

**Grundwasserbelastung mit Arsen – Fort Hartmann**  
**Pumpversuch an Grundwassermessstelle B1a**  
**Bewertung und Vorschlag weiteres Vorgehen**

**Auftraggeber:** Stadt Ingolstadt  
Umweltamt  
85047 Ingolstadt

**Auftragnehmer:** BFM Umwelt GmbH  
Zehentstadelweg 7  
81247 München

**Projekt Nr.:** P190604-02

**Bericht Nr.:** B190604-02-01A

**Seitenzahl:** 17 Seiten

**Anlagenzahl:** keine

München, den 19.6.2020



J. Weindl

Sachverständiger nach §18 BBodSchG  
Sachgebiete 2 und 5

## Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung .....	3
2	Vorliegende Unterlagen.....	5
2.1	Ergebnisbericht der RBK GmbH vom 25.11.2020 .....	5
2.1.1	Durchführung des Pumpversuchs .....	5
2.1.2	Hydraulische Auswertung.....	5
2.1.3	Chemische Auswertung.....	6
2.1.3.1	Förderwasser .....	6
2.1.3.2	Sickerwasserteich .....	6
2.1.4	Auslegung einer Pump-and-Treat-Sicherung.....	7
2.1.4.1	Förderstrom .....	7
2.1.4.2	Ableitung des Förderwassers .....	7
2.2	Stellungnahme Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt vom 16.1.2020.....	8
2.2.1	Bewertung Pumpversuchsauswertung .....	8
2.2.2	Grundsätzliche Anmerkungen des WWA zur Analytik .....	8
2.2.3	Bewertung Auslegung Pump-and-Treat-Maßnahme.....	8
2.2.4	Bewertung Wasserbehandlung und Entsorgungsmöglichkeiten .....	9
2.2.5	Forderungen des WWA zum Monitoring .....	9
2.2.6	Vorschlag Sanierungsziel .....	9
3	Bewertung der Unterlagen .....	10
3.1	Ergebnisbericht der RBK GmbH vom 25.11.2020 .....	10
3.1.1	Durchführung des Pumpversuchs .....	10
3.1.2	Hydraulische Auswertung.....	10
3.1.3	Chemische Auswertung.....	10
3.1.3.1	Förderwasser .....	10
3.1.3.2	Sickerwasserteich .....	11
3.1.4	Auslegung einer Pump-and-Treat-Sicherung.....	11
3.1.4.1	Förderstrom .....	11
3.1.4.2	Ableitung des Förderwassers .....	12
3.2	Stellungnahme Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt vom 16.1.2020.....	12
3.2.1	Grundsätzliche Anmerkungen des WWA zur Analytik .....	12
3.2.2	Bewertung Auslegung Pump-and-Treat-Maßnahme.....	13
3.2.3	Bewertung Wasserbehandlung und Entsorgungsmöglichkeiten .....	13
3.2.4	Forderungen des WWA zum Monitoring .....	14
3.2.5	Vorschlag Sanierungsziel .....	14
4	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.....	16
5	Literatur und verwendete Unterlagen .....	17

## 1 Veranlassung

Von der Deponie Fort Hartmann in Ingolstadt geht eine Belastung des Grundwassers, insbesondere mit Arsen aus. Diese Belastung sowie deren Entwicklung werden seit Jahren im Rahmen eines Grundwassermonitorings beobachtet. Dabei wurde festgestellt, dass der südwestlich gerichtete Grundwasserabstrom außerhalb des Deponiegeländes in Richtung Süden verschwenkt. Die Belastungen des Grundwassers nehmen mit dem Grundwasserabstrom kontinuierlich ab, so dass die Ausdehnung der Schadstofffahne als abgegrenzt und quasistationär einzustufen ist.

Seitens der zuständigen Fachbehörde (Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, in der Folge als WWA bezeichnet) wird hinsichtlich des festgestellten Grundwasserschadens die Notwendigkeit einer Sanierung gesehen.

Am 25.2.2020 fand im Umweltamt der Stadt Ingolstadt (UAI) eine Besprechung auf Fachebene unter Beteiligung des bayerischen Landesamtes für Umwelt, des Wasserwirtschaftsamtes Ingolstadt, des Umweltamtes der Stadt Ingolstadt sowie der BFM Umwelt GmbH (beratender Gutachter des Umweltamtes der Stadt Ingolstadt) statt. Darin wurde ein Lösungsvorschlag zum weiteren Umgang mit dem Grundwasserschaden erarbeitet, der dem Deponiebetreiber, den Ingolstädter Kommunalbetrieben AöR, mit Schreiben des Umweltamtes Ingolstadt vom 1.3.2020 zur Kenntnis gebracht wurde.

Zusammenfassend sieht der Lösungsvorschlag Folgendes vor:

- An Grundwassermessstelle B1a soll durch Installation einer hydraulischen Abwehrmaßnahme ein weiteres Abströmen von Schadstoffen unterbunden werden.
- Für das abzuschlagende Förderwasser wurden in Abhängigkeit der gewählten Einleitung unterschiedliche Aufbereitungsziele vorgegeben.
- Die Abwehrmaßnahme ist zunächst für einen Zeitraum von 2 Jahren aufrecht zu erhalten. Nach diesem Zeitraum soll über die Eignung und Angemessenheit einer Fortführung der Maßnahme entschieden werden.
- Im Hinblick auf die zu wählende Aufbereitungstechnik für das Förderwasser wurde die Durchführung eines vorgelagerten Pumpversuchs vorgeschlagen.

Die im Auftrag der Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR vorgenommene Planung des Pumpversuchs der RBK GmbH (RBK) vom 2.4.2019 /1/ wurde vor Durchführung des Pumpversuchs mit den Behörden abgestimmt.

Der Pumpversuch wurde im Zeitraum 12.8. bis 9.9.2019 durchgeführt. Die Dokumentation und Auswertung des Pumpversuchs wurden mit Bericht der RBK vom 25.11.2019 /2/ vorgelegt.

Das WWWA nahm mit Schreiben vom 16.1.2020 /3/ zu dem Auswertebereich des Pumpversuchs /2/ Stellung.

Die BFM Umwelt GmbH wurde daraufhin vom Umweltamt der Stadt Ingolstadt gebeten, zum Bericht der RBK /2/ sowie dem diesbezüglichen Schreiben des Wasserwirtschaftsamtes Ingolstadt Stellung zu nehmen. In einem ersten Schritt wurden die Ergebnisse des Pumpversuchs zwischen dem Gutachter der Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR (Herr Kasper, RBK GmbH) und dem Gutachter der Stadt Ingolstadt (Herr Weindl, BFM Umwelt GmbH) am 3.4.2020 ausführlich diskutiert und erörtert.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse des Kurzberichts gutachterlich bewertet und Vorschläge zum weiteren Vorgehen unterbreitet.

## **2 Vorliegende Unterlagen**

### **2.1 Ergebnisbericht der RBK GmbH vom 25.11.2020 /2/Im**

Im Ergebnisbericht der RBK wird die Durchführung des Pumpversuchs ausführlich beschrieben. Aufbauend auf einer hydraulischen und chemischen Auswertung der Pumpversuchsdaten werden Vorschläge zur Auslegung einer Pump-and-Treat-Maßnahme unterbreitet.

#### **2.1.1 Durchführung des Pumpversuchs**

Der Pumpversuch wurde im Zeitraum 12.8. bis 2.9.2020 (21 Tage) mit drei unterschiedlichen Förderraten durchgeführt. Geplant waren Förderströme von 3, 4,5 und 6 m<sup>3</sup>/h für jeweils 7 Tage, realisiert wurden Entnahmeraten von 3,3, 4,9 und 5,7 m<sup>3</sup>/h.

Für weitere 7 Tage wurden der Wiederanstieg des Grundwassers sowie die Entwicklung der Schadstoffgehalte beobachtet.

Während des Pumpversuchs wurde das geförderte Wasser einem Sickerwasserteich zugeführt und von dort in die Kanalisation abgeführt. Eine Aufbereitung des Förderwassers erfolgte nicht.

#### **2.1.2 Hydraulische Auswertung**

Bei der Durchführung des Pumpversuchs ergaben sich Grundwasserabsenkungen von 0,81 m, 1,26 m und 1,6 m. Ein vollständiger Wiederanstieg war auch eine Woche nach Ende des Pumpversuchs nicht feststellbar (verbleibende Differenz: 9 cm). Grund hierfür war ein generelles Absinken des Grundwasserspiegels im Versuchszeitraum, das nicht durch den Pumpversuch verursacht war. Insgesamt ist bei der höchsten Pumpstufe daher bei der vorliegenden Aquifermächtigkeit von 4,6 m und einem Entnahmestrom von 5,7 m<sup>3</sup>/h von einer Absenkung um ca. 1,5 m auszugehen.

Unter Heranziehung unterschiedlicher Berechnungsverfahren werden  $k_f$ -Werte von  $2,16 \times 10^{-4}$  m/s und  $1,1 \times 10^{-3}$  m/s ermittelt. Für die weiteren Auswertungen, insbesondere der Entnahmebreite, wird ein  $k_f$ -Wert von  $7,2 \times 10^{-4}$  m/s zum Ansatz gebracht.

Damit wird nach TODD eine maximale Entnahmebreite während der 3. Pumpversuchsstufe unter Annahme stationärer Verhältnisse von 160 m (unter Kulmination 25 m) berechnet.

## **2.1.3 Chemische Auswertung**

### **2.1.3.1 Förderwasser**

Die Arsenkonzentration im Förderwasser aus dem Brunnen B1a fiel während des Pumpversuchs von initial 0,89 mg/l auf 0,57 mg/l am Ende des Pumpversuchs. Nach Abschalten der Förderung fiel die Konzentration zunächst weiter auf 0,3 mg/l, um bis zum Ende Beobachtungszeitraums auf 0,62 mg/l anzusteigen.

Die zum Ende der zweiten Pumpversuchsstufe festgestellte Arsenkonzentration bleibt nach Erhöhung der Förderung zur dritten Stufe bis zum Ende des Pumpversuchs nahezu konstant. Hieraus wird der Schluss gezogen, dass mit der Förderung aus der zweiten Pumpstufe der gesamte Arsenabstrom der Deponie erfasst wird.

Neben der Bestimmung der Arsengehalte wurden 5 Grundwasservollanalysen durchgeführt und die Vor-Ort-Parameter elektrische Leitfähigkeit und Temperatur kontinuierlich aufgezeichnet. Die elektrische Leitfähigkeit fällt während des Pumpversuchs um etwa 20% ab, das Redoxpotential steigt an. Nach Beendigung des Pumpversuchs zeigen alle Werte eine Drift Richtung Ausgangszustand.

### **2.1.3.2 Sickerwasserteich**

Die Arsenkonzentrationen im Sickerwasserteich stiegen während des Pumpversuchs von anfänglich 0,01 mg/l auf maximal 0,097 mg/l an. Sie lagen damit signifikant unter den Arsengehalten des geförderten Wassers (0,57 mg/l bis 0,89 mg/l).

Die während der ersten Versuchswoche dem Teich zugeführte Sickerwassermenge wird von RBK mit 150 m<sup>3</sup> auf etwa 6% der gesamten abgeführten Wassermenge abgeschätzt. Hieraus wird gefolgert, dass die im Sickerwasserteich gegenüber dem Förderwasser niedrigen Arsen-Konzentrationen nicht auf Verdünnung, sondern auf eine Fällung von Arsen im Teich zurückzuführen sind.

Die dem Teich im Versuchszeitraum direkt durch Niederschlag zugeführte Wassermenge bleibt bei der Auswertung unberücksichtigt.

## **2.1.4 Auslegung einer Pump-and-Treat-Sicherung**

### **2.1.4.1 Förderstrom**

Aus den Pumpversuchsergebnissen leitet RBK ab, dass zur Erfassung des gesamten Schadstoffabstroms bei Niedrigwasser ( $M = 4,60 \text{ m}$ ) eine Förderrate von  $4,3 \text{ m}^3/\text{h}$ , bei Hochwasser ( $M = 6,40 \text{ m}$ ) eine Förderrate von  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  erforderlich ist.

Ein möglicher Einfluss des Grundwassergefälles wurde nicht betrachtet.

Dass Fassungsvermögen des Brunnens wurde rechnerisch ermittelt. Dabei wurden relativ hohe Brunneneintrittswiderstände festgestellt. Dennoch ist festzustellen, dass auch bei Niedrigwasser gegenüber dem Pumpversuch deutlich höhere Förderraten realisierbar sind.

### **2.1.4.2 Ableitung des Förderwassers**

Hinsichtlich der Ableitung des Förderwassers werden drei Varianten betrachtet:

- Aufbereitung des Förderwassers und Ableitung in die Kanalisation oder ein Oberflächengewässer.
- (Teil)Fällung des Arsens durch Einleitung des Förderwassers in den Sickerwasserteich und Ableitung ohne weitere Aufbereitung in die Kanalisation.
- Aufbereitung des Förderwassers und Infiltration des Wassers in den Aquifer.

Die Investitionskosten sind für die zweitgenannte Variante am günstigsten. Hinsichtlich der Betriebskosten stellt die Aufbereitung des Wassers mit anschließender Ableitung in ein Oberflächengewässer die günstigste Variante dar. Unter Vernachlässigung der Einleitgebühren in den Kanal verursacht die Ableitung über den Sickerwasserteich in den Kanal die niedrigsten Betriebskosten.

Aufgrund der zunächst vorgesehenen Befristung der Maßnahme auf zwei Jahre empfiehlt RBK die Ableitung des Förderwassers über den Sickerwasserteich in den Kanal ohne weitere Aufbereitung.

## **2.2 Stellungnahme Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt vom 16.1.2020 /3/**

### **2.2.1 Bewertung Pumpversuchsauswertung**

Das WWA bewertet die von RBK angefertigte Dokumentation und hydraulische Auswertung des Pumpversuchs als plausibel, regt aber an, eine mögliche Wasserwegsamkeit zwischen Quartär und Tertiär im Umfeld des Förderbrunnens bei künftigen Auswertungen zu würdigen.

Einer Beurteilung, inwieweit der gesamte Arsen-haltige Grundwasserabstrom während des Pumpversuchs erfasst wurde, enthält sich das WWA ausdrücklich. Diesbezüglich sind aus Sicht des WWA weitere Untersuchungen erforderlich.

Insgesamt wird die geplante Sicherungsmaßnahme als „sinnvolle Primärmaßnahme angesehen, die unverzüglich einzurichten ist.“

### **2.2.2 Grundsätzliche Anmerkungen des WWA zur Analytik**

Hier merkt das WWA an, dass gem. LfU-Merkblatt Nr. 3.8/6 die Probenahme und Analytik im Rahmen von Altlastenfällen durch Sachverständige nach § 18 BBodSchG zu erfolgen hat. Ebenso wird angemerkt, dass gem. des o.g. Merkblatts Vor-Ort-Parameter im Labor zu verifizieren sind.

Hinsichtlich festgestellter Stufe-1-Wert-Überschreitungen für Cadmium bemängelt das WWA eine fehlende Bewertung dieses Sachverhalts.

### **2.2.3 Bewertung Auslegung Pump-and-Treat-Maßnahme**

Die vom Gutachter vorgeschlagene Entnahmebreite von 120 m für die künftige Pump-and-Treat-Maßnahme wird seitens des WWA für nicht ausreichend erachtet, vielmehr sei eine Entnahmebreite von 137 m (entsprechend der zweiten Pumpstufe) anzustreben.

## **2.2.4 Bewertung Wasserbehandlung und Entsorgungsmöglichkeiten**

Hinsichtlich der Aufbereitung des Wassers und der Entsorgungsmöglichkeiten werden seitens des WWA sehr umfangreiche Ausführungen getroffen, die hier nur knapp zusammengefasst werden sollen:

- Aus Sicht des WWA ist grundsätzlich eine mehrstufige Aufbereitung des Förderwassers zu präferieren. Aus Sicht des WWA besteht auch seitens der Stadt Ingolstadt die Forderung, das Wasser abzureinigen.
- Hinsichtlich der von RBK festgestellten Ausfällung und Fixierung von Arsen werden erhebliche Zweifel angemeldet, die hier nicht im Detail dargelegt werden sollen. Andererseits geht das WWA von einer Anreicherung von Arsen im Sediment des Teiches aus.
- Eine Passage des Förderwassers durch den Sickerwasserteich wird nur bei Unterschreitung des GFS als tolerabel angesehen.
- Hinsichtlich der Entsorgung eines in den Sickerteich eingebrachten Kiesbettes und Geotextils fordert das WWA unter abfallrechtlichen Aspekten einen Nachweis der Entsorgung.
- Zusammenfassend empfiehlt das WWA, das Förderwasser auf Werte unterhalb des GFS abzureinigen und dann in den Kanal abzuschlagen. Eine Einleitung von Wasser in den Kanal mit Arsengehalten von bis zu 500 µg/l, entsprechend der Satzung des Kanalbetreibers, hält das WWA für inakzeptabel.

## **2.2.5 Forderungen des WWA zum Monitoring**

Hinsichtlich des Monitorings und der Berichtspflichten bei der zunächst auf zwei Jahre befristeten Pump-and-Treat-Maßnahme werden seitens des WWA Vorschläge unterbreitet.

## **2.2.6 Vorschlag Sanierungsziel**

Mit Bezug auf das LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 schlägt das WWA vor, als Sanierungszielwert die Unterschreitung der Stufe-1- bzw. GFS-Werte anzustreben.

### **3 Bewertung der Unterlagen**

#### **3.1 Ergebnisbericht der RBK GmbH vom 25.11.2020 /2/**

##### **3.1.1 Durchführung des Pumpversuchs**

Die Durchführung des Pumpversuchs ist u.E. als sachgerecht einzustufen.

##### **3.1.2 Hydraulische Auswertung**

Die hydraulische Auswertung des Pumpversuchs ist grundsätzlich als fachlich fundiert und richtig einzustufen. Der für die Berechnungen herangezogene  $k_f$ -Wert von  $7,2 \times 10^{-4}$  m/s ist eher als hoch einzustufen. Hieraus resultiert eine ausreichende Sicherheit hinsichtlich der berechneten Entnahmebreiten.

Die nach TODD für die einzelnen Pumpstufen ermittelten Entnahmebreiten geben die Situation nach Einstellung stationärer Verhältnisse wider. Diese waren während des Pumpversuchs bei keiner Pumpstufe gegeben (siehe hierzu Bericht RBK, Abbildung 2). Hier dürfte der Grundwasserspiegel unter stationären Verhältnissen nicht weiter abfallen.

##### **3.1.3 Chemische Auswertung**

###### **3.1.3.1 Förderwasser**

Eine Auswertung der während des Pumpversuchs geförderten Arsenfrachten wurde seitens RBK nicht vorgenommen. Diese stellen sich wie folgt dar:

- **1. Pumpversuchsstufe:** Beginn 2,9 g/h, Ende 2,1 g/h,
- **2. Pumpversuchsstufe:** Beginn 3,4 g/h, Ende 2,8 g/h
- **3. Pumpversuchsstufe:** Beginn 3,4 g/h, Ende 3,2 g/h

Bei der Auswertung von Pumpversuchen hinsichtlich der Fragestellung einer vollständigen Erfassung eines Schadstoffabstroms hat die Entwicklung der Schadstoffkonzentration nur begrenzte Aussagekraft, entscheidend ist hier die Entwicklung der Schadstofffrachten bei Änderung der Förderleistung. Deutlich erkennbar ist, dass zum Ende der dritten Pumpversuchsstufe eine deutlich höhere Schadstofffracht als zum Ende der zweiten Pumpversuchsstufe festzustellen ist. Trotz der zum Ende des

Pumpversuchs weiterhin instationären Verhältnisse, verbunden mit einer weiteren Vergrößerung des Entnahmebereichs, bleibt die Schadstofffracht während der dritten Pumpstufe nahezu gleich, so dass u.E. davon auszugehen ist, dass die Schadstofffahne mit der Förderung von 5,7 m<sup>3</sup>/h weitgehend erfasst sein sollte.

### **3.1.3.2 Sickerwasserteich**

Die im Bericht angegebene Sickerwassermenge von 150 m<sup>3</sup> in der ersten Versuchswoche ist für uns nicht nachvollziehbar und möglicherweise lediglich ein Schreibfehler. U.E ist während des gesamten Versuchszeitraums von drei Wochen ein Sickerwasserzufluss von etwa 112 m<sup>3</sup> zu erwarten. Zusätzlich ist eine direkte Regenspende von etwa 17 m<sup>3</sup> anzusetzen, die jedoch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. In Summe ergibt sich demnach während der gesamten Pumpversuchsdauer ein Zufluss von etwa 130 m<sup>3</sup> unbelasteten Wassers in den Sickerwasserteich.

Die von RBK vorgenommene Verdünnungsrechnung ist somit insgesamt als plausibel einzustufen. Damit ist u.E. ein hinreichender Nachweis erbracht, dass das dem Teich zugeführte Arsen dort in erheblichem Umfang ausgefällt und abgelagert wird.

## **3.1.4 Auslegung einer Pump-and-Treat-Sicherung**

### **3.1.4.1 Förderstrom**

Die von RBK vorgeschlagene Auslegung einer Pump-and-Treat-Maßnahme geht u.E. von zu niedrigen Förderraten aus. U.E. sollte ein Soll-Volumenstrom von 6 m<sup>3</sup>/h bei Niedrigwasser angesetzt werden. Entsprechend ergibt sich dann bei hohen Wasserständen eine Soll-Förderrate von 7,5 m<sup>3</sup>/h. Hierzu ist allerdings folgendes anzumerken: sollte das Grundwassergefälle bei hohen Wasserständen versteilen ist die Förderung entsprechend zu erhöhen, bei einem Verflachen kann ggf. eine niedrigere Förderrate zum Ansatz kommen. Zur Klärung dieser Fragestellung sollten Grundwassergleichpläne für unterschiedliche Wasserstände ausgewertet werden.

Die gewählte Pumpenleitung sollte über eine Leistung verfügen, die die höchste Sollförderrate um mindestens 2 m<sup>3</sup>/h übersteigt. Die Anpassung des Förderstroms wird dann sinnvollerweise über einen Frequenzumrichter vorgenommen.

Die Pump-and-Treat-Maßnahme sollte u.E. mit den vorgenannten Förderströmen in Betrieb genommen werden. Nach etwa ½ Jahr sollte der Förderstrom versuchsweise im 1 m<sup>3</sup>/h erhöht werden, um den endgültigen Nachweis einer vollständigen Erfassung des Schadstoffabstroms zu führen. Sollte sich dabei ergeben, dass keine nachhaltige Erhöhung der Schadstofffracht festzustellen ist, kann die Förderleistung schrittweise abgesenkt werden.

#### **3.1.4.2 Ableitung des Förderwassers**

Hinsichtlich der Ableitung des Förderwassers ist auf Basis der Pumpversuchsergebnisse grundsätzlich davon auszugehen, dass Arsen bei der Passage des Wassers in ausreichendem Umfang im Sickerteich zurückgehalten wird und die Einleitwerte in den Schmutzwasserkanal sicher unterschritten werden. Insofern ist u.E. der Vorschlag von RBK, diese Variante zu wählen, grundsätzlich sachgerecht.

Festzuhalten ist jedoch, dass sich hierdurch im Sickerwasserteich erhöhte Arsengehalte einstellen. Nachdem es sich um eine offene Wasserfläche handelt, sollte u.E. ein Nachweis erbracht werden, dass dies unter ökotoxikologischen Gesichtspunkten unbedenklich ist. Eine Verbesserung kann u.E. dadurch erreicht werden, dass das geförderte Wasser in der Ableitung zum Teich druckbelüftet wird, so dass die Ausfällung von Arsen deutlich rascher eintritt.

Alternativ hierzu könnten die Oxidation und die Sedimentation des Arsens in belüfteten und geschlossenen Mehrkammerabsetzbecken vorgenommen werden. Eine negative ökotoxikologische Beeinflussung wäre damit ausgeschlossen. Arsenhaltige Schlämme könnten in diesem Fall gezielter und mit geringerem Aufwand in einen Schlammstapelbehälter überführt werden. Den höheren Investitionskosten stehen in diesem Fall geringere Betriebskosten gegenüber.

### **3.2 Stellungnahme Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt vom 16.1.2020 /3/**

#### **3.2.1 Grundsätzliche Anmerkungen des WWA zur Analytik**

Bezüglich der Anmerkungen des WWA zur Grundwasserprobenahme ist anzumerken:

- Grundsätzlich ist gem. Merkblatt Nr. 3.8/6 anzustreben, dass die Grundwasserprobenahme von einer notifizierten oder akkreditierten Untersuchungsstelle vorgenommen wird. Die Probenahme durch den Sachverständigen ist nicht vorgesehen.
- Grundwasserproben zur Bestimmung von Metallgehalten werden üblicherweise unmittelbar bei der Probeahme filtriert und in eine Säurevorlage überführt. Eine Verifizierung der Vor-Ort-Parameter im Labor ist dann nicht möglich.
- Allerdings ist anzumerken, dass die Probenahmeprotokolle keine Ausführungen zu einer Filtrierung und / oder Stabilisierung der Proben enthalten. Die Hinweise des WWA hinsichtlich einer Ergänzung der Probenahmeprotokolle unterstützen wir daher ausdrücklich.
- Die festgestellten Stufe-1-Wert-Überschreitungen für Cadmium sollten u.E. zunächst weiter beobachtet werden. Weitergehender Handlungsbedarf ist für uns aktuell nicht erkennbar.

### **3.2.2 Bewertung Auslegung Pump-and-Treat-Maßnahme**

Auch wir sehen, wie das WWA, die vorgeschlagene Auslegung der Pump-and-Treat-Maßnahme als nicht ausreichend an und verweisen auf unsere Ausführungen in Abschnitt 3.1.4.1.

### **3.2.3 Bewertung Wasserbehandlung und Entsorgungsmöglichkeiten**

Die vom WWA vorgebrachten Zweifel hinsichtlich der Wirkung einer Fällung von Arsen im Sickerwasserteich sind für uns nicht nachvollziehbar. Die zugrundeliegenden Wirkmechanismen sind bekannt, die ausreichende Wirkung wurde während des Pumpversuchs grundsätzlich nachgewiesen. Allerdings sollten die Proben am Auslauf des Teichs u.E. nicht filtriert sondern unmittelbar in eine Säurevorlage überführt werden, um einen möglicherweise stattfindenden Arsenaustrag über Sedimente erkennen zu können

Richtig ist allerdings, dass die Fixierung des Arsens als reversibel einzustufen ist, beispielsweise bei der Änderung der Redoxverhältnisse im Teich. Derartigen Mechanismen kann allerdings relativ einfach entgegen gewirkt werden.

Richtig ist auch, und das ist auch im Bericht der RBK ausgeführt, dass sich durch die Fällungsvorgänge Arsen-haltige Sedimente im Teich ansammeln. Diesbezüglich sollte sichergestellt sein, dass diese abgesaugt und entsorgt werden können.

Die Forderung des WWA, das geförderte Wasser unter den GFS-Wert (der etwa 70% niedriger als der TVO-Wert ist) abzureinigen, um es dann in den Schmutzwasserkanal abzuschlagen, können wir fachlich nicht nachvollziehen.

Von einer Bewertung des zulässigen Einleitwertes in den Schmutzwasserkanal (500 µg/l) sehen wir ab, da dieser Wert in der Abwassersatzung so festgesetzt. Allerdings ist festzuhalten, dass dieser Wert während des gesamten Pumpversuchs erheblich unterschritten war.

### **3.2.4 Forderungen des WWA zum Monitoring**

Die Vorschläge des WWA zum Monitoring während der Pump-and-Treat-Maßnahme halten wir für sachgerecht und angemessen.

### **3.2.5 Vorschlag Sanierungsziel**

Zunächst sei an dieser Stelle angemerkt, dass sich der Stufe-1-Wert (10 µg/l) und der GFS 2016 (3,2 µg/l) für Arsen erheblich unterscheiden. Zur Anwendbarkeit der GFS im Falle der Gefahrenabwehr des nachsorgenden Bodenschutzes führt die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser aus:

*„Die Geringfügigkeitsschwellen, die zunächst nur eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit indizieren, sind nicht unmittelbar als Sanierungsziele für das Grundwasser heranzuziehen. Sanierungsziele sind einzelfallbezogen festzulegen. Sanierungsziele heben nicht nur auf Konzentrationen ab, sondern müssen weitere Bewertungskriterien (z.B. Fracht im Grundwasser) berücksichtigen sowie dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit folgen.“*

Die Heranziehung der Geringfügigkeitsschwellenwerte als Sanierungszielwert halten wir daher für nicht angemessen. Inwieweit die Einhaltung des Stufe-1-Wertes in überschaubaren Zeiträumen erreichbar ist, kann aktuell nicht abgeschätzt werden.

Nachdem die Pump-and-Treat-Maßnahme zunächst auf zwei Jahre befristet ist und offensichtlich kein Bescheid zur Durchsetzung der Maßnahme erforderlich sein dürfte, kann u.E. derzeit auf die Vorgabe von Sanierungszielwerten verzichtet werden. In den seitens des WWA geforderten Halbjahresberichten sollte u.E. der Gutachter des Pflichtigen eine Einschätzung zum Verlauf der Sanierung und zu erzielbaren Sanierungszielen abgeben.

## 4 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Unsere Empfehlungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der für zunächst zwei Jahre vorgesehenen Pump-and-Treat-Maßnahme sollte bei Niedrigwasser (4,6 m Aquifermächtigkeit) eine Sollförderrate von 6 m<sup>3</sup>/h zugrunde gelegt werden. Für hohe Wasserstände (6 m Aquifermächtigkeit) sollte die Sollförderrate auf 7,5 m<sup>3</sup>/h festgelegt werden. Dabei ist noch zu prüfen, ob das Grundwasser bei hohen Wasserständen ein unverändertes Gefälle gegenüber Niedrigwasserständen aufweist. Sollte dies nicht der Fall sein, ist die Sollförderrate für hohe Wasserstände entsprechend anzupassen.
- Die maximale Förderleistung der eingesetzten Pumpe sollte um 2 m<sup>3</sup>/h über der höchsten Sollförderrate liegen.
- Nach ½ Jahr Betriebszeit sollte die Förderrate zum Nachweis der vollständigen Erfassung des Schadstoffabstroms temporär um 1 m<sup>3</sup>/h erhöht werden. Soweit sich dabei keine nachhaltige Erhöhung der Schadstofffracht ergibt, kann der Förderstrom stufenweise abgesenkt werden. Auf die Einstellung stationärer Verhältnisse ist vor einer Änderung der Förderrate zu achten. Die Änderungen der Förderrate sollten in Abstimmung mit den Behörden erfolgen.
- Grundsätzlich ist u.E. die Arsenabreinigung bei der Passage durch den Sickerwasserteich ausreichend, um das Wasser anschließend in den Kanal einleiten zu können. Allerdings müssen die ökotoxikologischen Auswirkungen einer Arsenanreicherung im Wasser bei einer Wasseroberfläche von über 400 m<sup>2</sup> untersucht werden.
- Alternativ kann die Fällung in Mehrkammerabsetzbecken vorgenommen werden. Ökotoxikologische Aspekte spielen dabei keine Rolle, der Schlamm kann gezielter abgezogen werden.
- Das vom WWA vorgeschlagene Monitoring- und Berichtsprogramm wird als sachgerecht eingestuft. Ergänzend sollten die Probenahmeprotokolle so geändert werden, dass eine Filtrierung und Stabilisierung von Proben eindeutig erkennbar ist.
- Die Proben am Einlauf in den Schmutzwasserkanal sollten ohne Filtrierung angesäuert werden, um einen möglicherweise partikulär gebundenen Arseneintrag in den Kanal erkennen zu können.

## 5 Literatur und verwendete Unterlagen

- /1/ RBK GmbH: „Deponie Fort Hartmann – Umsetzung einer Pump-and Treat-Maßnahme zur Sicherung des Grundwasserabstroms – Konzeption eine Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle B1a.“ Bonn, 2.4.2019
- /2/ RBK GmbH: „Deponie Fort Hartmann – Umsetzung einer Pump-and Treat-Maßnahme zur Sicherung des Grundwasserabstroms – Auswertung eine Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle B1a.“ Bonn, 25.11.2019
- /3/ Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt: „Bodenschutzrecht; Auswertung Pumpversuch an der G B1a – Deponie Fort Hartmann, Bericht der RBK GmbH vom 25.11.2019.“ Schreiben an die Stadt Ingolstadt, Umweltamt, Ingolstadt, 16.1.2020
- /4/ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.“ Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016, Stuttgart, Januar 2017