

IN SITU IMMOBILISIERUNG VON CHROM-VI IM ABSTROM EINER EHEMALIGEN IMPRÄGNIEREREI – DER WEG ZUR STABILISIERUNGSPHASE NACH 1,5 JAHREN

Dr. Stefan Vomberg, Michael Meid, Dr. Petra Hertel, Thorsten Trapp

1 Der Anfang

Im Rahmen von Routineüberprüfungen im Bereich des Ostbaches in Bochum wurden erhöhte Chrom-VI Gehalte im Oberflächengewässer ermittelt. Weitere Sachverhaltsermittlungen durch die zuständige Behörde der Stadt Bochum (untere Bodenschutzbehörde) ergaben, dass zwei Quellbereiche für die Chrom-VI Einträge in den Ostbach verantwortlich sind. Die anschließend durchgeführten Recherchen ergaben, dass die Hauptkontaminationsquelle hierfür der Altstandort der ehemaligen Zeche Lothringen V mit einer ehemaligen Holzimprägnierung ist, wo im Bereich des ersten Grundwasserstockwerks (quartärer Porengrundwasserleiter, Castroper Höhengschotter) Chrom-VI Belastungen bekannt waren.

Unmittelbar nach dem Bekanntwerden der Chrom-VI Belastungen wurde durch die untere Bodenschutzbehörde der Stadt Bochum als Sofortmaßnahme ein Kinderspielplatz am Ostbach gesichert und die weiterführenden Untersuchungen (Quellkartierung, Gefährdungsabschätzung) mit finanzieller Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen über die Bezirksregierung Arnsberg durchgeführt. Die Untersuchungen belegten, dass der Hauptkontaminationsherd, der für die Chrom-VI Belastung im Ostbach verantwortlich ist, auf dem Gelände der ehemaligen Zeche Lothringen V liegt (Abb. 1).

Der eingetretene Grundwasserschaden (Abb. 2) erstreckt sich somit ausgehend von den ehemaligen Imprägnieranlagen (Schadenszentrum) auf der Fläche Lothringen V über die Grenzen des ehemaligen Zechengeländes hinaus (Abstromfahne) bis in das Quellbereich des Ostbaches (Abb. 1), wo das Grundwasser geologisch bedingt in Form von Quellaustritten an die Oberfläche tritt und zu Gefahren für Schutzgüter führt.

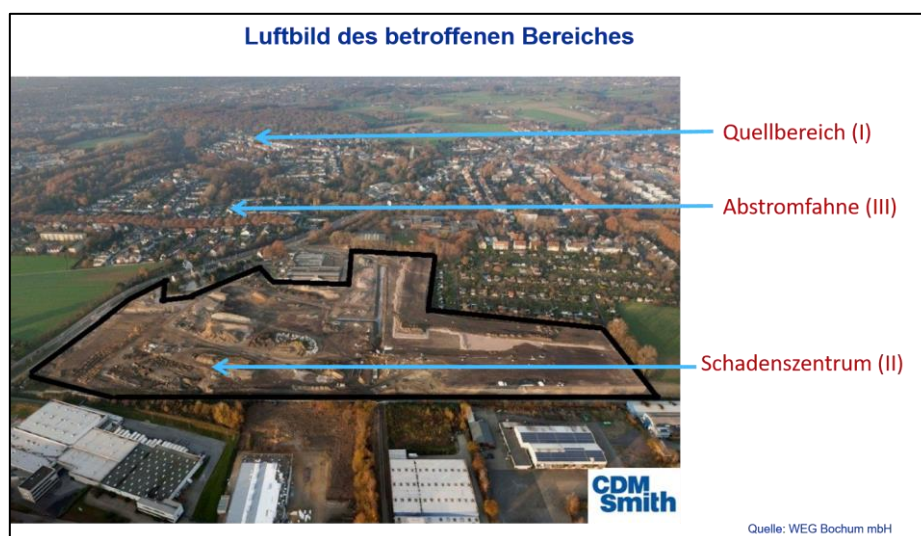


Abb.1: Luftbild

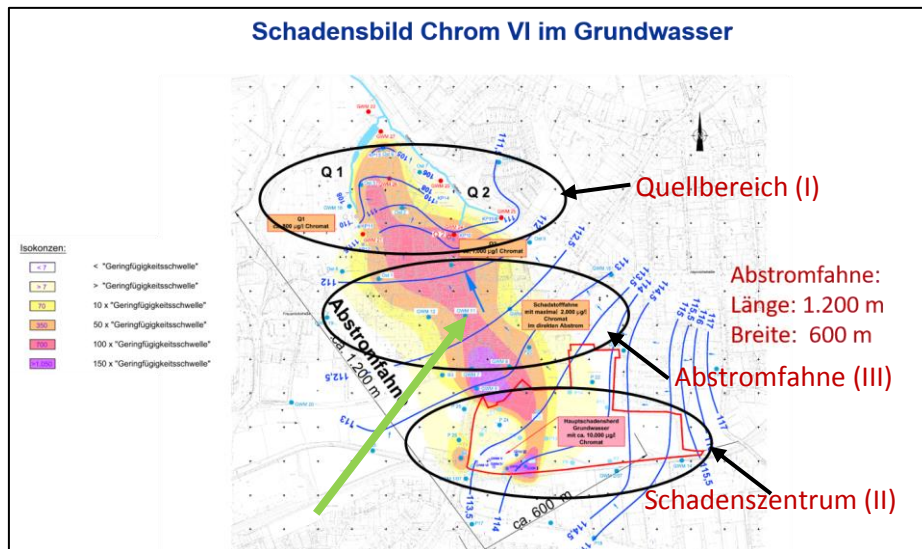


Abb.2: Schadensbild Chrom VI (grüner Pfeil = ca. Lage der „Frauenlobstraße“)

2 Geologischer Überblick

Der geologische Schichtenaufbau kann vereinfacht als Vier-Schichten-System dargestellt werden. Von der Erdoberfläche zur Tiefe hin sind folgende Schichtglieder vorhanden: anthropogene Auffüllungen (ca. 2 m mächtig), quartärer Löss bzw. Lösslehm (ca. 12 m mächtig), Castroper Höhengschotter (Quartärer Grundwasserleiter, ca. 4 m mächtig), Emscher Mergel (Kreide). Im Bereich des Ostbaches keilt der Castroper Höhengschotter bereichsweise vollständig an der Oberfläche aus (Abb. 3). Es handelt sich um fein- bis mittelkiesige Sedimente, die auch schluffige bis feinsandige Beimengungen aufweisen können. Z.T. ist der Castroper Höhengschotter stark mit Schluff- und Tonlinsen durchsetzt, sodass diese Bereiche als „verlehmter Castroper Höhengschotter“ auftreten.

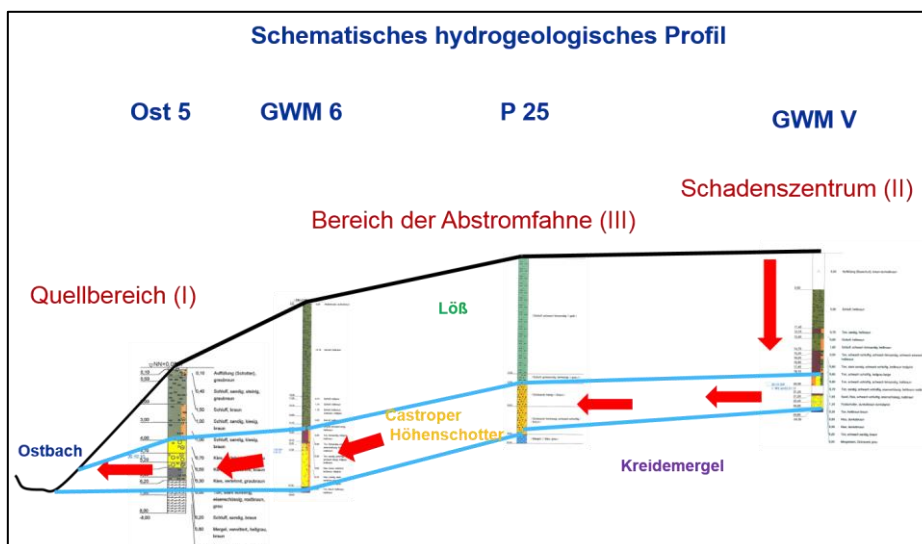


Abb.3: Profilschnitt

3 Sanierungsmaßnahmen

Die Überlegungen hinsichtlich möglicher Sanierungsverfahren haben gezeigt, dass für den Standort der ehemaligen Zeche Lothringen V in Bochum-Gerthe bzw. das sich hydraulisch daran anschließende Ostbachtal nur eine Kombination von Sanierungsverfahren als geeignete Vorgehensweisen in Frage kommt. Bei der Ermittlung des am besten geeigneten Sanierungsszenarios sind folgende standortspezifische Randbedingungen zu beachten:

- Das Schadenszentrum (Kerngebiet) hat eine Größe von ca. 8.000 m². Mit den zugehörigen Abtropfflächen ergibt sich eine Flächengröße von etwa 14 ha. Hauptkontaminanten sind Chrom-VI und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).
- Die Tiefe der Kontaminationen reicht bis ca. 20 m unter GOK.
- Die Hauptkontamination für Chrom-VI befindet sich schwerpunktmäßig in der gesättigten Zone (Grundwasser).
- Die den Ostbach erreichende Abstromfahne erstreckt sich über eine Länge von ca. 1.200 m und eine Breite von ca. 600 m.
- Im Bachwasser des Ostbaches wurden hohe Chrom-VI Gehalte nachgewiesen.

Insbesondere unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit, der Zielorientierung und der Dauer der einzelnen bzw. der Gesamtmaßnahme wurde eine Kombination von Sanierungsszenarios vorgeschlagen und durchgeführt:

Schadenszentrum	U.a. zur Unterbindung einer weiteren Schadstoffelution in das Grundwasser wurde die komplette Fläche Lothringen V (neu: Gewerbepark Gerthe Süd) mit einer Tondichtungsbahn aus Bentonit gesichert.
Abstrom	Durchführung von in Situ Maßnahmen zur Reduktion von Chrom-VI und Immobilisierung von Chrom-III.
Quellzuflüsse	Installation zweier Wasserfassungen an den Quellen des mit Chrom-VI beaufschlagten Grundwassers. Abreinigung mittels Sanierungsanlage und Wiedereinleitung des gereinigten Wassers in den Ostbach zur Aufrechterhaltung der Wasserbilanz.

4 Schadenszentrum

Das ehemalige Zechengelände befindet sich in einem Umfeld mit sensibler Nutzung (u.a. Wohngebiete und Schule). Demzufolge wurde, bevor die Sanierung des Geländes durchgeführt wurde, ein Anwohnerschutzkonzept aufgestellt. Außerdem fanden in Anlehnung für die betroffenen an § 12 BBodSchG mehrere Informationsveranstaltungen statt.

Da es auf dem ehemaligen Zechengelände große Lagerflächen für die fertig imprägnierten Hölzer gab, sind mehrere Bereiche mit unter anderem Chrom-VI stark belastet. Als Sanierungsmaßnahme hat ein kompletter Rückbau aller Keller, Abwasserleitungen und Fundamente stattgefunden, bevor auf dem gesamten Gelände eine Oberflächenabdichtung aus Bentonitbahnen verlegt wurde. Der Bentonitbahn aufliegend wurde eine Entwässerungsschicht installiert, um Regenwasser abzuleiten. Um aufsteigendes Grubengas gerichtet abzuführen, fand der Einbau einer der Abdichtung unterlagernden Gasdrainage statt. Zum Schutz der Dichtung wurde anschließend ein bis zu 3 m mächtiges tragfähiges Gründungspolster aufgebracht, auf dem bei zukünftiger Nutzung Gebäude gegründet und gebaut werden können.

Erste Ergebnisse des regelmäßig durchgeführten Grundwassermonitorings deuten bereits auf rückläufige Chrom-VI Gehalte im Abstrom des Schadenherdbereichs hin.

5 Quellbereich

Der Schichtquellenbereich befindet sich in einem Landschaftsschutzgebiet, in dem der Castroper Höhenschotter an der Geländeoberkante ausstreicht. Nach dem Austritt des Grundwassers an den Schichtquellen fließt das belastete Grundwasser in ein Oberflächengewässer. Aufgrund der sensiblen Nutzung des Landschaftsschutzgebietes wurden nach der Entdeckung des Chrom-VI Schadens, durch die untere Bodenschutzbehörde der Stadt Bochum, unverzüglich Sofortmaßnahmen ergriffen. So wurden zum Beispiel einige Bereiche des Baches umzäunt. An anderen Stellen wurden Wasserbausteine im Bachbett installiert, durch die der direkte Kontakt von Menschen mit dem chrom-VI-haltigen Wasser unterbunden wurde.

Zur Reinigung des Wassers wurde eine Sanierungsanlage (Abb. 4) installiert. Das Quell- bzw. Oberflächenwasser wird dort in einem Sammelschacht (Abb. 5) geführt und anschließend in die Sanierungsanlage geleitet. Zur Chrom-VI Reduktion wird hierbei das Reduktionsmittel Natriumdithionit verwendet. Das so behandelte Wasser wird dann über Sandfilter von Schwebstoffen befreit. Anschließend wird das durch die Reduktion entstandene Chrom-III an Adsorptionsmaterialien gebunden, bevor dann nunmehr „chromfreies“ Wasser in das Oberflächengewässer zurückgeleitet wird.



Abb.4: Reinigungsanlage am Ostbach



Abb.5: Zugehöriger Sammelschacht

6 Abstromfahne

6.1 Maßnahmen in der ersten Phase (Einregelungsphase)

Aufgrund des großvolumigen Schadensbereiches im Grundwasser kommen aus wirtschaftlichen Gründen für die Sanierung des Chrom-VI Schadens in der Schadstofffahne bevorzugt Verfahren in Frage, die geringe volumenbezogene Behandlungskosten aufweisen und einen überschaubaren Werkstoffeinsatz haben.

Diese Forderung erfüllen insbesondere biologische und chemische in situ-Reduktionsverfahren. In situ-Reduktionsverfahren zur Behandlung von Chrom-VI Schäden verfolgen das Ziel, durch einen Reduktionsschritt das sehr gut wasserlösliche und toxische Chrom-VI in schwerlösliche und weniger toxische Chrom-III Verbindungen zu reduzieren und diese schließlich in Form einer Hydroxidfällung zu immobilisieren.

Es wurde eine in situ-Sanierung im Bereich der „Frauenlobstraße“, wo der Kern der Schadstofffahne mit Chrom-VI sich deutlich einengt, im Rahmen einer ersten Phase getestet. Hierzu wird das Grundwasser über Grundwassermessstellen abgepumpt, mit Melasse bzw. Eisen(II)sulfat versetzt und über Druckinjektionspegel wieder in den Grundwasserleiter abgegeben. Nachfolgende Abb. 6 verdeutlicht das Pumpsystem:

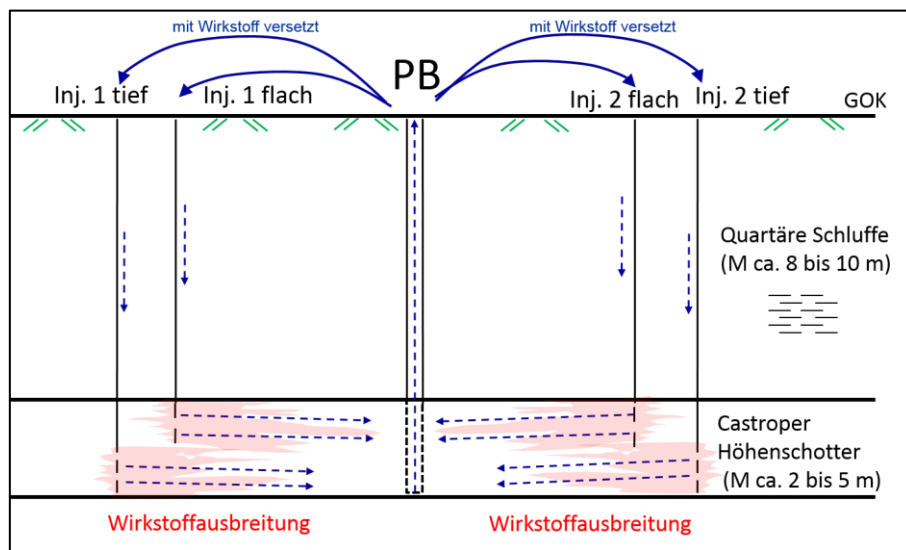


Abb.6: Pumpsystem (PB = Pumpbrunnen, Inj. = Injektionsmessstelle)

Zur Chrom-VI Reduktion wurden im Bereich der „Frauenlobstraße“ und „Im Finkensiepen“ 26 neue Grundwassermessstellen sowie 12 Injektionspegel erstellt. Dieser Bereich wurde in einen westlichen und einen östlichen Teil untergliedert um die Wirkstoffe Melasse bzw. Eisen(II)sulfat getrennt voneinander zu erproben. In den Injektionsmessstellen (westlicher Teil) wird im Zuge eines Testversuches mit Zirkulationssystemen Melasse in den Castroper-Höhenschotter injiziert um die Chrom-VI Reduktion zu erreichen (biologischer Abbau). In den Injektionsmessstellen im östlichen Teil wird hingegen Eisen(II)sulfat injiziert, was zu einer chemischen Umwandlung des Chrom-VI zu Chrom-III-Verbindungen führen soll.

Hierzu werden sogenannte Injektionskampagnen durchgeführt. In den insgesamt 10 Zirkulationssystemen wird jeweils in den Pumpbrunnen das mit Chrom-VI belastete Grundwasser gefördert, mit dem entsprechenden Wirkstoff (Melasse bzw. Eisen(II)sulfat) versetzt und anschließend über die dem Pumpbrunnen angrenzenden beiden Injektionspegel in den Grundwasserleiter (Castroper-Höhenschotter) zurückinjiziert. Dadurch soll sich quer zur Grundwasserfließrichtung eine „Barriere“ mit Wirkstoff beaufschlagtem Grundwasser aufbauen, die von dem anströmenden Grundwasser durchflossen werden muss.

Aufgrund von guten Ergebnissen zur Chrom-VI Reduktion wurde in einer zweiten Phase im Bereich der „Frauenlobstraße“ und in der „Dreihügelstraße“ weitere 24 Grundwassermessstellen sowie 12 Injektionspegel (im Durchmesser 2 Zoll) erstellt (Abb. 7).

Seit Beginn der ersten Injektionskampagnen im Juni 2015 wurden unterschiedliche Kombinationen der Wirkstoffzugabe mit Eisen(II)sulfat und Melasse erprobt. Hierunter auch ein kombiniertes Injektionsverfahren, bei welchem ein durch Melasse „vorbereitetes“ Testfeld, in dem bereits reduzierende Bedingungen herrschen, anschließend mit Eisen(II)sulfat beschickt wurde. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass nur durch die Zugabe von Melasse eine wirksame und nachhaltige Chrom-VI Reduktion erzielt werden kann.

Die Historie der durchgeführten und erprobten Wirkstoffzugaben in den einzelnen Testfeldern kann nachfolgender Tab. 1 entnommen werden.

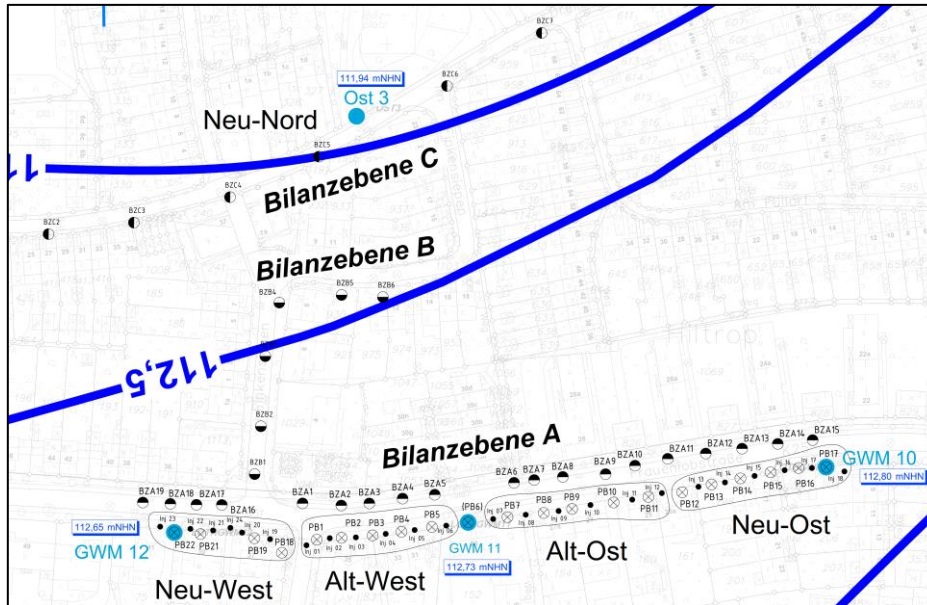


Abb.7: Lageplan

Tab. 1: Injektionszeiträume (rot: Melasse, grün: Eisen(II)sulfat)

Injektions-kampagnen	Testfeld Alt-West (1-Zoll-Pegel)	Testfeld Alt-Ost (1-Zoll-Pegel)	Testfeld Neu-West (2-Zoll-Pegel)	Testfeld Neu-Ost (2-Zoll-Pegel)	
Kampagne 1	25. KW 2015 (Melasse)	26. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)	Testfeld Neu-West und Neu-Ost zum Zeitpunkt der Kampagne 1 bis 7 noch nicht erstellt		Teil 1 und 2 der Einregelungsphase (bis 30.09.2015)
Kampagne 2	25. KW 2015 (Melasse)	26. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 3	28. KW 2015 (Melasse)	29. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 4	28. KW 2015 (Melasse)	29. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 5	32. KW 2015 (Melasse)	33. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 6	32. KW 2015 (Melasse)	33. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 7	38. KW 2015 (Melasse)	38. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)			
Kampagne 8	Kampagne 8 wurde nur in den neu erstellten Testfeldern Neu-Ost und Neu-West durchgeführt				
Kampagne 9	42. KW 2015 (Melasse)	keine Injektionsmaßnahmen durchgeführt	42. KW 2015 (Melasse)	43. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)	Teil 3 der Einregelungsphase (bis 31.03.2016)
Kampagne 10	45. KW 2015 (Melasse)		45. KW 2015 (Melasse)	46. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 11	48. KW 2015 (Melasse)		48. KW 2015 (Melasse)	49. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 12	50. KW 2015 (Melasse)		50. KW 2015 (Melasse)	50. KW 2015 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 13	2. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)		2. KW 2016 (Melasse)	2. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 14	5. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)		5. KW 2016 (Melasse)	5. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 15	8. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)		8. KW 2016 (Melasse)	8. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 16	11. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)		11. KW 2016 (Melasse)	11. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)	
Kampagne 17	16. KW 2016 (Eisen(II)sulfat)	16. KW 2016 (Melasse)	16. KW 2016 (Melasse)	16. KW 2016 (Melasse)	Teil 4 der Einregelungsphase (bis 30.09.2016)
Kampagne 18	22. KW 2016 (Melasse)	22. KW 2016 (Melasse)	22. KW 2016 (Melasse)	22. KW 2016 (Melasse)	
Kampagne 19	26. KW 2016 (Melasse)	26. KW 2016 (Melasse)	26. KW 2016 (Melasse)	26. KW 2016 (Melasse)	
Kampagne 20	31. KW 2016 (Melasse)	31. KW 2016 (Melasse)	31. KW 2016 (Melasse)	31. KW 2016 (Melasse)	
Kampagne 21	36. KW 2016 (Melasse)	36. KW 2016 (Melasse)	36. KW 2016 (Melasse)	36. KW 2016 (Melasse)	

6.1.1 Fazit (Zeitraum Juni 2015 bis September 2016)

Nachfolgend werden exemplarisch Chrom-VI Konzentrationen über den Zeitraum der Einregelungsphase von unterschiedlichen Beobachtungsmessstellen dargestellt und kurz erläutert.

Die Punkte in den Graphiken geben jeweils die durchgeführten Injektionskampagnen an, wobei rote Punkte Injektionen mit Melasse und grüne Punkte Injektionen mit Eisen(II)sulfat symbolisieren.

Wirkstoff Melasse (Aufbau eines reduzierenden Milieus, Abb. 8 und Abb. 9)

Seit dem Beginn der Maßnahmen an der „Frauenlobstraße“ im Juni 2015 wurden unterschiedliche Injektionskonzepte angewendet. Anhand der Ergebnislage kann festgestellt werden, dass unter den vorherrschenden Randbedingungen (u.a. geologische- und hydrogeologische Verhältnisse) eine wirkungsvollere und wirtschaftlichere Chrom-VI Reduktion mit dem Wirkstoff Melasse erzielt wird. Hierzu ist es notwendig, dass ein reduzierendes Milieu aufgebaut und anschließend stabilisiert wird.

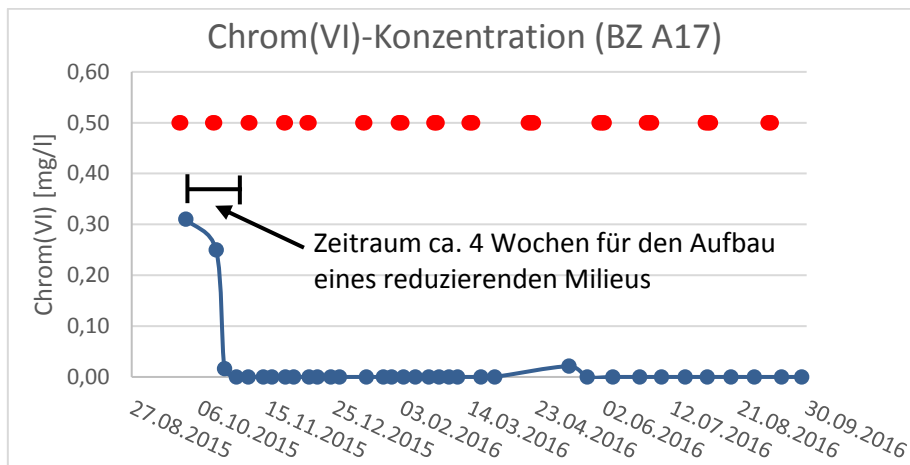


Abb.8: Milieuaufbau BZ A 17 (rote Punkte: Melasseinjektionen, blaue Punkte: Chrom-VI Messwerte)

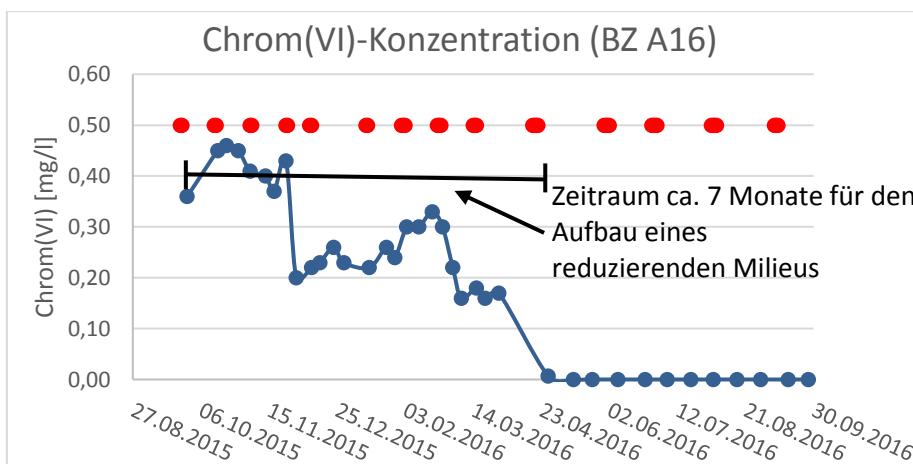


Abb.9: Milieuaufbau BZ A 16 (rote Punkte: Melasseinjektionen, blaue Punkte: Chrom-VI Messwerte)

Ist das reduzierende Milieu stabilisiert, kann auch zwischen zwei Injektionskampagnen eine Chrom-VI Reduktion aufrechterhalten werden. Der Aufbau eines reduzierenden Milieus zur Chrom-VI Reduktion kann aufgrund von lokalen Inhomogenitäten im Grundwasserleiter auch in nur ca. 10 Meter voneinander entfernten Messstellen unterschiedlich lange, von wenigen Wochen (z.B. BZ A 17) bis zu mehreren Monaten (z.B. BZ A 16), dauern.

Kombiniertes Verfahren (Abb. 10)

Das kombinierte Verfahren hat sich nicht bewährt (BZ A3). Es wurden nach wenigen Injektionskampagnen mit Eisen(II)sulfat wieder steigende Chrom-VI Konzentrationen festgestellt. Auch weitere redoxsensitive Parameter wie z.B. Sauerstoff oder Nitrat zeigten steigende Konzentrationen. Das kombinierte Verfahren wurde aufgrund der Ergebnislage vorzeitig beendet und wie zuvor weiter mit Melasse injiziert und wieder sinkende Chrom-VI Konzentrationen ermittelt.

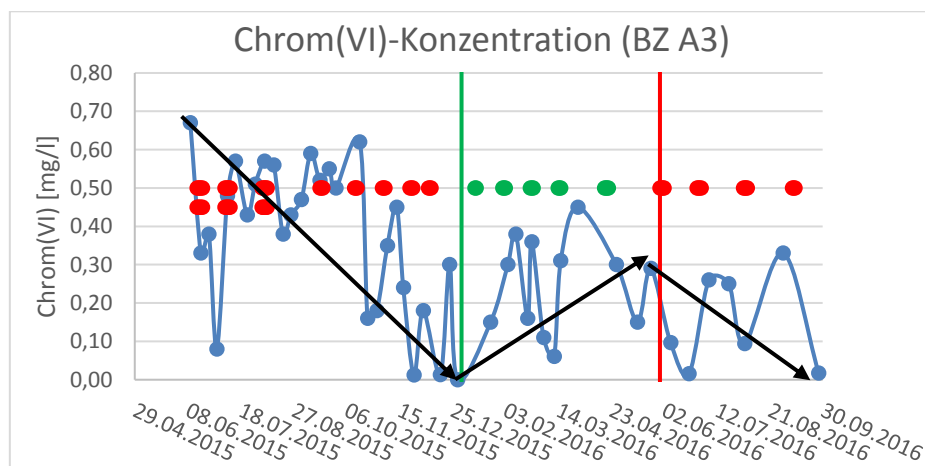


Abb.10: „Kombiniertes“ Verfahren (Melasse und Eisen(II)sulfat (mit steigenden Chrom-VI Konzentrationen im Zeitraum des „kombinierten“ Verfahrens (grüne Punkte: Eisen(II)sulfatinjektionen, rote Punkte: Melasseinjektionen, blaue Punkte: Chrom-VI Messwerte)

Wirksamkeit Eisen(II)sulfat (Abb. 11)

Bei den Messstellen im östlichen Bereich der Testfelder wurde zunächst Eisen(II)sulfat als Wirkstoff eingesetzt (BZ A13). Über einen Zeitraum von mehreren Monaten konnten nur geringfügige, kurzzeitige Chrom-VI Reduktionen detektiert werden. Aufgrund der Ergebnislage wurde ein Wirkstoffwechsel auf Melasse durchgeführt. Seit dem Umstieg auf Melasse in den Testfeldern Alt-Ost und Neu-Ost können im Vergleich zu Eisen(II)sulfat erste positive Chrom-VI Reduktionen erzielt werden, eine weitere Vertiefung des reduzierenden Milieus / Aufbau von Biomasse ist jedoch noch erforderlich.

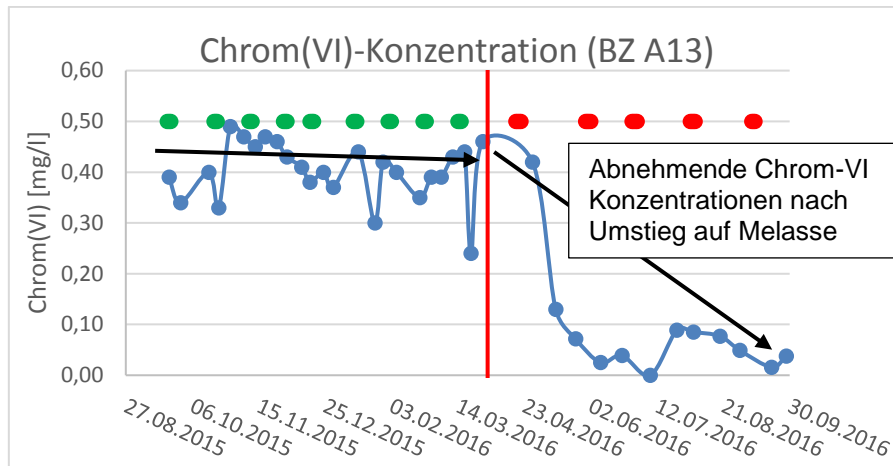


Abb.11: Eisen(II)sulfat vs. Melasse (grüne Punkte: Eisen(II)sulfatinjektionen, rote Punkte: Melasseinjektionen, blaue Punkte: Chrom-VI Messwert)

Verlängerung Injektionsintervall (Abb. 12)

Die Erhöhung des Injektionsintervalls von 3 auf 5 Wochen zeigt in den Testfeldern mit Melasse als Wirkstoff derzeit keine negativen Auswirkungen.

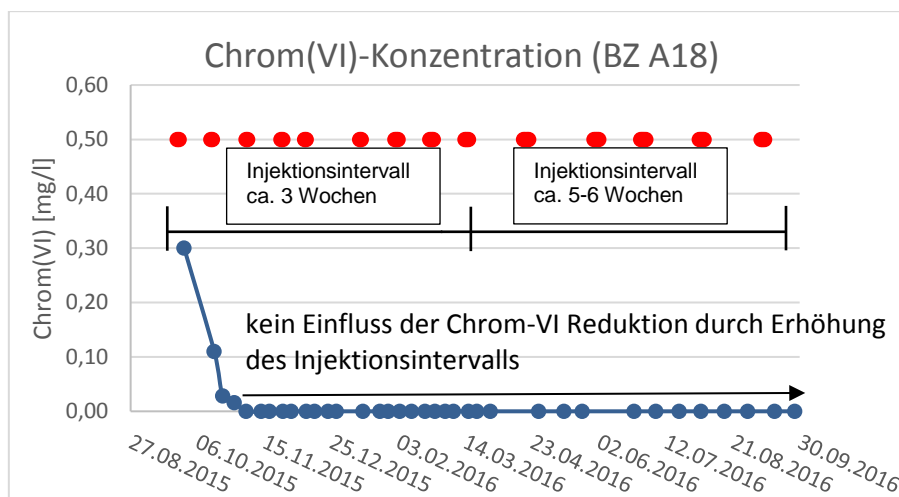


Abb.12: Injektionsintervall (rote Punkte: Melasseinjektionen)

Ausbau durchmesser der Injektionspegel

Ein Vergleich der Messergebnisse (u.a. Milieuaufbau, Chrom-VI Reduzierung) aus dem Bereich der 1“-Injektionsmessstellen zu den erstellten 2“-Injektionsmessstellen zeigt, dass bei letzteren deutlich wirkungsvollere Ergebnisse erzielt werden.

6.2 Maßnahmen in der zweiten Phase (Stabilisierungsphase)

Seit dem Beginn der Maßnahmen an der „Frauenlobstraße“ Mitte 2015 wurden unterschiedliche Injektionskonzepte angewendet. Anhand der Ergebnislage konnte festgestellt werden, dass unter den vorherrschenden Randbedingungen eine wirkungsvollere und wirtschaftlichere Chrom-VI Reduktion mit dem Wirkstoff Melasse erzielt wurde. Hierzu ist es notwendig,

dass ein reduzierendes Milieu aufgebaut und anschließend stabilisiert wird. Ist dieses reduzierende Milieu stabil, kann auch zwischen zwei Injektionskampagnen eine Chrom-VI Reduktion aufrechterhalten werden.

Da unterschiedliche Injektionskonzepte angewendet und teilweise verworfen wurden und die Mikroorganismen bei dem Einsatz von Melasse Zeit benötigen, um ein ausreichendes reduzierendes Milieu zur Chrom-VI Reduktion aufzubauen, soll in der nun folgenden zweiten Phase (Stabilisierungsphase) über einen Zeitraum von 7 Monaten in allen Zirkulationssystemen Melasse ohne eine Veränderung des Injektionsabstandes eingesetzt werden.

Aus den Erfahrungen der ersten Phase wurden die folgenden Optimierungen abgeleitet:

Angepasste Wirkstoffzugabe je Zirkulationssystem (Abb. 13)

Die Maßnahme besteht darin, eine angepasste Wirkstoffzugabe während der Injektionen durchzuführen. Die Idee dabei ist, je höher die Chrom-VI Konzentrationen im anströmenden Grundwasser sind (roter Bereich Abb. 13 mit 700 – 1.500 µg/l Chrom-VI), desto höher muss auch die eingegebene Wirkstoffmenge sein um das Chrom-VI entsprechend zu reduzieren. Weniger Wirkstoffmenge ist notwendig, wenn die anströmenden Grundwässer niedrigere Chrom-VI Konzentration aufweisen (orangener (350 – 700 µg/l Chrom-VI) und gelber (70 – 350 µg/l Chrom-VI) Bereich in Abb. 13).

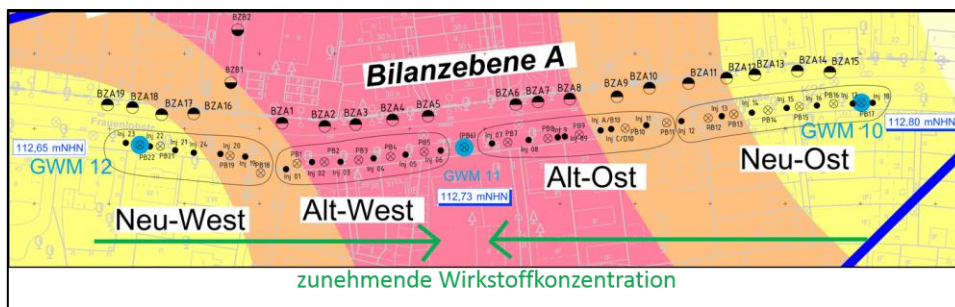


Abb.13: angepasste Wirkstoffzugaben

Ergänzung der 1-Zoll-Injektionspegel durch zusätzliche 2-Zollinjektionspegel

Die Maßnahme besteht aus der Erweiterung der 1“-Injektionspegel im Bereich der Testfelder Alt-West und Alt-Ost durch zusätzliche 2“-Injektionspegel. Die Ergebnislage zeigt, dass eine deutlich wirkungsvollere Chrom-VI Reduktion im Bereich der 2“-Injektionspegeln erzielt wird. Dies liegt unter anderem an der höheren Filteroberfläche, wodurch höhere Zirkulationsmenge erzielt werden können und entsprechend eine bessere Verteilung des injizierten Wirkstoffs in jedem Zirkulationssystem erreicht werden kann.

7 Ausblick

Im Zuge eines Ausblickes auf die weitere Vorgehensweise sollten projektspezifische Punkte wie z.B. die weitere Verlängerung der Injektionsabstände, die Beobachtung einer ggf. einsetzenden Methanbildung, die Auswirkung der Geologie (verlehmtter Castroper Höhengschotter) und der lokalen (kleinräumigen) Grundwasserfließrichtung betrachtet werden. Im Ziel ist nunmehr ein Fahnenabriss herbeizuführen sowie weitere Möglichkeiten zu Kostenoptimierungen zu ermitteln.

8 Mitwirkende

Grundstückseigentümer und Bauherr:	WirtschaftsEntwicklungsgesellschaft Bochum mbH (u.a. in sehr kompetenter und enger Zusammenarbeit mit Herrn Philipp)
Ordnungsbehörde	Untere Bodenschutzbehörde der Stadt Bochum Untere Wasserbehörde der Stadt Bochum
Fördergeber	Land Nordrhein Westfalen über die Bezirksregie- rung Arnsberg

Anschriften der Autoren

Name Dr. Stefan Vomberg
Institution CDM Smith Consult GmbH
Straße Am Umweltpark 3 - 5
PLZ_Ort 44793 Bochum
Tel.: 0234 / 68775 - 614
Fax: 0234 / 68775 - 10
E-Mail: stefan.vomberg@cdmsmith.com
Internet: cdmsmith.com

Name Michael Meid, M. Sc.
Institution CDM Smith Consult GmbH
Straße Am Umweltpark 3 - 5
PLZ_Ort 44793 Bochum
Tel.: 0234 / 68775 - 719
Fax: 0234 / 68775 - 10
E-Mail: michael.meid@cdmsmith.com
Internet: cdmsmith.com

Name Dr. Petra Hertel
Institution Untere Bodenschutzbehörde der Stadt Bochum
Straße Hans-Böckler-Str. 19
PLZ_Ort 44777 Bochum
Tel.: 0234 / 910 - 1105
Fax: 0234 / 910 - 1438
E-Mail: phertel@bochum.de
Internet: bochum.de

Name Thorsten Trapp
Institution WirtschaftsEntwicklungsGesellschaft Bochum mbH
Straße Viktoriastraße 10
PLZ_Ort 44787 Bochum
Tel.: 0234 / 610 63 256
Fax: 0234 / 610 63 210
E-Mail: thorsten.trapp@bochum-wirtschaft.de
Internet: bochum-wirtschaft.de