

---

**Projekt:** Oberursel, LHKW-Altlast Eppsteiner Straße

**Sachverhalt:** ISCO-Sanierung: Stand der Sanierung

---

## HINTERGRUND

Auf der Sanierungsfläche Eppsteiner Straße wurde im Rahmen der DLI Sanierung die ungesättigte Bodenzone erfolgreich saniert.

Im Grundwasser (gesättigte Zone) sind die bereits vor der Sanierung existenten LHKW-Belastungen weiterhin z.T. in hohen Konzentrationen vorhanden. Um eine Rekontamination der ungesättigten, sanierten Bodenzone durch aus dem Grundwasser ausgasende LHKW zu verhindern, wurde eine Sanierung der LHKW-Restbelastungen im Grundwasser mit dem Verfahren der sogenannten In-situ chemischen Oxidation, kurz ISCO geplant und ab Juni 2020 umgesetzt. Hierzu wurde ein Oxidationsmittel – im vorliegenden Fall Natriumpermanganatlösung – in das Grundwasser über fünf Brunnen eingeleitet. Das Permanganat oxidiert die LHKW zu unschädlichem Kohlenstoffdioxid und Chlorid, das Permanganat selbst wird zu Mangan reduziert, wie es auch natürlicherweise im Boden vorkommt (Braunstein).

## SANIERUNGSVERLAUF

Am 04.06.2020 erfolgte der Beginn der Eingabe der Natriumpermanganatlösung. Es wurden ca. 1 m<sup>3</sup> 40 %-ige Natriumpermanganatlösung dem Grundwasserleiter zugegeben, die bei der Eingabe auf 8 % verdünnt wurden. Zu Beginn der Sanierungsmaßnahme wurden 80 l/h an Lösung in ausgewählten Zugabeburgen auf der Sanierungsfläche eingegeben.

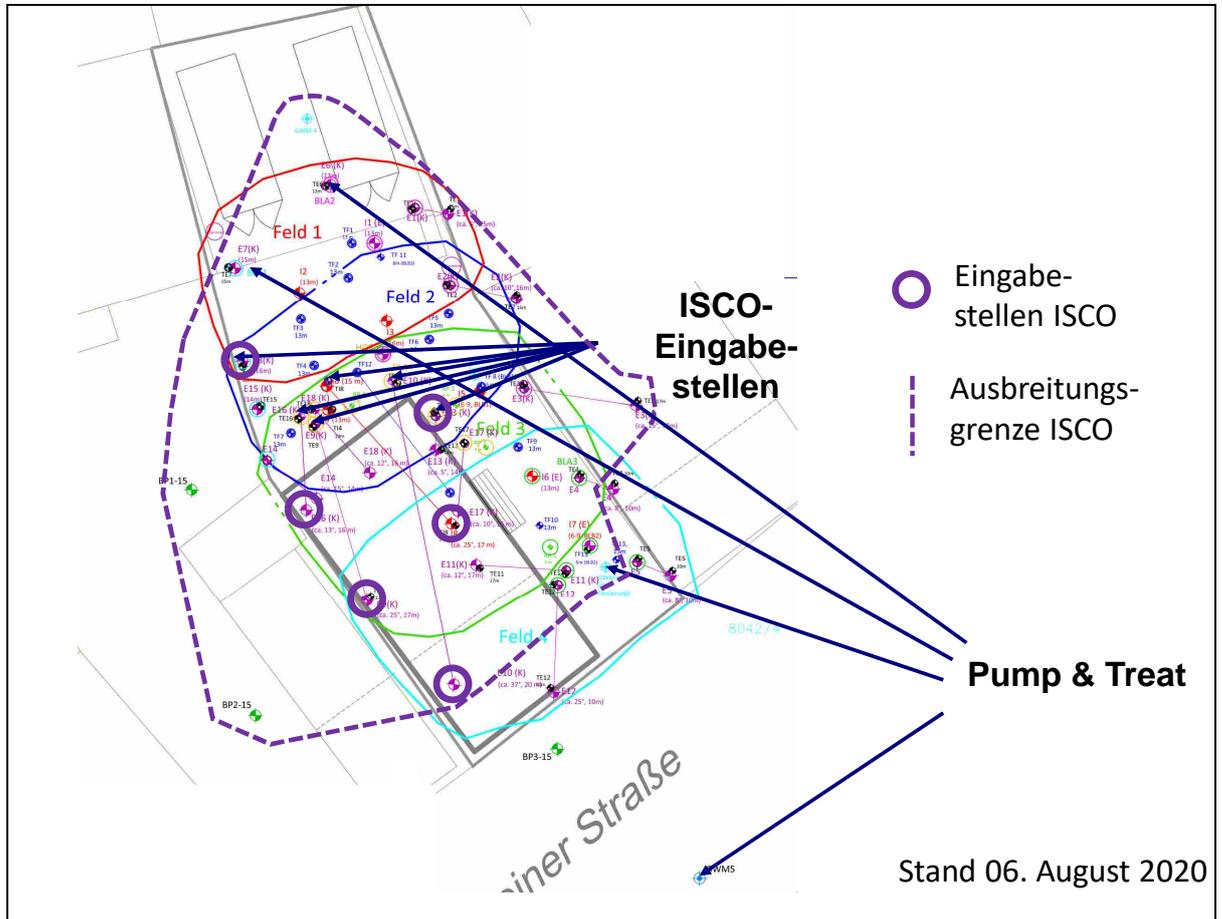
Bereits am 09.06.2020 konnte am Brunnen BP2 auf dem westlich gelegenen Nachbargrundstück der Sanierungsfläche die Permanganatlösung über die Verfärbung des Grundwassers nachgewiesen werden. Daher wurde die Zugabe von 80 l/h auf 20 l/h reduziert sowie die Verdünnung erhöht, so dass eine 3 - 5 %-ige-Permanganatlösung eingeleitet wurde. Die Zugabe der Permanganatlösung war am 15.06.2020 abgeschlossen. Insgesamt wurden ca. 9 m<sup>3</sup> gering konzentrierte Permanganatlösung in den Aquifer eingegeben.

Das Permanganat hat sich im Untergrund relativ rasch auf der südlichen Hälfte des Sanierungsgrundstückes und den südwestlich und südöstlich angrenzenden Grundstücken hin ausgebreitet.

Bis zum 06.08.2020, also 2 Monate nach Beginn der Zugabe, konnte die Permanganatlösung noch nicht im Brunnen GMW 5 nachgewiesen werden. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Permanganatlösung im Untergrund.

Die Verteilung der Wirksubstanz spiegelt die bevorzugten Fließwege im Untergrund wider und lässt einen Rückschluss auf die Verbreitungswege der in den Boden geleiteten Schadstoffe zu Zeiten des chemischen Betriebes zu.

Direkt nach Süden in Richtung GMW5 lassen die bisherigen Ergebnisse entweder auf eine sehr geringe Durchlässigkeit bzw. einen geologisch begründeten fehlenden hydraulischen Anschluss schließen.



**Abbildung 1: Verteilung der ISCO-Lösung im Untergrund**

## ENTWICKLUNG DER LHKW-SCHADSTOFFKONZENTRATION IM UNTERGRUND

Infolge der Zugabe des Oxidationsmittels kam es unmittelbar zu einer Reduzierung der LHKW-Konzentration im Grundwasser am Standort. Diese sind je nach Ausgangskonzentration in unterschiedlicher Höhe ausgefallen. Insgesamt hat die ISCO-Sanierung aktuell zu einer deutlichen Reduktion der Grundwasserbelastung durch LHKW auf der Sanierungsfläche beigetragen. Mit dem Rückgang der LHKW-Konzentrationen kam es zu einem Anstieg der Chloridkonzentrationen. Chlorid ist ein Abbauprodukt von LHKW.

Einzelne, ausgewählte Förderbrunnen zeigen folgende Entwicklungen der LHKW-Konzentrationen: Die Lage der Brunnen ist Abbildung 1 auf dem Lageplan zu entnehmen.

BP 1: Die LHKW-Konzentration ist von rund 0,2 mg/l auf eine Konzentration von < 0,012 mg/l gesunken (siehe Abbildung 2).

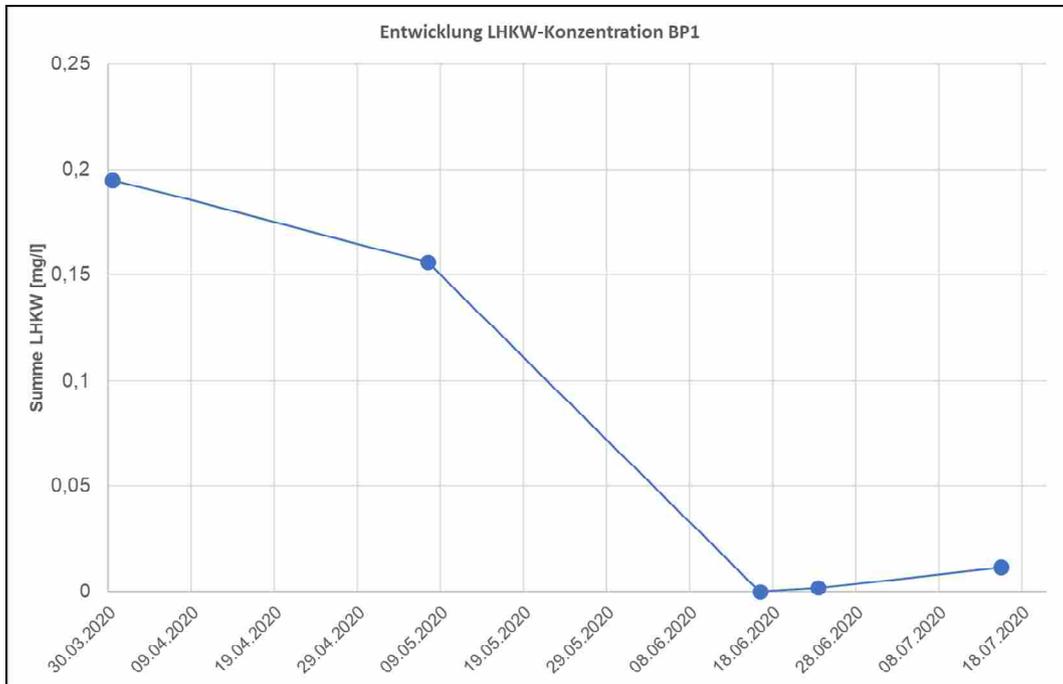


Abbildung 2: Entwicklung der LHKW-Konzentration an BP1

BP 2: Die LHKW-Konzentration ist von 220 mg/l vor der ISCO-Sanierung auf einen Wert von aktuell 0,435 mg/l gesunken (Abbildung 3).

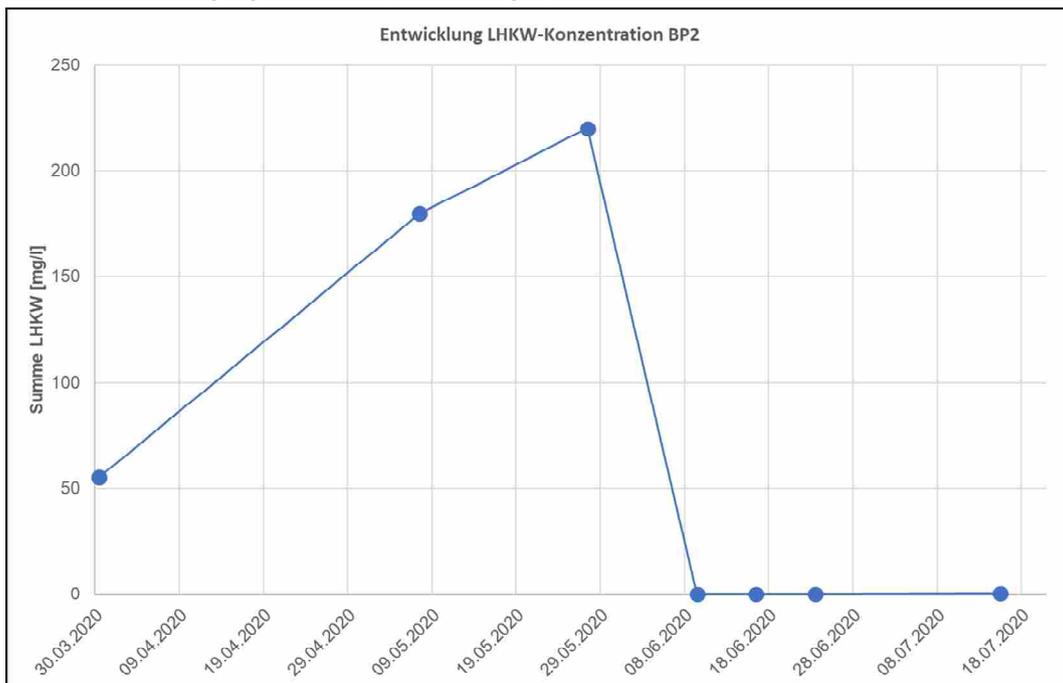
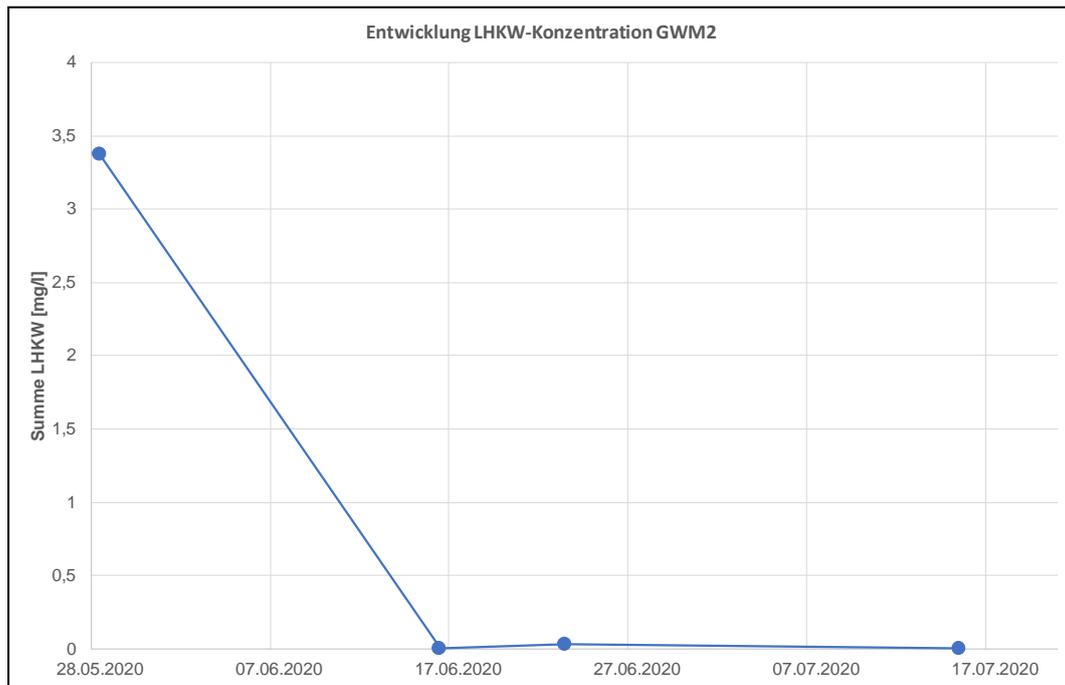


Abbildung 3: Entwicklung der LHKW-Konzentration an BP2

GWM 2: Die LHKW-Konzentration ist von 3,37 mg/l vor der ISCO-Sanierung auf 0,003 mg/l gesunken (Abbildung 4). Die Probenahme an diesem Brunnen ist nur durch die eingebaute, pneumatische Brunnenpumpe möglich. Aufgrund der Art der Probenahme ist davon auszugehen, dass die LHKW-Ausgangskonzentration vor der ISCO-Sanierung deutlich höher gelegen hat.

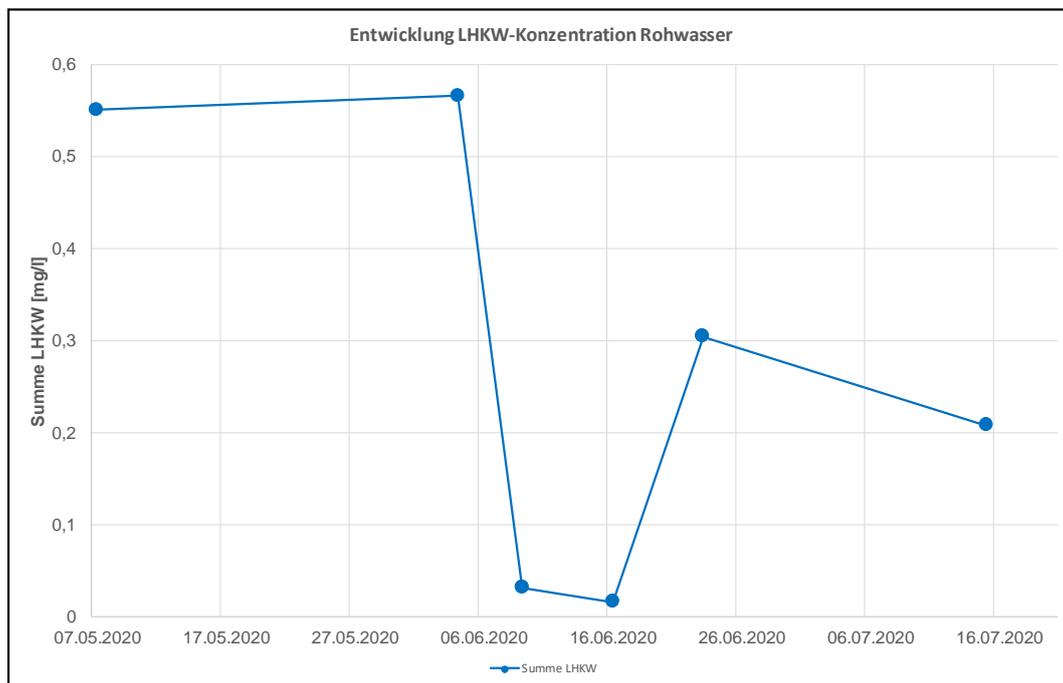


**Abbildung 4: Entwicklung der LHKW-Konzentration an GWM2**

GWM 4: Die LHKW-Konzentration ist von 1,07 mg/l vor der ISCO-Sanierung auf mittlerweile 0,285 mg/l gesunken.

GWM 5: Die LHKW-Konzentrationen sind anfänglich leicht gesunken und mittlerweile wieder auf das Niveau der Ausgangskonzentrationen angestiegen. Eine signifikante Veränderung der LHKW-Konzentration ist aktuell nicht erkennbar. Die Permanganatlösung hat den Grundwasserkörper in diesem Bereich bisher nicht erreicht.

Das aus dem Sanierungsfeld geförderte Grundwasser, das als Rohmischwasser der Wasseraufbereitungsanlage zufließt, spiegelt die Entwicklung der LHKW-Konzentrationen im Verlauf der ISCO-Sanierung wider: Im Rohmischwasser ist ein Rückgang der LHKW-Konzentrationen zu verzeichnen. Die LHKW-Konzentration hat sich in etwa halbiert (Abbildung 5). Bei den LHKW-Konzentrationen im Rohmischwasser ist zu beachten, dass im Laufe der ISCO-Sanierung die Leistungen der Förderbrunnen angepasst wurden und dass insbesondere der GWM 5 mit seiner hohen LHKW-Belastung die Konzentration des Rohmischwassers beeinflusst.

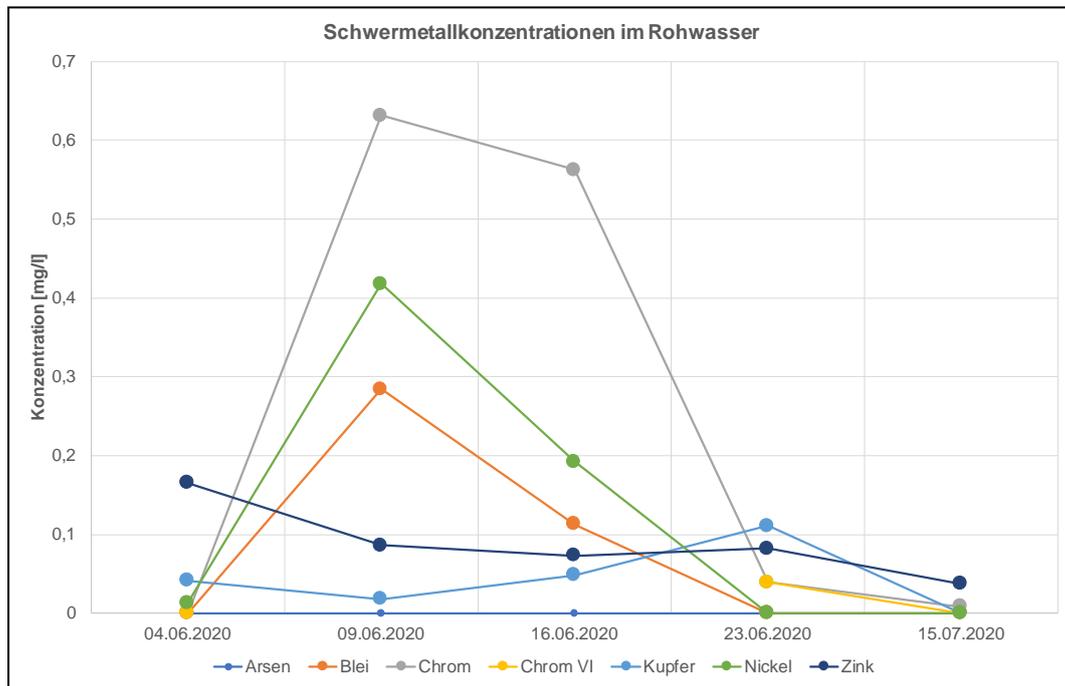


**Abbildung 5: Entwicklung der LHKW-Konzentrationen im Rohmischwasser**

Durch die Zugabe des Permanganats befindet sich im Untergrund ein Reservoir an Permanganat. Dieser Wert wird im Rahmen der Sanierungsüberwachung gemessen und liegt noch bei  $> 100 \text{ mg/l}$  bzw.  $0,1\%$ . Dies bedeutet, dass auch in den kommenden Wochen eine Oxidation von LHKW in den Bereichen erfolgen kann, bei denen noch LHKW-Gehalte im Grundwasser vorhanden sind und die von der Permanganatlösung bisher noch nicht durchströmt werden konnten.

Infolge der Zugabe der Permanganatlösung kam es im Grundwasser zu einem Anstieg der Schwermetallkonzentrationen. Durch die Permanganatlösung wurden im Boden vorhandene, geogene Schwermetalle mobilisiert. Dieser Vorgang zeigt sich auch an anderen Standorten und ist in der einschlägigen Fachliteratur dargestellt. Im Laufe der Zeit adsorbieren die mobilisierten Schwermetalle wieder an der Bodenmatrix und die Schwermetallkonzentrationen im Grundwasser sinken wieder ab.

Dieser Prozess ist räumlich begrenzt und spiegelt sich in unterschiedlich hohen Schwermetallkonzentrationen an den verschiedenen Förderbrunnen wider. Im gefördertem Rohmischwasser zeigt sich für verschiedene Schwermetalle der in Abbildung 6 dargestellte Verlauf der Konzentrationen. Diese Konzentrationen sind mittlerweile wieder deutlich gesunken.



**Abbildung 6: Verlauf der Schwermetallkonzentrationen während der ISCO-Sanierung**

## ENTWICKLUNG DER LHKW-SCHADSTOFFKONZENTRATION IN DER BODENLUFT

Im Verlauf der ISCO-Sanierung sind die LHKW-Konzentrationen an einigen Pegeln signifikant gesunken, so dass die Sanierung einen maßgeblichen Einfluss auf die Konzentration an LHKW in der Bodenluft hat.

Die LHKW-Gehalte sind insbesondere an den Brunnen im südlichen Schadensbereich gesunken. Insofern wurde bestätigt, dass der Schaden im Grundwasser die Gehalte in der ungesättigten Bodenzone - also der Bodenluft - deutlich beeinflusst.

Tabelle 1 im Anhang zeigt die Entwicklung der LHKW-Konzentrationen in den letzten Monaten. Der Sanierungszielwert liegt bei 25 mg/m<sup>3</sup> Summe LHKW.

---

## FAZIT

Durch die ISCO-Sanierung konnte ein signifikanter Rückgang der LHKW-Konzentrationen in weiten Bereichen im Grundwasser auf der Sanierungsfläche Eppsteiner Straße erreicht werden. Inwieweit dieser Vorgang dauerhaft ist, muss sich in den kommenden Monaten zeigen. Eine Verminderung der LHKW-Konzentrationen am GWM5 konnte bisher nicht festgestellt werden.

Der Einfluss der Grundwasserverunreinigung auf die Bodenluft konnte im zeitlich befristeten Rahmen nachgewiesen werden. Die Gehalte in der Bodenluft liegen nach ISCO deutlich unterhalb der Gehalte von vor der Behandlung der gesättigten Bodenzone.

CDM Smith Consult GmbH  
10.08.2020

Dr.-Ing. Volker Schrenk

## Anhang

Tabelle 1: Verlauf der LHKW-Konzentrationen in den Bodenluftabsaugpegeln

Brunnen	28.11.2019 (Online-GC) [mg/m <sup>3</sup> ]	04.02.2020 (Online-GC) [mg/m <sup>3</sup> ]	01.04.2020 (Online-GC) [mg/m <sup>3</sup> ]	27.05.2020 (Online-GC) [mg/m <sup>3</sup> ]	27.07.2020 (Online-GC) [mg/m <sup>3</sup> ]
E1	18	0	0	0	1
E2	4	3	4	4	19
E3	9	364	2	3	0
E4	115	414	160	111	0
E5	0	0	4	0	11
E6	0	0	1	19	3
E7	190	77	37	35	5
E8	50	53	11	5	39
E9	350	506	0	0	0
E10	217	83	39	40	8
E11	1.450	3124	957	967	27
E12	1	0	5	0	8
E13	0	0	0	0	0
E14	8	1	0	0	3
E15	289	668	101	0	17
E16	63	0	12	0	0
E17	0	2	0	2	4
E18	6	12	0	12	3