



**Gemeinde Blaustein
Alb-Donau-Kreis
Beschlussvorlage**

Beratungsgremium:

Gemeinderat

Sitzung am

12.11.2013

Vorlagen Nr.

54 /2013

öffentlich
 nicht-öffentlich

Beratungsgegenstand:

**Information zur Vergabe eines Sanierungsgutachtens für das
ehemalige Meteorgelände, Ortsteil Klingenstein**

Beschlussantrag:

Kenntnisnahme

Vorberatungen

GR 16.04.13 nicht-öffentliche Sitzung

Empfehlung der Vorberatung:
Erwerb und Sanierung der Flächen


Thomas Kayser
Bürgermeister

Sachdarstellung:

Mit Kaufvertrag vom 22.08.2013 ist die Gemeinde Blaustein Eigentümerin der Flst. 23/2, 23/4 und 23/5 in Klingenstein erworben von Herrn Kimmerle, Dillingen.

Bei den Flächen handelt es sich um einen Altlastenstandort mit Bodenverunreinigungen aus der ehemaligen Meteor-Betriebsstätte (Galvanik-Betrieb). Das Land Baden-Württemberg sieht bei Altlastensanierungen eine stufenweise Vorgehensweise vor. Gemäß Bericht der Bewertungskommission Altlasten vom 29.11.2012 besteht Handlungsbedarf auf dem Bewertungsniveau einer Sanierungsuntersuchung. Das Angebot hierzu liegt vor und wurde von Fa. HPC mit Landratsamt und Bewertungskommission abgestimmt. Beinhaltet sind folgende Untersuchungen:

- 1) Sanierungsuntersuchung (SU) des Altstandortes Meteor-Gelände in Blaustein-Klingenstein zum Brutto-Gesamtpreis von 35.737,04 €
- 2) verfahrenstechnische Machbarkeitsstudie zur biologischen In-situ-Sanierung des LCKW-Grundwasserschadens zum Gesamtpreis von 9.479,06 €

Die gesamte Auftragssumme beläuft sich auf 45.216,10 €.

Nach einer Sonderregelung der Förderrichtlinien Altlasten wird für Altstandorte in Sanierungsgebieten auch bei Erwerb nach dem Stichtag 1.1.2001 eine Förderung gewährt. Vorrangiges Ziel ist dabei Flächenrecycling in Verbindung mit der Förderung innerörtlicher Entwicklung.

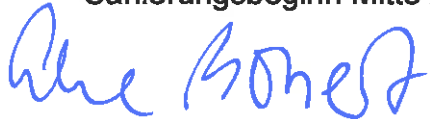
Die bisherigen Daten bzgl. der Altlastensituation Meteor-Gelände sind lückenhaft, es wurde in weit auseinanderliegenden Zeitintervallen beprobt. Nach den letzten Untersuchungen von Herbst 2011 sind die Schadstoffgehalte (LHKWs, VC) in den Grundwasserleitern nach wie vor hoch und es besteht definitiv Sanierungsbedarf. Das vorhandene VC kann nur unter aeroben Bedingungen (mit Sauerstoff) weiter abgebaut werden. Es befindet sich bereits sehr tief im Boden im zweiten Grundwasserleiter in 9 – 17 m Tiefe.

Zur Bestimmung der schwankenden Schadstoffgehalte werden an den bestehenden Messstellen 3 Stichtagsbeprobungen durchgeführt (Herbst, Winter und Frühjahr). Die erste Messung hat bereits in KW 45/2013 stattgefunden. Weitere Grundwassermessstellen werden eingerichtet zur Ermittlung des genauen Schadensherdes, möglichen Abstrombelastungen und der Grundwasserfließrichtung. Des Weiteren werden Proben bezüglich Abbauprozessen im Untergrund untersucht. Es soll ermittelt werden, ob Sanierungsverfahren funktionieren, bei denen Sauerstoff oder Bakterien in den Untergrund injiziert werden zur Beschleunigung der aeroben Abbauprozesse der LHKWs. Solche Sanierungsverfahren werden bereits in der Praxis angewendet. Dies hätte bei positiven Standortverhältnissen den Vorteil, dass die Sanierungsdauer erheblich verkürzt werden kann.

Ziel der gesamten Sanierungsuntersuchung ist die Festlegung eines effizienten und wirtschaftlichen Sanierungsverfahrens. Nach derzeitigem Kenntnisstand eignet sich z.B.

eine hydraulische Sicherung mit Stripverfahren und Abgasnachverbrennung oder verschiedene In-situ-Verfahren mit Einbringung von Sauerstoff oder Bakterien (s.o.).
Zeitlicher Ablauf:

- Sept. 2013 Antragstellung beim Regierungspräsidium Tübingen zur Förderung des Sanierungsgutachtens nach Förderrichtlinien Altlasten
- 7.10.2013: Bewilligungsbescheid über 23.250,-- €
- 9.10.2013: Auftragserteilung Sanierungsgutachten durch Fa. HPC
- parallel Weiterentwicklung des städteplanerischen Entwurfs bis Frühjahr 2014
- Ergebnisvorstellung Sanierungsgutachten Altlasten Frühjahr 2014
- Festlegung der Sanierungsvariante in Absprache mit der Bewertungskommission
- Sanierungsbeginn Mitte 2014



Elke Bossert
Umweltbeauftragte
Bauamt
Fachbereich 3.2

HPC AG
Am Jagdschlößle 13, 89520 Heidenheim

Gemeinde
Blaustein
Marktplatz 2
89134 Blaustein

Tel. +49 (0) 73 21 / 93 94 - 0
Fax +49 (0) 73 21 / 93 94 - 19
E-Mail: Heidenheim@hpc-ag.de

Commerzbank, Augsburg
Konto-Nr.: 106 507 500
BLZ: 720 800 01
BIC: COBA DE FF 720
IBAN: DE61 7208 0001 0106 5075 00
HypoVereinsbank, Donauwörth
Konto-Nr.: 319 402 802
BLZ: 722 200 74
BIC: HYVE DE MM 408
IBAN: DE37 7222 0074 0319 4028 02
Steuernummer: 152 / 120 / 300 04

ANGEBOT

9016812	1132812
Kunden Nr.	Angebots-Nr.

Bitte bei Rückfragen
angeben

BB

Bearbeiter

Projekt Nr.

05.09.2013

Datum

Ertragsstelle : 4118

Sanierungsuntersuchung (SU) des Altstandortes "Meteor-Gelände" (Nr. 00722) in Blaustein, Alb-Donau-Kreis

Sehr geehrter Herr Engel,

von der Mitarbeiterin des Fachbereich 3.2 Bauverwaltung, Umwelt und Bauhof der Gemeinde Blaustein Frau Bossert wurden wir gebeten, Ihnen ein Angebot für ein "Sanierungsgutachten" zu erstellen. Gerne kommen wir dieser Aufforderung hiermit nach.

Da auf diesem Standort schon seit längerer Zeit immer wieder Altlastenuntersuchungen stattfanden und der Standort beim Landratsamt Alb-Donau als Altlastfläche („Meteor-Gelände" in Blaustein, Objekt-Nr. 00722) erfasst ist, wurde im November 2012 der damalige Sachstand in der Altlastenbewertungskommission besprochen und festgelegt, dass gemäß der stufenweisen Erkundungsstrategie des Landes als nächster Schritt eine Sanierungsuntersuchung erfolgen soll. In dieser Stufe ist neben weiteren Erkundungsmaßnahmen die Prüfung verschiedener Sanierungsverfahren vorzunehmen, so dass im Ergebnis am Ende der Sanierungsuntersuchung die Entscheidung für ein geeignetes Verfahren getroffen werden kann.

Nachfolgend wird die Untersuchungskonzeption dargelegt.

1132812
Angebots-Nr.

Seite 1 von 8

1. Vorbemerkungen und Untersuchungskonzeption

Der Altstandort "Meteor-Gelände" in Blaustein wurde in der Vergangenheit überwiegend im Auftrag des bisherigen privaten Eigentümers erkundet. Dabei kam es immer wieder zu langen Unterbrechungen. Zuletzt wurde die aktuelle Schadstoffsituation hinsichtlich LHKW am Altstandort am 29.11.2012 auf der Stufe der Detailuntersuchung in der Bewertungskommission behandelt. Dabei wurde festgestellt, dass grundsätzlich sanierungsrelevante Verhältnisse vorliegen, da die einzelfallbezogene Mindestanforderung hinsichtlich der Immissions- und Emissionsbedingung nicht erfüllt wird. Insoweit wurde ein Handlungsbedarf zur Durchführung einer Sanierungsuntersuchung beschlossen. Des Weiteren wurde ebenfalls festgestellt, dass die Erkundungstiefe der bisherigen Untersuchungen noch nicht ausreichend ist, um den Standort belastbar zu bewerten und, um alle Aspekte einer Sanierungsuntersuchung erfüllen zu können. Insoweit sollen im Zuge der Sanierungsuntersuchung weitere Erkundungsmaßnahmen erfolgen, die nachfolgend aufgeführt werden:

1. Durchführung eines Grundwassermonitorings über mehrere Monate mit mindestens 3 Stichtagsbeprobungen, -messungen zur Erhebung einer belastbaren aktuellen Datenbasis. Überprüfung der Messpunkthöhen, Analytik auf LHKW + VC zzgl. 1 x Methan, Ethan, Ethen
2. Einrichtung einer weiteren GWM (5") im Schadenszentrum (Bereich um GWM B 6) bis in den Festgesteinsuntergrund, angenommen ca. 25 m Bohrtiefe
3. Einrichtung einer GWM (5") im 1. Grundwasserleiter (Quartär) im Bereich zwischen B 6 und B 4 zur belastbaren Ermittlung der Fließrichtung, angenommen 7 m Bohrtiefe
4. Errichtung einer GWM (5") im 2. Grundwasserleiter (Quartär) im vermuteten Abstrom, SE' von B 6, angenommen ca. 17 m Bohrtiefe
5. Durchführung eines IPV in der GWM B 6 und B 1A, Pumpzeit je 120 Std., Förderrate bis max. 2 l/s, Entnahme von jeweils 5 Wasserproben, Analytik auf LHKW+VC
6. Auswertung der Untersuchungen, Bestimmung der hydraulischen Kenndaten, Berechnung der Frachten
7. Prüfung und Vergleich von Sanierungsvarianten etc.

Neben diesen Punkten könnte optional zudem eine verfahrenstechnische Machbarkeitsstudie zur biologisch-/chemischen In-Situ-Sanierung mituntersucht werden. Dabei wird untersucht inwieweit am Standort Stimulationsmöglichkeiten für Abbauprozesse von LHKW+VC bestehen. Dieses Untersuchungspaket ist als Eventualposition aufgeführt, da es nicht Teil des von der Bewertungskommission geforderten Programms ist, sondern im Nachgang als Vorschlag von der HPC AG eingebracht wird.

Alternativ könnte auch eine Standorterkundung mittels Direct-Push-Sonierungen und In-Situ-Messungen (MiP-Technologie) zur Schadensherdlokalisierung erfolgen. Wir gehen dabei - auf Basis vergleichbarer Projekte - von Kosten je Sondierung von ca. 1.800 EUR (netto) aus. Bei

einem Erkundungsraster von ca. 10 m (1 Bohrung/100 m²) ist bei einer Untersuchungsfläche von ca. 1.500 m² hierfür von einem Kostenrahmen von ca. 27.000 EUR netto auszugehen. Im Falle einer Identifizierung eines kleinräumigen Schadens, wären ggf. alternative Sanierungsvarianten kostengünstiger und in deutlich kürzerer Zeit zu realisieren als z. B. eine langdauernde Hydraulische Sicherung. Gerne erstellen wir Ihnen bei Interesse hierfür ein verbindliches Angebot.

Die Untersuchungsergebnisse werden auf Grundlage der gültigen bundes- und landesrechtlichen Richtlinien bewertet und abschließend textlich und zeichnerisch in einem Gutachten (6fach, 1 x pdf-Datei) dokumentiert sowie Vorschläge zum weiteren Vorgehen gemacht. Dabei werden die vorliegenden Erkenntnisse und Untersuchungsergebnisse früherer Maßnahmen einbezogen.

Des Weiteren wurde angeregt, den Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) zu untersuchen. U. E. ist dies derzeit jedoch nicht sinnvoll, da die Fläche geschottert ist und daher in den bewertungsrelevanten Schichten von 0-0,1 m u. GOK nicht mit Schadstoffbelastungen zu rechnen ist. Zudem ergaben frühere Untersuchungen keine Hinweise auf oberflächennahe Verunreinigungen. Abschließend ist davon auszugehen, dass bei einer zukünftigen Projektentwicklung die Oberfläche versiegelt, überbaut oder mit unbelastetem Material/Boden in ausreichender Mächtigkeit überdeckt wird. Falls dennoch oberflächennahe Bodenmischproben untersucht werden sollen, ist von Kosten für die Probennahme, Analytik und Bewertung von ca. 700 EUR netto auszugehen.

Allerdings besteht die Möglichkeit einer Gefährdung des Schutzgutes menschliche Gesundheit über eine Ausgasung leichtflüchtiger Schadstoffe, wie sie am Standort gegeben sind. Daher werden begleitende Prüfröhrchenmessungen auf die Schadstoffe VC und LHKW vorgesehen, die in der ungesättigten Bodenzone der vorgesehenen Aufschlüsse erfolgen.

Gemäß den Vorgaben der LUBW und der BBodSchV sowie auf Basis unserer umfangreichen Erfahrungen schlagen wir für die Durchführung des Variantenvergleichs folgenden Ablauf vor:

- Auswertung der vorhandenen und neu gewonnenen Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Sanierungsvorplanung.
- Sanierungszielbetrachtung unter Berücksichtigung der standortrelevanten Randbedingungen. Abstimmung der vorläufigen Sanierungsziele mit den Trägern öffentlicher Belange.
- Zusammenstellung der Rahmenbedingungen für die Auswahl von Sanierungsverfahren (u. a. Besitzverhältnisse, Baugrundverhältnisse, Zugänglichkeit, Infrastruktur, Leitungsführung).
- Vorauswahl der in Frage kommenden Sanierungsverfahren in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen. Abstimmung der in Frage kommenden Verfahren mit den planungsrechtlich zu beteiligenden Trägern öffentlicher Belange und zu berücksichtigenden Dritten.
- Verfahrensauswahl: Auf der Basis der Vorauswahl werden die in Frage kommenden Sanierungsverfahren zu sinnvollen Verfahrenskombinationen zusammengestellt und in Planungskonzepten beschrieben.
- Kostenschätzung: Basierend auf eigenen Erfahrungen und Firmenanfragen werden die Kosten für die einzelnen Verfahren zusammengestellt.

- **Wirksamkeitsbetrachtung:** Hierzu werden für die verschiedenen Sanierungsverfahren ihre Wirkungsgrade und langfristige Beständigkeiten sowie weitere Teilaspekte, wie z. B. Wahrscheinlichkeit des Versagens, berechnet und zusammengestellt.
- **Beurteilung der nicht monetären Aspekte:** Zur endgültigen Entscheidung, welches Verfahren am Standort zum Einsatz kommt, werden auch die nicht-monetären Kriterien miteinander verglichen (u. a. technische, organisatorische und umweltrelevante Bewertung).
- **Kostenwirksamkeitsbetrachtung:** In einer Kostenwirksamkeitsbetrachtung werden die ausgesuchten Verfahren auf ihre Effizienz in Verknüpfung mit den nicht-monetären Aspekten bewertet.
- Im Rahmen einer Gesamtbeurteilung werden abschließend Sanierungsvorschläge unterbreitet.
- Ergänzend (Eventualposition) zu den bereits durchgeführten und o.g. technischen Maßnahmen wird vorgeschlagen, dass zusätzlich zur qualitativen Abschätzung des natürlichen Abbau- und Rückhaltepotentials eine quantitative Abschätzung vorgenommen wird. Diese Machbarkeitsstudie für In-Situ-Maßnahmen umfasst im Einzelnen:
 - a) Interpretation der Milieubedingungen am Standort
 - b) Abschätzung des In-Situ-Schadstoffabbaus durch Laborversuche.
 Im positiven Fall ermöglichen die Ergebnisse In-Situ-Maßnahmen, die bei günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlicher und schneller zu einem Sanierungserfolg führen.

2. Sonstiges

Das Untersuchungsprogramm (mit Ausnahme der Eventualposition) wurde mit dem LRA Alb-Donau-Kreis wie gewünscht im Vorfeld abgestimmt.

Sehr gerne würden wir die o. a. Leistungen und Untersuchungen für Sie erbringen. Die damit verbundenen Aufwendungen sind dem beiliegenden Leistungsverzeichnis (Anlage 1) zu entnehmen. Unsere Ingenieurgesellschaft verfügt über umfangreiche Erfahrungen auf diesem Arbeitsgebiet und kennt zudem den Standort durch Voruntersuchungen. Eine effiziente und zielgerichtete Projektbearbeitung können wir daher bereits heute zusichern.



Für mögliche Rückfragen oder Erläuterungen stehen wir gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Standortleiter

i. A.



Günter Dornai
Dipl.-Geol.

Sachverständiger nach § 18 BBodSchG
Gefährdungsabschätzung für den
Wirkungspfad Boden-Gewässer

Anlage

- Leistungsverzeichnis
- Angebot Sensatec (Eventualposition)

**Sanierungsuntersuchung (SU) des Altstandortes "Meteor-Gelände"
(Nr. 00722) in Blaustein, Alb-Donau-Kreis**

- Leistungsverzeichnis

1. Grundwassermonitoring				
Stichtagsbeprobungen/-messungen				
1.1	Projektplanung, Abstimmungen	1 Pau	600,00 €	600,00 €
1.2	Durchführung einer Stichtagsbeprobung, Bestimmung der Fließrichtung, Feststellung der aktuellen Schadstoffsituation, Stichtagsmessung, inkl. Vor- und Nachbereitung, An- und Abfahrt	3 Stck	1.100,00 €	3.300,00 €
1.3	Einmessen der Pegelhöhen	1 Pau	500,00 €	500,00 €
2. Einrichtung neuer GWM (5 ") durch Fachfirma				
Preise geschätzt				
2.1	Baustelleneinrichtung	1 ca.	1.150,00 €	1.150,00 €
2.2	Bohrung D = 270 mm, Ausbau zur GWM 5", Klarpumpen nach Ausbau durch Fachfirma, Preise geschätzt			
2.2.1	1 x bis 25 m Tiefe	1 ca.	5.000,00 €	5.000,00 €
2.2.2	1 x bis 17 m Tiefe	1 ca.	3.400,00 €	3.400,00 €
2.2.3	1 x bis 7 m Tiefe	1 ca.	1.400,00 €	1.400,00 €
2.3	Bohrüberwachung durch Dipl.-Geol.	20 Std.	71,00 €	1.420,00 €
3. Hydraulische Versuche				
3.1	Durchführung eines Immissionspumpversuchs mittels speziellem Messfahrzeug, Einbau bis 20 m Tiefe, Förderrate bis 2 l/s, Pumpdauer 120 h zzgl. Wiederanstieg, Ableitung in Kanalisation, Stromgestellung bauseits, Probennahme (angenommen bis 5 Stck), zzgl. Abwasserreinigung, falls behördlich gefordert	2 Pau	2.600,00 €	5.200,00 €

4. Laborchemische Untersuchung

Wasserproben auf

4.1	LHKW+VC (IPV 2 x 5 = 10, Stichtagsbeprobung 3 x 9 = 27)	37 Stck	33,00 €	1.221,00 €
4.2	Methan, Ethan, Ethen	9 Stck	30,00 €	270,00 €
4.3	Machbarkeitsstudie In-Situ-Abbau (Untersuchungsumfang, Einzelkosten s. Anlage: Angebot Fa. Sensatec zzgl. 8% Fremdleistung, Transportkosten Proben)	1 ca.	9.000,00 €	E.P.
4.4	Prüfröhrchenmessungen in den Bohrungen in der ungesättigten Bodenzone auf VC und LHKW	1 Pau	250,00 €	250,00 €

5. Ingenieurleistungen

5.1	Dokumentation, Auswertung, Sanierungsvariantenvergleich, Gutachtenerstellung	1 Pau	4.500,00 €	4.500,00 €
5.2	Vorstellung der Ergebnisse bei Bewertungskommission inkl. Vorbereitung, An- und Abfahrt	1 Pau	460,00 €	460,00 €

6. Nebenkosten

6.1	Zwischensumme Pos. 1-5 Nebenkosten (Telefax, Telefon, Kopien)	3 %	28.671,00 €	28.671,00 € 860,13 €
6.2	zzgl. Gebühren (z. B. für Bohranzeige, wasserrechtliche Genehmigung, Entsorgung Bohrgut etc.) angenommen 500 €	1 nach Aufwand	500,00 €	500,00 €

Angebotssumme Netto

zzgl. Mehrwertsteuer

Angebotssumme Brutto

19%



30.031,13 €

5.705,91 €

35.737,04 €

Die o. a. Mengen sind z. T. geschätzt. Die Abrechnung erfolgt auf Nachweis der tatsächlich anfallenden Leistungen. Unsere Leistungen und Ausführungen erfolgen ausschließlich zu den allgemeinen Geschäftsbedingungen, die dem Angebot beigelegt sind. Abweichende Bedingungen werden nur gültig mit unserer schriftlichen Anerkennung.

Folgende Gegebenheiten setzen wir als vorhanden voraus: Zutrittsgenehmigungen für das Gelände,



freie Zugänglichkeit zum Grundstück, Freigabe der Untergrundsondierungen in Bezug auf privat verlegte Leitungen, Kampfmittel etc.

HPC AG

Projektleiter

i.A.



Günter Dornai
Dipl.- Geologe

Sachverständiger
nach § 18 BBodSchG
Gefährdungsabschätzung
für den Wirkungspfad
Boden-Gewässer

Sensatec GmbH * Friedrichsorter Straße 32 * 24159 Kiel

HPC AG
Niederlassung Heidenheim
Frau Bernadette Bohnert
Am Jagdschlößle 13
89 520 Heidenheim/Br.

Sensatec GmbH
Friedrichsorter Straße 32
24159 Kiel
Kontakt: Maike Brecht
Durchwahl: 0431-389009-11
mail: m.brecht@sensatec.de

per mail: Bernadette.Bohnert@hpc.ag

Angebot Nr. 120-130828-1

Verfahrenstechnische Machbarkeitsstudie zur biologischen In-Situ-Sanierung eines LCKW-Grundwasserschadens
Schadensfall: Unbekannt

Sehr geehrte Frau Bohnert,

nachfolgend erhalten Sie ein Angebot über verfahrenstechnische Untersuchungen zur Prüfung der mikrobiologischen Stimulation natürlicher LCKW-Abbauprozesse im Labor. Ein besonderes Augenmerk wird bei den Untersuchungen auf die Differenzierung unterschiedlichen LCKW-Abbaumöglichkeiten im c-DCE/VC-belasteten Bereich (anaerobe cometabolische Dechlorierung, aerobe cometabolische Dechlorierung, aerober produktiver Abbau) gelegt, um die beste Strategie für eine mögliche LCKW-in-Situ-Sanierung zu erarbeiten. Das Angebot umfasst sowohl eine Probe aus dem 1. als auch eine Probe aus dem 2. Grundwasserleiter, da möglicherweise unterschiedliche Milieubedingungen zu einem stagnierenden Abbau im 2. GW-Leiter führen. Falls dies nicht der Fall sein sollte, können die Untersuchungen auch nur in dem höherbelasteten Bereich durchgeführt werden.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Ihnen dieses Angebot zusagt und verbleiben mit freundlichen Grüßen



i.A. M. Brecht

Sensatec GmbH

Verfahrenstechnische Machbarkeitsstudie zur biologischen In-Situ-Sanierung eines LCKW-Grundwasserschadens

Grundlage dieses Untersuchungsprogrammes zur Analyse der Stimulationsmöglichkeiten für biologische Abbauprozesse von leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LCKW) als Hauptkomponente ist eine standortspezifische Identifizierung der abbaulimitierenden Faktoren und die Überprüfung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen Verfahrenstechnik in einer Labor-Abbauuntersuchung.

Zu diesem Zweck wird zunächst in Screening-Verfahren anhand von geeigneten Proben untersucht,

- ob eine mangelnde Nährstoffversorgung am Standort mikrobielle Abbauprozesse möglicherweise einschränkt (NPKS-Mangelfaktorenanalyse für den Schadstoff-Abbau)
- ob die für den anaeroben LCKW-Abbau benötigten Cosubstrate von den Standortmikroorganismen genutzt werden können (Cosubstrat-Nutzungsprofil anaerob)
- ob die für den aeroben LCKW-Abbau im benötigten Cosubstrate von den Standortmikroorganismen genutzt werden können (Cosubstrat-Nutzungsprofil aerob)

Diese Daten werden zur gezielten Untersuchung der Stimulation des mikrobiellen Schadstoffabbaus am Standort im Rahmen mikrobieller Abbauuntersuchungen im Labor verwendet. In einer Abbauuntersuchung wird anhand von Grundwasserproben in Kombination mit Bodenproben aus dem gesättigten Bodenbereich geprüft,

- in welchem Redoxmilieu ein biologischer Abbau der vorhandenen LCKW erfolgt,
- ob sich durch die Zugabe von geeigneten Cosubstraten und/oder Nährstoffen der mikrobielle anaerobe LCKW-Abbau stimulieren lässt,
- ob sich durch die Zugabe von geeigneten Cosubstraten und/oder Nährstoffen der mikrobielle aerobe LCKW-Abbau stimulieren lässt,
- ob ein aerober produktiver LCKW-Abbau am Standort nachweisbar und stimulierbar ist,
- ob sich durch die Zugabe von geeigneten Mikroorganismen der mikrobielle LCKW-Abbau weiter stimulieren lässt,
- durch welche Maßnahmen ein beschleunigter und quantitativer LCKW-Abbau am Standort realisiert werden kann.

Im Ergebnis wird eine Analyse über die grundsätzlichen standortspezifischen Möglichkeiten zur Stimulation des biologischen LCKW-Abbaus vorgelegt.

Pos. 1: Untersuchung der standortspezifischen biologischen Stoffwechsellhemmfaktoren (physiologischer Zustand der Standortmikroorganismen und spezifischer Nährstoffbedarf)

Der biologische Schadstoffabbau in-situ ist in der Regel sowohl durch die Verfügbarkeit von Sauerstoff oder alternativen Elektronenakzeptoren als auch durch die Verfügbarkeit von Nährstoffen am Standort eingeschränkt. Grundlage für eine erfolgreiche biologische Sanierungsmaßnahme ist eine Elimination der zentralen Hemmfaktoren, die den biologischen Schadstoffabbau am Standort unterbinden. Das setzt eine biologische Untersuchung der zentralen Stoffwechsellhemmfaktoren am Standort voraus.

Fragestellung: Wodurch wird der biologische Schadstoffabbau am Standort derzeit gehemmt?

Untersuchung: Mikrobiologische Substratinduktionstests in Bodenreaktoren zur Darstellung der mikrobiellen Reaktion auf Zugaben von gut verfügbaren Einzelnährstoffen N, P, K und S sowie von NPK-Komplexdünger.

Begründung: In den Substratinduktionstests können positive oder negative Stoffwechselreaktionen stoff- und konzentrationsabhängig als Reaktion auf die jeweiligen Zuschlagstoffe nachgewiesen werden. Dadurch können die Faktoren benannt werden, die die biologische Stoffwechselaktivität am Standort derzeit hemmen bzw. fördern. Diese Ergebnisse können in ein standortspezifisches biologisches Sanierungskonzept integriert werden.

Benötigte Probenmenge: 1000 ml Grundwasser (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)
100 g Bodenprobe (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)

Dauer der Untersuchung: ca. 7 Tage

Pos. 2: Untersuchung des Cosubstrat-Nutzungsprofil am Standort

Der biologische Abbau chlorierter Kohlenwasserstoffe aerob als auch anaerob ist i.d. R. notwendig auf das Vorhandensein geeigneter Cosubstrate angewiesen. Es handelt sich bei diesen Cosubstraten um Kohlenstoffverbindungen, mit deren Hilfe die für die biologische Dechlorierung notwendige Energie und Kohlenstoffquelle geliefert wird. Die Eignung verschiedener möglicher Cosubstrate hängt u.a. stark davon ab, welche spezifischen LCKW-Abbauprozesse am Standort erfolgen. Möglicherweise werden die benötigten Cosubstrate bereits auf natürliche Weise den Mikroorganismen über das Grundwasser zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieses Screening-Verfahrens wird die mikrobielle Verfügbarkeit verschiedener geeigneter Cosubstrate unter aeroben und anaeroben Bedingungen nachgewiesen. Es wird festgestellt, ob die natürliche Versorgung mit Cosubstraten durch den Grundwasserzuströmung ausreicht oder ob eine Zugabe von Cosubstrat zur Stimulation der Stoffwechselaktivitäten sinnvoll ist.

Fragestellung: Lässt sich die mikrobielle Versorgung mit geeigneten Energie- und Kohlenstoffquellen (Cosubstrate) für den anaeroben bzw. aeroben LCKW-Abbau am Standort verbessern? Bei welchen Cosubstrat-Konzentrationen wird die größtmögliche Wirkung erzielt?

Untersuchung: Mikrobiologische Substratinduktionstests in Suspensionsreaktoren zur Darstellung der mikrobiellen Reaktion auf Zugaben von Cosubstraten in dekadischen Konzentrationsreihen zwischen 1 bis 1000 mg/l für den anaeroben LCKW-Abbau (komplexe

Kohlenstoffquellen wie z.B. Melasse, Melasse-Ersatzstoffe, Glycerin*, Mikroemulsion, Molashine® 3DME⁺ etc.) bzw. aeroben LCKW-Abbau (Methanol, Ethanol, Essigsäure, Lactat).

Begründung: Die Substratinduktionstests zeigen infolge der sofortigen Verstoffwechslung der in unterschiedlicher Konzentration zugeführten Cosubstrate eine standortabhängige Stimulationsreaktion im Vergleich zur unbehandelten Variante. Dadurch können die Cosubstrate in ihrer jeweils günstigsten Wirkkonzentration benannt werden, die die biologische Stoffwechselaktivität am Standort am stärksten stimulieren. Diese Ergebnisse können in ein standortspezifisches biologisches Sanierungskonzept integriert werden.

Benötigte Probenmenge: 5000 ml Grundwasser (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)
500 g Bodenprobe (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)

Dauer der Untersuchung: ca. 7 Tage

Pos. 3: Prüfung des biologischen LCKW-Abbaus (biologische Sanierbarkeit) unter optimierten Standortbedingungen in Mikrokosmen

Die Informationen über den physiologischen Zustand, den Nährstoffbedarf und die konzentrationsabhängige Cosubstratnutzung der Standort-Mikroorganismen ermöglichen eine gezielte Strategie zur Stimulation der natürlichen Abbauprozesse am Standort. Im Rahmen von Mikrokosmenuntersuchungen können die geeigneten Strategien im Labor simuliert werden, um deren abbaustimulierende Wirkung zu verifizieren und zu quantifizieren.

Fragestellung: Durch welche Stoffversorgung wird der mikrobiologische Schadstoff-Abbau am Standort am wirksamsten bis hin zum Chlorfreien Produkt unterstützt?

Untersuchung: Die kontaminierte Grundwasserprobe sowie vorzugsweise eine Linerprobe aus dem direkten Umfeld der beprobten Messstelle vom Standort wird im Labor mit ausgewählten Nährstoffen und ggf. Cosubstraten versetzt. Es erfolgt dann eine Inkubation der so behandelten Grundwasserprobe, bei der in regelmäßigen Abständen Proben aus diesen Labor-Mikrokosmen entnommen werden, um den LCKW-Abbau zu untersuchen. Anhand dieser Analysen wird nachgewiesen, welche Wirkstoffversorgung hinsichtlich des biologischen Schadstoffabbaus die stärkste Wirkung zeigt.

Die Untersuchungen werden jeweils an Probenmaterial des 1. und 2. GW-Leiters durchgeführt.

Folgende Varianten werden berücksichtigt:

- M1: Steriler Kontrollmikrokosmos
- M2: Anaerober Mikrokosmos, evtl. Nährstoffzugabe und Zugabe von Cosubstrat A in niedriger Konzentration (low-donor) entsprechend den Bioscreenings
- M3: Anaerober Mikrokosmos, evtl. Nährstoffzugabe und Zugabe von Cosubstrat A in hoher Konzentration (high-donor) entsprechend den Bioscreenings
- M4: Anaerober Mikrokosmos, evtl. Nährstoffzugabe und Zugabe von Cosubstrat A entsprechend den Bioscreenings, angeimpft mit abbauaktiven Mikroorganismen

- M5 Aerober Mikrokosmos, evtl. Nährstoffzugabe und Zugabe von Cosubstrat B entsprechend den Bioscreenings (Cometabolischer Abbau)
- M6 Aerober Mikrokosmos, evtl. Nährstoffzugabe und Zugabe von Cosubstrat B entsprechend den Bioscreenings (Cometabolischer Abbau), angeimpft mit abbauaktiven Mikroorganismen
- M7 Aerober Mikrokosmos, entsprechend den Bioscreenings (produktiver Abbau)
- M8 Aerober Mikrokosmos, entsprechend den Bioscreenings (produktiver Abbau), angeimpft mit abbauaktiven Mikroorganismen

Für den mikrobiellen LCKW-Abbau in den genannten Proben stehen diverse Möglichkeiten zur Verfügung. So kann das vorhandene c-DCE sowie VC theoretisch sowohl unter anaeroben Bedingungen als auch unter aeroben Bedingungen mikrobiologisch abgebaut werden. Unter aeroben Bedingungen ist sowohl ein cometabolischer als auch ein produktiver Abbau möglich. All diese Varianten werden in den oben genannten Varianten gegeneinander geprüft und bewertet.

Die Mikrokosmen werden unter konstanten Bedingungen bei 20°C unter Lichtabschluss inkubiert.

Auswertung: In regelmäßigen Abständen wird das Grundwasser in den Mikrokosmen beprobt und untersucht. Die LCKW-Gehalte und deren Zusammensetzung (inkl. VC) werden an festgelegten Stichtagsmessungen analysiert. Darüber hinaus werden an den Stichtagsbeprobungen der Sulfatgehalt sowie das Redoxpotenzial und der pH-Wert gemessen.

Folgende **Messzeitpunkte** sind zur Untersuchung der Abbaukinetik vorgesehen:

Tag 0, Tag 14, Tag 28 sowie Tag 56, d.h. 4 Messzeitpunkte,
eine Weiterführung der Untersuchungen für maximal 2 weitere Analysen ist möglich

(Die Analytik für Tag 0 wird für alle Versuchsvarianten nur einmalig bestimmt.)

Folgende **Schadstoffe** werden untersucht: PCE, TCE, cDCE, VC (auf Wunsch ist auch die Analytik von Methan, Ethan, Ethen möglich).

Begründung: Die mikrobiologischen Abbauuntersuchungen mit Standortmaterial erlauben eine Abschätzung der Schadstoff-Abbauraten bei unterschiedlichen Standorteingriffen. Die Daten erlauben eine Analyse über die Wirksamkeit von Cosubstrat und Nährstoffpräparaten zur Stimulation des mikrobiellen Schadstoffabbaus.

Benötigte Probenmenge: 5000 ml Grundwasser (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)
500 g Bodenprobe (jeweils 1. und 2. GW-Leiter)

Dauer der Untersuchung: ca. 8 Wochen

Pos. 4: Prüfung des Potenzials für den anaeroben biologischen LCKW-Abbau mittels quantitativer und qualitativer PCR

Mit dieser Untersuchung wird die Anzahl der der enzymkodierenden Gene der *Dehalococcoides* sp. als Maß für die Effektivität der mikrobiellen anaeroben Dechlorierung am Standort quantifiziert. Von *Dehalococcoides* sp. sind folgende Enzyme (reduktive Dehalogenasen) mit unterschiedlichen Dechlorierungsspektren bekannt und nachweisbar:

Enzym	katalysiert Dechlorierungsschritt
pceA	PCE ▶ TCE
tceA	TCE ▶ c-DCE ▶ Ethen
vcrA	c-DCE ▶ VC ▶ Ethen
bvcA	VC ▶ Ethen

Der spezifische Nachweis Schadstoff-abbauender Enzyme basiert auf dem für das jeweilige Enzym kodierenden Gen. Die quantitative real-time PCR ermöglicht eine Konzentrationsbestimmung der Schadstoffabbauenden Bakterien/Enzyme. Während der PCR-Reaktion werden fluoreszierende Farbstoffe in die entstehenden DNA-Stränge eingefügt, so dass die im Zuge der DNA-Vervielfältigung zunehmende Fluoreszenz gemessen werden kann.

Fragestellung: Sind am Standort Enzyme vorhanden, die die anaerobe LCKW-Dechlorierung bis hin zum chlorfreien Produkt katalysieren?

Untersuchung: Für den Nachweis einer am Standort möglichen vollständigen Dechlorierung der LCKW sind folgende Untersuchungen am zielführendsten:

- quantitative PCR auf *vcrA* (für das Enzym VcrA kodierender DNA-Abschnitt); die reduktive Dehalogenase VcrA kommt in Bakterien der Gruppe *Dehalococcoides* vor und katalysiert die Dechlorierung von cDCE über VC bis zu Ethen
- quantitative PCR auf *bvcA* (für das Enzym BvcA kodierender DNA-Abschnitt); die reduktive Dehalogenase BvcA kommt in Bakterien der Gruppe *Dehalococcoides* vor und katalysiert die Dechlorierung von VC bis zu Ethen

Auswertung: Anhand der erhaltenen Werte (Genkopien pro Milliliter) können anhand von Vergleichswerten (interne Statistik der Sensatec GmbH) Aussagen über die Effektivität der anaeroben Dechlorierung am Standort getroffen werden. Bei dieser Untersuchung ist zu beachten, dass nur Enzyme der *Dehalococcoides* sp. nachgewiesen werden („Leitparameter“). Grundsätzlich wurden jedoch auch Prozesse zur vollständigen anaeroben Dechlorierung an Standorten nachgewiesen, an denen keine *Dehalococcoides* sp. nachgewiesen wurden, folglich müssen auch weitere Mikroorganismen zu diesen Prozessen in der Lage sein.

Begründung: Bei Chlorethen-kontaminierten Standorten spielt der molekularbiologische Nachweis von *Dehalococcoides* sp. eine zentrale Rolle, da das Bakterium *Dehalococcoides ethenogenes* derzeit der einzige in der Literatur beschriebene Mikroorganismus ist, der den vollständigen anaerob-reduktiven Abbau von PCE über TCE, cDCE und VC bis zum Ethen katalysiert. Das Auftreten von *Dehalococcoides* sp. an Chlorethen-kontaminierten Standorten geht oft mit einer vollständigen Dechlorierung bis zu Ethen einher. *Dehalococcoides* sp. gelten daher als Indikator-Organismen für das Standort-Potenzial für vollständige reduktive Dechlorierung.

Benötigte Probenmenge: pro Probe ca. 1000 ml Grundwasser

Dauer der Untersuchung: ca. 2 Wochen

Pos. 5: Prüfung des Potenzials für den aeroben biologischen LCKW-Abbau mittels Nachweis des Enzyms „lösliche Methanmonooxygenase“ (sMMO)

Mit dieser Untersuchung wird das Enzym sMMO als Maß für die Effektivität des cometabolischen aeroben LCKW-Abbaus am Standort nachgewiesen.

Fragestellung: Sind am Standort Enzyme vorhanden, die die aerobe cometabolische LCKW-Dechlorierung katalysieren?

Untersuchung: Nachweis der löslichen Methanmonooxygenase mittels Oxidationsreaktion von Naphthalin zu Naphthol und anschließender Farbreaktion mit o-DIANISIDINE-Lösung.

Auswertung: Anhand der erhaltenen Werte (MPN ml⁻¹) können anhand von Vergleichswerten (interne Statistik der Sensatec GmbH) Aussagen über die Effektivität der aeroben Dechlorierung am Standort getroffen werden.

Begründung: Die aerobe cometabolische mikrobiologische Dechlorierung erfolgt mit Hilfe von Enzymen methylopher Mikroorganismen, die aus den Zellen herausgeschleust und unspezifisch kurzkettige Kohlenstoffverbindungen angreifen. Je höher die Anzahl dieser Enzyme in einer Grundwasserprobe ist, desto mehr LCKW werden auf diesem Weg unspezifisch mikrobiologisch oxidiert.

Benötigte Probenmenge: pro Probe ca. 10 ml Grundwasser

Dauer der Untersuchung: ca. 2 Wochen

Grundsätzlich ist die Durchführung der angegebenen Untersuchungen an reinen Grundwasserproben möglich. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden jedoch belastbarer, wenn zusätzlich Feststoffmaterial aus dem kontaminierten Bereich zur Verfügung steht, das gilt besonders für die geplanten Abbauuntersuchungen. Grund hierfür ist, dass das Bodenmaterial in der Regel als Mikroorganismenträger dient, das Grundwasser selber eher als Schadstoffträger. Erst beide Komponenten zusammen ergeben eine Darstellung des Standortes.

Wenn eine Entnahme von Feststoffmaterial nicht möglich ist, kann alternativ ein mit Sand befüllter 1“-Mesokosmos für ca. 4 Wochen in einen belasteten Brunnen (am besten der, aus dem auch die Grundwasserprobe für die Untersuchungen entnommen wird) eingehängt werden. In den vier „Inkubationswochen“ lagern sich die standorteigenen Mikroorganismen an diesen Sand im Mesokosmos an, der Sand kann somit als Alternative zu Bodenproben fungieren.

Wir bitten den Probenahmetermin der Boden-/Grundwasserprobenahme ca. eine Woche vorher bei unserem Prozesstechnische Labor in Kiel unter Angabe der zugehörigen Sensatec-Angebotsnummer anzukündigen. Nur so können alle für die Untersuchungen notwendigen Vorbereitungen durchgeführt und eine schnelle Bearbeitung des Probenmaterials gewährleistet werden.

Als Ansprechpartner in Kiel stehen Ihnen zur Verfügung:

Dipl.-Ing. agr. Maike Brecht, Tel.: 0431-389009 -11

Dipl.-Ing. Sandra Beneke, Tel.: 0431-389009 -12

Angebotskosten

Pos.	Menge	Einheit	Leistung	EP [€]	GP [€]
1.0	1	psch.	Bereitstellung von sterilen Probenahmeflaschen inkl. Versand an Auftraggeber. Rückversand der Proben nach Kiel erfolgt durch den Auftraggeber	90,00	90,00
2.0	1	psch.	Bereitstellung eines sterilen Mesokosmos zum Einhängen in einen LCKW-belasteten Brunnen zur Gewinnung von Biomasse	90,00	EP
3.0	2	Stück	Mikrobiologische Substratinduktionstests in Suspensionsreaktoren zur Darstellung der standortspezifischen physiologischen Wachstumslimitierungen der mikrobiellen Biomasse, N, P, K, S-Substratlimitierung in einer Grundwasserprobe	290,00	580,00
4.0	2	Stück	Analyse des mikrobiologischen Cosubstrat-Nutzungsprofils anaerob in Mikrokosmen	330,00	660,00
5.0	2	Stück	Analyse des mikrobiologischen Cosubstrat-Nutzungsprofils aerob in Mikrokosmen	290,00	580,00
6.0	2	Stück	Biologische Schadstoff-Abbauuntersuchungen in Labor-Mikrokosmen unter definierten Inkubationsbedingungen und Simulation verschiedener Standorteingriffe in 8 Varianten, inkl. Messung der Sulfatzehrung sowie Redox- und pH-Wertverläufe an den Tagen 0, 14, 28 und 56 (inklusive LCKW-Schadstoffanalytik)	1.790,0	3.580,00
7.0	1	Monat	optional: Fortführung der LCKW-Abbau-Labormikrokosmen für einen weiteren Probenahmezeitpunkt, inkl. einmaligem Messprogramm pro Untersuchungsreihe (Probe) (wie Pos. 6).	370,00	E.P.
8.0	2	Stück	Detektion von Genen mittels quantitativer PCR zur molekularbiologischen Analyse des Abbau von cDCE und Vinylchlorid	342,80	685,60
9.0	2	Stück	Nachweis der löslichen Methan-Monooxygenase in einer Wasserprobe	115,00	230,00
10.0	24	Std.	Ingenieurstunden (Ing. Biotechnologie) für die Erstellung eines Abschlussberichtes, inkl. Darstellung der durchgeführten Analysen in tabellarischer und graphischer Form, Berechnungen biologischer Abbauraten, Auswertung und Diskussion der Ergebnisse.	65,00	1.560,00
			Angebotssumme (netto):		7.965,60
			Zuzüglich Mehrwertsteuer (z Zt. 19%)		1.513,46
			Angebotssumme (brutto):		9.479,06

Angebotsbindefrist: 30.06.2014

 Zahlungsbedingungen: innerhalb von 28 Tagen nach Rechnungsstellung ohne Abzug
 Probenüberstellung an das Prozesstechnische Labor der Sensatec GmbH erfolgt bauseits.