,0000	100.000			100.000	100.000	100.000	
1	1	1	1	0,9756		41.600	0	41.600	40.585	140.585	
2	2	2	2	0,9518		41.600	0	41.600	39.595	180.181	
3	3	3	3	0,9286		41.600	0	41.600	38.630	218.811	
4	4	4	4	0,9060		41.600	0	41.600	37.688	256.498	
5	5	0	5	0,8839		41.600	0	41.600	36.768	293.266	
6	6	1	6	0,8623		41.600	0	41.600	35.872	329.138	
7	0	2	7	0,8413		41.600	15.000	56.600	47.616	376.754	
8	1	3	8	0,8207		41.600	0	41.600	34.143	410.897	
9	2	4	9	0,8007		41.600	0	41.600	33.310	444.207	
10	3	0	10	0,7812		41.600	0	41.600	32.498	476.705	
11	4	1	11	0,7621		41.600	0	41.600	31.705	508.410	
12	5	2	12	0,7436		41.600	0	41.600	30.932	539.342	
13	6	3	13	0,7254		41.600	0	41.600	30.177	569.519	
14	0	4	14	0,7077		41.600	15.000	56.600	40.057	609.577	
15	1	0	15	0,6905		41.600	0	41.600	28.723	638.300	

## Variante 1B

P&T einf.

(1) P&T einf.

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)	145000
Zinssatz	2,5%
laufende Kosten	41.600
wiederkehrende Investitionen 1	15.000
Intervall für Reinvestitionen 1	7
wiederkehrende Investitionen 2	0
Intervall für Reinvestitionen 2	5
wiederkehrende Investitionen 3	0
Intervall für Reinvestitionen 3	20

Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestione n 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte
0	0	0	0	1,0000	145.000			145.000	145.000	145.000
1	1	1	1	0,9756		41.600	0	41.600	40.585	185.585
2	2	2	2	0,9518		41.600	0	41.600	39.595	225.181
3	3	3	3	0,9286		41.600	0	41.600	38.630	263.811
4	4	4	4	0,9060		41.600	0	41.600	37.688	301.498
5	5	0	5	0,8839		41.600	0	41.600	36.768	338.266
6	6	1	6	0,8623		41.600	0	41.600	35.872	374.138
7	0	2	7	0,8413		41.600	15.000	56.600	47.616	421.754
8	1	3	8	0,8207		41.600	0	41.600	34.143	455.897
9	2	4	9	0,8007		41.600	0	41.600	33.310	489.207
10	3	0	10	0,7812		41.600	0	41.600	32.498	521.705
11	4	1	11	0,7621		41.600	0	41.600	31.705	553.410
12	5	2	12	0,7436		41.600	0	41.600	30.932	584.342
13	6	3	13	0,7254		41.600	0	41.600	30.177	614.519
14	0	4	14	0,7077		41.600	15.000	56.600	40.057	654.577
15	1	0	15	0,6905		41.600	0	41.600	28.723	683.300

**Variante 2**

(2) P&amp;T 2fach

(2) P&amp;T 2fach

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)		186000	
Zinssatz		2,5%	
laufende Kosten		51.000	
wiederkehrende Investitionen 1		25.000	
Intervall für Reinvestitionen 1		7	

Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte
0	0	0	0	1,0000	186.000			186.000	186.000	186.000
1	1	1	1	0,9756		51.000	0	51.000	49.756	235.756
2	2	2	2	0,9518		51.000	0	51.000	48.543	284.299
3	3	3	3	0,9286		51.000	0	51.000	47.359	331.657
4	4	4	4	0,9060		51.000	0	51.000	46.203	377.861
5	5	0	5	0,8839		51.000	0	51.000	45.077	422.937
6	6	1	6	0,8623		51.000	0	51.000	43.977	466.914
7	0	2	7	0,8413		51.000	25.000	76.000	63.936	530.851
8	1	3	8	0,8207		51.000	0	51.000	41.858	572.709
9	2	4	9	0,8007		51.000	0	51.000	40.837	613.546
10	3	0	10	0,7812		51.000	0	51.000	39.841	653.387

## Variante 3

(3) P&amp;T einf.+Mikrob.

(3) P&amp;T einf.+Mikrob.

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)					183000						
Zinssatz					2,5%						
laufende Kosten					44.000						
wiederkehrende Investitionen 1					15.000						
Intervall für Reinvestitionen 1					7						
wiederkehrende Investitionen 2					5.000						
Intervall für Reinvestitionen 2					1						
Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Reinvestitionen 2	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte
0	0	0	0	1,0000	183.000				183.000	183.000	183.000
1	1	0	0	0,9756		44.000	0		44.000	42.927	225.927
2	2	0	0	0,9518		44.000	0	5.000	49.000	46.639	272.566
3	3	0	0	0,9286		44.000	0	5.000	49.000	45.501	318.067
4	4	0	0	0,9060		44.000	0	5.000	49.000	44.392	362.459
5	5	0	0	0,8839		44.000	0	5.000	49.000	43.309	405.768
6	6	0	0	0,8623		44.000	0	5.000	49.000	42.253	448.020
7	0	0	0	0,8413		44.000	15.000		59.000	49.635	497.655
8	1	0	0	0,8207		44.000	0		44.000	36.113	533.768
9	2	0	0	0,8007		44.000	0		44.000	35.232	569.000
10	3	0	0	0,7812		44.000	0		44.000	34.373	603.372

## Variante 4

(4) Reaktiv. Wand:					(4) Reaktiv. Wand:					
Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)					1.449.800 €					
Zinssatz					2,5%					
laufende Kosten					6.000					
wiederkehrende Investitionen 1					25.000					
Intervall für Reinvestitionen 1					10					
wiederkehrende Investitionen 2					0					
Intervall für Reinvestitionen 2					5					
wiederkehrende Investitionen 3					0					
Intervall für Reinvestitionen 3					20					
Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte
0	0	0	0	1,0000	1.449.800			1.449.800	1.449.800	1.449.800
1	1	1	1	0,9756		6.000	0	6.000	5.854	1.455.654
2	2	2	2	0,9518		6.000	0	6.000	5.711	1.461.365
3	3	3	3	0,9286		6.000	0	6.000	5.572	1.466.936
4	4	4	4	0,9060		6.000	0	6.000	5.436	1.472.372
5	5	0	5	0,8839		6.000	0	6.000	5.303	1.477.675
6	6	1	6	0,8623		6.000	0	6.000	5.174	1.482.849
7	7	2	7	0,8413		6.000	0	6.000	5.048	1.487.896
8	8	3	8	0,8207		6.000	0	6.000	4.924	1.492.821
9	9	4	9	0,8007		6.000	0	6.000	4.804	1.497.625
10	0	0	10	0,7812		6.000	25.000	31.000	24.217	1.521.842
11	1	1	11	0,7621		6.000	0	6.000	4.573	1.526.415
12	2	2	12	0,7436		6.000	0	6.000	4.461	1.530.877
13	3	3	13	0,7254		6.000	0	6.000	4.353	1.535.229
14	4	4	14	0,7077		6.000	0	6.000	4.246	1.539.475
15	5	0	15	0,6905		6.000	0	6.000	4.143	1.543.618
16	6	1	16	0,6736		6.000	0	6.000	4.042	1.547.660
17	7	2	17	0,6572		6.000	0	6.000	3.943	1.551.603
18	8	3	18	0,6412		6.000	0	6.000	3.847	1.555.450
19	9	4	19	0,6255		6.000	0	6.000	3.753	1.559.203
20	0	0	0	0,6103		6.000	25.000	31.000	18.918	1.578.122
21	1	1	1	0,5954		6.000	0	6.000	3.572	1.581.694
22	2	2	2	0,5809		6.000	0	6.000	3.485	1.585.179
23	3	3	3	0,5667		6.000	0	6.000	3.400	1.588.579
24	4	4	4	0,5529		6.000	0	6.000	3.317	1.591.897
25	5	0	5	0,5394		6.000	0	6.000	3.236	1.595.133
26	6	1	6	0,5262		6.000	0	6.000	3.157	1.598.290
27	7	2	7	0,5134		6.000	0	6.000	3.080	1.601.371
28	8	3	8	0,5009		6.000	0	6.000	3.005	1.604.376
29	9	4	9	0,4887		6.000	0	6.000	2.932	1.607.308
30	0	0	10	0,4767		6.000	25.000	31.000	14.779	1.622.087
31	1	1	11	0,4651		6.000	0	6.000	2.791	1.624.878
32	2	2	12	0,4538		6.000	0	6.000	2.723	1.627.600
33	3	3	13	0,4427		6.000	0	6.000	2.656	1.630.257
34	4	4	14	0,4319		6.000	0	6.000	2.591	1.632.848
35	5	0	15	0,4214		6.000	0	6.000	2.528	1.635.376
36	6	1	16	0,4111		6.000	0	6.000	2.467	1.637.843
37	7	2	17	0,4011		6.000	0	6.000	2.406	1.640.249
38	8	3	18	0,3913		6.000	0	6.000	2.348	1.642.597
39	9	4	19	0,3817		6.000	0	6.000	2.290	1.644.887
40	0	0	0	0,3724		6.000	25.000	31.000	11.545	1.656.433
41	1	1	1	0,3633		6.000	0	6.000	2.180	1.658.613
42	2	2	2	0,3545		6.000	0	6.000	2.127	1.660.740
43	3	3	3	0,3458		6.000	0	6.000	2.075	1.662.815
44	4	4	4	0,3374		6.000	0	6.000	2.024	1.664.839
45	5	0	5	0,3292		6.000	0	6.000	1.975	1.666.814
46	6	1	6	0,3211		6.000	0	6.000	1.927	1.668.741
47	7	2	7	0,3133		6.000	0	6.000	1.880	1.670.621
48	8	3	8	0,3057		6.000	0	6.000	1.834	1.672.455
49	9	4	9	0,2982		6.000	0	6.000	1.789	1.674.244
50	0	0	10	0,2909		6.000	0	6.000	1.746	1.675.990

## Schadstoffadsorption mit Luft-Aktivkohle

## Variante 1A : Pump&amp;Treat -1 Entnahmebereich, 2 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Ergänzende Messstellen</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	4	6.000,00 €
Zwischensumme				6.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	2	15.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung, Steuerung etc.)	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Wasseraufbereitungsanl. (Strippanlage mit A-Kohlefilter für max.15 m³/h)	20.000,00 €	Stück	1	20.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				61.500,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		13.500,00 €
<b>Summe Investition:</b>				81.000,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	16.200,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				97.200,00 €

Betriebskosten				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (12 KW * 8760 h * 0,2 €)	21.000,00 €	psch	1	21.000,00 €
Aktivkohlefilterung Abluft (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³= 4 g/h, Beladung 10 % = 0,04 kg/h Verbrauch = ca. 400 kg/a)	5,00 €	kg	400	2.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				26.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	60	4.500,00 €
Summe Überwachung je Jahr				15.100,00 €
Summe Überwachung gesamt			18	271.800,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>41.600,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch	2	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	2	20.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>30.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>97.200,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 15 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>15</b>	<b>624.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>30.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>751.200,00 €</b>

Schadstoffadsorption mit Luft-Aktivkohle  
 Variante 1B: Pump&Treat -2 Entnahmebereiche, 2 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Ergänzende Messstellen</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	6	9.000,00 €
Zwischensumme				9.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	2	15.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung, Steuerung etc.)	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Wasseraufbereitungsanl. (Strippanlage mit A-Kohlefilter für max.15 m³/h)	20.000,00 €	Stück	1	20.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage unversiegel. Oberfl.	50,00 €	€/m	170	8.500,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage; Grabenbau mit Straßen- und Gehwegoberflächen	100,00 €	€/m	250	25.000,00 €
Rohrleitung für Direktinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				90.000,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		19.800,00 €
<b>Summe Investition:</b>				118.800,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	23.760,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				142.560,00 €

Betriebskosten				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (12 KW * 8760 h * 0,2 €)	21.000,00 €	psch	1	21.000,00 €
Aktivkohlefilterung Abluft (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³= 4 g/h, Beladung 10 % = 0,04 kg/h Verbrauch = ca. 400 kg/a)	5,00 €	kg	400	2.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirektinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				26.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	60	4.500,00 €
Summe Überwachung je Jahr				15.100,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>41.600,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch	2	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	2	20.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>30.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>142.560,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 15 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>15</b>	<b>624.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>30.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>796.560,00 €</b>

## Schadstoffadsorption mit Luft-Aktivkohle

## Variante 2 : Pump&amp;Treat - 2 Entnahmebereiche, 4 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Erkundung</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	8	12.000,00 €
Zwischensumme				12.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	7.000,00 €	Stück	1	7.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	4.000,00 €	psch.	1	4.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	4	30.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung etc.)	15.000,00 €	Stück	1	15.000,00 €
Wasseraufbereitungsanlage (Strippanlage mit A-Kohlefilter für max. 20 m³/h)	20.000,00 €	Stück	1,5	30.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage; Grabenbau mit Straßen- und Gehwegoberflächen	100,00 €	€/m	200	20.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				117.000,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		25.800,00 €
<b>Summe Investition:</b>				154.800,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	30.960,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				185.760,00 €

Betriebskosten				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (16 KW * 8760 h * 0,2 €)	28.000,00 €	psch	1	28.000,00 €
Aktivkohlefilterung Abluft (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³ = 4 g/h, Beladung 10 % = 0,04 kg/h Verbrauch = ca. 400 kg/a)	5,00 €	kg	400	2.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				33.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	400,00 €	psch.	6	2.400,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	70	5.250,00 €
Summe Überwachung je Jahr				16.750,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>50.250,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	1	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	15.000,00 €	psch	1	15.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>25.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>185.760,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 10 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>10</b>	<b>502.500,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>25.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>713.260,00 €</b>

## Schadstoffadsorption mit Luft-Aktivkohle

## Variante 3: 1 Entnahmebereich + Mikrobiologische In Situ Sanierung

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Erkundung</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	12	18.000,00 €
Vorerkundung (biologischer Abbau)	7.500,00 €	psch	1	7.500,00 €
Zwischensumme				25.500,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung etc.)	10.000,00 €	Stück	1	10.000,00 €
Wasseraufbereitungsanlage (Strippanlage mit A-Kohlefilter für 10 m³/h)	20.000,00 €	Stück	1	20.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Injektionsbrunnen	2.000,00 €	Stück	10	20.000,00 €
Messtechnik	10.000,00 €	psch.	1	10.000,00 €
Startinjektionen Substrat	15.000,00 €	psch.	1	15.000,00 €
Zwischensumme				101.500,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		25.400,00 €
<b>Summe Investition:</b>				152.400,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	30.480,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				182.880,00 €

Betriebskosten				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (12 KW * 8760 h * 0,2 €)	21.000,00 €	psch	1	21.000,00 €
Aktivkohlefiltration Abluft (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³ = 4 g/h, Beladung 10 % = 0,04 kg/h Verbrauch = ca. 400 kg/a)	5,00 €	kg	400	2.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				26.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung + Mikrobiolog. halbjährlich	1.200,00 €	psch.	2	2.400,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	80	6.000,00 €
Summe Überwachung je Jahr				17.400,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				43.900,00 €

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch	1	5.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	1	10.000,00 €
Summe Reinvestitionskosten - nach 10 Jahren:				15.000,00 €
Ergänzungsinjektionen in den ersten 5 Jahren	5.000,00 €	psch	5	25.000,00 €
Summe Reinvestitionen Sanierungsdauer				40.000,00 €

<b>Summe Investitionen</b>				<b>182.880,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - Sanierungsdauer</b>			<b>10</b>	<b>439.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>40.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>661.880,00 €</b>

## Anlage 10

### Variante 4: Reaktive Wand

<b>Investitionskosten</b>	<b>Einheitskosten [€]</b>	<b>Einheit</b>	<b>Menge</b>	<b>Kosten</b>
<b>Erkundung</b>				
Kontrollmessstellen	1.500 €	Stück	12	18.000,00 €
Vorerkundung (Bodenmechanik, Materialtest Labor etc.)	20.000 €	psch	1	20.000,00 €
<b>Zwischensumme</b>				<b>38.000,00 €</b>
<b>Abstrom</b>				
Erstellung Reaktive Wand (L: 150 m x T: 14 m x 600 €/m <sup>2</sup> ) psch.	600 €	m <sup>2</sup>	2100	1.260.000,00 €
Messtechnik	10.000 €	Stück	1	10.000,00 €
<b>Zwischensumme</b>				<b>1.270.000,00 €</b>
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	10.000 €	psch	1	10.000 €
<b>Summe Investition:</b>				<b>1.318.000,00 €</b>
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	10%	<b>131.800,00 €</b>
<b>Investitionskosten:</b>				<b>1.449.800,00 €</b>
<b>Betriebskosten</b>				
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75 €	€/h	40	3.000,00 €
Analytik	250 €	psch.	12	3.000,00 €
Summe Überwachung je Jahr				6.000,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>6.000,00 €</b>
<b>Reinvestitionen</b>				
Kontrollmessstellen nach 10 Jahren	5.000 €	psch	4	20.000,00 €
Reaktive Wand nach 10 Jahren	20.000 €	psch	4	80.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten - nach 10 Jahren:</b>				<b>100.000,00 €</b>
Summe Reinvestitionen Sanierungsdauer				100.000,00 €
<b>Summe Investitionen</b>				<b>1.449.800,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - Sanierungsdauer</b>			<b>50</b>	<b>300.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>100.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>1.849.800,00 €</b>

## Anlage 10

### Schadstoffadsorption Wasser Aktiv-Kohle

#### Variante 1A : Pump&Treat -1 Entnahmebereich, 2 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Ergänzende Messstellen</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	4	6.000,00 €
Zwischensumme				6.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	2	15.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung, Steuerung etc.)	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Wasseraufbereitungsanl. (mit Wasser A-Kohlefilter für max.15 m³/h)	30.000,00 €	Stück	1	30.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				71.500,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		15.500,00 €
<b>Summe Investition:</b>				93.000,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	18.600,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				111.600,00 €

Betriebskosten				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (12 KW * 8760 h * 0,2 €)	21.000,00 €	psch	1	21.000,00 €
Aktivkohlefilterung (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³= 4 g/h, Beladung 2 % = 0,2 kg/h Verbrauch = ca. 1800 kg/a)	5,00 €	kg	1800	9.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				33.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	60	4.500,00 €
Summe Überwachung je Jahr				15.100,00 €
Summe Überwachung gesamt			18	271.800,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>48.600,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch	2	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	2	20.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>30.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>111.600,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 15 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>15</b>	<b>729.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>30.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>870.600,00 €</b>

## Variante 1B: Pump&amp;Treat -2 Entnahmebereiche, 2 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Ergänzende Messstellen</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	6	9.000,00 €
Zwischensumme				9.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	2	15.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung, Steuerung etc.)	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Wasseraufbereitungsanl. (mit Wasser A-Kohlefilter für max.15 m³/h)	30.000,00 €	Stück	1	30.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage; Grabenbau mit Straßen- und Gehwegoberflächen	100,00 €	€/m	150	15.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				86.500,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch.		19.100,00 €
<b>Summe Investition:</b>				114.600,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch.	20%	22.920,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				137.520,00 €

Betriebskosten				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch.	1	3.500,00 €
Energie (12 KW * 8760 h * 0,2 €)	21.000,00 €	psch.	1	21.000,00 €
Aktivkohlefilterung (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³= 4 g/h, Beladung 2 % = 0,2 kg/h Verbrauch = ca. 1800 kg/a)	5,00 €	kg	1800	9.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				33.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	60	4.500,00 €
Summe Überwachung je Jahr				15.100,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>48.600,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch.	2	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch.	2	20.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>30.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>137.520,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 15 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>15</b>	<b>729.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>30.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>896.520,00 €</b>

## Variante 2 : Pump&amp;Treat - 2 Entnahmebereiche, 4 Brunnen

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Erkundung</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	8	12.000,00 €
Zwischensumme				12.000,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	7.000,00 €	Stück	1	7.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	4.000,00 €	psch.	1	4.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	psch.	4	30.000,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung etc.)	15.000,00 €	Stück	1	15.000,00 €
Wasseraufbereitungsanlage ( mit Wasser A-Kohlefilter für max. 15 m³/h)	30.000,00 €	Stück	1,5	45.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage; Grabenbau mit Straßen- und Gehwegoberflächen	100,00 €	€/m	200	20.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Zwischensumme				132.000,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch		28.800,00 €
<b>Summe Investition:</b>				172.800,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch	20%	34.560,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				207.360,00 €

Betriebskosten				
<b>Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch	1	3.500,00 €
Energie (16 KW * 8760 h * 0,2 €)	28.000,00 €	psch	1	28.000,00 €
Aktivkohlefilterung (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³= 4 g/h, Beladung 2 % = 0,2 kg/h Verbrauch = ca. 1800 kg/a)	5,00 €	kg	1800	9.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				40.500,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	400,00 €	psch.	6	2.400,00 €
Umfeldüberwachung halbjährlich	800,00 €	psch.	2	1.600,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	70	5.250,00 €
Summe Überwachung je Jahr				16.750,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				<b>57.250,00 €</b>

Reinvestitionen				
Brunnen nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch	1	10.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	15.000,00 €	psch	1	15.000,00 €
<b>Summe Reinvestitionskosten:</b>				<b>25.000,00 €</b>

<b>Summe Investitionen</b>				<b>207.360,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - 10 Jahre Sanierungsdauer</b>			<b>10</b>	<b>572.500,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>25.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>804.860,00 €</b>

### Variante 3: 1 Entnahmebereich + Mikrobiologische In Situ Sanierung

Investitionskosten	Einheitskosten [€]	Einheit	Menge	Kosten
<b>Erkundung</b>				
Kontrollmessstellen	1.500,00 €	Stück	12	18.000,00 €
Vorerkundung (biologischer Abbau)	7.500,00 €	psch.	1	7.500,00 €
Zwischensumme				25.500,00 €
<b>Abstrom</b>				
Baustelleneinrichtung	5.000,00 €	Stück	1	5.000,00 €
Vorbereitung von Bereitstellungsflächen	3.000,00 €	psch.	1	3.000,00 €
Erstellung Sanierungsbrunnen	7.500,00 €	Stück	1	7.500,00 €
Fördertechnik (Pumpen, Leitungsbau, Einhausung etc.)	10.000,00 €	Stück	1	10.000,00 €
Wasseraufbereitungsanlage (mit Wasser A-Kohlefilter für 10 m³/h)	20.000,00 €	Stück	1	20.000,00 €
Druckleitung zur Verbindung der Brunnen zur Anlage	50,00 €	€/m	100	5.000,00 €
Rohrleitung für Direkteinleitung	15,00 €	€/m	400	6.000,00 €
Injektionsbrunnen	2.000,00 €	Stück	10	20.000,00 €
Messtechnik	10.000,00 €	psch.	1	10.000,00 €
Startinjektionen Substrat	15.000,00 €	psch.	1	15.000,00 €
Zwischensumme				101.500,00 €
<b>Ingenieurleistungen</b>				
Planung, Ausschreibung, Überwachung, Dokumentation	20%	psch.		25.400,00 €
<b>Summe Investition:</b>				152.400,00 €
<b>Unvorhergesehenes:</b>		psch.	20%	30.480,00 €
<b>Investitionskosten:</b>				182.880,00 €

<b>Betriebskosten</b>				
<b>Anlage</b>				
Wartung, Betrieb, Instandhaltung Strippanlage Abstrom	3.500,00 €	psch.	1	3.500,00 €
Energie (10 KW * 8760 h * 0,2 €)	17.500,00 €	psch.	1	17.500,00 €
Aktivkohlefilterung (10 m³/h Wasser mit 0,4 mg/l = 0,4 g/m³ = 4 g/h, Beladung 2 % = 0,2 kg/h Verbrauch = ca. 1800 kg/a)	5,00 €	kg	1800	9.000,00 €
Ableitung gereinigtes Wasser Indirekteinleitung	0,50 €	m³	0	0,00 €
Summe Betriebskosten Anlage je Jahr				30.000,00 €
<b>Gutachterliche /analytische Begleitung:</b>				
Gutachterliche Begleitung (75 €/h, auf Nachweis)	75,00 €	€/h	100	7.500,00 €
Analytik Anlage zweimonatliche Beprobung	250,00 €	psch.	6	1.500,00 €
Umfeldüberwachung + Mikrobiolog. halbjährlich	1.200,00 €	psch.	2	2.400,00 €
Erstellung von Halbjahresberichten	75,00 €	€/h	80	6.000,00 €
Summe Überwachung je Jahr				17.400,00 €
<b>Summe Betriebskosten pro Jahr</b>				47.400,00 €

<b>Reinvestitionen</b>				
Brunnen nach 7 Jahren	5.000,00 €	psch.	1	5.000,00 €
Anlage nach 7 Jahren	10.000,00 €	psch.	1	10.000,00 €
Summe Reinvestitionskosten - nach 10 Jahren:				15.000,00 €
Ergänzungsinjektionen in den ersten 5 Jahren	5.000,00 €	psch.	5	25.000,00 €
Summe Reinvestitionen Sanierungsdauer				40.000,00 €

<b>Summe Investitionen</b>				<b>182.880,00 €</b>
<b>Summe Betriebskosten - Sanierungsdauer</b>			<b>10</b>	<b>474.000,00 €</b>
<b>Summe Reinvestitionen</b>				<b>40.000,00 €</b>
<b>SUMME (netto) - nicht abgezinst</b>				<b>696.880,00 €</b>

## **ANLAGE 11**

### **Nutzwertanalyse**

## Nutzwertanalyse Sanierungsvarianten Projekt Rübesamen, Warendorf

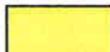
	Nutzwertanalyse	%	hydraulische San. Variante 1A		hydraulische San. Variante 1B		hydraulische San. Variante 2		Mikrobiolog. (ENA)		Reaktive Wand	
			Punkte	gewichtete Punktzahl	Punkte	gewichtete Punktzahl	Punkte	gewichtete Punktzahl	Punkte	gewichtete Punktzahl	Punkte	gewichtete Punktzahl
<b>1</b>	<b>technische Anwendbarkeit</b>	<b>30%</b>										
1.1	Standortgeologie	20%	9	1,8	9	1,8	9	1,8	9	1,8	9	1,8
1.2	Schadstoffspezifische Eignung	30%	10	3	10	3	10	3	8	2,4	10	3
1.3	Stand der Technik	10%	10	1	10	1	10	1	5	0,5	3	0,3
1.4	Betriebs-/Verfahrenssicherheit	20%	10	2	10	2	10	2	6	1,2	5	1
1.5	Überwachungsmöglichkeiten	10%	8	0,8	8	0,8	8	0,8	6	0,6	6	0,6
1.6	Handlungsmöglichkeiten bei Versagen	10%	8	0,8	8	0,8	8	0,8	6	0,6	2	0,2
	<b>Zwischensumme</b>			<b>9,4</b>		<b>9,4</b>		<b>9,4</b>		<b>7,1</b>		<b>6,9</b>
<b>2</b>	<b>Wirksamkeit (Sanierungszielerfüllung)</b>	<b>20%</b>										
2.1	Dekontamination	25%	8	2	7	1,75	8	2	7	1,75	8	2
2.2	Grundwasserschutz	20%	8	1,6	8	1,6	8	1,6	6	1,2	7	1,4
2.3	Unterbrechung des Schadstoffaustrages	35%	10	3,5	10	3,5	10	3,5	6	2,1	8	2,8
2.4	Zeit der Sanierung	20%	6	1,2	5	1	7	1,4	7	1,4	2	0,4
	<b>Zwischensumme</b>			<b>8,3</b>		<b>7,85</b>		<b>8,5</b>		<b>6,45</b>		<b>6,6</b>
<b>3</b>	<b>Auswirkungen</b>	<b>10%</b>										
3.1	Hydraulische Verhältnisse am Standort	30%	8	2,4	8	2,4	8	2,4	8	2,4	8	2,4
3.3	Flächenverbrauch	30%	8	2,4	8	2,4	8	2,4	8	2,4	5	1,5
3.5	Emissionen durch die Bautätigkeit	15%	8	1,2	8	1,2	8	1,2	8	1,2	6	0,9
3.6	Arbeits- und Umfeldschutz	25%	8	2	8	2	8	2	9	2,25	8	2
	<b>Zwischensumme</b>			<b>8</b>		<b>8</b>		<b>8</b>		<b>8,25</b>		<b>6,8</b>
<b>4</b>	<b>Kosten</b>	<b>40%</b>										
4.1	Investitionskosten	40%	8	3,2	7	2,8	7	2,8	7	2,8	2	0,8
4.2	Betriebskosten	30%	6	1,8	6	1,8	5	1,5	6	1,8	9	2,7
4.3	Nachsorgekosten	30%	6	1,8	6	1,8	6	1,8	6	1,8	8	2,4
	<b>Zwischensumme</b>			<b>6,8</b>		<b>6,4</b>		<b>6,1</b>		<b>6,4</b>		<b>5,9</b>
	<b>Gesamtbewertung</b>			<b>8,00</b>		<b>7,75</b>		<b>7,76</b>		<b>6,81</b>		<b>6,43</b>

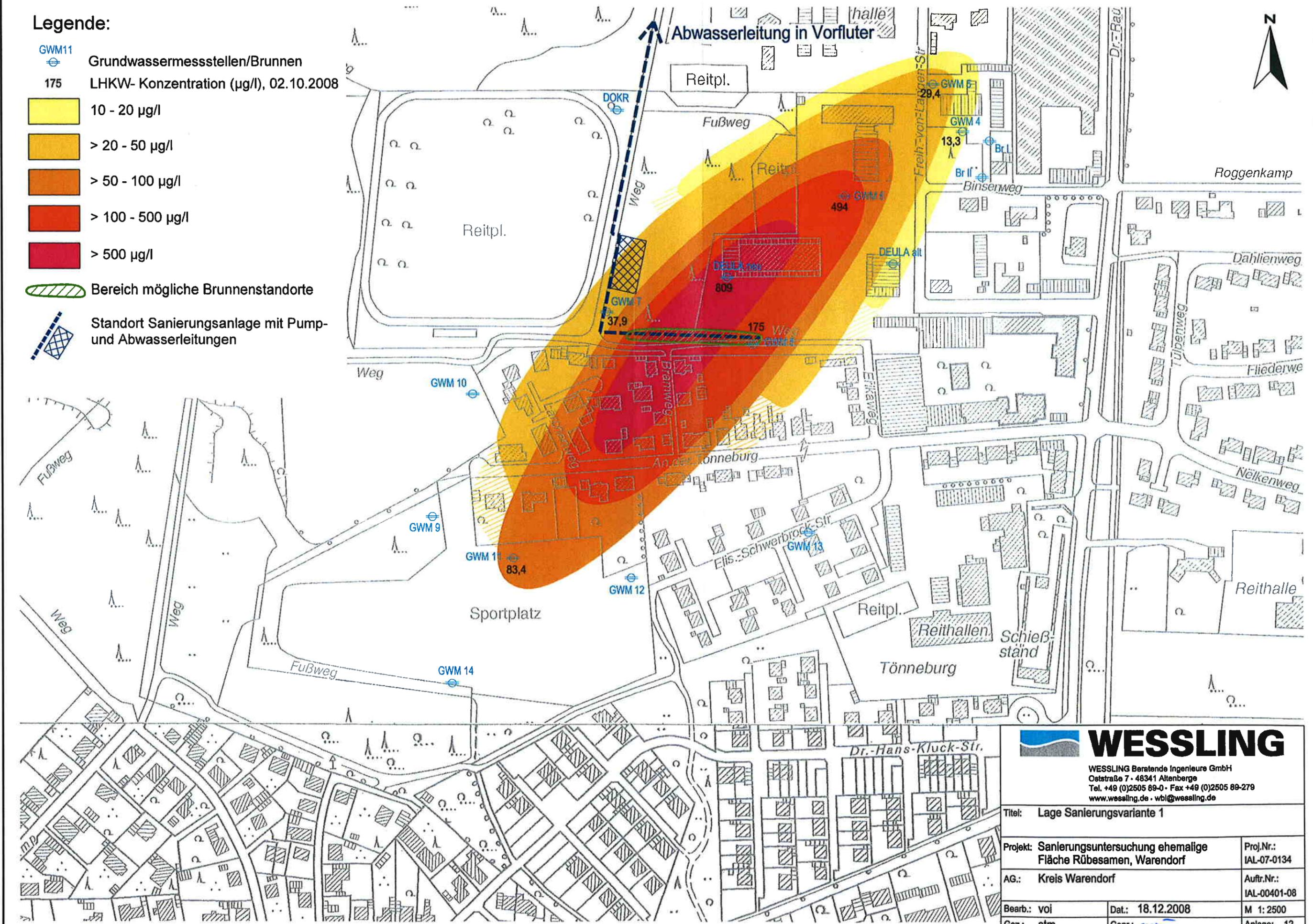
Einstufung von 1 (= ungünstige Bewertung) bis 10 (= positive Bewertung)

## **ANLAGE 12**

### **Darstellung Sanierungsvariante 1A**

**Legende:**

-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
- 175 LHKW-Konzentration ( $\mu\text{g/l}$ ), 02.10.2008
-  10 - 20  $\mu\text{g/l}$
-  > 20 - 50  $\mu\text{g/l}$
-  > 50 - 100  $\mu\text{g/l}$
-  > 100 - 500  $\mu\text{g/l}$
-  > 500  $\mu\text{g/l}$
-  Bereich mögliche Brunnenstandorte
-  Standort Sanierungsanlage mit Pump- und Abwasserleitungen



**WESSLING**

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbl@wessling.de

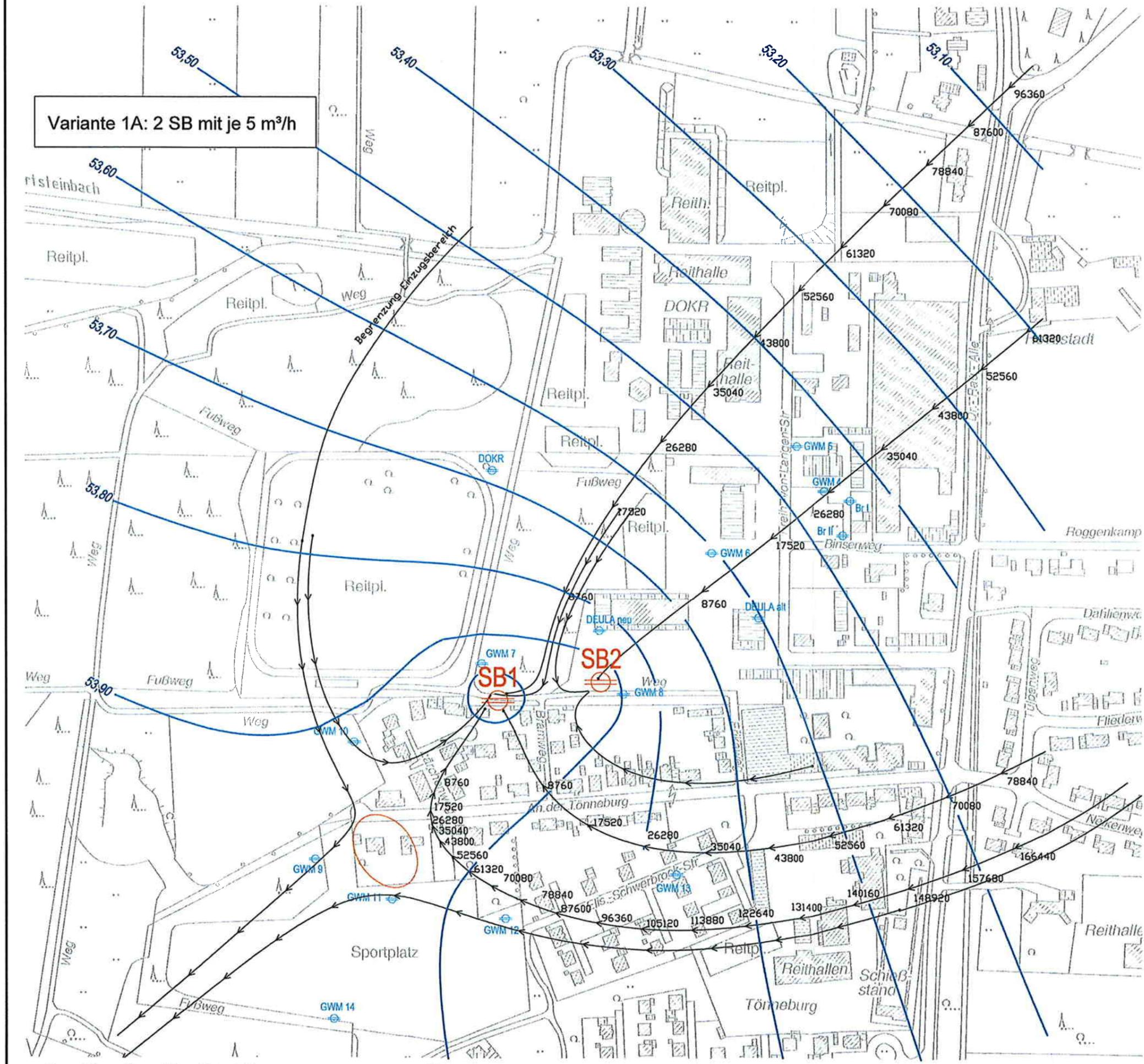
Titel: Lage Sanierungsvariante 1		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: voi	Dat.: 18.12.2008	M 1:2500
Gez.: stm	Gepr.: 	Anlage: 12

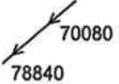
## **ANLAGE 12.1**

### **Darstellung Sanierungsvariante 1A (Modellsimulation)**



Variante 1A: 2 SB mit je 5 m³/h



- Legende:**
-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
  -  SB2 Sanierungsbrunnen
  -  Grundwassergleichen mit Höhenangabe NN
  -  GW-Fließzeiten in Jahresstunden und Fließwege
  -  Kulminationsbereich

0 30 60 90 120 150 300 m



**WESSLING**  
WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
www.wessling.de • wbl@wessling.de

Titel: Darstellung Sanierungsvariante 1A (Modellsimulation)		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: voi	Dat.: 12.03.2009	M 1: 3000
Gez.: strm	Gepr.: <i>voj</i>	Anlage: 12.1

U:\Cadburer\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\An12-1.dwg

## **A N L A G E 12.2**

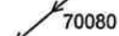
**Darstellung Sanierungsvariante 1B**

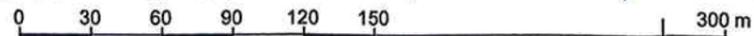
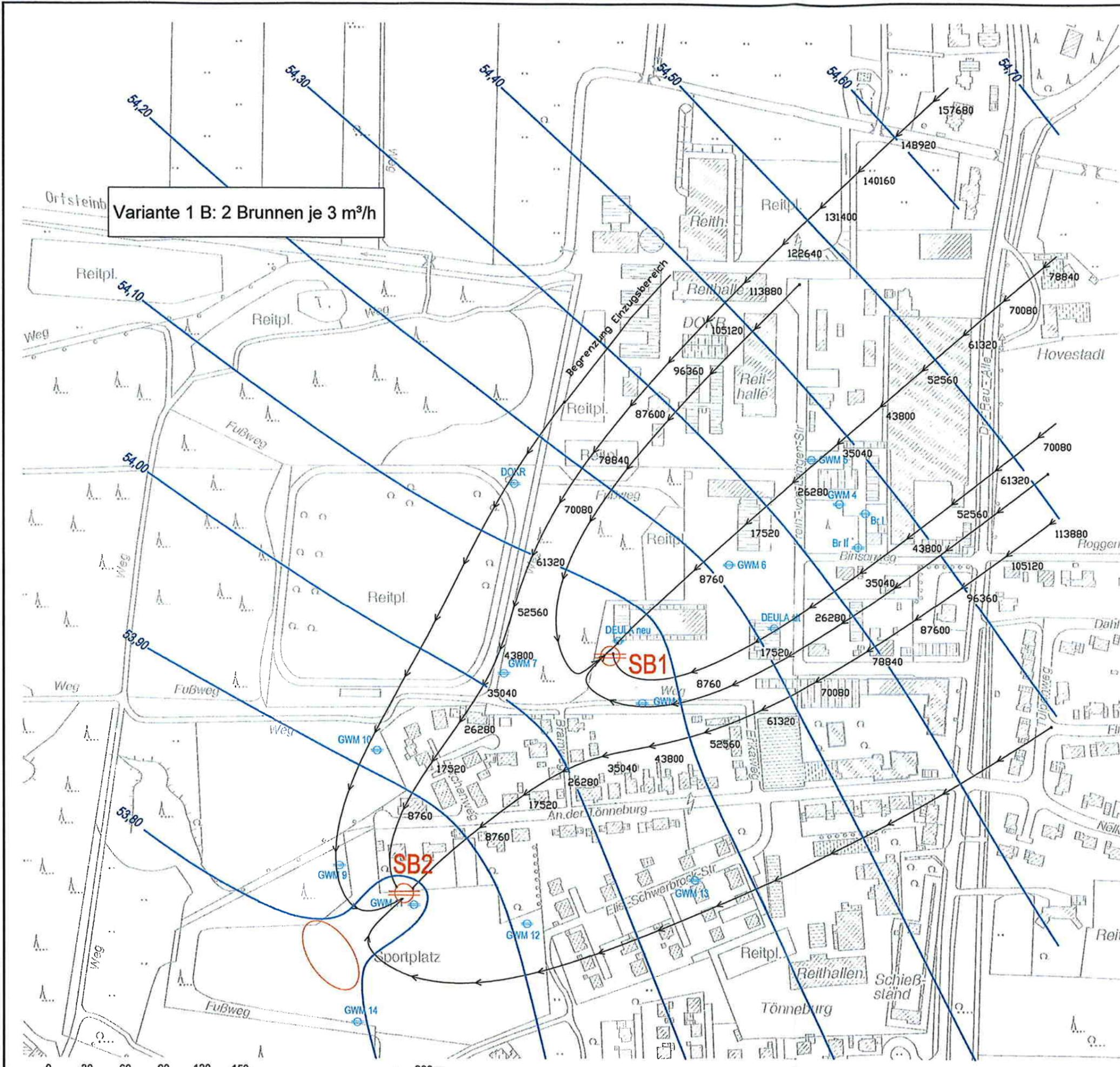
**(Modellsimulation)**



Variante 1 B: 2 Brunnen je 3 m³/h

**Legende:**

-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
-  SB1 Sanierungsbrunnen
-  Grundwassergleichen mit Höhenangabe NN
-  GW-Fließzeiten in Jahresstunden und Fließwege
-  Kulminationsbereich





**WESSLING**  
WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
www.wessling.de · wbi@wessling.de

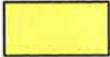
Titel: Darstellung Sanierungsvariante 1B (Modellsimulation)		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: vol	Dat.: 12.03.2009	M 1: 3000
Gez.: stm	Gepr.: 	Anlage: 12.2

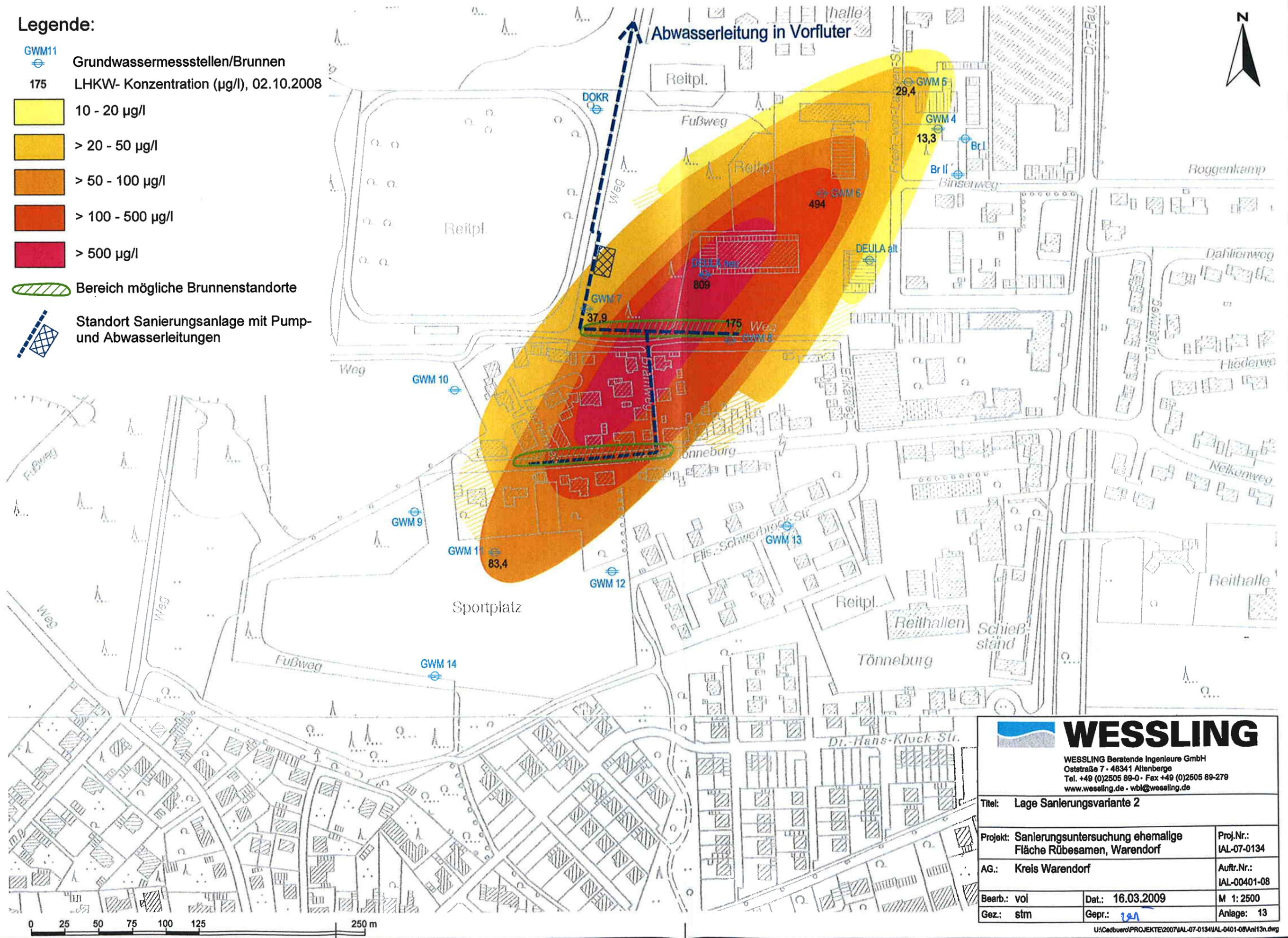
U:\Cadbuero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\Anl12-2.dwg

## **ANLAGE 13**

### **Darstellung Sanierungsvariante 2**

**Legende:**

-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
- 175 LHKW- Konzentration ( $\mu\text{g/l}$ ), 02.10.2008
-  10 - 20  $\mu\text{g/l}$
-  > 20 - 50  $\mu\text{g/l}$
-  > 50 - 100  $\mu\text{g/l}$
-  > 100 - 500  $\mu\text{g/l}$
-  > 500  $\mu\text{g/l}$
-  Bereich mögliche Brunnenstandorte
-  Standort Sanierungsanlage mit Pump- und Abwasserleitungen





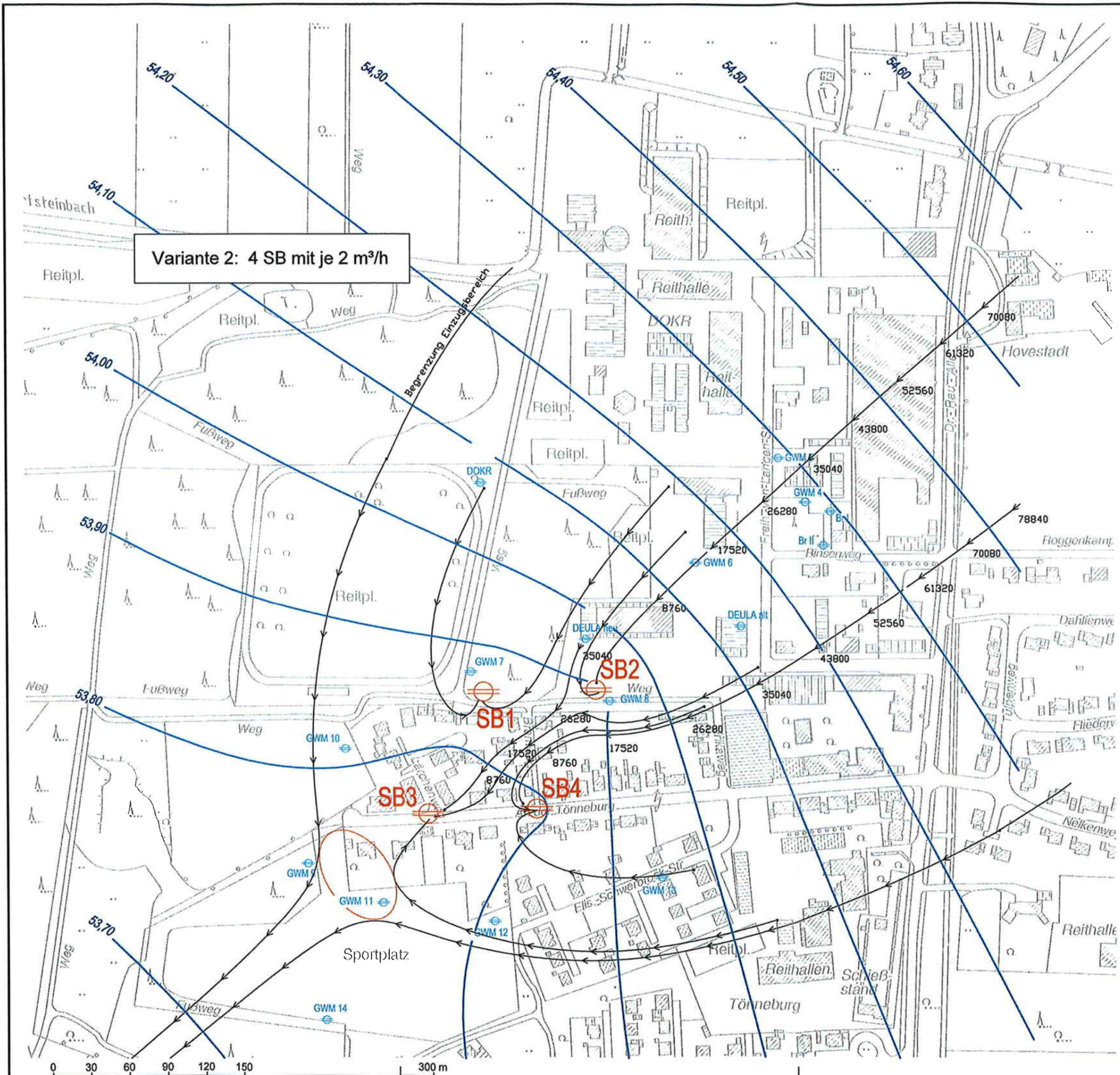
**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbi@wessling.de

Titel: Lage Sanierungsvariante 2	
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08
Bearb.: voi	Dat.: 16.03.2009
Gez.: stm	Gepr.: 
	M 1: 2500
	Anlage: 13

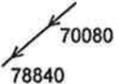
U:\Cedbuero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\Anl13n.dwg

## **ANLAGE 13.1**

### **Darstellung Sanierungsvariante 2 (Modellsimulation)**

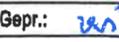


Variante 2: 4 SB mit je 2 m<sup>3</sup>/h

- Legende:**
-  GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
  -  SB2 Sanierungsbrunnen
  -  54,20 Grundwassergleichen mit Höhenangabe NN
  -  70080 78840 GW-Fließzeiten in Jahresstunden und Fließwege
  -  Kulminationsbereich



WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbi@wessling.de

Titel: Darstellung Sanierungsvariante 2 (Modellsimulation)		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: vol	Dat.: 12.03.2009	M 1: 3000
Gez.: stm	Gepr.: 	Anlage: 13.1

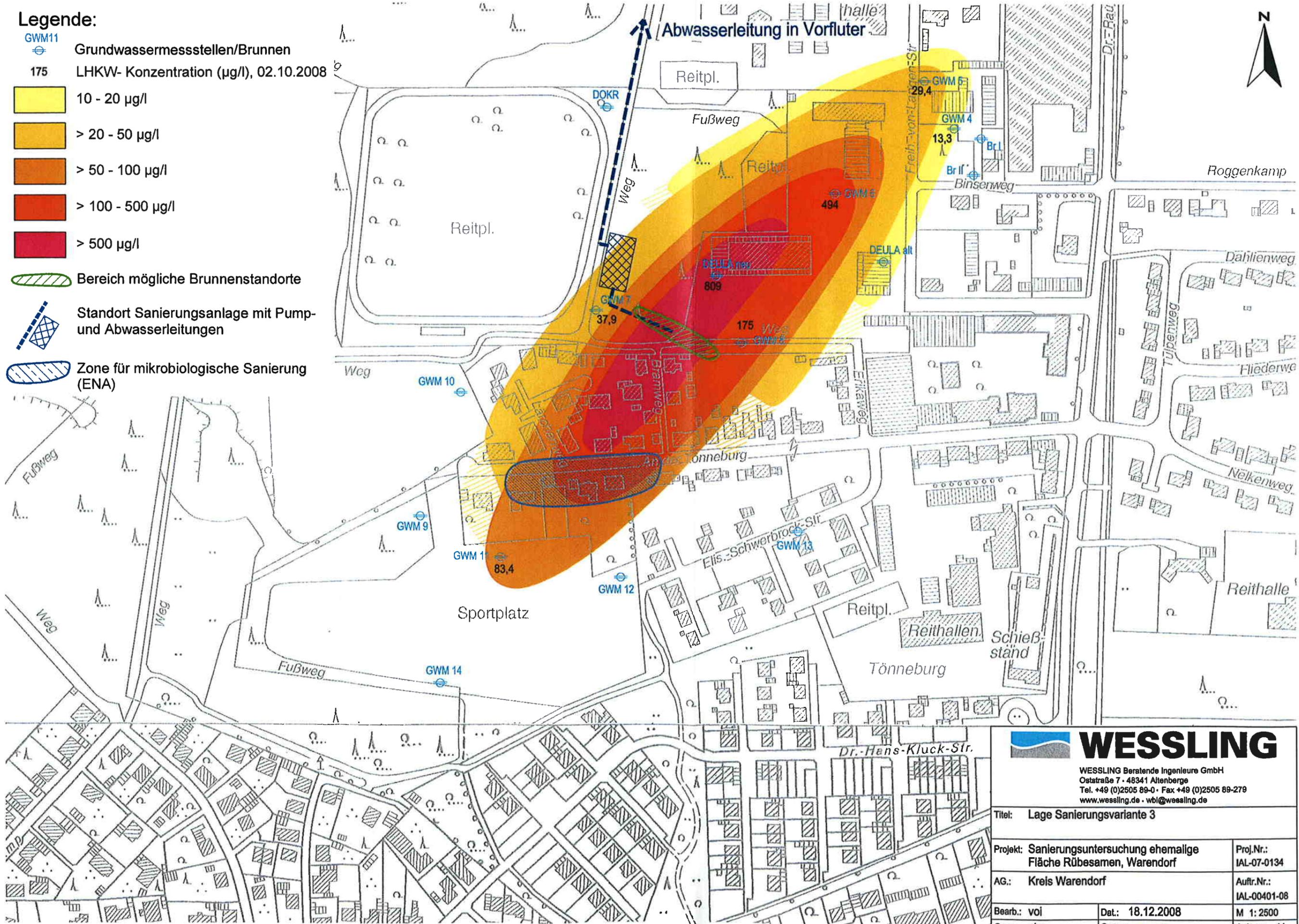
U:\Cadbuero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\Anl13-1.dwg

## **A N L A G E 14**

### **Darstellung Sanierungsvariante 3**

**Legende:**

- GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
- 175 LHKW- Konzentration (µg/l), 02.10.2008
- 10 - 20 µg/l
- > 20 - 50 µg/l
- > 50 - 100 µg/l
- > 100 - 500 µg/l
- > 500 µg/l
- Bereich mögliche Brunnenstandorte
- Standort Sanierungsanlage mit Pump- und Abwasserleitungen
- Zone für mikrobiologische Sanierung (ENA)



**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbi@wessling.de

Titel: Lage Sanierungsvariante 3		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: voi	Dat.: 18.12.2008	M 1: 2500
Gez.: stm	Gepr.:	Anlage: 14

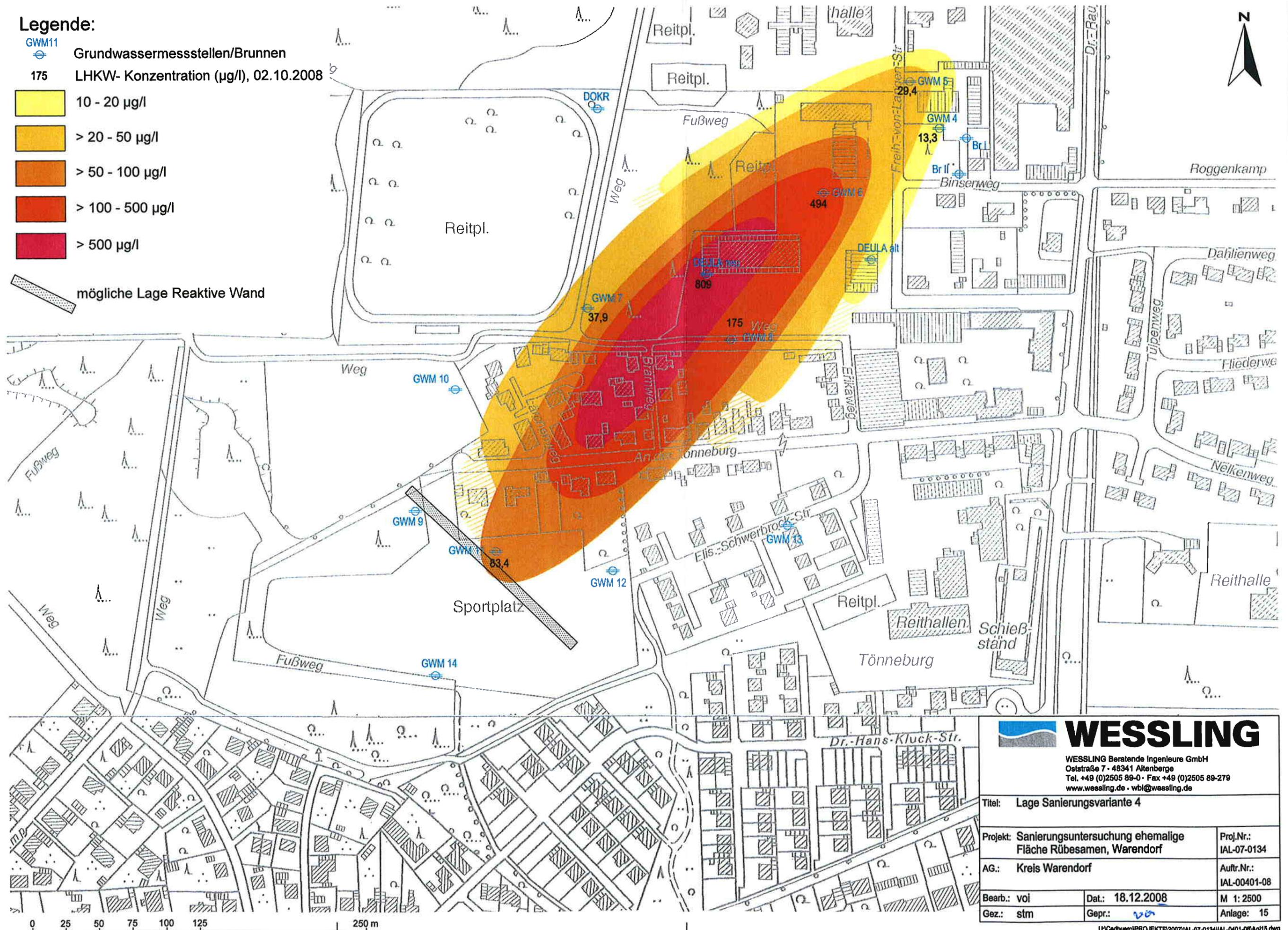
U:\Caduero\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-0401-08\An14.dwg

## **ANLAGE 15**

### **Darstellung Sanierungsvariante 4**

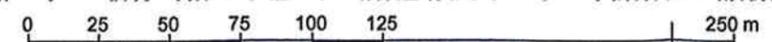
**Legende:**

- GWM11 Grundwassermessstellen/Brunnen
- 175 LHKW- Konzentration ( $\mu\text{g/l}$ ), 02.10.2008
- 10 - 20  $\mu\text{g/l}$
- > 20 - 50  $\mu\text{g/l}$
- > 50 - 100  $\mu\text{g/l}$
- > 100 - 500  $\mu\text{g/l}$
- > 500  $\mu\text{g/l}$
- mögliche Lage Reaktive Wand



**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 · Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de · wbi@wessling.de

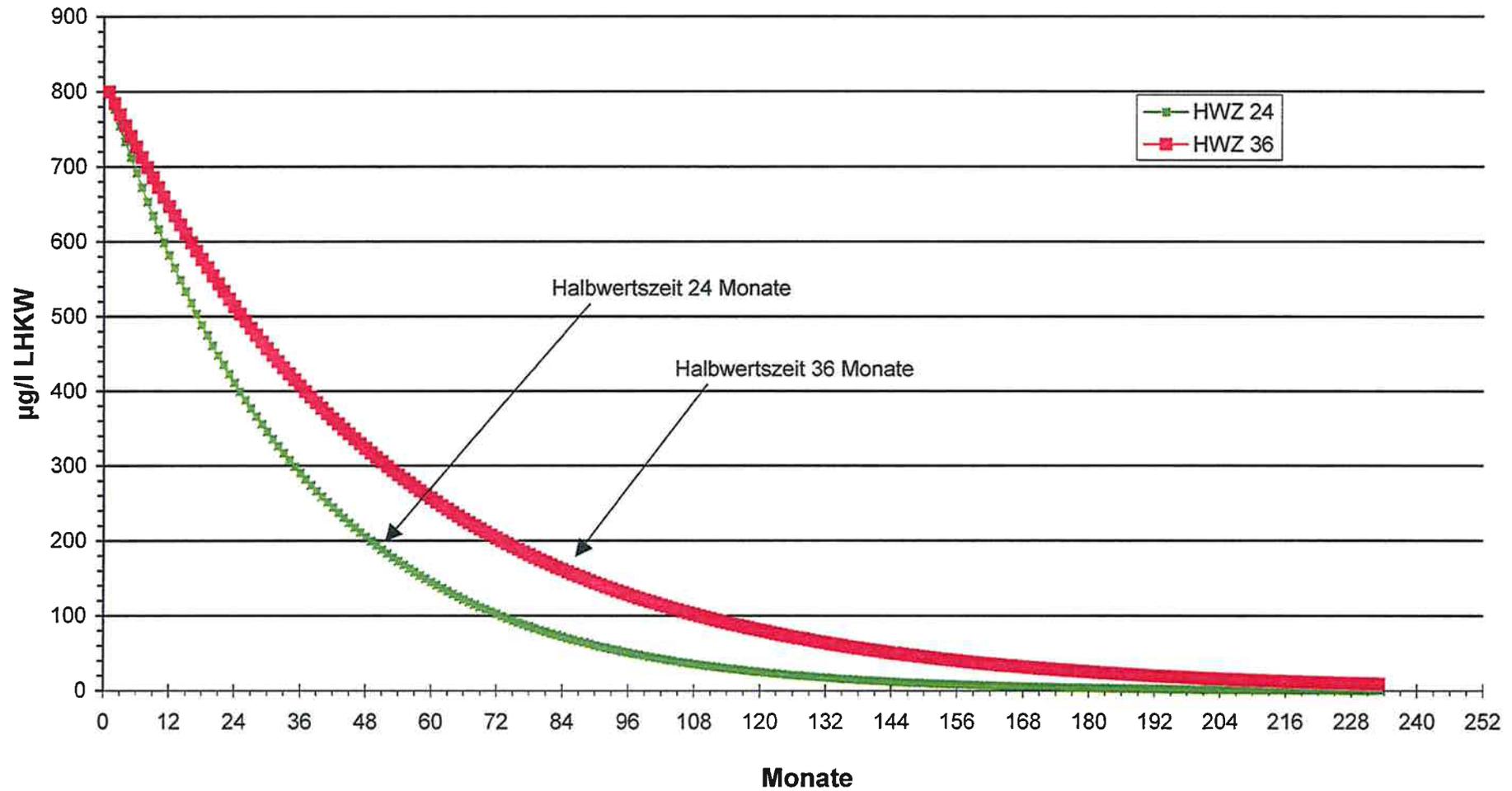
Titel: Lage Sanierungsvariante 4		
Projekt: Sanierungsuntersuchung ehemalige Fläche Rübesamen, Warendorf	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00401-08	
Bearb.: voi	Dat.: 18.12.2008	M 1: 2500
Gez.: stm	Gepr.:	Anlage: 15



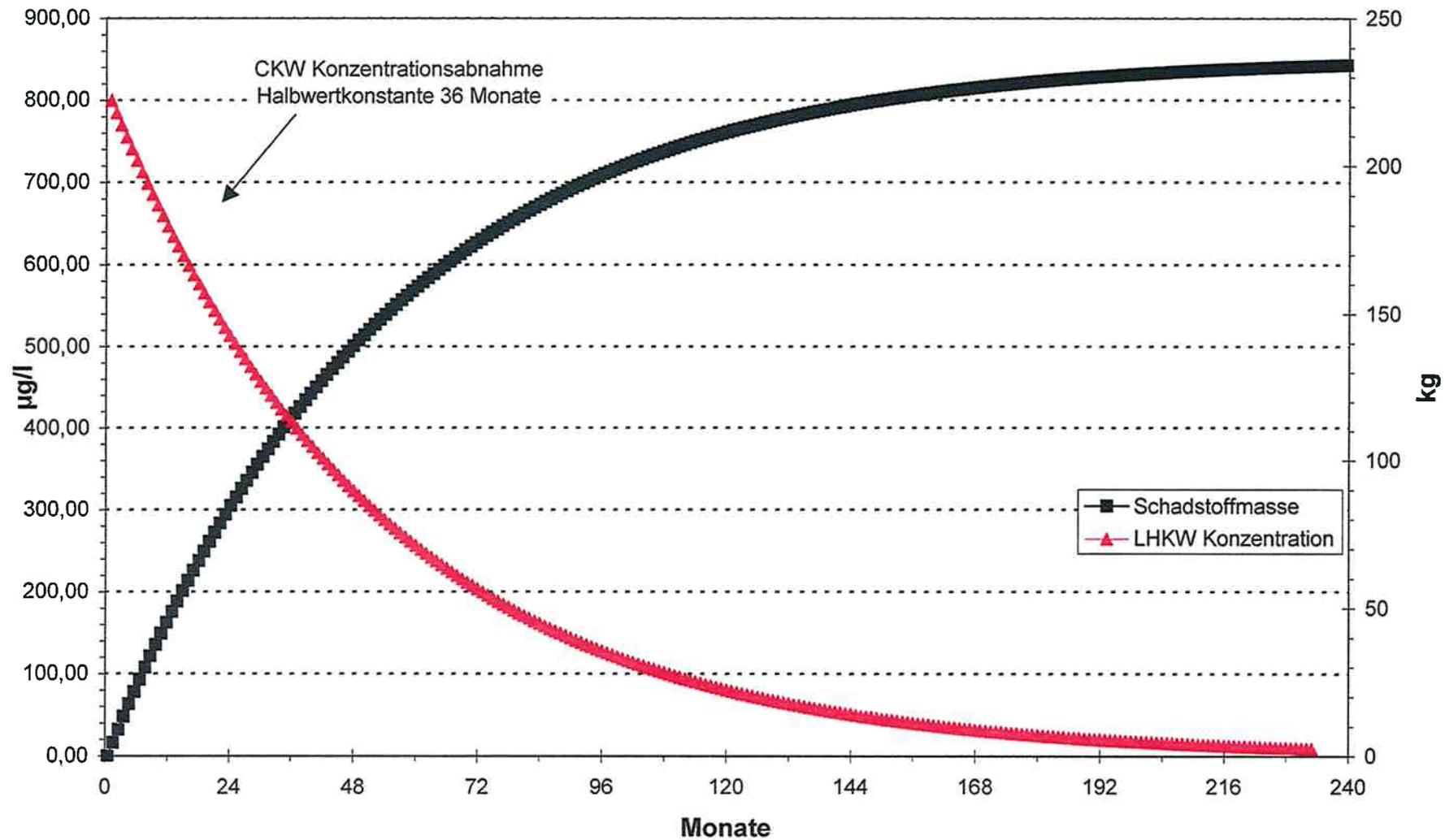
## **A N L A G E 16**

### **Exponentielle Schadstoffabnahme mit Halbwertzeiten 24 u. 36 Monate**

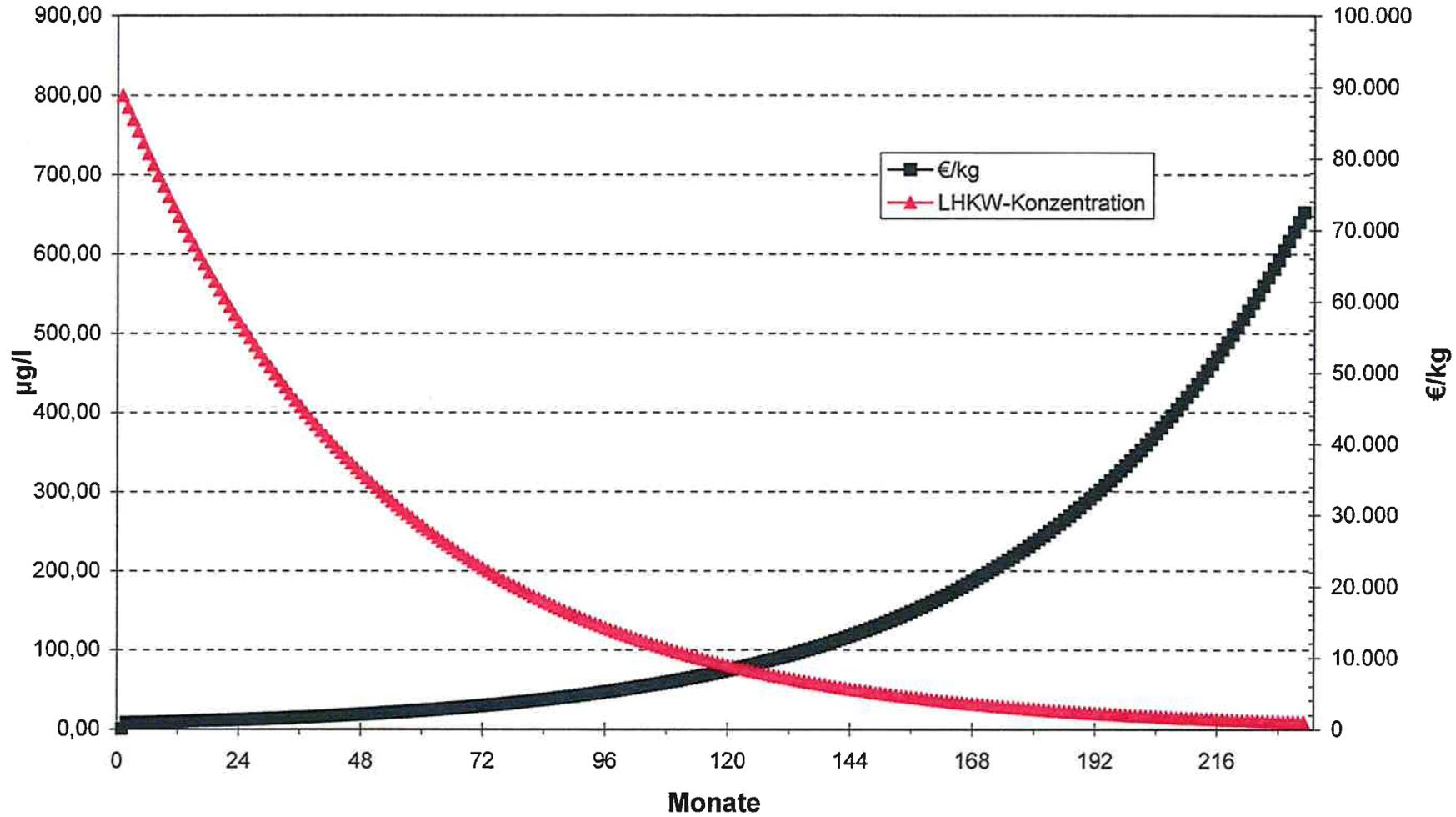
### Konzentrationsabnahmen LHKW Halbwertszeiten 24 und 36 Monate



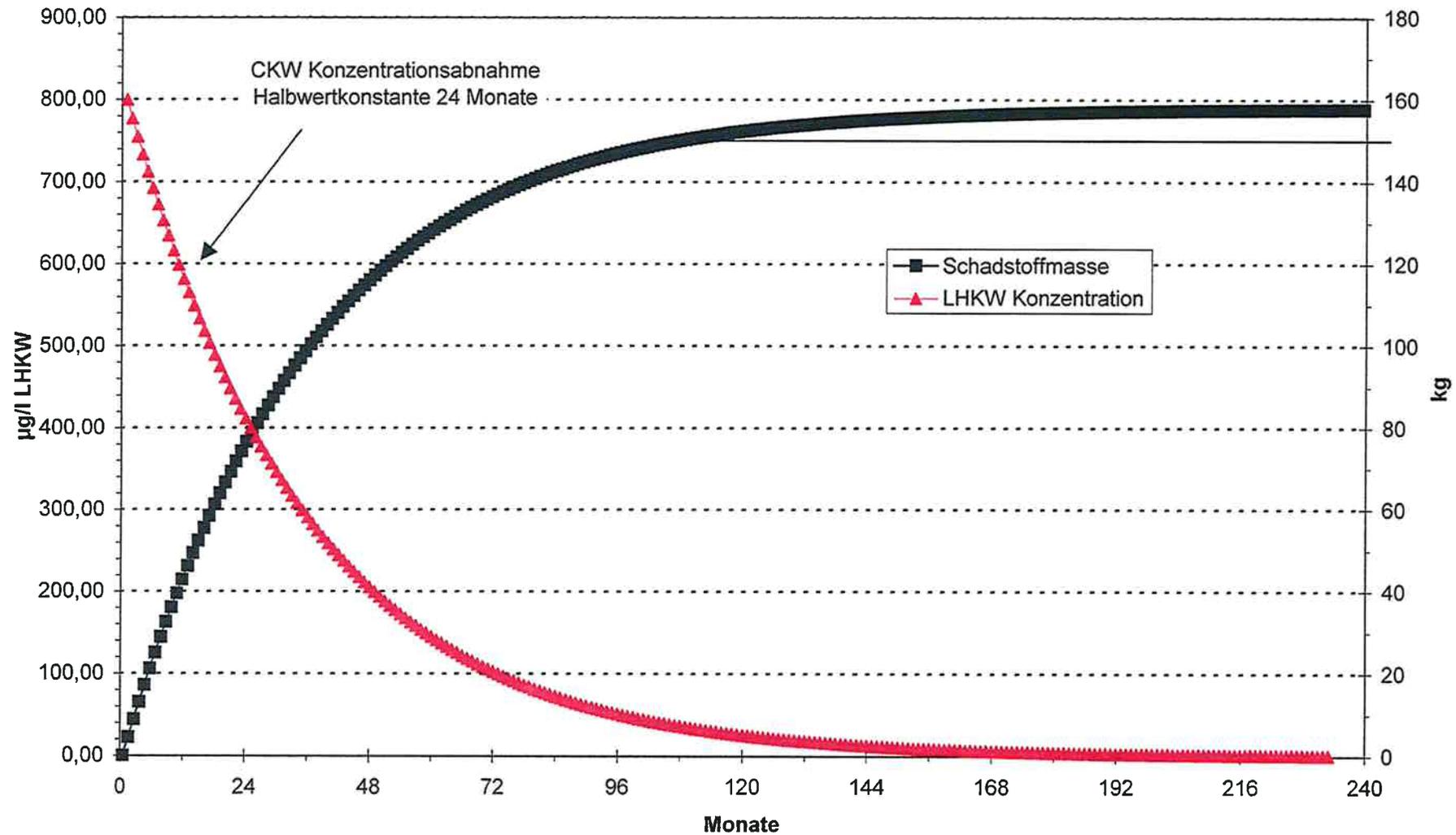
**Halbwertszeit 36 Monate Konzentration - Fracht**  
**Förderrate 8 m<sup>3</sup>/h**



### HWZ 36 Monate Kosten €/kg Vergleich Konzentrationen



### Halbwertszeit 24 Monate Konzentration - Fracht Förderrate 8 m<sup>3</sup>/h



**HWZ 24 Monate**  
**Kosten €/kg Vergleich Konzentrationen**

