

## **ERGÄNZENDE BEWERTUNG**

### **des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung Rübesamen**

Projekt-Nr: IAL-07-0134

Auftrags-Nr: IAL-00032-10

Auftraggeber: Kreis Warendorf  
Waldenburger Straße 2  
48231 Warendorf

Auftragsdatum: 18.01.2010

Projektleiter: Dr. Stephan Simon  
(öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger)

**Altenberge, 05.11.2010**

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	4
2	Darstellung des Auftrages .....	4
3	Vorliegende Unterlagen .....	5
4	Abschätzung der Fahnausbreitung .....	7
4.1	Raum-zeitlicher Verlauf der Fahne .....	7
4.2	Dispersive Konzentrationsveränderungen in der Fahne .....	12
5	Übergang der LHKW-Fahne in die Ems .....	13
6	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen .....	16
6.1	Wasserschutzgebiete .....	16
6.2	Überschwemmungsgebiete .....	16
6.3	Trinkwassereigenversorger .....	17
6.3.1	Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp .....	17
6.3.2	Eigenversorger im Unterstrom vom Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp .....	18
6.4	Grundwassermonitoring .....	18
6.5	Überwachung von Tiefbaumaßnahmen .....	19
7	Kostenschätzung der Überwachungs- und Schutzmaßnahmen .....	21
8	Zusammenfassung .....	24

## ANLAGEN

- Anlage 1: Lageplan des Untersuchungsgebietes
- Anlage 2.1 – 2.6 graphische Darstellungen Ausbreitungsabschätzung der LHKW-Fahne  
Rübesamen  
Grundwassermessstellennetz zur Überwachung der Fahnenausbrei-  
tung
- Anlage 3 Tabellen zur Kostenschätzung Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

## 1 Einleitung

Ausgehend vom ehemaligen Betriebsgelände der Wäscherei Rübesamen in Warendorf zieht sich eine LHKW-Fahne in Richtung des natürlichen Grundwasserflusses nach Südwesten. Mit Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung wurde diese Fahne (2007 bis 2008) erkundet und in einer anschließend durchgeführten Sanierungsuntersuchung (2008 bis 2009) wurden mögliche Sanierungsszenarien beschrieben und dafür aufzuwendende Kosten abgeschätzt.

Im Rahmen des ordnungsbehördlichen Abwägungsprozesses ergab sich die Frage, ob die zum Erreichen der Sanierungsziele erforderlichen Maßnahmen auch angemessen sind. Insbesondere, ob ggfls. auf technische Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Belastungen verzichtet werden kann und welche Konsequenzen sich hieraus ergeben würden. Als Ergänzung der Sanierungsuntersuchung wurde die WESSLING Beratende Ingenieure GmbH beauftragt, eine Abschätzung des natürlichen Abstromverhaltens der LHKW-Fahne (ohne Durchführung technischer Sanierungsmaßnahmen) vorzunehmen und die daraus folgenden Konsequenzen darzustellen.

Ziel des Gutachtens ist es, den Kreis Warendorf in die Lage zu versetzen, die Verhältnismäßigkeit der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen abzuwägen.

Bei der Erstellung des Gutachtens wurde der Unterzeichner von Dipl.-Geol. Gundolf Voigt bei der Erstellung hydrogeologischer Berechnungen und Modellierungen und durch Mitarbeit bei Kostenberechnungen unterstützt.

## 2 Darstellung des Auftrages

Zur Abwägung der nun diskutierten Handlungsoption („Nullvariante“) sind ergänzende Überlegungen und Ableitungen erforderlich, um letztlich den technischen und finanziellen Aufwand und die Konsequenzen abzuleiten und so einem Abwägungsprozess unterziehen zu können.

IAL-07-0134 / Kreis WAF / Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne  
05.11.2010 / voi sim / fas Seite 5 von 25

Gemäß Auftrag vom 18.01.2010 des Kreises Warendorf sollen die folgenden Fragestellungen im Gutachten betrachtet werden:

- Abschätzung der zeitlichen Fahnausbreitung,
- Darstellung der Konzentrationsveränderung (Verdünnung) der bisher in der Fahne gemessenen Schadstoffgehalte im Fall einer ungehinderten Fahnausbreitung,
- Darstellung möglicher Auswirkungen auf die Oberflächenwasserqualität der Ems beim Einströmen von kontaminiertem Grundwasser in das Oberflächengewässer,
- Betrachtung möglicher Gefahrenpotenziale im Fahnenverlauf,
- Darstellung erforderlicher Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bzw. Nutzungseinschränkungen bei der ungehinderten Ausbreitung der Schadstofffahne,
- Kostenschätzung der erforderlichen Monitoringmaßnahmen über den Überwachungszeitraum.

Die Abschätzung der Fahnausbreitung erfolgt auf der Grundlage der bestehenden Erkenntnisse sowie der bisher bei den Erkundungen ermittelten geologischen Grundlagendaten.

### 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, Binsenberg 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, Binsenberg 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.
- (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.
- (16) WESSLING Beratende Ingenieure GmbH (10.06.2009): Gutachten zur Sanierungsuntersuchung der Grundwasserverunreinigung im Bereich der ehem. chemischen Reinigung Rübesamen, Warendorf

## 4 Abschätzung der Fahnausbreitung

### 4.1 Raum-zeitlicher Verlauf der Fahne

Generell müssen bei der Beschreibung der Transportvorgänge von Wasserinhaltsstoffen in der wassergesättigten Bodenzone die physikalischen und chemischen Prozesse, die diese Transportvorgänge beeinflussen, berücksichtigt werden. Beim Transport unterliegen die Wasserinhaltsstoffe den Einflüssen der Bodenmatrix, aber auch der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers.

So können organische Bestandteile im Untergrund und/oder feinkörnige Sedimentanteile, insbesondere Tonminerale, Schadstoffe adsorbieren. Dies kann dazu führen, dass sich die Schadstoffe deutlich langsamer ausbreiten als die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Natürliche Abbauprozesse können ebenfalls dafür sorgen, dass sich Kontaminationsfahnen langsamer oder gar nicht weiter ausbreiten. Aus den Abbauprozessen entstehende Abbauprodukte können aber auch besser wasserlöslich oder toxikologisch kritischer zu bewerten sein als ihre Ausgangsprodukte.

Im vorliegenden Fall ist nach den bisherigen Erkenntnissen das Rückhaltevermögen der Böden und der natürliche Abbau als gering anzusehen. Bei den hydrochemischen Untersuchungen im Rahmen der Gefährdungsabschätzung wurde festgestellt,

- dass nahezu kein mikrobiologischer Abbau stattfindet; denn die Belastungen bestehen auch im Abstrom der Eintragsstelle ganz überwiegend aus der Ausgangssubstanz Tetrachlorethen, während die Abbauprodukte Trichlorethen, cis-Dichlorethen allenfalls in Spuren und Vinylchlorid gar nicht nachgewiesen wurden.
- Der Abbau von Tetrachlorethen erfolgt zunächst anaerob. Im vorliegenden Fall herrschen im Grundwasserleiter jedoch überwiegend aerobe Redox-Verhältnisse und auch andere Indikatoren für anaerobe Verhältnisse sind im vorliegenden Fall nicht gegeben. Demnach deutet sich im Grundwasserleiter kein nennenswertes Abbaupotential für LHKW an.

- Der Grundwasserleiter besteht überwiegend aus reinen Sanden mit allenfalls geringen Feinkornanteilen. Der natürliche Rückhalt im Vergleich zur Grundwasserfließgeschwindigkeit ist deshalb gering (s. Gutachten zur Sanierungsuntersuchung (16), S. 26: dort wurden Transportgeschwindigkeiten von 20 – 30 m/a und Fließgeschwindigkeiten von 30 – 50 m/a angegeben). Das geringe Rückhaltevermögen zeigt sich auch darin, dass man bei Wasserhaltungsmaßnahmen im Rahmen früherer Kanalbauarbeiten eine sehr schnelle Mobilisation feststellen konnte.

Aus diesen Ergebnisse ist qualitativ abgeleitet worden, dass sich die Fahne ohne weitere Maßnahmen weiter ausbreiten und damit in absehbarer Zeit das unterstromig gelegene Wohngebiet Hasenkamp-Buschkamp mit Trinkwasser-Eigenversorgungsanlagen sowie anschließend nach weiterem Abströmen die Ems erreichen wird. In der Gefährdungsabschätzung (s. Kap.2 (14)) wurden für das Erreichen der Ems „größere Zeitabstände“ prognostiziert und qualitativ abgeschätzt, dass es bei Eintritt der Fahne in die Ems aufgrund der großen Verdünnung zu keiner messbaren Konzentrationserhöhung von LHKW in der Ems kommen dürfte.

Zur Darstellung und Prognose von Transportvorgängen im Grundwasser werden in der Regel numerische (EDV-gestützte) Transportmodelle eingesetzt, da nur hiermit die vielfältigen Einflüsse und Wechselwirkungen von Diffusion, Dispersion, Adsorption sowie biologischen und chemischen Abbauvorgängen des Stoffes berücksichtigt werden können.

Für die Erstellung eines EDV-gestützten Grundwassermodells incl. Stofftransportmodell liegen im vorliegenden Fall jedoch nicht ausreichend Informationen, insbesondere über den Aquifer im weiteren Abstrom, vor. Die Tatsache, dass kein erkennbares Abbaupotential, keine Abbauprodukte und ein geringes Rückhaltevermögen im Grundwasserleiter festgestellt wurde, erlaubt aber im vorliegenden Fall eine orientierende Abschätzung des zukünftigen Ausbreitungsverhaltens, auf deren Grundlage die zu erwartenden Auswirkungen ebenfalls für die Beurteilung hinreichend abgeschätzt werden können.



Bei den folgenden Betrachtungen und Abschätzungen zum Transport der im vorliegenden Fall eingetragenen leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) in das Grundwasser werden diese vereinfachend als idealer Tracer betrachtet werden, d. h. es wird davon ausgegangen, dass der Stoff beim Transport im Grundwasserleiter keine chemischen oder biologischen Veränderungen erfährt und dass die Sorptionsvorgänge in der Bodenmatrix vernachlässigt werden können.

Neben Abbau und Rückhalt (Sorption) sind Diffusion und Dispersion wichtig für die Ausbreitungsvorgänge im Grundwasserleiter.

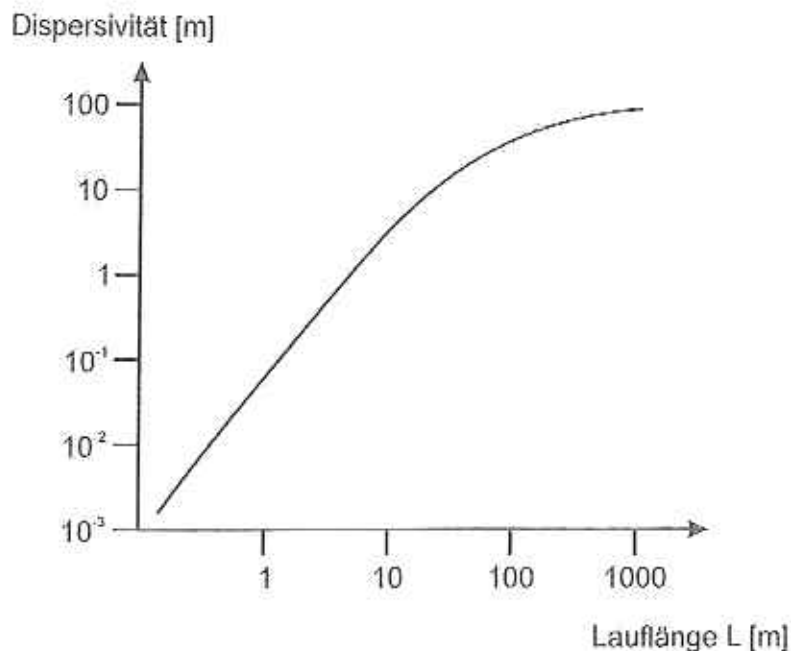
**Diffusion** ist ein physikalischer Prozess, bei dem sich - unabhängig von der Grundwasserströmung - die einzelnen Moleküle aufgrund ihrer thermischen Eigenbewegung („Brown'sche Molekularbewegung“) aus Bereichen hoher Konzentration in Bereiche niedriger Konzentration bewegen. Diffusion führt im Grundwasser zu einer langfristigen Ausweitung von Schadstofffahnen (Abbau von Konzentrationsunterschieden), ist aber im Vergleich zu anderen Prozessen (Strömung = „konvektiver Transport“ und Dispersion) eher untergeordnet anzusehen und wird bei den nachfolgenden Überlegungen nicht weiter betrachtet.

Auch die **Dispersion** führt, ähnlich der Diffusion, zu einem Ausgleich von Konzentrationsgradienten im Wasser. Innerhalb eines Grundwasserleiters herrschen im Bereich der Poren inhomogene Verhältnisse, die dazu führen, dass die einzelnen Wassertröpfchen bei einem konvektiven Transport um die einzelnen Sandkörner herum unterschiedliche Wegstrecken zurücklegen und auch (im Größenbereich der einzelnen Poren aufgrund ihrer unterschiedlichen Geometrie und Wegsamkeit) unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweisen. Großmaßstäbig führt dies dazu, dass sich eine Schadstofffahne nicht in exakt identischen Abmessungen mit dem Grundwasserstrom bewegt, sondern sich langsam aufweitet (vergrößert), dabei sich die Konzentrationen im Kern der Fahne etwas erniedrigen (Verdünnung) und die Fahne im Laufe ihrer Bewegung länger wird als nahe der Eintragsstelle. Die Dispersion ist für die Ausbreitung von Schadstofffahnen nach dem konvektiven Transport der wichtigste Ausbreitungsfaktor.

Quantitativ ist deshalb für den Stofftransport im Grundwasser die hydrodynamische Dispersion sehr viel bedeutender als die Diffusion. Insofern soll bei den folgenden Abschätzungen der Ausbreitung der LHKW-Fahne neben der natürlichen Grundwasserströmung die Dispersion als physikalischer Prozess betrachtet werden.

Die hydromechanische Dispersion tritt nur bei einer vorhandenen Grundwasserströmung auf. Die Dispersion bewirkt, dass sich ein vorhandenes Schadstoffvolumen im Grundwasser aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten und kleinräumigen Fließwegen innerhalb des Grundwasserleiters durch die verschiedenen Porenräume im Verlauf der Strömung vergrößert. Das Maß einer solchen „Fahnenveränderung“ wird durch die sogenannte Dispersivität  $\alpha$  beschrieben, deren Abhängigkeit von der Transportstrecke im folgenden Diagramm dargestellt wird. Die Dispersivität ist deutlich von der Länge der Transportstrecke abhängig.

Das Diagramm 1 wurde aus gemessenen Werten bei Feld- und Laboruntersuchungen abgeleitet [MULL, R u. HOLLÄNDER, H; Grundwasserhydraulik und -hydrologie, Springer, 2002].

IAL-07-0134 / Kreis WAF / Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne  
05.11.2010 / voi sim / fas Seite 11 von 25**Diagramm 1: Abhängigkeit der Dispersivität  $\alpha$  von der Lauflänge L.**

In Aquiferen (10er Meter bis Kilometer Ausbreitungsbereich) spielen auch größerskalige Inhomogenitäten des Grundwasserleiters zusätzlich zu kleinskaligen Veränderungen im Kornbereich eine große Rolle. Die hier vorgenommenen vereinfachten Betrachtungen gehen jedoch von großräumig homogenen Verhältnissen aus.

In der Natur sind bei Transportstrecken von ca. 10 Metern Dispersivitäten von ca. 1 Meter möglich, doch können bei Ausbreitungen bis zu über 1 Kilometer auch Dispersivitäten von 100 Metern auftreten, d.h. bei einer Lauflänge von 1000 m eine „Verlängerung“ der Fahne um 100 m. Auch quer zur Fließrichtung sorgt Dispersion dafür, dass die Fahne mit zunehmender Lauflänge breiter wird. Beide Prozesse führen zu einer Vergrößerung des Fahnenbereiches und innerhalb der Fahne zu einer Konzentrationserniedrigung, da insgesamt die Schadstofffracht gleich bleibt.

## 4.2 Dispersive Konzentrationsveränderungen in der Fahne

Durch den Effekt der hydrodynamischen Dispersion verändert sich nicht nur das Schadstoffvolumen, sondern auch die Konzentrationen innerhalb der Schadstofffahne. Im Fall Rübesamen wird davon ausgegangen, dass aus der Schadstoffquelle nur noch sehr geringe Schadstoffmengen in die Fahne emittiert werden und deshalb eine nennenswerte Zunahme der Schadstoffmasse nicht erfolgt. Aufgrund der Volumenvergrößerung der Fahne bei gleichem Gesamt-Schadstoffinhalt resultiert eine Konzentrationsverringering. Diese kann entsprechend aus der Literatur entnommener analytischer Lösungen als Exponentialfunktion beschrieben werden [MULL, R u. HOLLÄNDER, H; Grundwasser-hydraulik und -hydrologie, Springer 2002].

$$c = c_m \cdot e^{-f(x, t, \alpha)}$$

$c_m$  = Ausgangskonzentration

$x$  = Transportstrecke

$\alpha$  = Dispersivität

$c$  = Konzentration nach Zeit ( $t$ ) und Transportstrecke ( $x$ )

Bei der Abschätzung der Konzentrationsveränderung wurde von homogenen, isotropen Verhältnissen und der Tatsache ausgegangen, dass eine Quelle, aus der weiter Schadstoffmassen emittieren, nicht mehr existiert (s.o.).

Bei der o.g. Abschätzung werden lediglich die Konzentrationsveränderungen im Verlauf einer Schadstofffahne ohne Betrachtung von Massenbilanzen berücksichtigt. Die in der Gefährdungsabschätzung angegebenen 40 kg gelöst vorliegende LHKW im „Fahnenkern“ (siehe Kap. 3 Nr. (14)) und eventuell noch existierende sorptiv gebundene Schadstoffmengen von 160 – 200 kg (siehe Kap. 3 Nr. (16)) haben keinen Einfluss bei dieser Abschätzung der Konzentrationsveränderungen.

Die Anfangskonzentration wurde mit 800 µg/l LHKW angenommen. Diese Konzentrationen wurden durchschnittlich beim 14-tägigen Pumpversuch von 2008 im Bereich der DEULA ermittelt.

Unter Zugrundelegung der oben genannten Voraussetzungen und Betrachtungsweisen wurden graphisch die Anlagen 2.1 bis 2.6 auf der Grundlage eines durch den Kreis Warendorf übergebenen Grundwassergleichenplans im Bereich der Ems konstruiert.

In der Sanierungsuntersuchung wurden die mittlere Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers zwischen 30 und 50 Metern pro Jahr sowie die Stofftransportgeschwindigkeiten zwischen 20 und 30 Metern pro Jahr abgeschätzt. Der Mittelwert der Transportgeschwindigkeit (25 m/a) wurde bei den Darstellungen in den Anlagen 2.1 bis 2.4 (10 – 30 Jahre) zugrunde gelegt, da in den in diesem Zeitraum durchströmten Gebieten in etwa die gleichen Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers wie im Gebiet des Pumpversuchs angetroffen werden. Weiter im Unterstrom zur Ems erhöhen sich die Abstandsgeschwindigkeiten bis auf ca. 400 m/a. In diesen Unterstrombereichen nahe der Ems wurden die Transportgeschwindigkeiten mit maximal 90 m/a angenommen.

Bei der Berechnung der Konzentrationen wurden für die Fließstrecken Dispersivitäten von 65 bis 100 angenommen. Höhere Dispersivitäten ergeben sich aus dem Diagramm 1 eher nicht.

## 5 Übergang der LHKW-Fahne in die Ems

Aus den graphischen Abschätzungen der Anlagen 2.1 – 2.6 wird ersichtlich, dass nach etwa 45 Jahren die LHKW-Fahne mit einer noch verbleibenden LHKW-Restkonzentration von ca. 20 µg/l an der Ems ankommt. Die Fahnenbreite mit Konzentrationen von > 5 µg/l könnte dann ca. 250 m betragen. Nach schätzungsweise weiteren 5 Jahren würde der „Kontaminationskern“ der Restfahne (Anlage 2.6) in die Ems übergetreten sein.

Im Vergleich zum Ausgangsvolumen des belasteten Grundwassers, das nach der Ausdehnung der Anlage 2.1 bei Konzentrationen von 300 – 800 µg/l mit etwa 100.000 m<sup>3</sup> Grundwasservolumen angegeben werden kann (Boden-Wasser-Volumen ca. 500.000 m<sup>3</sup>; n<sub>e</sub> ≈ 0,2), vergrößert sich dieses bis zum Zeitpunkt vor Eintritt in die Ems (40 Jahre) auf etwa das Dreifache (Anlage 2.5). Die Konzentrationen liegen dann in einer Spanne von 60 – 175 µg/l. Randliche Bereiche mit niedrigeren Konzentrationen sind dabei nicht eingerechnet, da sie wahrscheinlich die Geringfügigkeitschwellenwerte der LAWA unterschreiten. Es ist damit den Abschätzungen zufolge nach 40 Jahren mit einem erheblich größeren Volumen als dem Ausgangsvolumen und mit noch deutlich kontaminiertem Grundwasser zu rechnen.

Aufgrund des Einströmens von Grundwasser in das „Vorflutgewässer“ muss nun ermittelt werden, ob die Wasserqualität der Ems durch den Zufluss der LHKW relevant beeinträchtigt wird.

Ab der „40-Jahre“-Markierung (Anl. 2.5, 2.6) ergibt sich in der Nähe des Vorfluters ein steilerer Gradient und das Grundwasser fließt schneller (Filtergeschwindigkeit v<sub>f</sub> ≈ 120 m/a, Abstandsgeschwindigkeit ca. 400 m/a) als im Bereich DEULA/Rübesamen. Unter der Annahme, dass in etwa die oberen 10 m der grundwassererfüllten Mächtigkeit des Aquifers von insgesamt ca. 15 m als Grundwasser der Ems zuströmt<sup>1</sup>, ergeben sich mit den angegebenen Aquiferparametern folgende Zustrommengen:

$$V_f = 120 \text{ m/a}$$

$$A = 250 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 2.500 \text{ m}^2$$

$$Q_{GW} = v_f \cdot A = \text{ca. } 300.000 \text{ m}^3/\text{a} = \text{ca. } 820 \text{ m}^3/\text{d} = \text{ca. } 0,0095 \approx 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

<sup>1</sup> Der Rest fließt weiter als Grundwasser im Sediment der Vorflutrinne und tritt erst später nach weiterer Verdünnung in den Vorfluter über. Bei der Berechnung der Zutrittsmenge wird deshalb nicht die gesamte Aquifermächtigkeit berücksichtigt.

IAL-07-0134 / Kreis WAF / Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne  
05.11.2010 / voi sim / fas Seite 15 von 25

Nach Angaben des Kreises Warendorf beträgt der Mittelwasserabfluss der Ems im Bereich Warendorf  $12,8 \text{ m}^3/\text{s} \approx 400 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ . Bei der Einmischung des Grundwassers in das Oberflächengewässer ergibt somit ein Verdünnungsfaktor von ca. 1:1280.

Beim mittleren Niedrigwasserabfluss von ca.  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  ergibt sich noch ein Verdünnungsfaktor von ca. 1:200).

Analysen des Ems-Wassers konnten bisher bei Bestimmungsgrenzen von  $0,1$  bzw.  $0,5 \text{ µg/l}$  keine LHKW-Gehalte nachweisen. Bei einer abgeschätzten LHKW-Konzentration von  $20 \text{ µg/l}$  im Fahnenkern beim Erreichen der Ems ergibt sich in der Ems eine rechnerische Konzentration

- bei Mittelwasserabfluss von  $20 \text{ µg/l} / 1.280 = 0,02 \text{ µg/l}$  und
- bei mittlerem Niedrigwasser von  $20 \text{ µg/l} / 200 = 0,1 \text{ µg/l}$

Diese errechnete Konzentration ist mit den üblicherweise bei LHKW verwendeten Analysemethoden (Bestimmungsgrenze  $0,1 \text{ µg/l}$ ) gerade noch bestimmbar. Bei geringfügiger Erhöhung der Konzentrationen oder bei Niedrigwasser könnte somit eine Veränderung der Gewässerqualität der Ems ermittelt werden.

Nach den heutigen Bewertungsmaßstäben für LHKW wie z.B.

- Trinkwasser: TrinkVO,  $10 \text{ µg/l}$ ;
- Grundwasser: Geringfügigkeitsschwellenwert  $20 \text{ µg/l}$ ;
- Oberflächengewässer: Gewässerqualitäts-Verordnung für Vinylchlorid  $2 \text{ µg/l}$  oder Chlorethane  $10 \text{ µg/l}$

liegen die ermittelten Konzentrationen für die Ems während der Zeit des Zuflusses der LHKW-Fahne deutlich unter den zuvor genannten Werten.

Eine Frachtbetrachtung ergibt bei der Zustrommenge von  $300.000 \text{ m}^3/\text{a}$  Grundwasser und einer mittleren LHKW-Konzentration von ca.  $20 \text{ µg/l}$  ca.  $6 \text{ kg}$  LHKW pro Jahr Schadstofffracht in die Ems.

## 6 Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

### 6.1 Wasserschutzgebiete

Um Grundwasser bei Entnahme zur öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen, sind nach dem Wasserhaushaltsgesetz entsprechende Wasserschutzzonen einzurichten. Wird offensichtlich, dass entstandene Grundwasser-Verunreinigungen mit der natürlichen Strömung solchen Schutzzonen zuströmen, sind Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen, die dieses verhindern.

Die Schutzgebietskarte des Landes NRW (s. [www.geoserver.nrw.de](http://www.geoserver.nrw.de)) zeigt für den prognostizierten Abstrombereich der LHKW-Fahne keine ausgewiesenen Wasserschutzgebiete.

Die nächstgelegenen Wasserschutzgebiete befinden sich jeweils in der Emsaue ca. 3 km oberstromig und ca. 8 km unterstromig des Flussabschnittes, in dem der Schadstoffzu- strom prognostiziert wurde. Eine Beeinträchtigung der Schutzgebiete und des dortigen Aquifers ist aufgrund der hydraulischen Verhältnisse nicht abzuleiten.

### 6.2 Überschwemmungsgebiete

In Bereichen außerhalb von Städten und Gemeinden begleitet die Ems ein etwa 200 – 300 m breiter Landstreifen mit Überschwemmungsgebieten.

Bei Hochwasserereignissen entstehen im Überschwemmungsbereich influente Verhält- nisse (Oberflächenwasser des Vorfluters strömt in den Grundwasserleiter). Die Grund- wasserfließrichtung wird für die Zeit des Hochwasserereignisses im Überflutungsbereich umgekehrt. Im Falle von einströmenden Schadstofffahnen in diese Bereiche erfolgt meist eine Verbreiterung der Fahne, aber auch eine Verdünnung der Schadstoffkonzentrationen. Nach Abklingen des Hochwassers entsteht dann für kurze Zeit ein erhöhter Grund- wasserzustrom und damit auch ein erhöhter Schadstoffzufluss zum Vorfluter.



Dieser kurzzeitige Effekt bei Hochwässern bedingt jedoch keine wesentliche Verschlechterung der Schadstoffsituation im Grundwasserleiter. Auch kann davon ausgegangen werden, dass das zurückströmende Hochwasser in seiner Qualität nicht zusätzlich verschlechtert wird. Bodenerosionen und -abschwemmungen können bei Hochwasserereignissen wesentlich mehr zur Verschlechterung der Oberflächenwasserqualität beitragen.

### **6.3 Trinkwassereigenversorger**

#### **6.3.1 Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp**

Nach der Darstellung in Anlage 2.2 wird die LHKW-Fahne in ca. 10 Jahren (s. Sanierungsuntersuchung: 5 – 7 Jahre erste Konzentrationen von ca. 10 µg/l) mit abgeschätzten Konzentrationen bis zu 250 µg/l das Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp, in dem ca. 35 Trinkwasser-Eigenversorgungsanlagen existieren, erreichen (s. auch Anlage 3). Das geförderte Grundwasser wird dann voraussichtlich für die Trinkwassernutzung nicht mehr nutzbar sein. Im Verlauf von ca. weiteren 10 Jahren wird die LHKW-Fahne das gesamte Gebiet der Eigen-Trinkwasserversorger Hasenkamp/Buschkamp mit steigenden Konzentrationen von abgeschätzt bis zu 600 µg/l durchströmen (s. Anlage 2.3) und das Grundwasser aller dort ansässigen Eigenversorger beeinträchtigen.

Ist die Grundwasserqualität für die Eigenversorgung nicht mehr ausreichend, sind Maßnahmen zum Erreichen einer sicheren Trinkwasserversorgung zu ergreifen. Diese können z.B. sein

- Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung (es besteht Anschluss- und Benutzungszwang);
- alternativ kann jeweils vor Ort eine Wasseraufbereitung und Reinigung (z.B. über Aktivkohle) erfolgen. In diesem Fall müssen die Aufbereitungsanlagen vom zuständigen Gesundheitsamt genehmigt und kontrolliert werden.

### **6.3.2 Eigenversorger im Unterstrom vom Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp**

Im weiteren Unterstrom existieren nach Angaben des Kreises Warendorf nur noch wenige Eigenversorger (s. Anlage 3). Nach der graphischen Abschätzung wird die LHKW-Fahne diese Gebiete erst in etwa 30 Jahren erreichen. In den Außenbezirken ist ein Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung wahrscheinlich nicht möglich, so dass hier eine örtliche Aufbereitung des geförderten Grundwassers erfolgen muss.

### **6.3.3 Dauer der Beschränkungsmaßnahmen**

Für die Trinkwassereigenversorgung sind die Beschränkungsmaßnahmen (falls ein Anschluss an die öffentliche Versorgung nicht erfolgt ist) bis zum Erreichen einer Wasserqualität entsprechend der Trinkwasserverordnung aufrecht zu erhalten. Dazu gehört auch die Versorgung von Tierzuchtbetrieben (eventuell Einzelfallregelung durch Gesundheitsamt möglich).

Für den Wohnbereich Hasenkamp-Buschkamp ergibt bei Durchströmung der Fahne eine Belastungsdauer oberhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung von ca. 30 Jahren (s. Anlagen 2.2 – 2.5) und ca. 15 – 20 Jahre für Bereich des Schweinemastbetriebes (s. Anl. 2.4 – 2.6).

Im Fall von anderen Nutzungen z.B. Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Flächen ist ebenso der Einzelfall zu bewerten. Eine pauschale Beurteilung ist nicht möglich, da die speziellen Randbedingungen der jeweiligen Nutzung in eine toxikologische Bewertung eingehen müssen.

## **6.4 Grundwassermonitoring**

Für das Gebiet der prognostizierten Fahnenausbreitung wird ein kontinuierliches Grundwassermonitoring sukzessive mit dem Fortschritt der Fahne für die Zeit von etwa 45 Jahren notwendig werden. In den Anlagen 2.1 – 2.6 sind im Abstand von 10 Jahren die dann erforderlichen Grundwassermessstellen eingetragen.

In Abständen von mindestens 1 Jahr (bei Erreichen des Wohngebietes Hasenkamp/Buschkamp aus Vorsorgegründen auch ½-jährlich) sind die GW-Messstellen zu beproben und die LHKW-Gehalte analytisch zu bestimmen. Parallel sind die Grundwasserstände zu bestimmen und die hydraulischen Verhältnisse zusammen mit den Schadstoffgehalten den Fortschritt der Fahnenausbreitung gutachterlich zu bewerten. Im Verlauf der Beobachtungszeit sind dafür aus heutiger Sicht ca. 16 neue Grundwassermessstellen einzurichten. Die genaue Lage und Anzahl sowie deren Ausbau (angenommen wird vorerst ein vollkommener Ausbau bis zur Kreideoberfläche) wird sich nach dem tatsächlichen Verlauf der Fahne richten.

Sollten im Wohngebiet Hasenkamp/Buschkamp einzelne Aufbereitungsanlagen installiert werden, sind die einzelnen Brunnen sowie die Anlagen ebenfalls im Rahmen des Monitorings zu untersuchen.

### **6.5 Überwachung von Tiefbaumaßnahmen**

Werden im Schadstoffausbreitungsgebiet Tiefbaumaßnahmen in der grundwassergesättigten Zone durchgeführt, so sind entsprechende chemischen Untersuchungen des Bodens und des Grundwassers sowie entsprechend der Bewertung der Ergebnisse Arbeitsschutzmaßnahmen vorzusehen.

Bei Grundwasserhaltungen ist das geförderte Grundwasser entsprechend festgestellter LHKW-Gehalte vor einer Einleitung in Oberflächengewässer oder in die SW-Kanalisation ggfls. aufzubereiten. Die örtlichen Baubehörden sollten über das Gebiet der Ausbreitung der LHKW-Fahne informiert werden.

Die hieraus entstehenden Aufwendungen können derzeit nicht in vollem Umfang quantifiziert werden, da Art und Umfang sowie der Zeitraum solcher Maßnahmen nicht vorhersehbar sind. Diese Kosten werden deshalb bei der Kostenschätzung u.a. in einer Position „Unvorhergesehenes“ berücksichtigt.

IAL-07-0134 / Kreis WAF / Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne  
 05.11.2010 / voi sim / fas Seite 20 von 25

Als Beispiel sollen hier mögliche Maßnahmen bei der Errichtung eines Einfamilienhauses aufgeführt werden, die sich aus Gutachterleistungen, technischen Einrichtungen zur Grundwasserabsenkung und -reinigung zusammensetzen können, aufgeführt werden. Einleitgebühren für das geförderte (und gereinigte) Grundwasser werden nicht gerechnet, da sie auch bei einer Wasserhaltung mit nicht kontaminiertem Wasser anfallen.

Tabelle 1: Kosten zu erforderlichen Maßnahmen bei Einfamilienhaus

LEISTUNG	EINHEIT	MENGE	EINZEL- PREIS €	GESAMTPREIS €
Gutachterleistungen Planung, Bericht	psch.	1		1.250,-
3 VO-Termine (z.B. Messung von LHKW- Emissionen, Probenah- me)	h	10	90,-	900,-
GW-Reinigung inkl. Entsorgung A-Kohle	Tage	21	75,-	1.575,-
<b>Summe netto</b>				≈ 4.000,-

Ob diese Maßnahmen in dem genannten Umfang erforderlich sind, hängt vom einzelnen Bauobjekt und vom Zeitpunkt der Baumaßnahme ab (vor oder nach Durchgang der Fahne fallen keine Kosten an).

Sind die Flurabstände ausreichend groß, sind Wasserhaltungsmaßnahmen nicht erforderlich. Hier wäre im Bereich der Fahne lediglich eine Überprüfung der ungesättigten Zone auf mögliche LHKW-Anreicherungen in der Bodenluft (Arbeitsschutz) denkbar. Die Kosten für diese Untersuchungen lägen jedoch im Bereich von max. 1.000,- € pro Baumaßnahme.

## 7 Kostenschätzung der Überwachungs- und Schutzmaßnahmen

In der vorangegangenen Bewertung wurden verschiedene Maßnahmen aufgeführt, die durchgeführt werden müssen, wenn keine Grundwassersanierung im Bereich des LHKW-Schadens durchgeführt wird. Dazu gehören:

- Grundwassermonitoring mit gutachterlicher Bewertung an allen vorhandenen und noch herzustellenden Grundwassermessstellen sowie aller Trinkwassereigenversorger
- sukzessiver Bau von ca. 16 GW-Messstellen
- Installation von Aktivkohleeinheiten bei Trinkwassereigenversorgern oder Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung
- Überwachung und Begleitung von Tiefbaumaßnahmen mit erweitertem Arbeits- und Emissionsschutz.

Die Kosten wurden abgeschätzt für die

Variante A: kein Anschluss der Eigenversorger" und

Variante B: „Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung"

Variante C: wie Variante B aber ohne Berücksichtigung der Kosten für den Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung (um abbilden zu können, dass eventuell auch bei einer aktiven Sanierung ", ein Anschluss erfolgen muss).

Pro Eigenversorgeranschluss wurden (nach überschlägiger Auskunft der Versorgungsträger) Kosten in Höhe von netto 5.600,-€ angenommen, wobei auf jeden Eigenversorger nur ein Anteil von 2.500,- € entfällt und der Rest der Gemeinkosten vom Versorgungsträger übernommen wird.

Für die aufgeführten Maßnahmen sind in der folgenden Tabelle für die prognostizierte Zeit von 45 Jahren die Kosten abgeschätzt worden (detaillierte Tabellen vgl. Anlage 3).

**Tabelle 2: Zusammenfassung Kostenschätzung für Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen**

	<u>Kein</u> Anschluss Hasen-/Buschkamp an öffentl. TrinkWvers. 39 Eigenversorger (Aktivkohlefilter)  Variante A	Anschluss Hasen-/Buschkamp an öffentl. TrinkWvers. 39 Eigenversorger  Variante B	Variante B ohne Berechnung des Anschlusses Hasen-/Buschkamp an öffentl. TrinkWvers.  Variante C
Laufzeit	45 Jahre	45 Jahre	45 Jahre
Reinvestition nach Jahren	10	10	10
Investitionen	220.000 €	112.000 €	30.000€
Investitionen Eigenversorger		87.500 €	10.000€
Reinvestition ges.	35.000 €	33.000 €	33.000 €
mittl. Betriebskosten pro Jahr	ca. 15.000 – 26.500 €	ca. 3.800 – 4.800 €	ca. ca. 3.800 – 4.800 €
<b>Summe Kosten (netto) (nicht abgezinst)</b>	<b>ca. 1.310.000</b>	<b>ca. 547.000</b>	<b>ca. 310.000</b>
<b>Barwerte nach Laufzeit 45 Jahren</b>	<b>ca. 713.000 €</b>	<b>371.000</b>	<b>195.000€</b>

Die Kostenschätzung zeigt, dass nach der prognostizierten Laufzeit von 45 Jahren nicht abgezinst bei der Variante B mit ca. 547.000,-€ (nicht abgezinst) weniger als in der Sanierungsuntersuchung die empfohlene Sanierungsvariante 1A (757.000,- €; nicht abgezinst) aufgewendet werden, um entsprechende Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchzuführen. Die Variante A ist mit ca. 1,3 Mio. € (nicht abgezinst) deutlich teurer als die empfohlenen Sanierungsvarianten (außer Reaktiver Wand).

Die Projektkostenbarwerte liegen aufgrund der deutlich längeren Laufzeit gegenüber den aktiven Sanierungsmaßnahmen (außer Variante A) niedriger.

Variante B und Variante C unterscheiden sich dadurch, dass die Aufwendungen für einen Anschluss an die Trinkwasserversorgung nicht berücksichtigt werden. Sollte bei einer aktiven Sanierungsmaßnahme (siehe z.B. Variante 1A, Sanierungsuntersuchung, (s. Kap. 3, [16]) die Grundwasserqualität nicht die erforderlichen Werte der Trinkwasserverordnung erreicht werden, so wäre auch bei dieser Maßnahme ein Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung vorzunehmen. Variante C dient also zu Vergleichszwecken für diesen Fall..

Es ist aber bei einer aktiven Sanierung aufgrund der guten Durchlässigkeit und des geringen Rückhaltevermögens des Aquifers zu erwarten, dass ein so guter Reinigungserfolg zu erzielen sein wird, dass ein Anschluss des gesamten Wohngebietes Hasenkamp-Buschkamp nicht erforderlich ist. Zumindest für das geplante Wohngebiet südwestlich Hasenkamp-Buschkamp wird die Restbelastung einer Fahne so gering sein, dass die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung unterschritten werden. Damit entfielen z.B. die Schutzmaßnahmen für die landwirtschaftlichen Eigenversorger (Schweinemastbetrieb) sowie die in Tabelle 1 aufgeführten Zusatzkosten beim Bau neuer Gebäude. Bei der Abwägung der Verhältnismäßigkeit sind diese Aspekte zu berücksichtigen.

Zu berücksichtigen ist auch, dass eine Kontamination einen jetzt nicht verunreinigten Grundwasserkörper hoher Qualität und Quantität verunreinigt und eine Nutzung ohne Beschränkungen (zumindest des weiteren Unterstroms südwestlich des Wohngebietes Hasenkamp-Buschkamp) für ca. 50 Jahre verhindert.

## 8 Zusammenfassung

Die ergänzenden Betrachtungen ergeben zusammengefasst folgende Schlussfolgerungen:

- Die Fahne wird sich wegen der geringen Rückhalte- und Abbauvorgänge weiter in Abstromrichtung ausbreiten und abgeschätzt nach etwa 45 Jahren den Vorfluter Ems erreichen.
- Aufgrund der Dispersion wird sich die Fahne in der Längs- und in der Breitenausdehnung wie in den Anlagen 2.1 bis 2.6 dargestellt vergrößern und das kontaminierte Grundwasservolumen auf etwa das dreifache ansteigen, dabei wird jedoch die Konzentration mit zunehmender Entfernung abnehmen. Die Gesamtfracht bleibt jedoch nahezu gleich.
- Beim Übertritt der Schadstofffahne in die Ems ist nicht auszuschließen, dass bei Niedrigwasserabfluss messbare Belastungen der Ems im Bereich der derzeitigen gerätetechnischen Bestimmungsgrenze auftreten. Das Konzentrationsniveau gängiger Grenz- und Prüfwerte für Grund-, Trink- und Oberflächenwasser wird jedoch voraussichtlich deutlich unterschritten. Bei mittlerem Wasserabfluss sind messbare Belastungen nicht zu erwarten.
- Im Fahnenverlauf liegen das Wohngebiet Hasen-/Buschkamp sowie einige Einzelgehöfte, die derzeit Trinkwasser-Eigenversorger sind. Beim Durchgang der Fahne ist damit zu rechnen, dass das Grundwasser nicht der Trinkwasserqualität entspricht, so dass Maßnahmen zu ergreifen sind. Diese können aus einem Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung oder einer dezentralen Aufbereitung bestehen.
- Im Rahmen von Baumaßnahmen im Fahnenbereich innerhalb der wassergesättigten Bodenzone oder bei Wasserhaltungsmaßnahmen sind diese gutachterlich zu begleiten, das geförderte Wasser ist analytisch zu überwachen, ggf. zu reinigen und ordnungsgemäß abzuleiten. Gegebenenfalls sind auch Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich.



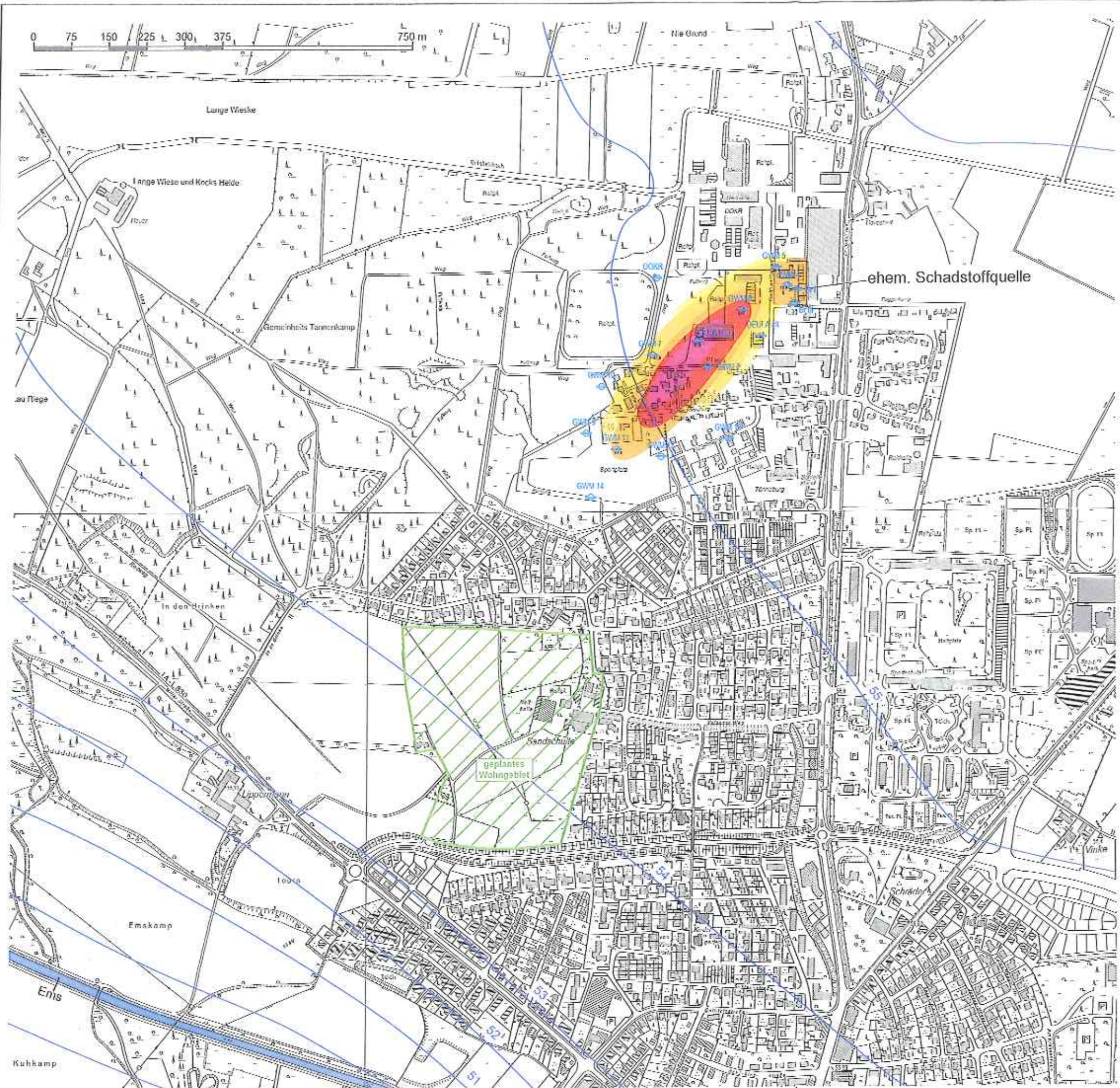
IAL-07-0134 / Kreis WAF / Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne  
05.11.2010 / voi sim / fas Seite 25 von 25

- Eine Abschätzung der voraussichtlich entstehenden Kosten zeigt, dass die Wasseraufbereitung mit dezentralen Anlagen deutlich teurer wird als ein Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung (Ausnahme: die unterstromig gelegenen Einzelgehöfte). Die abgeschätzte Summe aller Kosten (inkl. Anschluss an die Wasserversorgung) über 45 Jahre beläuft sich auf (jeweils zzgl. Mehrwertsteuer):
- nicht abgezinst ca. 547 T€  
(davon 237 T€ für den Anschluss and die öffentliche Trinkwasserversorgung)
  - abgezinst bei 2,5 % Nettoverzinsung ca. 371 T€  
(davon ca. 176 T€ für den Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung).






**Dr. Stephan Simon**  
Diplom-Geologe










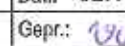
**Legende:**

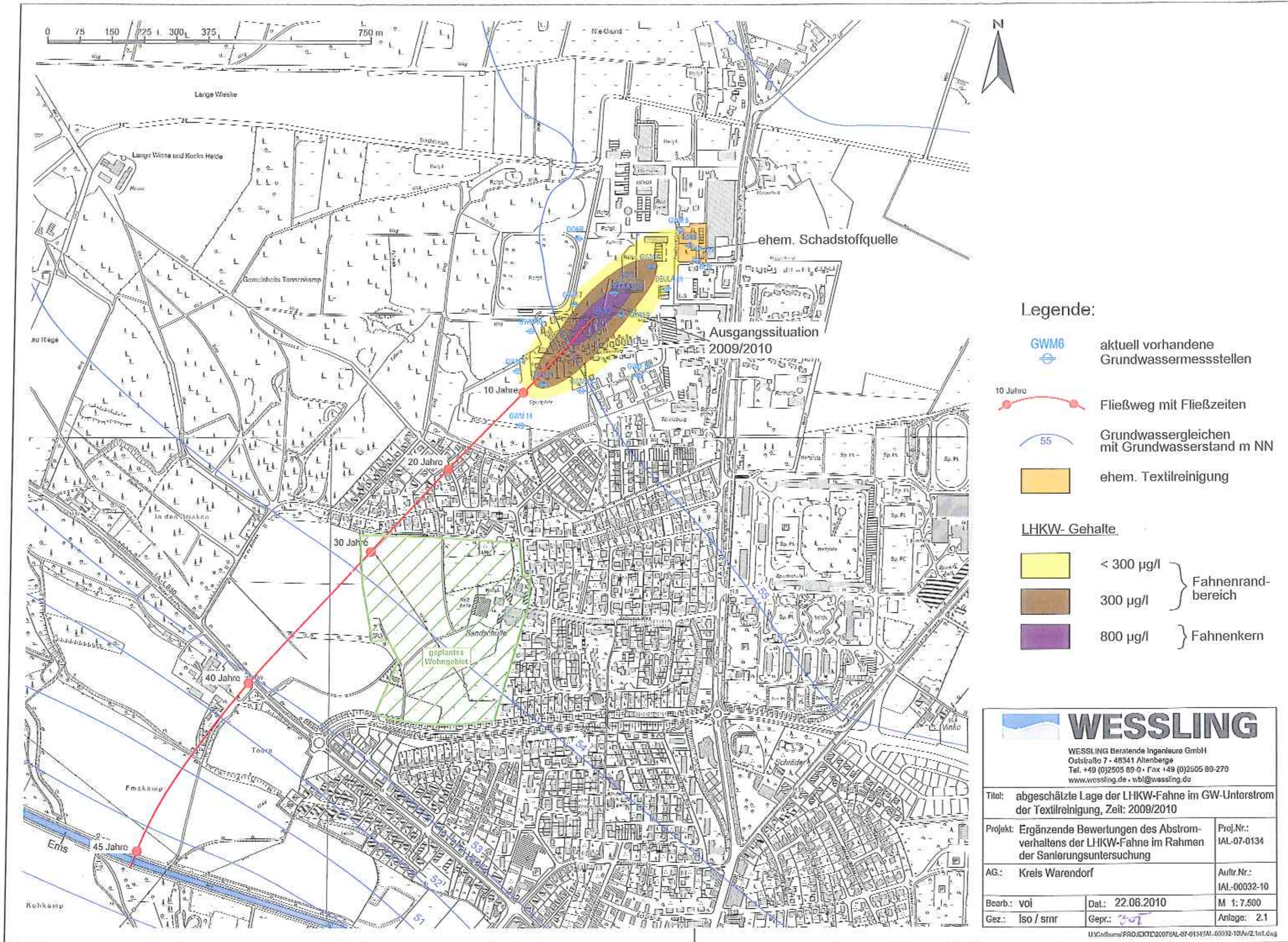
-  **GWM6**     aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
-  **55**     Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
-      ehem. Textilreinigung

**LHKW- Gehalte**

- 175     LHKW- Konzentration (µg/l)
-      10 - 20 µg/l
  -      > 20 - 50 µg/l
  -      > 50 - 100 µg/l
  -      > 100 - 500 µg/l
  -      > 500 µg/l

**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 48341 Allenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-270  
 www.wessling.de • wbi@wessling.de

Titel: Lageplan und Ausgangssituation 2009		
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00032-10	
Bearb.: vol	Dat.: 02.11.2010	M 1: 7.500
Gez.: smf	Gepr.: 	Anlage: 1



Legende:

GWM6 aktuell vorhandene Grundwassermessstellen

10 Jahre Fließweg mit Fließzeiten

55 Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN

ehem. Textilreinigung

LHKW- Gehalte

<math>< 300 \mu\text{g/l}</math> } Fahnenrandbereich  
 <math>300 \mu\text{g/l}</math> } Fahnenkern  
 <math>800 \mu\text{g/l}</math> }

**WESSLING**

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-270  
 www.wessling.de • wbi@wessling.de

**Titel:** abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Zeit: 2009/2010

**Projekt:** Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung

**Proj.Nr.:** IAL-07-0134

**AG:** Kreis Warendorf

**Auftr.Nr.:** IAL-00032-10

**Bearb.:** voi

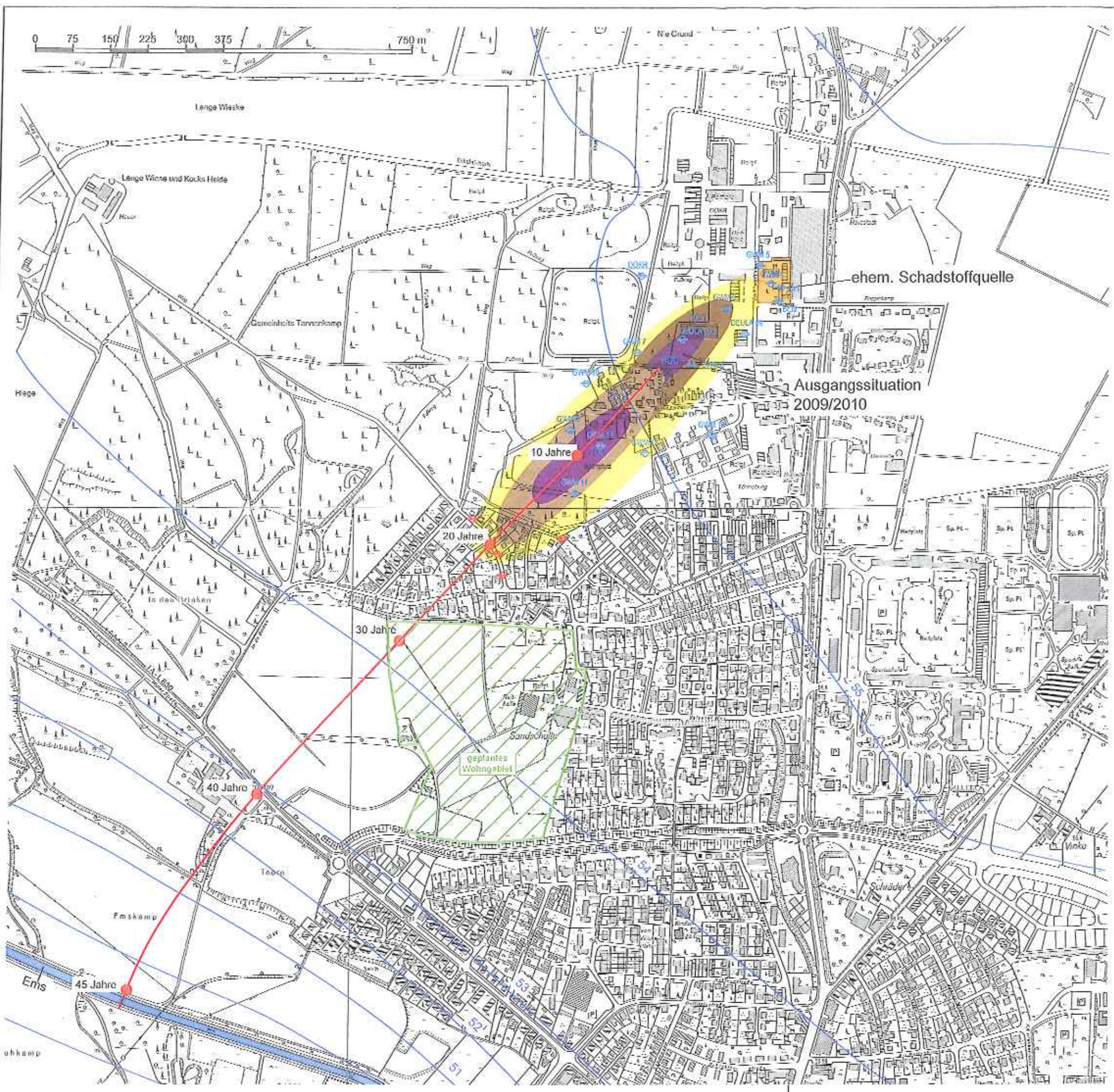
**Dat.:** 22.06.2010

**M:** 1:7.500

**Gez.:** Iso / smr

**Gepr.:**

**Anlage:** 2.1



**Legende:**

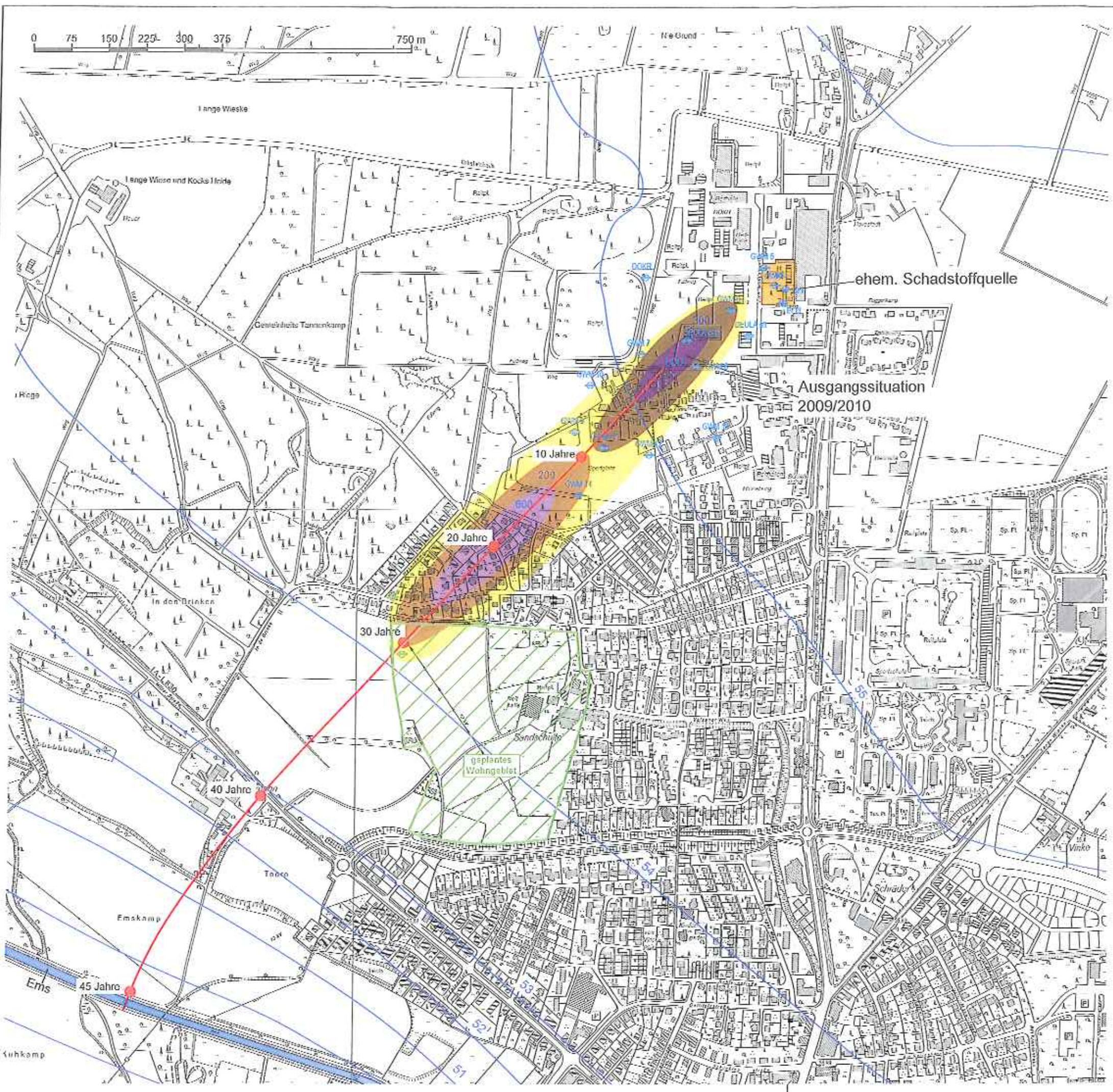
- GW6**      aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
- bis 2020 zu erweiterndes Grundwassermessstellennetz
- 10 Jahre      Fließweg mit Fließzeiten
- 55      Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
- ehem. Textilreinigung

**LHKW- Gehalte**






- < 250 µg/l
  - 250 µg/l
  - 300 µg/l
  - 700 µg/l
  - 800 µg/l
- } Fahnenrandbereich
- } Fahnenkern

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

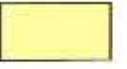




Titel: abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Laufzeit: 10 Jahre		Proj.Nr.: IAL-07-0134
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung		Auftr.Nr.: IAL-00032-10
AG: Kreis Warendorf		M 1: 7.500
Boarb.: voi	Dat.: 22.06.2010	Anlage: 2.2
Gez.: Iso / smr	Gepr.:	




Legende:


-  GWM6      aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
-       bis 2030 zu erweiterndes Grundwassermessstellennetz
-  10 Jahre      Fließweg mit Fließzeiten
-  55      Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
-       ehem. Textilreinigung

LHKW- Gehalte

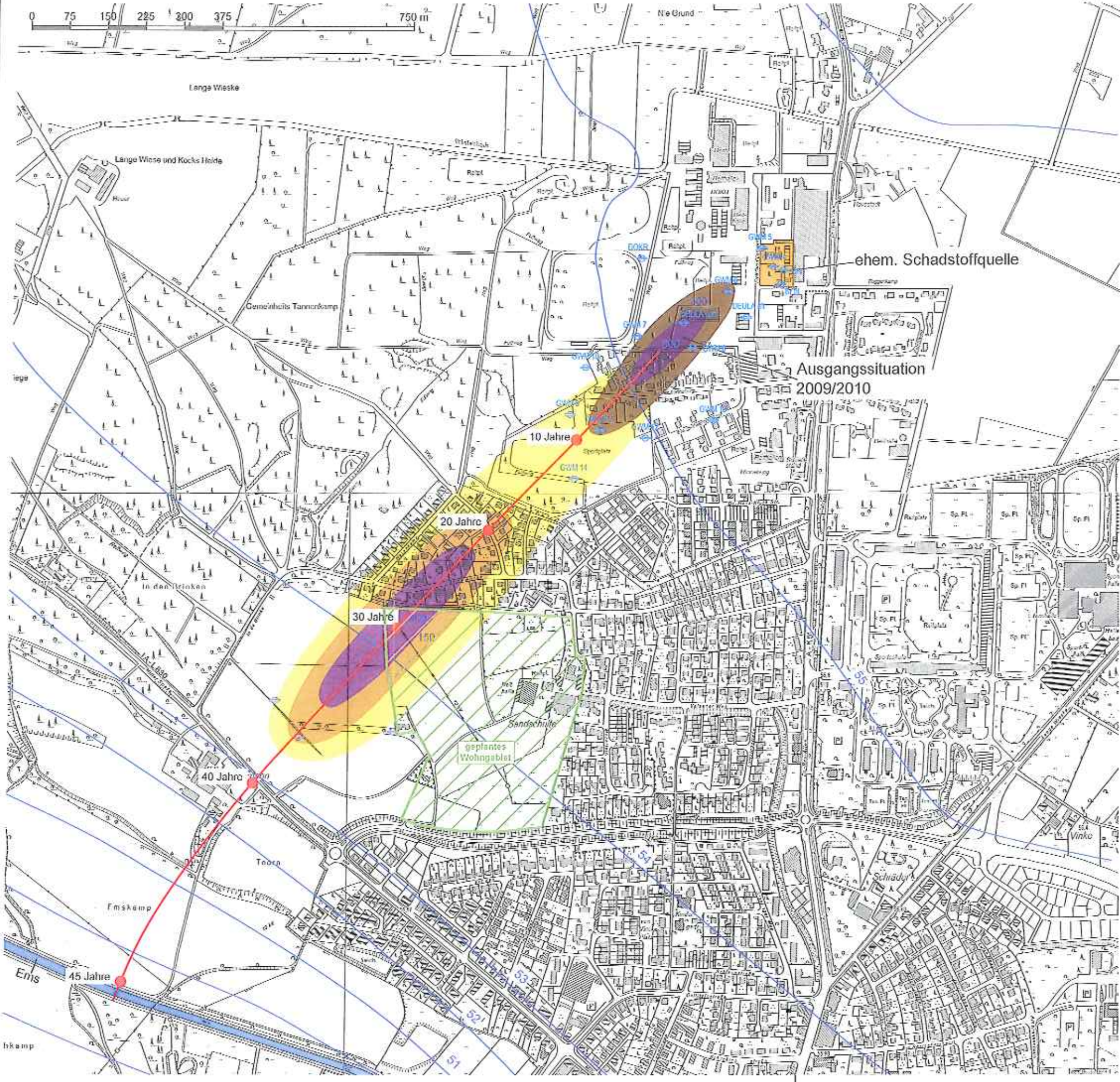
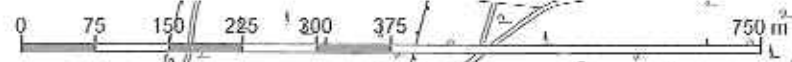
-  < 200 µg/l
  -  200 µg/l
  -  300 µg/l
  -  600 µg/l
  -  800 µg/l
- } Fahnenrandbereich
- } Fahnenkern








**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: abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Laufzeit: 20 Jahre		
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00032-10	
Bearb.: voi	Dat.: 22.06.2010	M 1:7.500
Gez.: Iso / smr	Gepr.: 	Anlage: 2.3




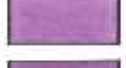

U:\C\Buer\PROJ\KIP\00\IAL-07-0134\IAL-00032-10\An2.3n1.dwg



**Legende:**

-  GWM6      aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
-       bis 2040 zu erweiterndes Grundwassermessstellennetz
-  10 Jahre      Fließweg mit Fließzeiten
-  55      Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
-       ehem. Textilreinigung

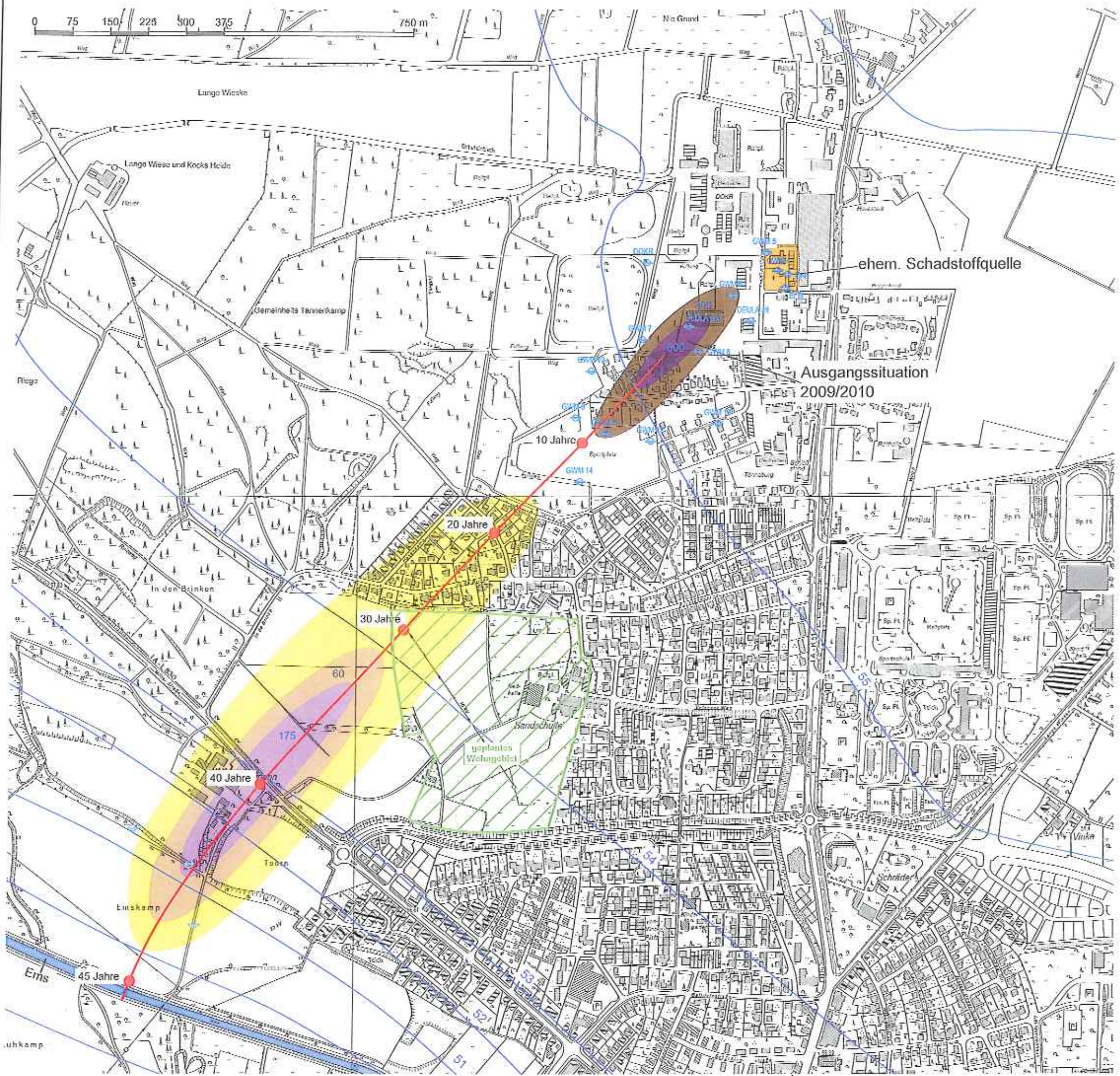
**LHKW- Gehalte**

-  < 150 µg/l
  -  150 µg/l
  -  300 µg/l
  -  450 µg/l
  -  800 µg/l
- } Fahnenrandbereich
- } Fahnenkern








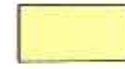




**WESSLING**  
 WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 48341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de • wbi@wessling.de

Titel: abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Laufzeit: 30 Jahre	
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung	Proj.Nr.: IAL-07-0134
AG.: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00032-10
Bearb.: voi	Dat.: 22.06.2010
Gez.: Iso / smr	Gopr.: <i>vo</i>
	M 1: 7.500
	Anlage: 2.4



**Legende:**

-  GWM6 aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
-  bis 2050 zu erweiterndes Grundwassermessstellennetz
-  10 Jahre Fließweg mit Fließzeiten
-  Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
-  ehem. Textilreinigung

- LHKW- Gehalte**
-  < 60 µg/l
  -  60 µg/l
  -  300 µg/l
  -  175 µg/l
  -  800 µg/l
- } Fahnenrandbereich
- } Fahnenkern



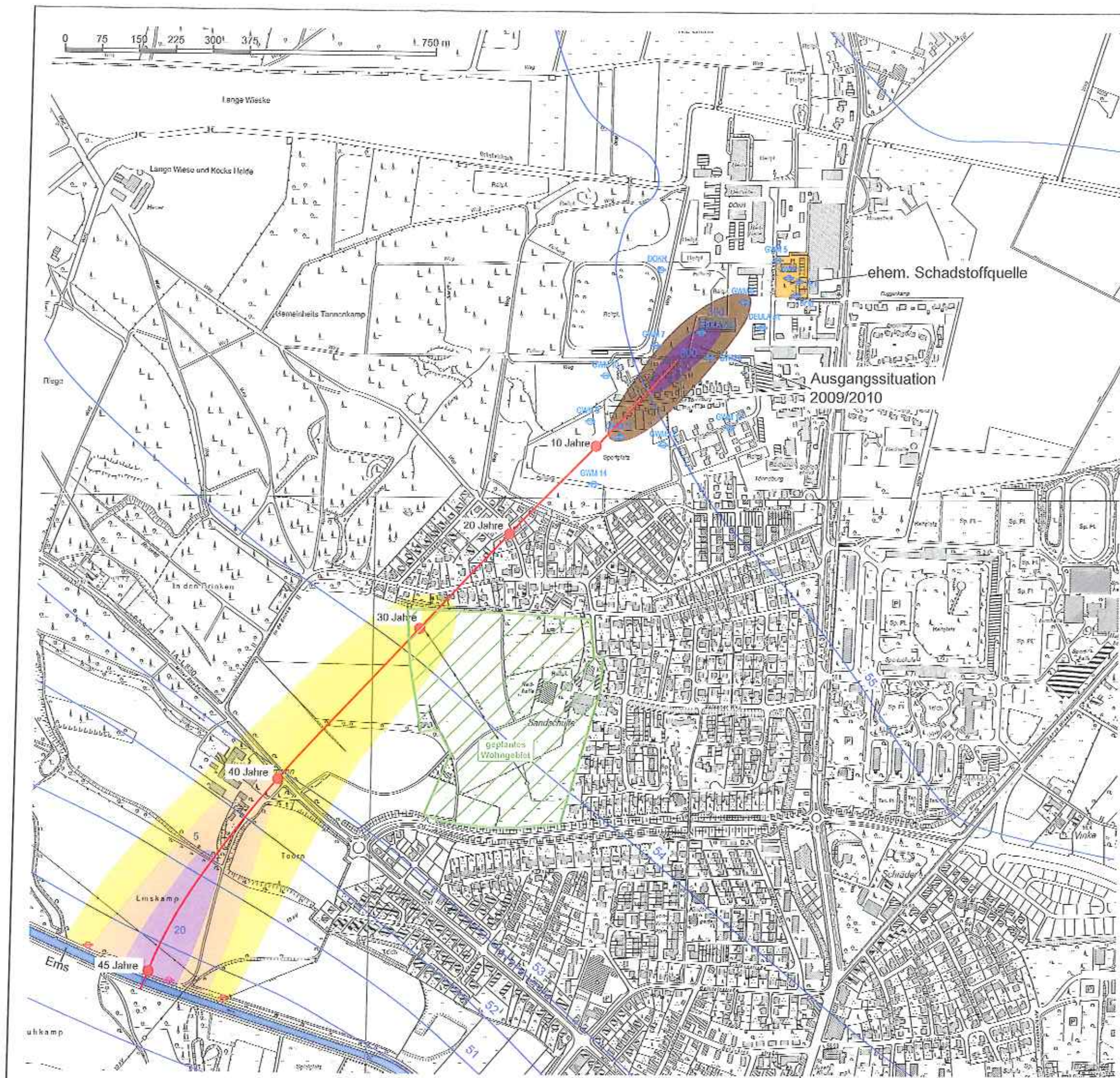
## WESSLING

WESSLING Beratende Ingenieure GmbH  
 Oststraße 7 • 46341 Altenberge  
 Tel. +49 (0)2505 89-0 • Fax +49 (0)2505 89-279  
 www.wessling.de • wb@wessling.de






Titel: abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Laufzeit: 40 Jahre		
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung	Proj.Nr.: IAL-07-0134	
AG: Kreis Warendorf	Auftr.Nr.: IAL-00032-10	
Bearb.: voi	Dat.: 22.06.2010	M 1: 7.500
Gez.: Iso / smf	Gepr.: 1007	Anlage: 2.5

U:\Carburon\PROJEKTE\2007\IAL-07-0134\IAL-00032-10\Apl2.5n1.dwg

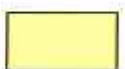








**Legende:**

-  GWM6    aktuell vorhandene Grundwassermessstellen
-     bis 2055 zu erweiterndes Grundwassermessstellennetz
-  10 Jahre    Fließweg mit Fließzeiten
-  55    Grundwassergleichen mit Grundwasserstand m NN
-     ehem. Textilreinigung

**LHKW- Gehalte**

-  < 5 µg/l
  -  5 µg/l
  -  300 µg/l
  -  20 µg/l
  -  800 µg/l
- } Fahnenrandbereich
- } Fahnenkern



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: abgeschätzte Lage der LHKW-Fahne im GW-Unterstrom der Textilreinigung, Laufzeit: 45 Jahre	
Projekt: Ergänzende Bewertungen des Abstromverhaltens der LHKW-Fahne im Rahmen der Sanierungsuntersuchung	Proj.Nr.: IAL-07-0134
AG.: Kreis Warendorf	Aufr.Nr.: IAL-00032-10
Bearb.: voi	Dat.: 22.06.2010
Goz.: Iso / smr	Gepr.: 
	M 1: 7.500
	Anlage: 2,8

## Kostenbarwerte

**Variante A ohne  
Anschluss Trinkw-  
Versorgung**

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)				88000						
Zinssatz				2,5%						
laufende Kosten				s. Tabelle						
wiederkehrende Investitionen 1				s. Tabelle						
Intervall für Reinvestitionen 1				10						
Jahre				Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte	
0	0	0	0	1,0000	88.000		88.000	88.000	88.000	
1	1	1	1	0,9756		14.600	0	14.600	14.244	102.244
2	2	2	2	0,9518		14.600	0	14.600	13.896	116.140
3	3	3	3	0,9288		14.600	0	14.600	13.558	129.698
4	4	4	4	0,9060		14.600	0	14.600	13.227	142.925
5	5	0	5	0,8839		14.600	0	14.600	12.904	155.829
6	6	1	6	0,8623		14.600	0	14.600	12.590	168.419
7	7	2	7	0,8413		14.600	0	14.600	12.282	180.701
8	8	3	8	0,8207		14.600	0	14.600	11.983	192.684
9	9	4	9	0,8007		14.600	0	14.600	11.691	204.375
10	0	0	10	0,7812		14.600	66.000	80.600	82.985	267.339
11	1	1	11	0,7621		23.600	0	23.600	17.887	285.326
12	2	2	12	0,7436		23.600	0	23.600	17.548	302.874
13	3	3	13	0,7254		23.600	0	23.600	17.120	319.994
14	4	4	14	0,7077		23.600	0	23.600	16.702	336.696
15	5	0	15	0,6905		23.600	0	23.600	16.295	352.991
16	6	1	16	0,6736		23.600	0	23.600	15.898	368.889
17	7	2	17	0,6572		23.600	0	23.600	15.510	384.398
18	8	3	18	0,6412		23.600	0	23.600	15.132	399.530
19	9	4	19	0,6255		23.600	0	23.600	14.762	414.292
20	0	0	0	0,6103		23.600	25.000	48.600	29.659	443.952
21	1	1	1	0,5954		23.900	0	23.900	14.230	458.181
22	2	2	2	0,5809		23.900	0	23.900	13.883	472.064
23	3	3	3	0,5667		23.900	0	23.900	13.544	485.608
24	4	4	4	0,5529		23.900	0	23.900	13.214	498.822
25	5	0	5	0,5394		23.900	0	23.900	12.891	511.713
26	6	1	6	0,5262		23.900	0	23.900	12.577	524.290
27	7	2	7	0,5134		23.900	0	23.900	12.270	536.560
28	8	3	8	0,5009		23.900	0	23.900	11.971	548.531
29	9	4	9	0,4887		23.900	0	23.900	11.679	560.210
30	0	0	10	0,4767		23.900	36.000	59.900	28.557	588.767
31	1	1	11	0,4651		21.925	0	21.925	10.198	598.965
32	2	2	12	0,4538		21.925	0	21.925	9.949	608.914
33	3	3	13	0,4427		21.925	0	21.925	9.706	618.620
34	4	4	14	0,4319		21.925	0	21.925	9.470	628.090
35	5	0	15	0,4214		21.925	0	21.925	9.239	637.328
36	6	1	16	0,4111		21.925	0	21.925	9.013	646.341
37	7	2	17	0,4011		21.925	0	21.925	8.793	655.135
38	8	3	18	0,3913		21.925	0	21.925	8.579	663.714
39	9	4	19	0,3817		21.925	0	21.925	8.370	672.083
40	0	0	0	0,3724		21.925	25.000	46.925	17.476	689.560
41	1	1	1	0,3633		13.350	0	13.350	4.851	694.410
42	2	2	2	0,3545		13.350	0	13.350	4.732	699.143
43	3	3	3	0,3458		13.350	0	13.350	4.617	703.760
44	4	4	4	0,3374		13.350	0	13.350	4.504	708.264
45	5	0	5	0,3292		13.350	0	13.350	4.394	712.659

Variante A

**IAL-07-0134 Sanierungsuntersuchung Rübesamen  
Kostenschätzung der Überwachungs- und Schutzmaßnahmen  
ohne Durchführung von Grundwasser-Sanierungsmaßnahmen**

**Variante A ohne Anschluss an Trinkw-Versorgung**

Maßnahme	Grundkosten	0 - 10 Jahre	10 - 20 Jahre	20 - 30 Jahre	30 - 40 Jahre	40 - 45 Jahre	Kosten Gesamtlaufzeit	mittlere Betriebskosten/a
vorhandene GW-Messstellen		11	11	11	8	5		
zu ergänzende GW-Messstellen		4	3	3	3	3		
Anz. landwirtschl. Eigenversorger					4	4		
Anz. Eigenversorger Hasenkamp		20	19					
Bau GW-Messstellen / GWM	7.500 €	30.000 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €		
Kosten pro GWM	100 €	15.000 €	18.000 €	21.000 €	25.000 €	12.500 €		2.033 €
LHKW-Monitoring								
Kosten pro Eigenversorger Hasenkamp	80 €	16.000 €	31.200 €	28.000 €	28.000 €	7.600 €		2.462 €
Installation Adsorbereinheit pro Eigenversorger	2.500 €	50.000 €	47.500 €		10.000 €			
Wartung Eigenversorger pro Jahr	500 €	100.000 €	195.000 €	195.000 €	166.250 €	117.500 €		17.194 €
Gutachterliche Begleitung /Jahr	1.500 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	7.500 €		1.500 €
Unvorhergesehenes 10%		22.600 €	32.920 €	28.150 €	26.675 €	16.760 €		2.319 €
Kostensumme <b>ohne</b> Anschluss Hasenkamp an öff. Versorgung		248.600 €	362.120 €	309.650 €	293.425 €	184.360 €	1.398.155 €	25.509 €

Anfangsinvestition

Anfangsinvestition Trinkw-Eigenversorger

Laufende Kosten

**Variante B Anschluss an TrinkW-Vers.**

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)				142000						
Zinssatz				2,5%						
laufende Kosten										
wiederkkehrende Investitionen 1 Intervall für Reinvestitionen 1				s. Tabelle 10						
Jahr				Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	Kostenreihe	Barwerte	kumulierte Barwerte	
0	0	0	0	1,0000	142.000		142.000	142.000	142.000	
1	1	1	1	0,9756		3.600	0	3.512	145.512	
2	2	2	2	0,9518		3.600	0	3.427	148.939	
3	3	3	3	0,9286		3.600	0	3.343	152.282	
4	4	4	4	0,9060		3.600	0	3.261	155.543	
5	5	0	5	0,8839		3.600	0	3.182	158.725	
6	6	1	6	0,8623		3.600	0	3.104	161.829	
7	7	2	7	0,8413		3.600	0	3.029	164.858	
8	8	3	8	0,8207		3.600	0	2.955	167.812	
9	9	4	9	0,8007		3.600	0	2.883	170.695	
10	0	0	10	0,7812		3.600	106.400	85.932	256.627	
11	1	1	11	0,7621		3.850	0	2.934	259.561	
12	2	2	12	0,7436		3.850	0	2.863	262.424	
13	3	3	13	0,7254		3.850	0	2.793	265.217	
14	4	4	14	0,7077		3.850	0	2.725	267.942	
15	5	0	15	0,6905		3.850	0	2.658	270.600	
16	6	1	16	0,6736		3.850	0	2.593	273.193	
17	7	2	17	0,6572		3.850	0	2.530	275.723	
18	8	3	18	0,6412		3.850	0	2.468	278.192	
19	9	4	19	0,6255		3.850	0	2.408	280.600	
20	0	0	0	0,6103		3.850	25.000	17.606	298.207	
21	1	1	1	0,5954		4.200	0	2.501	300.707	
22	2	2	2	0,5809		4.200	0	2.440	303.147	
23	3	3	3	0,5667		4.200	0	2.380	305.527	
24	4	4	4	0,5529		4.200	0	2.322	307.849	
25	5	0	5	0,5394		4.200	0	2.265	310.114	
26	6	1	6	0,5262		4.200	0	2.210	312.325	
27	7	2	7	0,5134		4.200	0	2.156	314.481	
28	8	3	8	0,5009		4.200	0	2.104	316.585	
29	9	4	9	0,4887		4.200	0	2.052	318.637	
30	0	0	0	0,4767		4.200	35.000	18.608	337.225	
31	1	1	11	0,4651		4.650	0	2.163	339.488	
32	2	2	12	0,4538		4.650	0	2.110	341.598	
33	3	3	13	0,4427		4.650	0	2.059	343.657	
34	4	4	14	0,4319		4.650	0	2.008	345.665	
35	5	0	15	0,4214		4.650	0	1.959	347.624	
36	6	1	16	0,4111		4.650	0	1.912	349.536	
37	7	2	17	0,4011		4.650	0	1.865	351.401	
38	8	3	18	0,3913		4.650	0	1.819	353.220	
39	9	4	19	0,3817		4.650	0	1.775	354.996	
40	0	0	0	0,3724		4.650	25.000	29.650	366.038	
41	1	1	1	0,3633		2.450	0	890	366.928	
42	2	2	2	0,3545		2.450	0	868	367.797	
43	3	3	3	0,3458		2.450	0	847	368.644	
44	4	4	4	0,3374		2.450	0	827	369.471	
45	5	0	5	0,3292		2.450	0	806	370.277	

Kostenschätzung

IAL-07-0134 Sanierungsuntersuchung Rübesamer  
 Kostenschätzung der Überwachungs- und Schutzmaßnahme  
 ohne Durchführung von Grundwasser-Sanierungsmaßnahme

Variante B mit Anschluss an Trinkw-Versorgung

Maßnahme	Grundkosten	0 - 10 Jahre	10 - 20 Jahre	20 - 30 Jahre	30 - 40 Jahre	40 - 45 Jahre	Kosten Gesamtaufzeit	Betriebskosten / a
vorhandene GW-Messstellen		11	11	11	8	5		
zu ergänzende GW-Messstellen		4	3	3	3	3		
Anz. landwirtschl. Eigenversorger					4	4		
Anz. Eigenversorger Hasenkamp		20	19					
Bau GW-Messstellen / GWM	7.500 €	30.000 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €		
Kosten pro GWM		15.000 €	18.000 €	21.000 €	25.000 €	12.500 €		2.033 €
LHKW-Monitoring	100 €							
Anschluss Eigenversorger Wohngelbiet Hasenkamp / Versorger Anteil Stadtwerke	3.100 €	62.000 €	58.900 €					
Anschluss Eigenversorger Wohngelbiet Hasenkamp / Versorger Eigenanteil	2.500 €	50.000 €	47.500 €					
Gutachterliche Begleitung /Jahr	1.500 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	7.500 €		1.500 €
Unvorhergesehenes 10%		17.200 €	16.190 €	5.850 €	6.250 €	4.250 €		353 €
Kostensumme mit Anschluss Hasenkamp an öffl. Versorgung		189.200 €	178.090 €	64.350 €	88.750 €	46.750 €	547.140 €	3.887 €

Remvestition

Investitionen: Anschluss an Trinkw-Versorgung

Laufende Kosten

Kostenbarwerte

Variante C: ohne Kosten-Berücksichtigung Anschluss TrinkW-Vers.

Investitionskosten (erstmalig inkl. Planung etc)					30000				
Zinssatz					2,5%				
laufende Kosten									
wiederkkehrende Investitionen 1					s. Tabelle				
Intervall für Reinvestitionen 1					10				
Jahre					Investition	lfd. Kosten	Reinvestitionen 1	kumulierte Barwerte	
0	0	0	0	1,0000	40.000			40.000	
1	1	1	1	0,9756		3.600	0	43.512	
2	2	2	2	0,9518		3.600	0	46.939	
3	3	3	3	0,9288		3.600	0	50.282	
4	4	4	4	0,9060		3.600	0	53.543	
5	5	0	5	0,8839		3.600	0	56.725	
6	6	1	6	0,8623		3.600	0	59.829	
7	7	2	7	0,8413		3.600	0	62.858	
8	8	3	8	0,8207		3.600	0	65.812	
9	9	4	9	0,8007		3.600	0	68.695	
10	0	0	10	0,7812		3.600	22.500	89.084	
11	1	1	11	0,7621		3.850	0	92.019	
12	2	2	12	0,7436		3.850	0	94.881	
13	3	3	13	0,7254		3.850	0	97.674	
14	4	4	14	0,7077		3.850	0	100.399	
15	5	0	15	0,6905		3.850	0	103.057	
16	6	1	16	0,6736		3.850	0	105.651	
17	7	2	17	0,6572		3.850	0	108.181	
18	8	3	18	0,6412		3.850	0	110.649	
19	9	4	19	0,6255		3.850	0	113.058	
20	0	0	0	0,6103		3.850	22.500	129.138	
21	1	1	1	0,5954		4.200	0	131.639	
22	2	2	2	0,5809		4.200	0	134.079	
23	3	3	3	0,5667		4.200	0	136.459	
24	4	4	4	0,5529		4.200	0	138.781	
25	5	0	5	0,5394		4.200	0	141.046	
26	6	1	6	0,5262		4.200	0	143.256	
27	7	2	7	0,5134		4.200	0	145.413	
28	8	3	8	0,5009		4.200	0	147.516	
29	9	4	9	0,4887		4.200	0	149.569	
30	0	0	10	0,4767		4.200	22.500	162.298	
31	1	1	11	0,4651		4.650	0	164.461	
32	2	2	12	0,4538		4.650	0	166.571	
33	3	3	13	0,4427		4.650	0	168.629	
34	4	4	14	0,4319		4.650	0	170.638	
35	5	0	15	0,4214		4.650	0	172.597	
36	6	1	16	0,4111		4.650	0	174.508	
37	7	2	17	0,4011		4.650	0	176.373	
38	8	3	18	0,3913		4.650	0	178.193	
39	9	4	19	0,3817		4.650	0	179.968	
40	0	0	0	0,3724		4.650	22.500	190.080	
41	1	1	1	0,3633		2.450	0	190.970	
42	2	2	2	0,3545		2.450	0	191.838	
43	3	3	3	0,3458		2.450	0	192.686	
44	4	4	4	0,3374		2.450	0	193.512	
45	5	0	5	0,3292		2.450	0	194.319	

Kostenschätzung

IAL-07-0134 Sanierungsuntersuchung Rübesamer  
 Kostenschätzung der Überwachungs- und Schutzmaßnahmen  
 ohne Durchführung von Grundwasser-Sanierungsmaßnahmen

Variante C (ohne Berücksichtigung der Kosten für den Anschluss an Trinkw-Versorgung)

Maßnahme	Grundkosten	0 - 10 Jahre	10 - 20 Jahre	20 - 30 Jahre	30 - 40 Jahre	40 - 45 Jahre	Kosten Gesamtaufzeit	Betriebskosten / a
vorhandene GW-Messstellen		11	11	11	8	5		
zu ergänzende GW-Messstellen		4	3	3	3	3		
Anz. landwirtschl. Eigenversorger					4	4		
Bau GW-Messstellen / GWM	7.500 €	30.000 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €	22.500 €		
Kosten pro GWM	100 €	15.000 €	18.000 €	21.000 €	25.000 €	12.500 €		2.033 €
LHKW-Monitoring	1.500 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	7.500 €		1.500 €
Gutachterliche Begleitung /Jahr		6.000 €	5.550 €	5.550 €	6.250 €	4.250 €		353 €
Unvorhergesehenes 10%								
Kostensumme ohne Anschluss Hasenkamp an öff. Versorgung		66.000 €	61.050 €	64.350 €	68.750 €	46.750 €	306.900 €	3.887 €

Reinvestition

Investitionen Anschluss an Trinkw-Versorgung

Laufende Kosten