

**Endbericht
Altlaststandort Kupferhütte Ilsenburg**

**Weiterführung des mittelfristigen
GW-Monitorings 2011 - 2015**

**Untersuchungskampagne
Juni 2015**

Lübecker Straße 53-63
39124 Magdeburg

Geschäftsführer:
Dr. Uta Alisch (Vorsitz)
Dr. Rolf Balthes
Dr. Dirk Brinschwitz
Wolfgang Weinhold

Tel.: 0391 2447280
Fax: 0391 2447289
fugro@fugro.de
www.fugro.de

AG Berlin-Charlottenburg
HRB 134082 B
Ust.-IdNr.: DE 150 375 679

Deutsche Bank AG
Konto-Nr. 960 300 2
BLZ 100 700 00

IBAN: DE83 1007 0000 0960 3002 00
SWIFT/BIC: DEUTDE33XXX

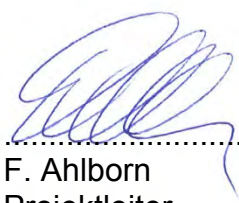
Auftraggeber: Ilsenburger Grobblech GmbH
Veckenstedter Weg 10
38871 Ilsenburg

Auftragnehmer: Fugro Consult GmbH
Lübecker Straße 53-63
39124 Magdeburg

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Frank Ahlborn

Kurztitel: Ilsenburg, GW-Monitoring
KT-Nr.: 4411090

Fugro Consult GmbH

Bestätigt: 
F. Ahlborn
Projektleiter

Datum: Magdeburg, 27.10.2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	6
2	Projektbeteiligte	6
3	Standortbeschreibung.....	7
3.1	Allgemeine Angaben.....	7
3.2	Geologische und hydrogeologische Standortsituation	7
4	Durchgeführte Arbeiten.....	8
4.1	Stichtagsmessungen	8
4.2	Automatische Wasserstandsmessungen (Datenlogger)	8
4.3	Auswertung von Niederschlagsdaten	9
4.4	Probenahmen	9
4.5	Analytik	11
5	Ergebnisse	11
5.1	Hydrodynamik.....	11
5.1.1	Lockergesteinsgrundwasserleiter (GWL1)	11
5.1.2	Festgesteinsgrundwasserleiter (GWL2)	12
5.1.3	Niederschlagsdaten	13
5.1.4	Datenloggeraufzeichnungen.....	14
5.2	Hydrogeochemische Verhältnisse	18
5.2.1	Sensorische Untersuchungen und Vor-Ort-Messungen.....	18
5.2.1.1	Lockergesteinsgrundwasserleiter (1. GWL)	18
5.2.1.2	Festgesteinsgrundwasserleiter (2. GWL)	19
5.2.1.3	Oberflächengewässer (Ilse).....	20
5.3	Bewertung der Stoffkonzentrationen	20
5.3.1	Bewertungsgrundlagen.....	20
5.3.2	Aktuelle Stoffkonzentrationen Lockergesteinsgrundwasserleiter (1. GWL)	22
5.3.3	Aktuelle Stoffkonzentrationen Festgesteinsgrundwasserleiter (2. GWL)	24
5.3.4	Aktuelle Schadstoffkonzentrationen Oberflächengewässer (Ilse)	25
5.3.5	Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Abstrom des Schadensherdes	25
6	Vorschläge zur Weiterführung des Monitorings.....	31
7	Zusammenfassung	34
8	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Beprobte GWMS pro Messkampagne	9
Tabelle 5-1:	Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Abstrom der Elektrolysehallen (1. GWL)	19
Tabelle 5-2:	Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Abstrom der Elektrolysehallen (2. GWL)	19
Tabelle 5-3:	Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Oberflächengewässer (Ilse)	20
Tabelle 5-4:	Grundlagen für die Bewertung von Grundwasserkontaminationen	21
Tabelle 5-5:	Grundlagen für die Bewertung von Oberflächenwasserkontaminationen	22
Tabelle 6-1:	Empfohlenes Messnetz Grundwasser	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1:	Tägliche und monatliche Niederschlagssummen (01.05.14 - 30.04.15)	13
Abbildung 5-2:	Jahressummen der Niederschläge innerhalb der Betrachtungszeiträume	14
Abbildung 5-3:	Datenloggeraufzeichnungen IK 041/95 u. Niederschlagssummen	15
Abbildung 5-4:	Datenloggeraufzeichnungen GWM 1/04 u. Niederschlagssummen	16
Abbildung 5-5:	Datenloggeraufzeichnungen GWM 1A/05 u. Niederschlagssummen	17
Abbildung 5-6:	Entwicklung der Ni-Konzentrationen im Abstrom der Elektrolysehallen (1. GWL)	26
Abbildung 5-7:	Gegenüberstellung Ni-Konzentrationen und GW-Spiegel (+ 6 Monate)	27
Abbildung 5-8:	Stoffentwicklung (As, Cu, Ni, Zn) an GWM 1/05	28
Abbildung 5-9:	Entwicklung der Ni-Konzentrationen im Abstrom der Elektrolysehallen (2. GWL)	29

Anlagenverzeichnis

- 1 Karten
 - 1.1 Übersichtskarte mit Lage der Messstellen
 - 1.2 Grundwassergleichenpläne der Stichtagsmessung vom 08.06.2015
 - 1.2.1 1. GWL
 - 1.2.2 2. GWL
 - 1.3 Stoffverteilungskarten Wasser
 - 1.3.1 Metalle 1. GWL
 - 1.3.2 Anionen+Kationen 1. GWL
 - 1.3.3 Metalle 2. GWL
 - 1.3.4 Anionen+Kationen 2. GWL
 - 1.3.5 Oberflächengewässer (Ilse)
- 2 Diagramme der Grund- und Oberflächenwasserdynamik
 - 2.1 GW-Ganglinien 1. GWL (Lockergestein)
 - 2.2 GW-Ganglinien 2. GWL (Festgestein)
 - 2.3 OW-Ganglinien (Ilse)
 - 2.4 Ganglinienverläufe Datenlogger
- 3 Diagramme der Wasseranalysen
 - 3.1 Schadstoffentwicklung 1. GWL (Lockergestein)
 - 3.2 Schadstoffentwicklung 2. GWL (Festgestein)
 - 3.3 Schadstoffentwicklung Oberflächenwasser (Ilse)
- 4 Protokolle
 - 4.1 Stichtagsmessungsprotokoll der Stichtagsmessung vom 08.06.2015
 - 4.2 GW-Probenahmeprotokolle
 - 4.3 OW-Probenahmeprotokolle
- 5 Prüfbericht Analytik (UCL)
- 6 Tabellarische Übersicht der Analytikergebnisse der Beprobungskampagne 06/2015
- 7 Digitale Anlagen auf CD
 - Bericht zur Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse - Untersuchungskampagne Juni 2015
 - Datenbank zum Grund- und Oberflächenwassermonitoring - Stand: 08.06.2015 / Stammdaten + Ausbaudaten GWMS / Stichtagsmessungen / Wasseranalysen / Sedimentanalysen / Datenloggeraufzeichnungen IK017-91, IK022-93-5“, IK041-95, GWM1A/05, GWM 1/04 / Niederschlagsdaten der Wetterstationen Stapelburg und Ilseburg

Abkürzungsverzeichnis

BBodSchV	Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWH	Grundwasserhemmer
GWGL	Grundwassergeringleiter
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermessstelle
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
M-Wert	LAWA-Maßnahmewert
OK	Oberkante
OWMS	Oberflächenwassermessstelle
P-Wert	LAWA-Prüfwert
PN	Probenahme
PV	Pumpversuch
ROK	Rohroberkante
UK	Unterkante
WG LSA	Wassergesetz des Landes Sachsen-Anhalt
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Ilseburger Grobblech GmbH führt das bereits in den Jahren 2001 bis 2010 durchgeführte Grundwassermonitoring am Standort der ehemaligen Kupferhütte Ilseburg in den Jahren 2011 bis 2015 fort. Aufgabenstellung des GW-Monitorings ist die Überwachung der Schadstoffquelle unter den Elektrolysehallen IV und V der ehemaligen Kupferhütte sowie des Abstroms.

Das GW-Monitoring 2011-2015 sollte gemäß Leistungsbeschreibung folgende Hauptleistungen umfassen:

- Jährliche Stichtagsmessung von Grund- und Oberflächenwasserständen
- Kontinuierliche Messungen von Grundwasserständen an ausgewählten Messstellen
- Jährliche Beprobung und analytische Untersuchung von Grund- und Oberflächenwässern
- Dokumentation und Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die mit dem Monitoring gewonnenen Daten sollten die Schadstoffsituation im Grund- und Oberflächenwasser der ehemaligen Kupferhütte dokumentieren und Informationen über die Auswirkungen der bereits am Standort durchgeführten Sanierungsmaßnahmen (Errichtung einer Dichtwand im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen und Verdämmung des Zerrherdstollens) liefern.

Die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen haben, wie erwartet, zu einer veränderten Hydrodynamik am Standort geführt, in dessen Folge im Abstrom der Elektrolysehallen zunächst ein deutlicher Anstieg von Schwermetallkonzentrationen im Grundwasser zu verzeichnen war, obwohl die Nachlieferung aus den Hauptquellen des Schadens durch die Sicherungsmaßnahmen unterbunden ist.

Im Ergebnis einer Besprechung bei der LAF am 02.08.2012 wurde vereinbart, die ursprünglich jährlichen Beprobungsintervalle aufgrund der aktuellen Entwicklungen temporär entsprechend zu verdichten und das Messnetz an die veränderte Situation anzupassen. Ab 04/2013 wurden die Untersuchungsintervalle wieder auf den ursprünglichen, jährlichen Rhythmus vergrößert, die Anpassung des Messnetzes wurde hingegen beibehalten.

Mit dem vorliegenden Endbericht erfolgt die Dokumentation der Untersuchungskampagne vom Juni 2015 sowie die Aktualisierung und Neubewertung der bisherigen Monitoring-Ergebnisse. Darüber hinaus werden Empfehlungen zur Fortsetzung des Monitorings gegeben.

2 Projektbeteiligte

<u>Auftraggeber (AG):</u>	Ilseburger Grobblech GmbH Veckenstedter Weg 10 38871 Ilseburg
<u>Freistellungsbehörde:</u>	Landesanstalt für Altlastenfreistellung Sachsen-Anhalt Maxim-Gorki-Straße 10 39108 Magdeburg
<u>Projektsteuerer:</u>	Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH Steinweg 4 30989 Gehrden

Auftragnehmer (AN): Fugro Consult GmbH
Lübecker Str. 53-63
39124 Magdeburg

3 Standortbeschreibung

3.1 Allgemeine Angaben

Der Standort der ehemaligen Kupferhütte Ilseburg wurde seit dem 19. Jahrhundert im Rahmen der Kupferverarbeitung und Kupfergewinnung aus kupferhaltigen Abfällen (Hüttenprozesse) genutzt. Ab dem Jahre 1915 wurde die elektrochemische Raffination des Schmelzkupfers zu hochreinem Elektrolytkupfer eingeführt und bis zur Stilllegung des Werkes im Jahre 1990 betrieben. Aufgrund mangelhafter Wartung und Instandhaltung der Anlagen, Abdichtungssysteme und Hallenfußböden sowie dem sorglosen Umgang mit schutzgutgefährdenden Stoffen kam es in Folge von Leckagen und Handhabungsverlusten zu einem massiven Eintrag von nickel- und kupfergesättigten schwefelsauren Lösungen in den Untergrund der ehemaligen Elektrolysehallen.

Ende 2008 wurden die Elektrolysehallen IV und V oberirdisch abgebrochen und z. T. tiefenenttrümmert sowie der Hauptschaden mittels Errichtung einer Dichtwand und Herstellung einer Oberflächenversiegelung gesichert. Als sekundäre Maßnahme zur Unterbindung des Schadstoffaustrags in die Ilse erfolgte der Versatz des Zerrenherdstollens.

3.2 Geologische und hydrogeologische Standortsituation

Regionalgeologisch liegt das Untersuchungsgebiet an der SW-Flanke des subherzynen Beckens im Übergang zur Aufrichtungszone der Nordharzstörungszone. Als Hauptentlastungsgebiet fungiert der Vorfluter Ilse. Die kiesig-steinigen bis sandigen, z. T. verlehmtten Partien der Ilsebotter und ihrer Nebenläufe haben eine geringe wasserführende Mächtigkeit von mehreren Zentimetern bis einigen Metern. Die Wasserführung ist stark niederschlagsabhängig. Bei verschiedenen Abflussmessungen in der Ilse oberhalb von Ilseburg sowie unterhalb der Kupferhütte wurden Abflusswerte von 167 l/s bis 226 l/s gemessen.

Generell folgt der natürliche Abfluss in den Terrassenschottern (1. GWL) der Morphologie der unterlagernden, unverwitterten Ilseburgschichten. Der Flurabstand ist gering und liegt in den Hochflächen bei einigen Metern, in den Niederungen z. T. bei weniger als einem Meter. Der erste Grundwasserleiter ist ungespannt. Die große Inhomogenität der quartären Bildungen schafft eine starke räumliche Varianz von Grundwasserdurchlässigkeiten. Der durchschnittliche kf-Wert für die quartären Bildungen liegt im Bereich zwischen 10^{-4} m/s und 10^{-5} m/s. Lokal treten aber auch ein bis zwei Zehnerpotenzen niedrigere bzw. höhere Durchlässigkeiten auf. Die lehmig tonigen Verwitterungsbereiche des Ilseburgmergels stellen den ersten Grundwasserstauer dar. Aufgrund seiner unterschiedlichen Mächtigkeit und z. T. sandiger Einlagerungen ist ein hydraulischer Kontakt zwischen den Grundwässern des ersten und zweiten Grundwasserleiters möglich. Die Grundwasserführung im Ilseburgmergel (2. GWL) ist nur auf geklüftete Bereiche beschränkt, wobei eine Abnahme der Klüfte mit der Tiefe besteht. Die Ilseburgschichten sowie die übrigen Schichten des

Untercampan in störungsnahen Bereichen weisen eine hohe Wasserführung und entsprechend hohe Durchlässigkeitsbeiwerte auf. Das durchschnittliche arithmetische Mittel der k_f -Werte für die nicht geklüfteten Bereiche liegt bei $9,9 \cdot 10^{-7}$ m/s, insgesamt liegen die k_f -Werte zwischen $1,9 \cdot 10^{-6}$ m/s und $4,7 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Das Grundwasser im Ilseburgmergel ist gespannt. Die Grundwasserdruckfläche im Untersuchungsgebiet liegt zwischen 4,0 m und 15,0 m unter Gelände, in den Niederungsgebieten oberflächennäher, in den Geländeerhebungen teilweise tiefer als 15,0 m unter Flur.

Der unmittelbare Untergrund des ehemaligen Betriebsgeländes besteht aus unterschiedlich mächtigen Aufschüttungsmassen, stark inhomogener Zusammensetzung. Als Herkunft der Aufschüttungen kommen die ehemalige Kupferhütte sowie das benachbarte Stahlwalzwerk Ilseburg in Betracht. Altersmäßig sind sie überwiegend der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts zuzuordnen. Durch die Ablagerungen wurden große relativ ebene Flächen auf dem Betriebsgelände geschaffen. Am stärksten wurden Areale des Ilsetales eingeebnet. Im Ilsetunnelbereich und im Gebiet nördlich der ehem. Elektrolysehallen erreichen die Mächtigkeiten der Auffüllungen ca. 7 m. Im Umfeld der Gebäude ist die Mächtigkeit mit ca. 2-3 Metern dagegen geringer. Unter den ehem. Elektrolysehallen und der ehem. Flammofenhalle erreichen die Mächtigkeiten maximal 1 m. Die Aufschüttungen im Umfeld der Gebäude sind weitflächig durch Verkehrsflächen versiegelt. Aufgrund der extrem heterogenen Ausbildung treten lokal variierend unterschiedliche Wasserdurchlässigkeiten auf. Der Zerrenherdstollen, ein ehemaliger Wasserableitungstollen in bergmännischer Trockenbauweise, durchschnitt in etwa 10 m Tiefe von Süd nach Nord das Untersuchungsgebiet. Im südlichen Bereich verlief er vollständig im klüftigen Mergel und fungierte als Entwässerung des 2. GWL. Im nördlichen Bereich erreichte der Zerrenherdstollen bis zum Mundloch den Terrassenschotter und stand mit diesem in hydraulischem Kontakt. Die Sohle des Stollens wurde durch den verwitterten Ilseburgmergel gebildet. Ende 2008 wurde der Stollen vollständig verdämmt und damit der hydraulische Kontakt zwischen den Terrassenschottern und dem Ilseburgmergel unterbrochen.

4 Durchgeführte Arbeiten

4.1 Stichtagsmessungen

Im Rahmen des GW-Monitorings 2011 - 2015 wurden insgesamt 9 Stichtagsmessungen (parallel zu den Beprobungskampagnen) durchgeführt. Die Messungen erfassten alle zur Bewertung der aktuellen Belastungssituation erforderlichen Messstellen im 1. GWL, 2. GWL und in der Ilse.

Das Stichtagsmessungsprotokoll der aktuellen Untersuchung vom 08.06.2015 ist in Anlage 4.1 dargestellt.

Aus den Messungen wurden für die beiden relevanten GWL am Standort Grundwassergleichenpläne erstellt (s. Anlage 1.2.)

4.2 Automatische Wasserstandsmessungen (Datenlogger)

Zu Beginn des aktuellen GW-Monitorings wurden am 07.06.2011 in die drei Messstellen GWM 1/04 (1. GWL), GWM 1A/05 (2. GWL) und IK 041/95 (1. GWL) Datenlogger eingebaut, die den kontinuierlichen

Ganglinienverlauf der Wasserspiegelstände aufzeichnen sollen. Zur Aufzeichnung wurden Messintervalle im Abstand von 6 Stunden festgelegt.

Die Auslesungen der Daten erfolgten jeweils im Rahmen der Jahresbeprobungen (30.07.2012, 07.05.2013, 10.06.2014 und 08.06.2015). Im Rahmen der aktuellen Untersuchungskampagne wurden die Datenlogger wieder deinstalliert. Die erfassten Wasserspiegelstände sind aufgrund der Menge an Datensätzen nur digital in der Datenbank (Anlage 7) dokumentiert. Die Ganglinien der Wasserstände der Loggeraufzeichnungen sind in Anlage 2.4 dargestellt.

4.3 Auswertung von Niederschlagsdaten

Während des Monitorings 2001 - 2010 zeigten die untersuchten Grund- und Oberflächenwässer Schwankungen des Wasserspiegels, in Abhängigkeit von den klimatischen Verhältnissen. Um auch im aktuellen Monitoring den Einfluss der Niederschläge auf das Grund- und Oberflächenwasserregime am Standort abschätzen zu können, wurden wie bereits während des Monitorings 2005 - 2010 die Tageswerte der Niederschlagssummen der DWD-Station Stapelburg (ca. 3,5 km nordwestlich von Ilsenburg) für den gesamten aktuellen Untersuchungszeitraum vom 01.05.2011 - 30.04.2015 ausgewertet.

Da durch den AG, hinsichtlich der Nutzung der Niederschlagsdaten der Station Stapelburg, angemerkt wurde, dass es aufgrund der Entfernung der Station zum Untersuchungsstandort, insbesondere bei ausgeprägt lokalspezifischen Wetterereignissen (z.B. Starkniederschläge bei Gewittern), zu deutlichen Differenzen zwischen den Daten der Wetteraufzeichnungen der Station Stapelburg und den tatsächlich am Standort festgestellten Ereignissen kommen kann, wurden für den Betrachtungszeitraum 01.05.2012 - 30.04.2015 zusätzlich zu den Wetterdaten des DWD auch die Niederschlagsdaten der von meteomedia betriebenen Wetterstation Ilsenburg (Entfernung zum Untersuchungsbereich: ca. 1,3 km) ausgewertet.

4.4 Probenahmen

Im Rahmen des zwischen 06/2011 und 06/2015 durchgeführten Monitorings wurden insgesamt neun Untersuchungskampagnen mit unterschiedlichen Messnetzumfängen durchgeführt, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 4-1: Beprobte GWMS pro Messkampagne

GWMS	GWL	Lage der GWMS	06/11	11/11	05/12	07-08/12	10/12	02/13	04/13	06/14	06/15	Bemerkungen
IK040-95	1	Anstrom	x			x			x	x	x	
GWM5/1	1	Anstrom	x			x			x	x	x	
GWM5/09	1	Anstrom							x			temporär trocken
IK016-91	2	Anstrom	x			x			x	x	x	
IK027-93-2"	2	Anstrom	x			x			x	x	x	
GWM5/2	2	Anstrom	x			x			x	x	x	
GWM4A04	2	Anstrom	x			x			x	x	x	
GWM2/09	1	Zentrum, innerhalb Dichtwand							x			temporär trocken
GWM3/09	1	Zentrum, innerhalb Dichtwand							x	x	x	temporär trocken
GWM4/09	1	Zentrum, innerhalb Dichtwand	x						x	x	x	temporär trocken

GWMS	GWL	Lage der GWMS	06/11	11/11	05/12	07-08/12	10/12	02/13	04/13	06/14	06/15	Bemerkungen
GWM1/09	1	Zentrum, außerhalb Dichtwand							x			temporär trocken
GWM5/06	1	Zentrum, außerhalb Dichtwand				x				x	x	Ersatz für GWM1/09
GWM6/09	1	Zentrum, außerhalb Dichtwand	x			x			x	x	x	
GWM1/05	1	naher Abstrom	x		x	x	x	x	x	x	x	temporär trocken
GWM3/06	1	naher Abstrom										temporär trocken
GWM4/06	1	naher Abstrom				x		x	x		x	Ersatz für GWM3/06
GWM8/09	1	naher Abstrom	x	x		x		x	x	x	x	
IK020-93	2	naher Abstrom			x	x	x	x	x	x	x	
GWM1A/05	2	naher Abstrom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GWM7/09	2	naher Abstrom	x	x		x		x	x	x	x	
IK010-90	1	mittlerer Abstrom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IK011-90	1	mittlerer Abstrom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IK022-93-2"	2	mittlerer Abstrom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IK012-90	1	weiter Abstrom				x	x	x	x	x	x	
IK028-93	1	weiter Abstrom	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IK038-95	1	weiter Abstrom				x	x	x	x	x	x	
Ilsetunnel	OW	OW	x		x	x	x	x	x	x	x	
UWI	OW	OW	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
OW1	OW	OW			x	x	x	x	x	x	x	Messpunkt 05/12 neu eingerichtet (OWMS Ilse, nahe IK028-93)
Summe Messpunkte:			18	8	10	23	12	15	27	24	25	

Vor der Beprobung wurde zunächst der Ruhewasserspiegel jeder Messstelle bestimmt. Die Entnahme der Grundwasserproben erfolgte mittels einer Tauchpumpe des Typs Grundfos MP1. Bei Messstellen mit einem Durchmesser <50 mm und bei Messstellen mit einem sehr geringen Zufluss wurde eine Tauchpumpe vom Typ Gigant (Ø 36 mm) eingesetzt. Aufgrund des bei der aktuellen Untersuchungskampagne sehr geringen Wasserstandes an den Messstellen GWM 4/09 und GWM 4/06, der eine Pumpprobe nicht mehr zuließ, wurde an diesen Messstellen, nach 3-maligem Entleeren des Standrohrvolumens, eine Schöpfprobe entnommen.

In den beiden Messstellen GWM 3/06 und GWM 5/09 war der Wasserstand von nur jeweils 5 cm auch für die Entnahme einer Schöpfprobe nicht ausreichend. Die Messstellen GWM 1/09, GWM 2/09 waren trocken, so dass eine Beprobung nicht möglich war. Als Ersatzmessstelle für die GWM 1/09 wurde der benachbarte Pegel GWM 5/06 beprobt.

Die Entnahme der Pumpproben erfolgte (mit Ausnahme der Probenahme an IK 12/90) jeweils nach dem Erreichen der Konstanz der Vor-Ort-Parameter. An IK 12/90 wurde die Probenahme trotz des Nichterreichens der Parameterkonstanz (aber nach dem Erreichen des Mindestabpumpvolumens) durchgeführt, da der Pegel trocken zu fallen drohte und ein zur Beprobung ausreichender Wiederanstieg an der Messstelle z.T. mehrere Tage dauert. Alle GW-Proben wurden vor dem Abfüllen in die durch das Labor gestellten und mit Salpetersäure konservierten Probenahmegefäße mittels Membranfilter vor Ort filtriert. Die entnommenen Wasserproben wurden gekühlt und dunkel gelagert und im Anschluss an die Beprobung dem Labor zur Analytik übergeben.

Die Entnahme der Oberflächenwasserproben erfolgte mittels Probenschöpfer jeweils in einer Entfernung von ca. 1 m vom Ufer aus und in einer Tiefe von 0 - 10 cm unter der Wasseroberfläche. Die

Oberflächenwasserproben wurden unfiltriert in Probenahmegefäße ohne Konservierungsmittel abgefüllt. Die Membranfiltration erfolgte erst im Labor, unmittelbar vor der Analytik.

Die Probenahmeprotokolle der aktuellen Kampagne befinden sich in den Anlagen 4.2 (Grundwasser) und 4.3 (Oberflächenwasser).

4.5 Analytik

Die Analytik der GW-Proben erfolgte im Zeitraum vom 11.06.-19.06.2015 durch die UCL - Umwelt Control Labor GmbH, Lünen. Neben der Bestimmung der standortspezifischen Leitparameter As, Cu, Ni und Zn wurden im Rahmen der aktuellen Untersuchungskampagne zusätzlich Eisen und Mangan sowie verschiedene Anionen und Kationen untersucht, um die Gesamtsituation des Grundwassers am Standort zu charakterisieren. Die Prüfberichte der Analytik finden sich in Anlage 5. Eine tabellarische Übersicht der aktuellen Analysenergebnisse ist in Anlage 6 dargestellt.

5 Ergebnisse

5.1 Hydrodynamik

5.1.1 Lockergesteinsgrundwasserleiter (GWL1)

Der GW-Gleichenplan (s. Anlage 1.2.1) des oberen GWL zeigt die hydrodynamische Situation am Standort zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung am 08.06.2015. Die GW-Fließrichtung erfolgt von Südosten nach Nordwesten. Mit dem Erreichen der Dichtwand teilt sich der GW-Strom in einen nördlichen (östlich der Dichtwand) und einen westnordwestlichen Teilstrom (westlich der Dichtwand). Die Dichtwand wird dabei vollständig umströmt. Nördlich der Dichtwand ist die GW-Fließrichtung dann direkt nordwestlich auf die Ilse gerichtet, die als Vorfluter wirkt.

Die gemessenen GW-Spiegelstände lagen zwischen 213,66 mNN (IK 038/95) und 223,49 mNN (GWM 1/04). Das hydraulische Gefälle lag im Anstrom zur Dichtwand bei ca. 0,033 und steigt aufgrund des deutlichen Gefälles im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen in Richtung Ilse auf bis zu 0,051 an. Die großen Abstände zwischen den GW-Gleichen an der östlichen Seite der Dichtwand (im Bereich der Pegel GWM 6/09, GWM 8/04 und GWM 8/09) deuten einen Aufstau des Grundwassers durch die Dichtwand an.

Innerhalb der Dichtwand war nur an den beiden Messstellen GWM 3/09 und GWM 4/09 eine Bestimmung des Wasserstandes möglich. Die beiden Messstellen GWM 1/09 und GWM 2/09 waren vollständig trocken. Die Wasserstände lagen zwischen 218,12 mNN an GWM 3/09 und 217,60 mNN an GWM 4/09. Die Höhe der ermittelten Wassersäule in den Pegeln spiegelt jedoch nicht den tatsächlichen Wasserstand im Lockergesteins-GWL innerhalb der Dichtwand wieder, da alle Pegel mit einem Sumpfrohr ausgestattet sind, dass sich innerhalb des Ilseburgmergels befindet. Beide Wasserstände liegen noch unter der Oberkante des Ilseburgmergels (GWM 3/09: -0,30 m; GWM 4/09: -0,48 m). Wie bereits in den vorangegangenen Berichten ausgeführt, sind die gemessenen Wasserstände kein Indiz für eine flächenhafte Wasserführung des Lockergesteins innerhalb der Dichtwand, sondern kennzeichnen vielmehr lokale Bereiche, in denen es

bei hohen GW-Ständen im Festgestein (Druckspiegel des unteren GWL > OK Ilseburgmergel) temporär zu einer geringmächtigen Wasserführung innerhalb der Dichtwand kommt.

Im Ergebnis aller bisher durchgeführten Stichtagsmessungen lässt sich feststellen, dass die hydrodynamischen Verhältnisse im oberen GWL, seit der Errichtung der Dichtwand nur sehr geringfügige Änderungen zeigen. Die bisher ermittelten GW-Fließrichtungen sind bei allen Stichtagsmessungen nahezu identisch und auch die ermittelten hydraulischen Gradienten unterscheiden sich nur wenig. Die Isohypsenpläne zeigen bei allen Messungen eine Entlastung des GWL1 in die Ilse.

5.1.2 Festgesteinsgrundwasserleiter (GWL2)

Der Isohypsenplan des Festgesteinsgrundwasserleiters ist in Anlage 1.2.2 dargestellt. Der Anstrom zum Untersuchungsbereich erfolgt aus südlicher Richtung. Die Fließrichtung im Anstrom ist leicht nordwestlich gerichtet. Im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen ist eine leichte Wasserscheide zu erkennen. Im Gegensatz zum oberen GWL wird die GW-Fließrichtung aber nicht durch die Dichtwand beeinflusst, da diese nicht vollständig in den Ilseburgmergel, sondern nur in die Hangendschichten (Verwitterungsbereich) einbindet. Die Ausbildung der GW-Scheide ist entweder auf morphologische Strukturen im Untergrund oder durch die Vorflutwirkung der Ilse, die z.T. auch auf den unteren GWL wirkt, zurückzuführen.

Die gemessenen GW-Stände lagen zwischen 214,02 mNN (in IK 22-93-5") und 219,24 mNN (in GWM 7A/04). Auch im Ilseburgmergel lässt sich eine Zunahme des hydraulischen Gradienten zwischen Anstrom (ca. 0,010) und Abstrom (ca. 0,031) erkennen.

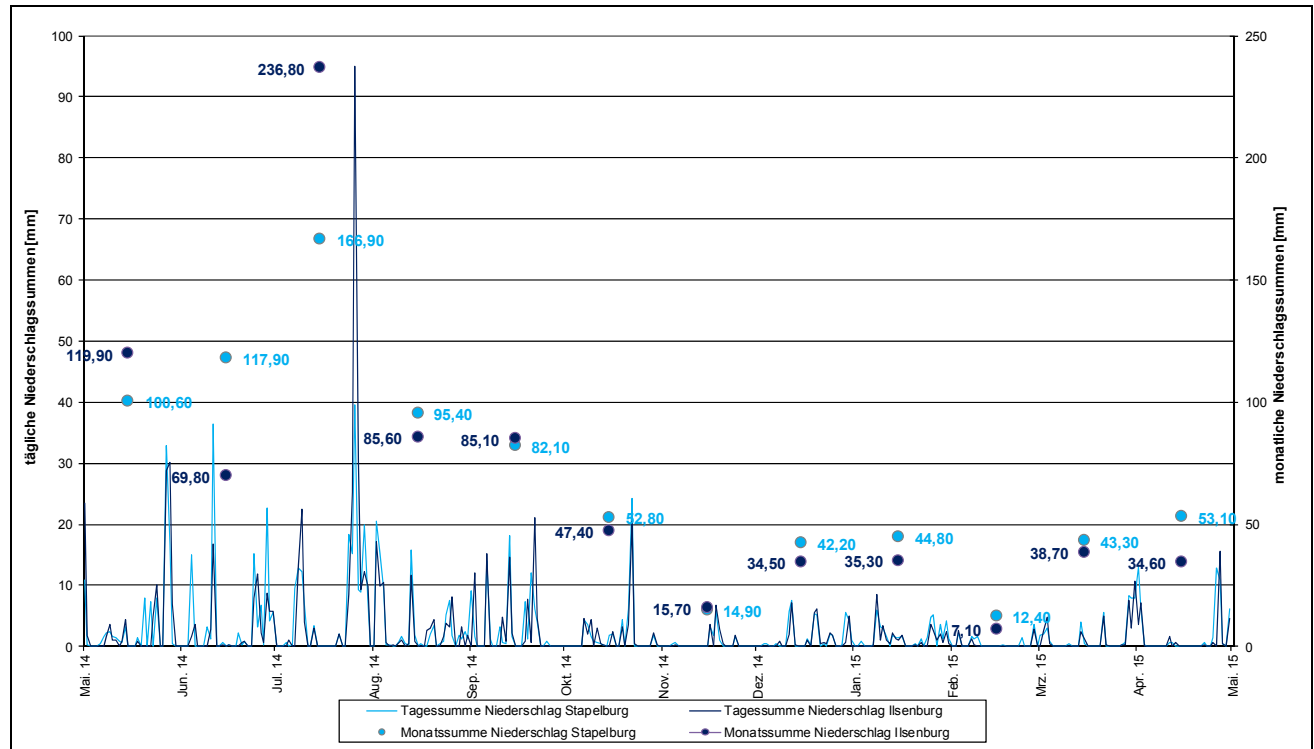
Wie bereits in den beiden letzten Berichten beschrieben, zeigen trotz der Neueinmessung der Rohroberkanten im November 2012 einige der im Festgestein ausgebauten Doppelpegel deutliche Abweichungen in den Wasserständen des 2"- und des 5"-Pegels. Dies betrifft die 4 Messstellen IK 20-93, IK 22-93 und IK 26-93. An IK 27-93 zeigten die Wasserstände zwischen dem Oberpegel und dem Unterpegel bei der aktuellen Messung nur eine sehr geringe Differenz von 1 cm. An den anderen drei Doppelpiegeln liegen jeweils die Wasserspiegel der Oberpegel (2"-Ausbau) über denen der Unterpegel (5"-Ausbau). Die Differenzen liegen zwischen 0,23 m an IK 022-93 und erreichen bis 3,01 m an IK 020-93. Dies spricht für eine hydrodynamische Trennung des unteren GWL in diesem Bereich und ist mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Folge der mit der Tiefe abnehmenden Klüftung des Gesteins. Die nur sehr geringen Wasserspiegelunterschiede an IK-027-93 deuten aber an, dass es innerhalb des Ilseburgmergels auch hydraulisch miteinander kommunizierende (gut geklüftete) Bereiche gibt.

Ein Vergleich des aktuellen Isohypsenplanes mit den Grundwassergleichenplänen der vergangenen Monitoringkampagnen zeigt, dass sich seit Januar 2009 keine signifikanten Änderungen der hydraulischen Verhältnisse im Festgesteinsgrundwasserleiter mehr gezeigt haben. Die bis Dezember 2008 im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen vorhandene Grundwasserscheide hat sich stark zurückgebildet. Die entwässernde Wirkung des Zerrenherdstollens lässt sich seit der Verdämmung im Dezember 2008 nicht mehr erkennen. Die Drainagewirkung des Stollens wurde wirksam unterbrochen. Dies hat lokal (im näheren Einflussbereich des Zerrenherdstollens) zu einem Anstieg des Druckspiegels im GWL2 geführt.

5.1.3 Niederschlagsdaten

Die täglichen und monatlichen Niederschlagssummen für den Betrachtungszeitraum 01.05.2014 - 30.04.2015 wurden zur besseren Vergleichbarkeit für die beiden Stationen Stapelburg und Ilsenburg gemeinsam in einem Diagramm (Abbildung 5-1) dargestellt.

Abbildung 5-1: Tägliche und monatliche Niederschlagssummen (01.05.14 - 30.04.15)



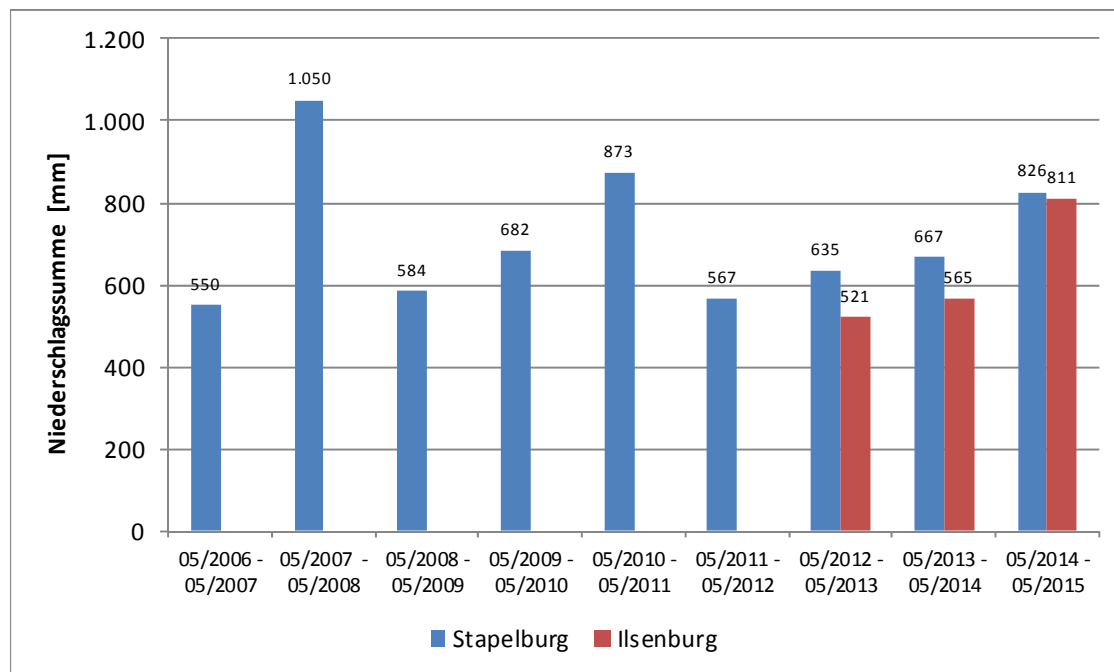
Im Vergleich mit den beiden letzten Betrachtungszeiträumen (05/2012-05/2013 und 05/2013-05/2014) stimmen die Daten der beiden Wetterstationen im aktuellen Betrachtungszeitraum sehr gut überein. Lediglich in den Monaten Juni 2014 ($\pm 69\%$), Februar 2015 ($\pm 75\%$) und April 2015 ($\pm 53\%$) fallen Abweichungen von $>50\%$ bei den monatlichen Niederschlagsmengen auf. In allen anderen Monaten liegen die Differenzen bei $<30\%$. Die Gesamtniederschlagsmengen im Betrachtungszeitraum wichen an den beiden Messstationen mit 811 mm (Ilsenburg = I) und 826 mm (Stapelburg = S) ebenfalls nur geringfügig voneinander ab.

Die niederschlagsreichsten Monate innerhalb des Betrachtungszeitraums vom 01.05.2014 - 30.04.2015 waren 07/2014 (S: 166,9 mm; I: 236,8 mm) und 05/2014 (S: 100,6 mm; I: 119,9 mm), die niederschlagsärmsten Monate waren 02/2015 (S: 12,4 mm; I: 7,1 mm) und 11/2014 (S: 14,9 mm; I: 15,7 mm).

Markante Ereignisse mit mehr als 20 mm täglichem Niederschlag wurden am 01.05.2014 (23,4 mm), 27.05.2014 (28,7 mm), 28.05.2014 (30,1 mm), 09.07.2014 (22,5 mm), 25.07.2014 (25,2 mm), 26.07.2014 (**95,0 mm**), 27.07.2014 (30,5 mm), 21.09.2014 (21,1 mm) und 22.10.2014 (20,6 mm) an der Station Ilsenburg sowie am 27.05.2014 (32,8 mm), 11.06.2014 (36,4 mm), 28.06.2014 (22,7 mm), 26.07.2014 (39,6 mm), 02.08.2014 (20,6 mm) und 22.10.2014 (24,3 mm) an der Station Stapelburg gemessen.

Ein Vergleich mit den Niederschlagssummen der vergangenen Jahre (Betrachtungszeitraum jeweils 01.05. - 30.04.) zeigt, dass die Niederschlagssumme der Station Stapelburg im Zeitraum 30.04.2014 bis 01.05.2015 mit 826 mm deutlich über dem Jahresmittel der letzten 9 Jahre (667 mm) liegt. Da für die Station Ilsenburg aktuell nur Daten der letzten drei Jahre zur Verfügung stehen, ist lediglich ein direkter Vergleich der aktuellen Jahresmenge mit den beiden letzten Betrachtungszeiträumen möglich. Danach zeigt sich ebenfalls ein deutlicher Anstieg der Niederschlagsmenge von +43% im Vergleich zu 05/2013-05/2014 und sogar +56% im Vergleich zum Zeitraum 05/2012-05/2013.

Abbildung 5-2: Jahressummen der Niederschläge innerhalb der Betrachtungszeiträume



Fazit:

Die Auswertung der Niederschlagsdaten der beiden Wetterstationen Stapelburg und Ilsenburg für den zurückliegenden Betrachtungszeitraum hat gezeigt, dass es größtenteils sehr gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Stationen gibt, aber sich insbesondere die Starkregenereignisse lokal sehr unterschiedlich auswirken. Dies wird v. a. bei dem sehr niederschlagsreichen Monat Juli 2014, mit den außergewöhnlich hohen Niederschlagsmengen vom 26.07.2014 deutlich. Nach mittlerweile drei vorliegenden Vergleichsdatenreihen deutet sich an, dass die Gesamtniederschlagsmengen an der Station Ilsenburg z. T. deutlich geringer sind als an der Station Stapelburg (-2% bis -18%).

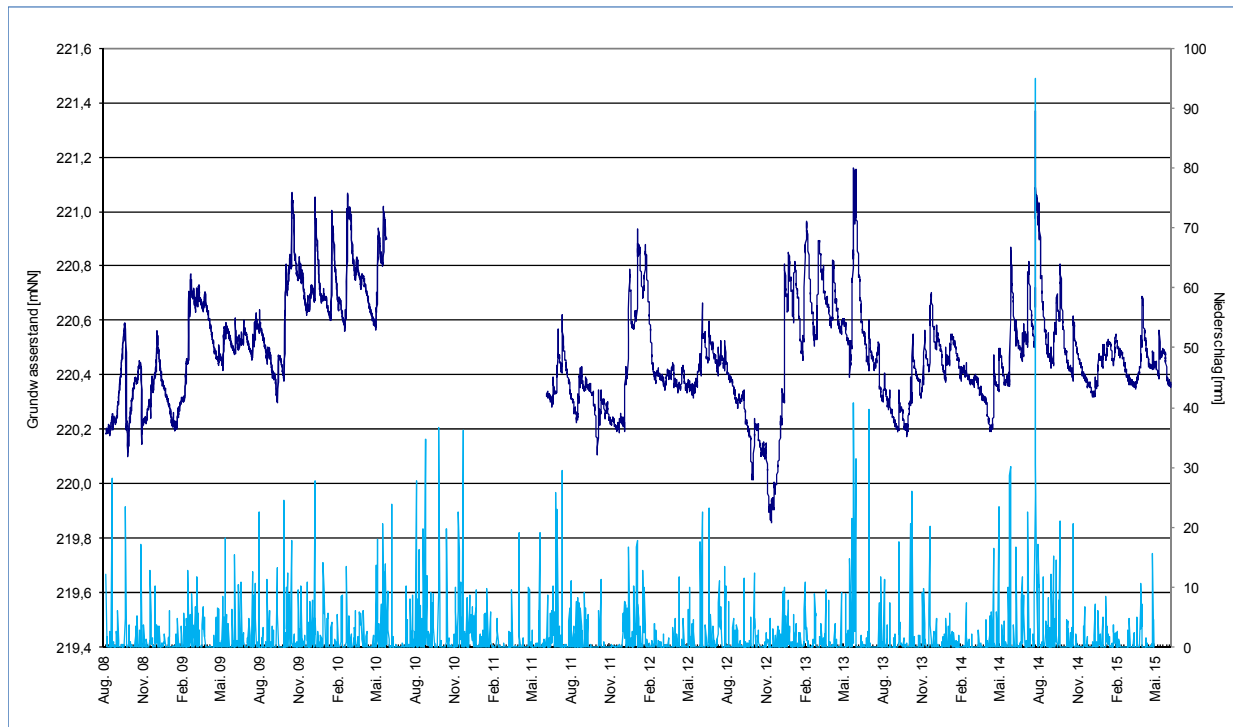
5.1.4 Datenloggeraufzeichnungen

Während des vorangegangenen GW-Monitorings am Standort wurden bereits zwischen 11/2005 und 05/2008 Datenloggeraufzeichnungen in den GWMS IK 017/91, IK 22/93-5", IK 041/95 und GWM 1A/05 durchgeführt.

In IK 041/95 und GWM 1A/05 erfolgten Datenloggermessungen im Beobachtungszeitraum 2008 - 2010. Mit Beendigung des Monitorings wurden die Datenlogger in den beiden Pegeln wieder ausgebaut.

Im Rahmen des GW-Monitorings 2011-2015 wurden seit Beginn (07.06.2011) die GW-Spiegelstände der beiden bereits zwischen 2008 und 2010 beobachteten Messstellen IK 041/95 und GWM 1A/05 sowie der GWM 1/04 mittels Datenloggeraufzeichnungen kontinuierlich erfasst. Für den Zeitraum 05/2010 bis 06/2011 stehen keine Datenloggeraufzeichnungen zur Verfügung.

Abbildung 5-3: Datenloggeraufzeichnungen IK 041/95 u. Niederschlagssummen



In Abbildung 5-3 ist der gesamte Ganglinienverlauf der Messstelle IK 041/95 (1. GWL; östlich der Dichtwand) den Niederschlagsdaten (bis 30.04.2012 Station Stapelburg; ab 01.05.2012: Station Ilsenburg) gegenüber gestellt. Dabei wird sehr gut die unmittelbare Abhängigkeit des Wasserspiegels zu den Niederschlägen deutlich. Zum einen zeigt sich, dass der Wasserspiegelstand bei Starkniederschlagsereignissen direkt durch einen unmittelbaren Anstieg reagiert. Zum anderen ist auch eine deutliche Korrelation der Entwicklung des Wasserstandes in Bezug zur jährlichen Gesamtniederschlagsmenge zu erkennen. Während zwischen 08/2008 und 05/2010 ein insgesamt deutlich ansteigender Trend beim Wasserspiegel um etwa einen Meter zu erkennen ist, der sehr gut zur Entwicklung der Gesamtniederschlagsmenge in diesem Zeitraum passt (s. Abbildung 5-2), lässt sich zwischen 06/2011 und 12/2011 ein deutlicher Rückgang bis auf das Niveau von August 2008 beobachten. Aufgrund der zwischen 05/2010 und 06/2011 fehlenden Datenloggeraufzeichnungen kann keine Korrelation zu den Niederschlagsdaten in diesem Zeitraum erfolgen. Angesichts der hohen Niederschlagsmengen im Zeitraum 07/2010 bis 12/2010 ist aber davon auszugehen, dass die Wasserstände im oberen GWL zwischen 06/2010 und 12/2010 weiter gestiegen sind. Der rückläufige Trend trat mit hoher Wahrscheinlichkeit erst nach den Starkniederschlägen vom Dezember 2010 ein.

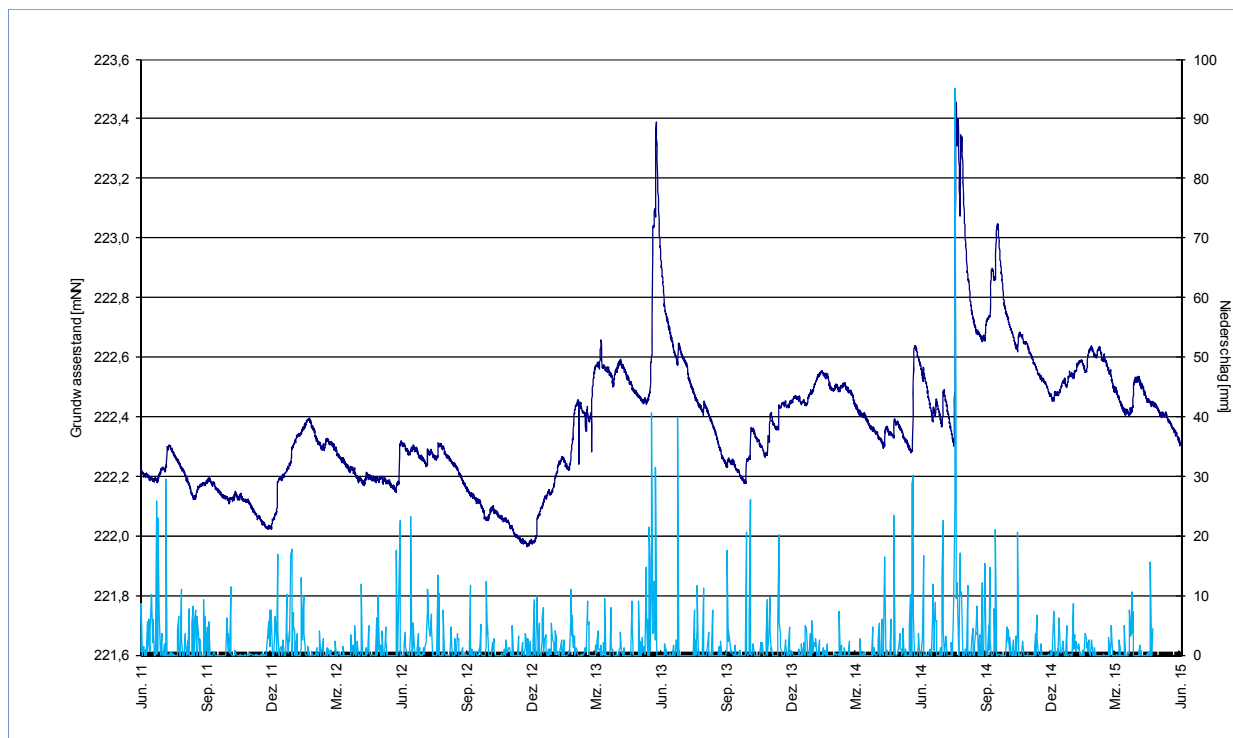
Zwischen 01/2012 und 11/2012 ist ein deutlicher Rückgang der Wasserstände zu erkennen. Am 13.11.2012 wurden der niedrigste Wasserstand innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraums in IK 041/95 gemessen. Danach folgte innerhalb eines Monats ein Anstieg des Wasserspiegels um fast 1 m, der auf eine sehr regenreiche Wetterperiode mit konstanten Niederschlägen zurückzuführen ist (>30 mm Niederschlag in

14 Tagen). Zwischen Dezember 2012 und Ende Mai 2013 lag der Wasserspiegel auf einem vergleichbar hohen Niveau zwischen 220,60 mNN und 220,80 mNN. Im Ergebnis der außergewöhnlich starken Niederschläge zwischen dem 22.05. und 31.05.2013 (insgesamt 145,4 mm) folgte ein unmittelbarer Anstieg des GW-Spiegels auf den bis dahin höchsten registrierten Wasserstand von 221,16 mNN, der sich, infolge des sehr trockenen Folgemonats Juni 2013 sowie der durchschnittlichen Monate Juli bis September 2013 bis Ende September 2013 wieder deutlich zurückentwickelte. Zwischen 09/2013 und 04/2014 gingen die Wasserstände wieder leicht zurück. Ab Mai 2014 zeigt sich durch die höheren Niederschlagsmengen ein Ansteigen des Wasserspiegels in IK 041/95 bis Ende Juli. Infolge der sehr hohen Niederschlagsmengen gegen Ende Juli (und insbesondere durch die starken Niederschläge vom 26.07.2014) stieg der Wasserstand in IK 041/95 innerhalb weniger Tage um 86 cm auf den während des gesamten Untersuchungszeitraumes höchsten gemessenen Wasserstand von 221,37 mNN an. Anschließend zeigte sich bis Anfang Dezember 2014 wieder ein Rückgang des Wasserstandes auf ein Niveau von 220,40 mNN. Ab 12/2014 bis zum Ende der Aufzeichnungen 06/2015 zeigte sich nur ein geringes Schwankungsverhalten zwischen 220,40 mNN und 220,60 mNN.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die IK 041/95 ein ausgeprägt niederschlagsabhängiges Schwankungsverhalten des GW-Spiegels zeigt. Die max. Schwankungsbreite lag innerhalb des Beobachtungszeitraums bei 1,51 m.

Die hohen Wasserstände zwischen Januar 2013 und Ende Mai 2013 haben wie bereits Ende 2010 temporär zu einem leichten Anstieg des Wasserspiegels in der Dichtwand geführt (s. Kapitel 5.1.1), der mit der Stichtagsmessung 04/2013 bestätigt wurde. Ob die ebenfalls sehr hohen Wasserstände gegen Ende Juli 2014 ebenfalls zu einem Anstieg des Wasserspiegels innerhalb der Dichtwand geführt haben, lässt sich mangels Messungen nicht nachprüfen.

Abbildung 5-4: Datenloggeraufzeichnungen GWM 1/04 u. Niederschlagssummen

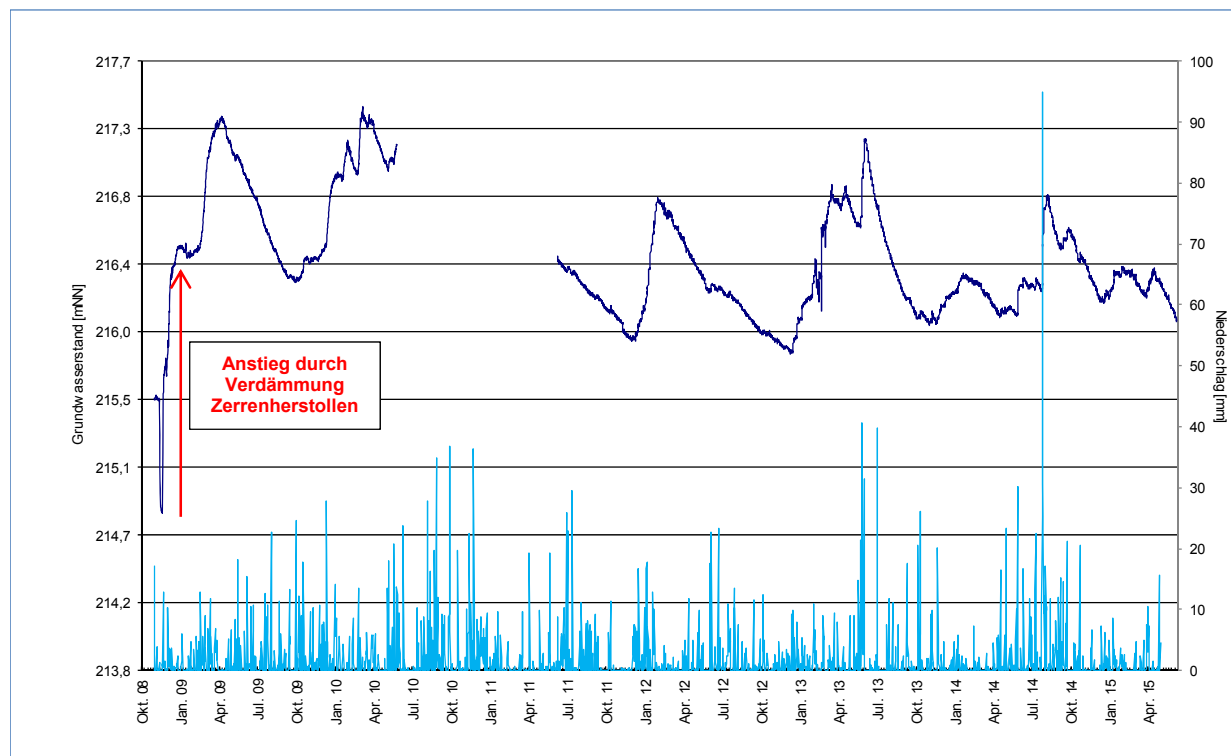


Für die ebenfalls im 1. GWL, im Anstrom verfilterte Messstelle GWM 1/04 stehen nur Datenloggeraufzeichnungen ab 06/2011 zur Verfügung (s. Abbildung 5-4). Auch hier sind sehr deutlich die Korrelationen zwischen Starkniederschlagsereignissen und unmittelbaren Wasserspiegeländerungen zu erkennen. Dies zeigt sich v.a. nach den starken Niederschlägen vom Juni / Juli 2011, Dezember 2011, Juni 2012 und insbesondere sehr deutlich bei den massiven Niederschlägen von Ende Mai 2013 und Ende Juli 2014, in deren Folge die jeweils höchsten Wasserstände in GWM 1/04 von 223,37 mNN am 01.06.13 bzw. 223,45 mNN am 27.07.2014 gemessen wurden.

Das GW-Schwankungsverhalten in GWM 1/04 ist nicht so deutlich ausgeprägt wie bei IK 041/95. Die max. Schwankungsbreite liegt aber mit 1,49 m nur geringfügig niedriger als in IK 041/95.

Die Wasserspiegelentwicklung im unteren GWL kann anhand der Datenloggeraufzeichnungen in GWM 1A/05 (im Abstrom der Dichtwand) dokumentiert werden. Im Gegensatz zum oberen GWL ist eine unmittelbare Abhängigkeit zwischen Wasserstand und Niederschlagsmenge nicht direkt erkennbar, da sich die GW-Neubildung durch die Überdeckung des GWL zeitlich stark verzögert vollzieht. Tendenziell zeigt sich aber auch im 2. GWL eine langfristige Abhängigkeit des Wasserspiegels von der Niederschlagsmenge. Auch an GWM 1A/05 ist sehr gut der deutliche Anstieg des Wasserspiegels zwischen 10/2008 und 06/2010, infolge der hohen Gesamtniederschlagsmengen sowie der Verdämmung des Zerrrenherdstollens in diesem Zeitraum zu erkennen.

Abbildung 5-5: Datenloggeraufzeichnungen GWM 1A/05 u. Niederschlagssummen



Wie auch im oberen GWL zeigt sich zwischen 06/2011 und 12/2011 auch im unteren GWL ein deutlicher Rückgang des Wasserspiegels, aufgrund geringerer Niederschlagsmengen ab Dezember 2010. Die außergewöhnlich hohen Niederschlagsmengen vom Mai 2013 zeigen aber auch im 2. GWL einen deutlichen Anstieg des GW-Spiegels. Dieser tritt nicht unmittelbar (wie im 1. GWL), sondern, aufgrund der Pufferwirkung der stauenden Verwitterungsschichten des Ilsenburgmergels, erst mit einigen Tagen Verzögerung ein. Der Anstieg

fällt insgesamt deutlich abgeschwächer aus (+0,48 m, im Vergleich zu +0,76 m an IK 041/95 bzw. +0,89 m an GWM 1/04), hält aber dafür länger an als im 1. GWL. Die außergewöhnlich hohen Niederschlagsmengen von Ende Juli 2014 zeigen allerdings auch im 2. GWL einen sprunghaften Anstieg des Wasserspiegels. Dieser fällt mit +0,58 m aber ebenfalls deutlich geringer aus, als im oberen GWL, die hohen Wasserstände halten aber dafür deutlich länger an. Insgesamt zeigt der untere GWL ein deutlich größeres Schwankungsverhalten des GW-Spiegels. Die max. Differenz der Wasserstände lag innerhalb des Untersuchungszeitraums in GWM 1A/05 bei 2,62 m.

Insgesamt lassen sich im Ergebnis der Auswertung der aufgezeichneten Wasserstandsdaten der drei installierten Datenlogger sowie der Niederschlagsdaten folgende Aussagen ableiten:

- Deutliche und unmittelbare Abhängigkeit des Wasserspiegels im oberen GWL von der Niederschlagsmenge im Untersuchungsbereich.
- Erkennbare Abhängigkeit des Wasserspiegels von den Niederschlägen auch im unteren GWL, aber zeitlich verzögert, da eine unmittelbare Infiltration und GW-Neubildung durch die stauende Wirkung der Verwitterungsschichten des Ilseburgmergels verzögert wird.

5.2 Hydrogeochemische Verhältnisse

5.2.1 Sensorische Untersuchungen und Vor-Ort-Messungen

5.2.1.1 Lockergesteinsgrundwasserleiter (1. GWL)

Im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen wurden im oberen GWL bei der Abschlussuntersuchung 2015 insgesamt 7 Messstellen beprobt. Die Ergebnisse der sensorischen Untersuchungen und der Vor-Ort-Messungen sind in Tabelle 5-1 dokumentiert.

Die sensorischen Untersuchungen (Färbung, Trübung, Geruch und Ausgasung) zeigten keine Auffälligkeiten, die auf einen Zusammenhang mit dem Schadensherd im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen hindeuten könnten.

Die gemessenen Leitfähigkeiten lagen zwischen 976 und 2.370 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Wassertemperaturen betrugen 10,8 - 14,3 °C, wobei die höchsten Wassertemperaturen (14,3°C an GWM 1/05 und 13,3°C an IK011-90) im unmittelbaren Werksbereich auftreten, was auf den Einfluss des wärmeintensiven Produktionsbetriebes zurückzuführen ist.

Die pH-Werte schwanken insgesamt nur leicht zwischen 6,20 und 7,14. Die gemessenen Sauerstoffgehalte lagen mit Ausnahme der IK012-90 (3,3 mg/l) zwischen 0,2 mg/l und 1,6 mg/l, die Redoxpotentiale zwischen 358 und 471 mV.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Abstom der Elektrolysehallen (1. GWL)

Bezeichnung der GWM	Lage der GWM in Bezug zum Schadensbereich	Färbung	Trübung	Geruch	Ausgasung	Wassertemperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH-Wert	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxpotential [mV]
GWM8/09	naher Abstom	grau	gering	ohne	nein	11,6	1.490	6,59	1,6	471
GWM1/05	naher Abstom	farblos	keine	ohne	nein	14,3	2.370	6,20	0,9	399
IK010-90	mittlerer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	11,6	1.061	6,96	0,2	367
IK011-90	mittlerer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	13,3	2.250	6,38	0,4	458
IK012-90	mittlerer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	10,9	1.130	6,97	3,3	366
IK028-93	weiterer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	11,8	1.152	6,91	0,8	393
IK038-95	weiterer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	10,8	976	7,14	0,3	358

5.2.1.2 Festgesteinsgrundwasserleiter (2. GWL)

Im unteren GWL wurden im Abstom der ehemaligen Elektrolysehallen insgesamt 4 GWMS beprobt. Die Ergebnisse der sensorischen Untersuchungen und der Vor-Ort-Messungen sind in Tabelle 5-2 dargestellt.

Tabelle 5-2: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Abstom der Elektrolysehallen (2. GWL)

Bezeichnung der GWM	Lage der GWM in Bezug zum Schadensbereich	Färbung	Trübung	Geruch	Ausgasung	Wassertemperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH-Wert	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxpotential [mV]
GWM 1A/05	naher Abstom	farblos	keine	ohne	nein	11,3	913	7,13	0,4	337
GWM 7/09	naher Abstom	farblos	keine	ohne	nein	10,4	877	7,18	0,5	435
IK020-93-2"	mittlerer Abstom	farblos	keine	ohne	nein	10,7	887	7,17	0,7	421
IK022-93-2"	mittlerer Abstom	farblos	keine	faulig	nein	11,0	841	7,31	0,2	176

Bei den im Festgesteinsgrundwasserleiter entnommenen Wasserproben zeigen sich, mit Ausnahme des Redoxpotentials und des leicht fauligen Geruchs an IK 022-93-2", keine sensorischen Auffälligkeiten.

Die gemessenen Wassertemperaturen lagen einheitlich zwischen 10,4 °C und 11,3 °C. Auch die Leitfähigkeiten, pH-Werte und Sauerstoffgehalte lagen mit Wertebereichen von 841 - 913 µS/cm, 7,13 - 7,31 und 0,2 - 0,7 mg/l in einem eng begrenzten Bereich. Wie bereits bei den beiden vorangegangenen Probenahmen festgestellt, wich das gemessene Redoxpotential an IK 022-93-2" mit nur 176 mV, deutlich von den anderen Messstellen (337 - 435 mV) ab, was auf deutlich reduzierende Prozesse im Grundwasserleiter hinweist. Zusammen mit dem geringen Sauerstoffgehalt und dem fauligen Geruch des Grundwassers bei der Probenahme deutet dies auf einen möglichen, lokal stattfindenden, mikrobiellen Abbau organischer Komponenten hin. Insgesamt gibt aber die Gesamtheit der gemessenen Vor-Ort-

Parameter keine Hinweise auf eine weitreichende negative Beeinflussung des Grundwassers durch Schadstoffe.

5.2.1.3 Oberflächengewässer (Ilse)

Die Untersuchung des Oberflächenwassers der Ilse wurde im Rahmen der aktuellen Untersuchungskampagne an den drei Messpunkten Ilsetunnel, OW1 und UWI durchgeführt. Die Ergebnisse der sensorischen Ansprachen und der Vor-Ort-Untersuchungen sind in Tabelle 5-3 dargestellt.

Tabelle 5-3: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Oberflächengewässer (Ilse)

Bezeichnung der Probenahmestelle	Lage in Bezug zum Schadensbereich	Färbung	Trübung	Geruch	Wassertemperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH-Wert	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxpotential [mV]
Ilsetunnel	Abstrom	farblos	keine	ohne	12,8	420	7,71	8,1	418
OW1 ¹	Abstrom	farblos	keine	ohne	12,9	386	7,79	7,8	404
UWI	Abstrom	farblos	keine	ohne	12,8	401	7,83	8,0	353

¹ im Mai 2012 neu eingerichtete OW-Messstelle, unmittelbar westlich der IK028-93

Es wurden im Oberflächenwasser keine sensorischen Auffälligkeiten festgestellt. Die ermittelten Vor-Ort-Parameter sind allesamt unauffällig und unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. In Fließrichtung zeigt sich eine tendenzielle Zunahme des pH-Wertes sowie ein leichter Rückgang des Redoxpotentials.

5.3 Bewertung der Stoffkonzentrationen

5.3.1 Bewertungsgrundlagen

Grundwasser:

Zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser gelten in Sachsen-Anhalt die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA [55]. Sie sind als bundeseinheitliche Kriterien für die Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen konzipiert. Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) ist definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden. Bei Überschreitung der GFS liegt ein GW-Schaden vor. Orientierend wurden auch die Prüf- und Maßnahmeschwellenwerte der LAWA [56] mit zur Bewertung herangezogen.

In der folgenden Tabelle sind die entsprechenden Schwellenwerte für die im Rahmen des Monitorings relevanten Parameter Arsen, Kupfer, Nickel und Zink dargestellt.

Tabelle 5-4: Grundlagen für die Bewertung von Grundwasserkontaminationen

Parameter	Einheit	GFS-Wert LAWA	Prüfwerte LAWA	Maßnahmewerte LAWA
Arsen	µg/l	10	2 - 10	20 - 60
Kupfer	µg/l	14	20 - 50	100 - 250
Nickel	µg/l	14	15 - 50	100 - 250
Zink	µg/l	58	100 - 300	500 - 2.000
Chlorid	µg/l	250		
Sulfat	µg/l	240		

Oberflächenwasser:

Zur Ableitung von Zielvorgaben zur Bewertung von Kontaminationen der Oberflächenwässer vereinbarte Ende 1986 die LAWA und das Bundesumweltministerium (BMU) die Gründung des Bund/Länder-Arbeitskreises "Gefährliche Stoffe - Qualitätsziele für oberirdische Gewässer". Die "Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen" wurde im Mai 1993 von der 40. Umweltministerkonferenz verabschiedet. Diese berücksichtigt die Ableitung von Zielvorgaben für insgesamt 5 Schutzgüter.

Die Grundlagen der Ableitung von Zielvorgaben für das Schutzgut **"Aquatische Lebensgemeinschaften"** liefern stoffbezogene ökotoxikologische Untersuchungen an Vertretern von vier zentralen Trophiestufen der Gewässerbiozönose (Bakterien, Grünalgen, Kleinkrebse, Fische). Für die Ableitung der Zielvorgaben werden Daten aus allgemein anerkannten Testverfahren verwendet, deren Ergebnisse eine Aussage über diejenige Konzentration zulassen, die bei längerfristiger Exposition ohne beobachtbare Wirkung bleibt.

Für das Schutzgut **"Berufs- und Sportfischerei"** werden Zielvorgaben auf der Basis der geltenden Höchstmengen für Nahrungsmittel aus dem aquatischen Bereich unter Berücksichtigung von Biokonzentrationsfaktoren abgeleitet.

Für das Schutzgut **"Schwebstoffe und Sedimente"** werden in Ermangelung von Grenzwerten für die Verwendung von Sedimenten die geltenden Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung als Zielvorgaben übernommen.

Für das Schutzgut **"Trinkwasserversorgung"** werden die rechtlich verbindlichen Qualitätsziele der EG-Richtlinie "Oberflächengewässer" (75/440/EWG) als Zielvorgaben übernommen.

Für das Schutzgut **"Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen"** werden rechtlich verbindliche Anforderungen an das Bewässerungswasser als Zielvorgaben übernommen. Liegen keine rechtlich verbindlichen Anforderungen vor, können Zielvorgaben zum Schutz von Pflanzen, Boden und Grundwasser abgeleitet werden.

Eine Übersicht über die Zielvorgaben, für die im Rahmen des Monitorings relevanten Parameter, gibt Tabelle 5-5. Da die Zielvorgaben für die Schutzgüter „Aquatische Lebensgemeinschaft“ und „Schwebstoffe und Sedimente“ eine Beprobung von Bakterien, Grünalgen, Kleinkrebsen und Fischen bzw. von Schwebstoffen und Sedimenten voraussetzen, werden diese Zielvorgaben in Ermangelung von Daten in der Tabelle nicht gelistet. Weiterhin gibt die LAWA für das Schutzgut „Fischerei“ hinsichtlich der relevanten Parameter Kupfer, Nickel und Zink keine

Zielvorgaben vor. Daher werden für die Bewertung der Oberflächenwässer Zielvorgaben für die Schutzgüter „Trinkwasserversorgung“ und „Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen“ herangezogen werden. Im vorliegenden Fall wird das zu bewertende Oberflächenwasser der Ilse eher untergeordnet als Trinkwasser, sondern vielmehr zur Bewässerung der im Abstrom des Altstandortes gelegenen Kleingärten genutzt. Aus Gründen der Konservativität werden die Zielvorgaben für das Schutzgut „Trinkwasser“ dennoch in die Auswertung mit aufgenommen.

Für den Parameter Arsen wird in der LAWA keine Zielvorgabe abgeleitet. Da dieser Parameter im Oberflächenwasser unterhalb der Bestimmungsgrenze analysiert wurde, kann davon ausgegangen werden, dass von dem Altstandort keine Gefahr für das Oberflächenwasser durch Arsen ausgeht, so dass die Anwendung weiterer Bewertungslisten entfallen kann.

Neben den Zielvorgaben der LAWA können für das Oberflächenwasser im Bereich der Messstellen "OW1" und „UWI“ die Überwachungswerte entsprechend der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen [57] angewandt werden. Für die Parameter Arsen und Zink gibt die wasserrechtliche Nebenbestimmung keine Überwachungswerte vor.

Tabelle 5-5: Grundlagen für die Bewertung von Oberflächenwasserkontaminationen

Parameter	Einheit	Schutzgutbezogene Zielvorgaben	
		Trinkwasserversorgung	Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen
Arsen	µg/l	k. A.	k. A.
Kupfer	µg/l	20	50
Nickel	µg/l	50	50
Zink	µg/l	3.000	1.000
Parameter	Einheit	behördliche Vorgabe gem. wasserrechtlicher Nebenbestimmungen für das Oberflächenwasser unterhalb der Einleitstelle (Messstellen "OW1" und "UWI")	
Kupfer	µg/l	22	
Nickel	µg/l	30	
Arsen	µg/l	k.A.	
Zink	µg/l	k.A.	

5.3.2 Aktuelle Stoffkonzentrationen Lockergesteinsgrundwasserleiter (1. GWL)

Metalle / Halbmetalle

Die im Ergebnis der aktuellen Beprobungskampagne ermittelten Stoffkonzentrationen an Metallen und Halbmetallen im oberen GWL sind in Anlage 1.3.1 grafisch dargestellt. Die aktuelle Verteilung zeigt bereits im Anstrom zum Schadensbereich der ehemaligen Elektrolysehallen (an IK 040-95 und GWM 5/1) Überschreitungen von Beurteilungswerten. An GWM 5/1 werden die GFS-Werte für Kupfer (24 µg/l), Nickel (39 µg/l) und Zink (64 µg/l) überschritten, IK040-95 zeigt eine leichte Überschreitung der GFS für Nickel (23 µg/l) sowie stark erhöhte Zinkkonzentrationen im Bereich der Maßnahmewerte. An der unmittelbar außerhalb der Dichtwand liegenden Messstelle GWM 6/09 wurden keine Überschreitungen von

Beurteilungswerten festgestellt. Das Grundwasser zeigt hier aber lokal sehr hohe Konzentrationen an Eisen (7.300 µg/l) und Mangan (2.600 µg/l), die an den beiden Messstellen GWM 5/1 und IK040-95 nur in geringen Konzentrationen auftreten.

Innerhalb der Dichtwand konnten erneut nur die beiden Messstellen GWM 3/09 und GWM 4/09 beprobt werden. An GWM 3/09 wurden erhebliche Belastungen mit Arsen (160 µg/l), Kupfer (530 µg/l), Nickel (360 µg/l) und Zink (2.500 µg/l) oberhalb der Maßnahmewerte festgestellt. Auch die Mangankonzentrationen waren mit 680 µg/l sehr hoch. Eisen wurde dagegen nicht oberhalb der Bestimmungsgrenze festgestellt. An GWM 4/09 überschritten die Konzentrationen an Arsen (64 µg/l), Kupfer (500 µg/l) und Nickel (360 µg/l) die LAWA-Maßnahmewerte (M-Werte), die Konzentrationen an Zink lagen mit 470 µg/l noch im M-Wert-Bereich. Eisen und Mangan waren nur in geringen Konzentrationen bzw. nicht nachweisbar.

Im unmittelbaren Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen zeigen sich auch bei der aktuellen Untersuchung die höchsten Belastungen. Hier wurden v.a. in den Messstellen GWM 5/06, GWM 1/05, IK010-90 und IK011-90 massive Belastungen mit Nickel (bis 4.000 µg/l in IK010-90), Kupfer (bis 1.400 µg/l in GWM 1/05), Arsen (bis 1.800 µg/l in GWM 1/05) und Zink (bis 1.100 µg/l in GWM 5/06) analysiert. Die Mangankonzentrationen sind mit 250 µg/l bis 1.600 µg/l hoch, Eisen wurde nicht oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Der Schwerpunkt der Kontamination liegt aktuell nicht mehr im Bereich der GWM 5/06, sondern im Bereich des unmittelbar nördlich der Dichtwand gelegenen Pegels GWM 1/05 sowie den im direkten Abstrom befindlichen Messstellen IK010-90 und IK011-90. Lediglich die am nordöstlichen Rand der Dichtwand gelegene Messstelle GWM 8/09 zeigt vergleichsweise geringe Konzentrationen. Hier überschreiten nur Nickel (510 µg/l) und Kupfer (31 µg/l) die Beurteilungswerte. Die Messstelle stellt bereits den Randbereich der Belastungen dar.

Im weiteren Abstrom (jenseits der beiden Messstellen IK010-90 und IK011-90) zeigt sich eine Reduktion der Schadstoffe im Grundwasser infolge schadstoffmindernder Prozesse während des Transports. Die Belastungen an den beiden Messstellen IK 012-90 und IK 028-93 (nahe der Ilse) liegen aber bei Nickel mit 290 µg/l und 1.100 µg/l immer noch deutlich oberhalb der Maßnahmewerte. Bei Kupfer liegen die Konzentrationen mit 15 bzw. 62 µg/l oberhalb der GFS- bzw. der Prüfwerte, die Konzentrationen an Zink überschreiten mit 62 µg/l bzw. 99 µg/l die GFS. Arsen und Eisen wurde an keiner der beiden Messstellen oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen, Mangan nur an IK012-90 in geringen Konzentrationen (36 µg/l). Die bereits bei den vorangegangenen Kampagnen festgestellten, deutlich geringeren GW-Belastungen an IK 012-90 werden mit hoher Wahrscheinlichkeit durch eine lokale Hochlage des Ilseburgmergels verursacht. Dadurch besitzt der obere GWL an dieser Stelle lokal eine deutlich geringere Mächtigkeit (und vermutlich auch eine geringere Durchlässigkeit), so dass der Bereich größtenteils durch das Grundwasser umströmt wird. Die an IK 012-90 gemessene geringe Wassersäule der vollständig verfilterten Messstelle sowie das sehr schlechte Wiederanstiegsverhalten des Pegels stützen diese Theorie.

Die noch etwas weiter im Abstrom liegende Messstelle IK 038/95 repräsentiert den Randbereich der Schadstofffahne im Grundwasserleiter. Sie zeigte im Ergebnis der Abschlussbeprobung des aktuellen Monitorings lediglich eine leicht erhöhte Nickel-Belastung von 27 µg/l und damit zum zweiten Mal in Folge eine Überschreitung des GFS-Wertes für Nickel von 14 µg/l. Die Parameter Arsen, Kupfer, Zink und Eisen lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze, Mangan wurde nur in geringen Konzentrationen (38 µg/l)

analysiert. Ein Vergleich des aktuellen Isohypsenplans mit der Schadstoffverteilung zeigt, dass die Messstelle IK 038-95 nicht mehr den Abstrom aus dem Hauptschadensbereich erfasst. Die Schadstofffahne, ausgehend vom Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen, entlastet bereits vorher in die Ilse. Die in IK038-95 aber erneut festgestellten erhöhten Nickel-Belastungen zeigen aber, dass zumindest temporär ein Schadstofftransfer bis zur Messstelle erfolgt.

Anionen / Kationen

Neben den untersuchten Metallen und Halbmetallen im Grundwasser wurden im Rahmen der Abschlussbeprobung des aktuellen Monitorings auch Anionen und Kationen zur Dokumentation der allgemeinen Mineralisierung des Grundwassers untersucht (s. Anlage 1.3.2).

Die Verteilung zeigt v. a. im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen sowie im nahen Abstrom sehr hohe Sulfatkonzentrationen im Grundwasser bis zu 1.440 mg/l in GWM 5/06, die die GFS-Werte der LAWA von 240 mg/l z. T. erheblich überschreiten. Im weiteren Abstrom zeigt sich nur noch an IK028-93 mit 313 mg/l Sulfat eine Überschreitung des GFS-Wertes. Ein Vergleich mit den beiden Anstrompegeln IK040-95 und GWM 5/1 zeigt, dass die Sulfatkonzentrationen südlich der ehemaligen Elektrolysehallen mit 63 µg/l (GWM 5/1) und 124 µg/l (IK040-95) deutlich geringer sind und belegen, dass die Sulfateinträge ins Grundwasser eindeutig aus dem Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen stammen. Als Quellen sind insbesondere die stark bauschutt- und aschehaltigen Auffüllungen anzunehmen.

Eine Überschreitung des GFS-Wertes für Chlorid wurde nur an GWM 5/06 (276 µg/l) festgestellt.

Die Verteilung der Anionen (Na, Mg, Ca und K) zeigt keine besonderen Auffälligkeiten. Die sehr geringen Hydrogenkarbonatkonzentrationen an den beiden Messstellen GWM 3/09 und GWM 4/09 innerhalb der Dichtwand deuten aber im Vergleich mit den generell hohen Hydrogenkarbonatkonzentrationen am Standort darauf hin, dass eine wirksame hydraulische Trennung durch die Dichtwand gegeben ist.

5.3.3 Aktuelle Stoffkonzentrationen Festgesteinsgrundwasserleiter (2. GWL)

Metalle / Halbmetalle

Die aktuelle Belastungssituation im Grundwasser des 2. GWL ist in Anlage 1.3.3 dargestellt. Darauf zeigt sich, dass von den 4 untersuchten Anstrommessstellen IK 027-93-2", IK 016-91, GWM 5/2 und GWM 4A/04 lediglich in IK 027-93-2" leicht erhöhte Schadstoffkonzentrationen festgestellt wurden. Die Ergebnisse der aktuellen Beprobung zeigen leichte Überschreitungen der GFS bei Kupfer (17 µg/l) und Nickel (41 µg/l).

Im Abstrom der Dichtwand zeigen sich dagegen v.a. an der nördlichen Messstelle GWM 1A/05 hohe Konzentrationen an Nickel (980 µg/l), die damit deutlich oberhalb des Maßnahmewertes der LAWA liegen. Die Konzentrationen an Arsen (18 µg/l), Kupfer (37 µg/l) und Zink (61 µg/l) sind im Vergleich mit den Belastungen des 1. GWL nur gering. Die Arsen-Konzentration liegt aber ebenfalls im Bereich der Maßnahmewerte, die Belastungen mit Kupfer im Bereich der Prüfwerte und die Zinkkonzentration knapp oberhalb der GFS.

Von den drei weiter nördlich bzw. nordöstlich, im Abstrom der Elektrolysehallen gelegenen Messstellen IK 022-93-2", IK 020-93-2" und GWM 7/09 zeigen die beiden Pegel IK 020-93-2" (10 µg/l) und GWM 7/09

(15 µg/l) nur sehr geringe Nickel-Konzentrationen. An IK 022-93-2" wurde mit 180 µg/l allerdings eine deutlich höhere Nickel-Belastung (im Bereich der Maßnahmewerte) analysiert, die eine deutliche Verlagerung des Metalls im Grundwasser in Fließrichtung belegt, aber auch gleichzeitig eine deutliche Reduktion der Belastungen auf der vergleichsweise kurzen Strecke zwischen GWM 1A/05 und IK 022-93-2", infolge von Verdünnungseffekten und / oder Diffusionsprozessen anzeigt. Es wird daher davon ausgegangen, dass auch die im 2. GWL ausgebildete Schadstofffahne nur eine geringe Reichweite besitzt, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nur unwesentlich über den Beobachtungsbereich hinaus erstreckt. Eine genaue Abgrenzung der Fahne ist aufgrund fehlender Messstellen nicht möglich. Grundsätzlich ist aber zu berücksichtigen, dass aufgrund der Funktion des Zerrrenherdstollens die Schadstofffahne jahrzehntelang weitgehend fixiert war und nach der Verdämmung des Stollens und der damit verbundenen Veränderung der Hydrodynamik eine langsame Verlagerung der Fahne nicht ausgeschlossen werden kann. Um eine potentielle Verlagerung erkennen zu können sollte daher die nördlich der Ilse gelegene Messstelle IK 021-93-5" mit in das Monitoringprogramm aufgenommen werden.

Anionen / Kationen

Die Untersuchung der Anionen und Kationen im 2. GWL zeigt keine besonderen Auffälligkeiten. Die Konzentrationen der einzelnen Parameter unterscheiden sich nur sehr geringfügig und spiegeln die allgemeine Mineralisation im Grundwasser des Ilseburgmergels wider.

5.3.4 Aktuelle Schadstoffkonzentrationen Oberflächengewässer (Ilse)

Die drei aus der Ilse entnommenen Wasserproben zeigen annähernd identische Stoffkonzentrationen. Von den relevanten Metallen zeigen lediglich Nickel und Eisen Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenzen. Dabei zeigt insbesondere die Zunahme der Nickelkonzentrationen zwischen dem Ilsetunnel (<10 µg/l) und den beiden stromabwärtsliegenden Messpunkten OW 1 (26 µg/l) und UWI (31 µg/l), dass im Bereich der Ilse, über den Zutritt von belastetem Grundwasser Nickel in relevanten Konzentrationen eingetragen wird, das jedoch durch den hohen Verdünnungseffekt des Ilsewassers nur zu vergleichsweise geringen Konzentrationen im Oberflächenwasser führt. Mit 31 µg/l überschreitet die Nickelkonzentration am UWI die behördliche Vorgabe von 30 µg/l.

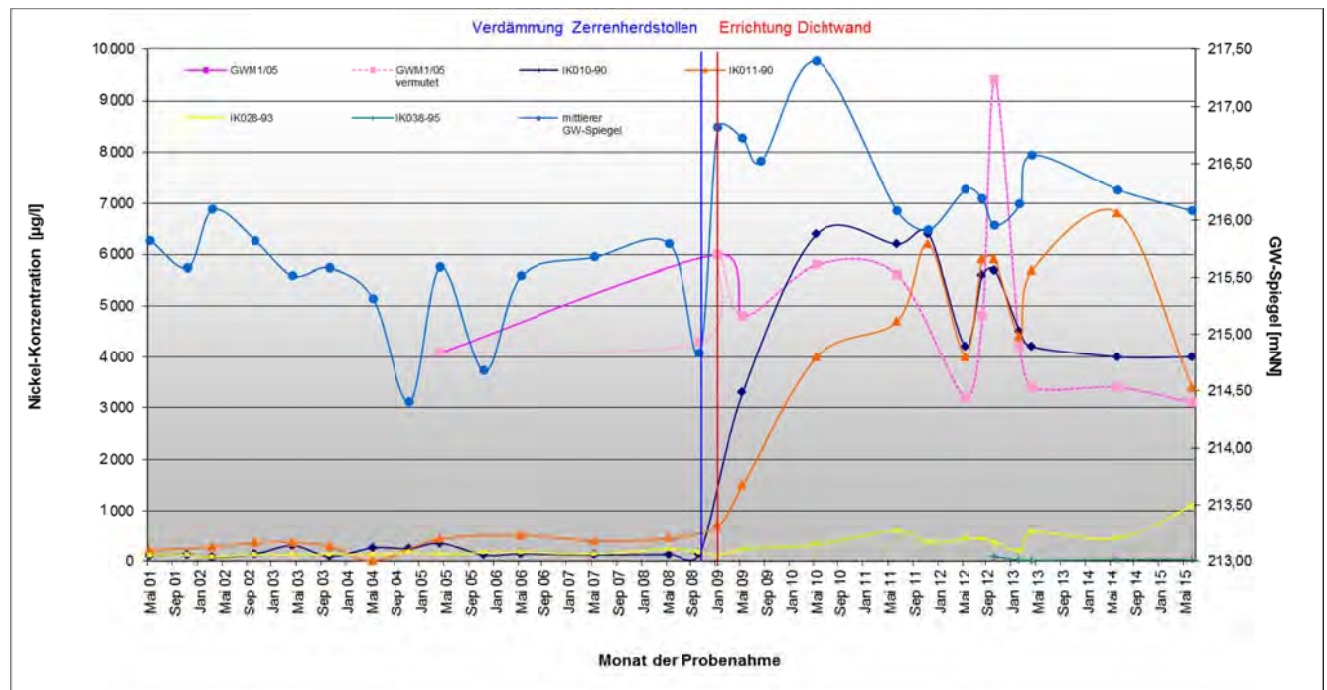
5.3.5 Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Abstrom des Schadensherdes

Lockergesteinsgrundwasserleiter (1. GWL)

Die Schadstoffentwicklung im Hauptabstrom der Elektrolysehallen lässt sich am besten anhand der Entwicklung des Leitparameters Nickel beschreiben. Als Folge der Verdämmung des Zerrrenherdstollens und der damit veränderten Hydrodynamik, kommt es in den Messstellen IK 010-90 und IK 011-90 des oberen GWL zwischen 10/2008 und 05/2010 zu sprunghaft ansteigende Nickel-Konzentrationen (s. Abbildung 5-6). In der den Elektrolysehallen am nächsten liegenden Messstelle GWM1/05 ist der Anstieg der Nickel-Konzentrationen nicht so deutlich ausgeprägt. Dies liegt zum einen daran, dass die Nickel-Konzentrationen an GWM 1/05 bereits vor 2009 sehr hoch lagen und zum anderen daran, dass der Einfluss des

Zerrenherdstollens auf die Hydrodynamik im Umfeld der GWM 1/05 deutlich geringer war, als bei den beiden Messstellen IK 010-90 und IK 011-90. Darüber hinaus stehen für die GWM 1/05 vor 10/2008 nicht genügend Messwerte zur Verfügung, so dass der genaue Zeitpunkt des Konzentrationsanstiegs nur vermutet werden kann. Da das auslösende Element für den Anstieg der Nickelbelastungen die Verdämmung des Zerrenherdstollens ist, muss davon ausgegangen werden, dass auch in GWM 1/05 der Anstieg der Nickelbelastungen im Grundwasser erst unmittelbar nach der Sanierungsmaßnahme erfolgt ist. Alternativ wurde der vermutete Konzentrationsverlauf für Nickel in GWM 1/05 ebenfalls mit in Abbildung 5-6 dargestellt.

Abbildung 5-6: Entwicklung der Ni-Konzentrationen im Abstrom der Elektrolysehallen (1. GWL)



In der abstromfernen Messstelle IK028-93 ist der Anstieg der Nickel-Konzentrationen aufgrund der großen Entfernung zum Schadenszentrum wesentlich geringer ausgeprägt, aber trotzdem deutlich erkennbar. Die geringeren Konzentrationen und der vergleichsweise langsame Anstieg sind als Folge von Schadstoffminderungsprozessen in der Fahne zu sehen.

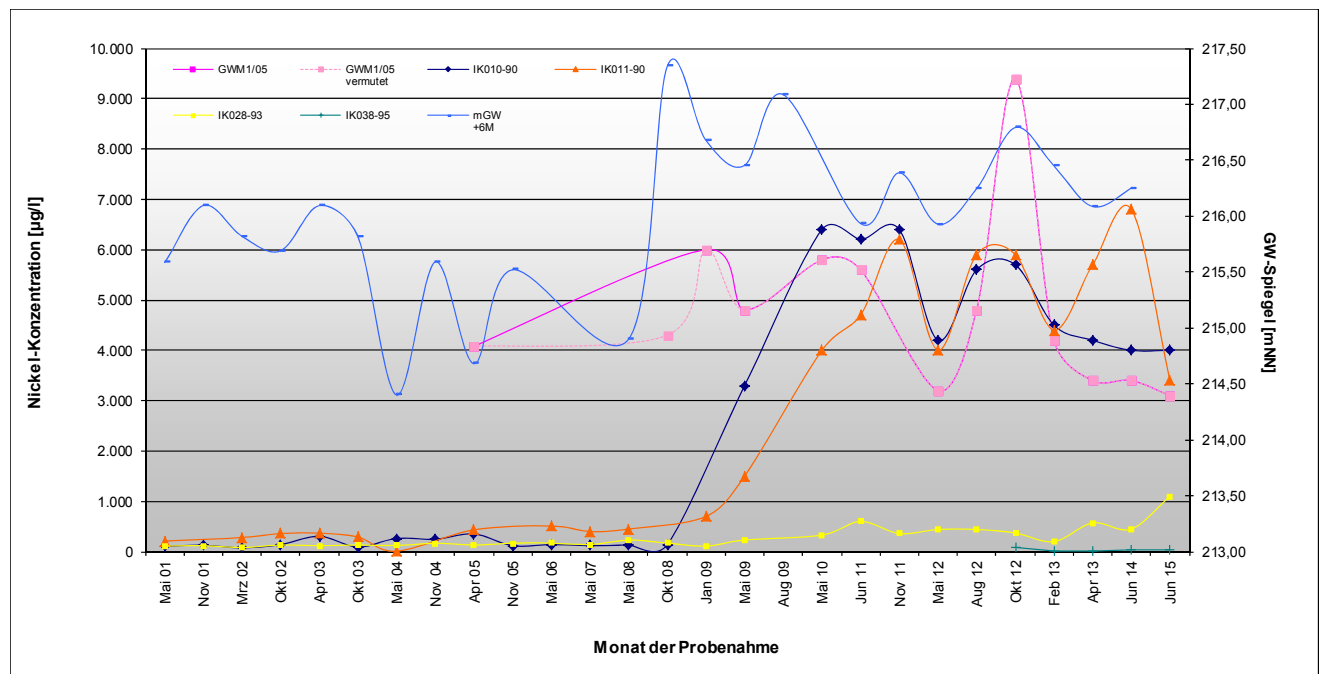
Der Ganglinienverlauf der Nickel-Konzentrationen bei den drei abstromnahen Messstellen GWM 1/05, IK 010-90 und IK-011-90 zeigt zwischen 11/2011 und 02/2013 ein auffällig paralleles Verhalten der Kurven, mit einem temporär deutlicheren Anstieg der Stoffkonzentrationen in GWM 1/05 bei der Untersuchung 10/2012, was auf die unmittelbare Nähe der Messstelle zur Schadstoffquelle zurück geführt wird. Während der Verlauf der Kurven der beiden Messstellen GWM 1/05 und IK 010-90 auch nach 02/2013 noch weitgehend parallel verläuft, wobei sich bei IK 010-90 seit 06/2014 eine Stagnation der Nickelkonzentrationen auf einem Niveau von 4.000 µg/l zeigt, an GWM 1/05 dagegen auch zwischen 06/2014 und 06/2015 noch ein leichter Rückgang der Belastungen auf aktuell 3.100 µg/l zu erkennen ist, zeigt die IK 011-90 ein stark abweichendes Verhalten. Zwischen 02/2013 und 06/2014 steigen die Nickel-Konzentrationen zunächst deutlich an und erreichen mit 6.800 µg/l ihren bisherigen Höchststand, gehen

danach aber bis zur Abschlussuntersuchung 06/2015 wieder auf 3.400 µg/l zurück und befinden sich damit wieder im Bereich der beiden anderen Messstellen.

Die im Hauptabstrom befindliche Messstelle IK028-93 zeigt über den gesamten Untersuchungszeitraum konstant ansteigende Nickel-Konzentrationen, die nach der Verdämmung des Zerrenerdostollens noch stärker zunehmen und mit 1.100 µg/l aktuell ihren bisherigen Höchststand erreicht haben. In [60] wurde errechnet, dass bei prognostizierten Konzentrationen von 850 µg/l und günstigen Verhältnissen die Nickel-Fracht etwa 12 kg/a beträgt. Bei ungünstigen Verhältnissen (höhere Konzentrationen, höherer Gradient) kann die Fracht um das 3-5-fache ansteigen. Ein Vergleich der Nickelkonzentrationen mit dem mittleren GW-Spiegel zeigt zwischen 06/2011 und 06/2014 ein auffällig paralleles Verhalten. Da sich die Messstelle jedoch weit von den Quellen der Belastung entfernt befindet, ist eine direkte Abhängigkeit zwischen Wasserstand und Schadstoffkonzentration nicht gegeben. Ursache für das parallele Verhalten sind vermutlich die Niederschlagsmengen innerhalb des Betrachtungszeitraums, die sich nicht nur direkt auf den Wasserstand auswirken, sondern auch indirekt über Verdünnungseffekte die Schadstoffkonzentrationen beeinflussen.

Die Konzentrationen an der, den östlichen Fahnenrand erfassenden Messstelle IK 038-95 sind nach der Beprobung 10/2012 (80 µg/l) zunächst deutlich zurückgegangen (02/2013: 19 µg/l; 04/2013: 12 µg/l), liegen seither aber konstant bei 27 µg/l und zeigen damit wieder Belastungen oberhalb der GFS. Da die Messstelle sich im Bereich des Fahnenrandes befindet sind Änderungen der Schadstoffkonzentrationen vorwiegend fließrichtungsbedingt.

Abbildung 5-7: Gegenüberstellung Ni-Konzentrationen und GW-Spiegel (+ 6 Monate)

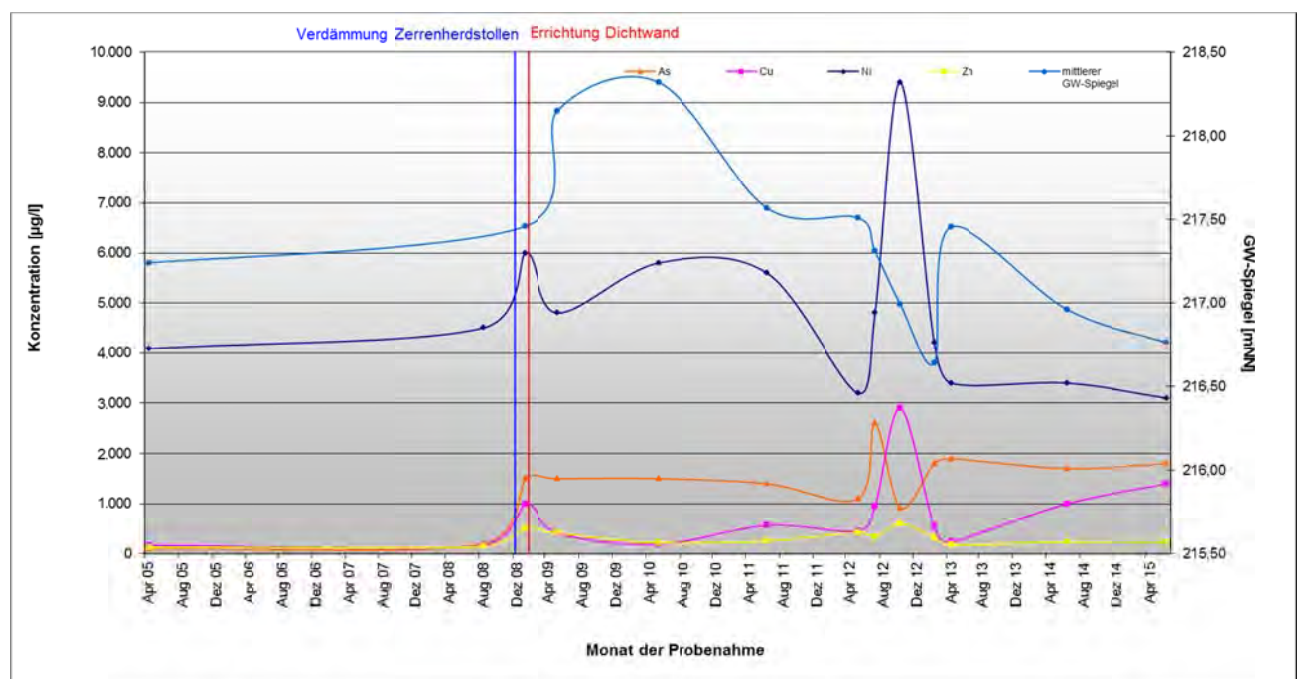


Wie bereits in den vorangegangenen Berichten beschrieben, zeigen sich beim direkten Vergleich der Entwicklung der Nickel-Konzentrationen mit den Wasserständen der schadensnahen Abstrommessstellen im oberen GWL keine belastbaren Abhängigkeiten. Eine, die Elutionswirkung des Grundwassers auf die Schadstoffe berücksichtigende, zeitlich verzögerte Darstellung der GW-Spiegelmesswerte um etwa 6

Monate (s. "mGW+6M" in Abbildung 5-7) zeigt bei den abstromnahen Pegeln GWM 1/05, IK 010-90 und IK 011-90 allerdings sehr deutliche Abhängigkeiten zwischen Wasserstand und Schadstoffkonzentration, die bei der schadensnahen Messstelle GWM 1/05 zu sehr starken, sprunghaften Schwankungen führen. Die Entwicklung der Nickel-Konzentrationen im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen ist daher eindeutig abhängig von der Entwicklung der Wasserstände im oberen GWL und nicht auf eine verstärkte Nachlieferung aus dem durch die Dichtwand umschlossenen Hauptquellbereich zurückzuführen.

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich auch bei den Parametern Kupfer, Arsen und Zink an der GWM 1/05. An den anderen Abstrommessstellen sind dagegen bei diesen Parametern keine erkennbaren Auswirkungen durch die Sanierungsmaßnahmen zu erkennen.

Abbildung 5-8: Stoffentwicklung (As, Cu, Ni, Zn) an GWM 1/05



Festgesteinsgrundwasserleiter (2. GWL)

Im unteren GWL ist eine ähnliche Entwicklung der Nickel-Konzentrationen im Grundwasser zu beobachten (s. Abbildung 5-9). Unmittelbar nach der Verdämmung des Zerrherdstollens steigen die Nickel-Konzentrationen in der abstromnah gelegenen Messstelle GWM 1A/05 massiv an. Zwischen Oktober 2008 (530 µg/l) und Mai 2010 (1.700 µg/l) kommt es zu einer Verdreifachung der Nickelbelastungen. Danach gehen die Konzentrationen bis zum Mai 2012 (990 µg/l) wieder deutlich zurück. Mit leichten Schwankungen stagnieren die Konzentrationen etwa auf einem Niveau zwischen 1.000 und 1.200 µg/l (aktuell: 980 µg/l).

In der weiter im Abstrom gelegenen Messstelle IK 022-93 lagen die Nickel-Konzentrationen zwischen 10/2008 und 05/2012 weitestgehend konstant (zwischen 110 µg/l und 190 µg/l). Die Beprobung vom August 2012 zeigte temporär einen deutlichen Anstieg der Konzentrationen auf 240 µg/l. Seitdem liegen die Belastungen mit Schwankungen zwischen 100 µg/l und 200 µg/l (aktuell: 180 µg/l).

Verdämmung Zerretherdrollen Errichtung Dichtwand

Nickel-Konzentration [µg/l]

GW-Spiegel [mNN]

Monat der Probenahme

Legend:

- IK022-93
- GWM 1A/05
- GW-Spiegel IK 022-93

Im unteren GWL ist nur bei Nickel eine eindeutige Zunahme der Konzentrationen im Grundwasser zu erkennen. Kupfer, Zink und Arsen zeigen keine einheitlichen Entwicklungen und insbesondere keine deutlichen Konzentrationsanstiege seit der Verdämmung des Zerrenerdostollens.

Von den bislang im Abstrom der ehemaligen Kupferhütte (UWI) bestimmten Konzentrationen der 4 relevanten Schadstoffparameter Kupfer, Nickel, Arsen und Zink zeigten lediglich Kupfer und Nickel bei einzelnen Messungen in der Vergangenheit Überschreitungen der in Tabelle 5-5 angegebenen Beurteilungswerte. Bei Kupfer wurden in den Jahren 2001 bis 2008 insgesamt 7x die o.g. Beurteilungswerte, bei Nickel zwischen 2004 und 2008 insgesamt 3x die Vorgaben der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen überschritten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bis 2008 zahlreiche Auslaufversuche am Zerrenerherdstollen durchgeführt wurden, die zu erhöhten Konzentrationen geführt haben. Von 2008 bis 2010

(nach der Verdämmung des Stollens) wurden keine Überschreitungen der Beurteilungswerte mehr festgestellt.

Die Beprobung 06/2011 zeigte an der Probenahmestelle "UWI" erstmals seit 2008 (nach Verdämmung des Zerrenherdstollens) wieder eine Überschreitung der Beurteilungswerte für Nickel. Mit 59 µg/l wurde sowohl die Vorgabe der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen als auch die Beurteilungswerte der LAWA für Trinkwasserversorgung und Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen überschritten.

Eine weitere Überschreitung der Vorgabe der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen von 30 µg/l wurde bei der Abschlussbeprobung an der Probenahmestelle "UWI" mit 31 µg/l festgestellt. Die erneute Überschreitung zeigt, dass es in Abhängigkeit der in die Ilse eingetragenen Frachten in Verbindung mit der Wasserführung der Ilse temporär zu Überschreitungen der behördlichen Vorgaben kommen kann.

Ein Vergleich der am Untersuchungspunkt "UWI" entnommenen Wasserproben vor der Verdämmung des Zerrenherdstollens (Zeitraum: 21.05.2001 bis 19.12.2008) mit den ab Januar 2009 entnommenen Proben zeigt insgesamt eine verbesserte Situation der Stoffkonzentrationen in der Ilse. Wurden bei den 25 Beprobungen im Zeitraum bis 12/2008 noch 7 Überschreitungen der behördlichen Vorgaben bei Kupfer und 4 Überschreitungen bei Nickel festgestellt, wobei einige Messwerte allerdings im Zusammenhang mit den Auslaufversuchen standen, wurde bei den 20 Beprobungen seit 01/2009 nur zweimal eine Überschreitung der Vorgaben bei Nickel festgestellt. Die mittleren Konzentrationen an Kupfer gingen von 25 µg/l vor der Verdämmung des Stollens auf <10 µg/l zurück und auch die mittleren Konzentrationen an Nickel sind leicht rückläufig (17 µg/l bis 12/2008; 16 µg/l seit 01/2009).

Fazit:

Infolge der am Standort durchgeführten Sanierungsmaßnahmen zwischen November 2009 und Januar 2010 ist es im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen zu sprunghaft angestiegenen Nickelkonzentrationen im Grundwasser beider GWL gekommen, die im Rahmen der Sanierungsplanung bereits prognostiziert wurden. Diese Entwicklung ist als eine unmittelbare Folge der Verdämmung des Zerrenherdstollens zu sehen. Vor der Errichtung der Dichtwand wurden die im Abstrom der ehem. Elektrolysehallen vorhandenen Schwermetallkonzentrationen im Grundwasser größtenteils durch den Zerrenherdstollen erfasst und punktuell in die Ilse abgeleitet. Gelöste Metalle, die sich außerhalb der hydraulischen Reichweite des Zerrenherdstollens befanden strömten dagegen, der natürlichen GW-Fließrichtung folgend in Richtung Ilse ab. Im unmittelbaren Umfeld der GW-Scheide bildete sich daher ein kleiner Bereich heraus, in dem es zu einer Stagnation des Grundwassers und der gelösten Schwermetalle kam.

Die fehlende Drainagewirkung des verdämmten Zerrenherdstollens führte zu mehreren Ereignissen, die den Schadstofftransport grundlegend veränderten:

1. Deutlicher Anstieg des GW-Spiegels im 1. GWL im Abstrom der ehem. Elektrolysehallen, dadurch Ausweitung der wirksamen Fläche für Kontaktauflösungsprozesse in den bis dahin ungesättigten Bereich und damit zeitlich verzögerter, aber deutlich erhöhter Austrag von gelösten Schadstoffen.
2. Ausbreitung einer ausgedehnten Schadstofffahne, der natürlichen GW-Fließrichtung folgend, in Richtung Ilse. Die Ausdehnung der Schadstofffahne lässt sich anhand der bestehenden Messstellen auf eine Länge von ca. 215 m und eine Breite von etwa 50 - 60 m beschränken.

3. Zusätzlicher Abstrom der gelösten Metallfrachten im Staupunktbereich der ehemaligen GW-Scheide zwischen Zerrenherdstollen und Abstrom Ilse.

Über die vertikale Verlagerung der Schadstoffe zeigen sich auch im unteren GWL deutlich erhöhte Belastungen mit Metallen und Arsen, die aufgrund der Pufferwirkung der stauenden Verwitterungsschichten des Ilsenburgmergels allerdings deutlich geringer ausfallen und lediglich bei Nickel zu einer längeren Schadstofffahne geführt haben, die sich in GW-Fließrichtung nach Nordwesten ausbreitet. Da nicht bekannt ist, ob die Vorflutwirkung der Ilse sich auch auf den unteren GWL erstreckt und mangels fehlender Abstrommessstellen die weitere Beobachtung der GW-Kontaminationen in Abstromrichtung (nordwestlich der Ilse) derzeit nicht möglich ist, können über die maximale Ausdehnung der Schadstofffahne im unteren GWL keine Aussagen getroffen werden. Angesichts der deutlich zurückgehenden Konzentrationen zwischen der unmittelbaren Abstrommessstelle GWM 1A/05 und der IK 022-93-2" ist aber davon auszugehen, dass sich selbst im Falle einer nicht vorhandenen Vorflutwirkung der Ilse die Schadstofffahne im 2. GWL momentan nur unwesentlich über die Ilse hinaus erstreckt. Aufgrund der veränderten Hydrodynamik durch die Verdämmung des Zerrenherdstollens kann allerdings eine langsame Verlagerung der Schadstofffahne im Grundwasser des GWL2 nicht vollständig ausgeschlossen werden, so dass eine Überprüfung der Situation unter Einbeziehung der, nördlich der Ilse befindlichen Messstelle IK 021-93-5" empfohlen wird.

Die regelmäßige Überwachung des GW-Schadens zeigte zwischen 06/2011 und 06/2015 weder im 1. GWL noch im 2. GWL eindeutige Trendentwicklungen der relevanten Schadstoffkonzentrationen. Infolge der temporären Verkürzung der Untersuchungsintervalle zwischen 2012 und 2013 von 2 auf 4 pro Jahr hat sich aber eine eindeutige Abhängigkeit zwischen den Wasserständen und den Schadstoffkonzentrationen im oberen GWL gezeigt, die sich infolge verstärkter vertikaler Stoffmigrationen indirekt auch auf die Konzentrationsentwicklung im unteren GWL auswirkt.

Die Ergebnisse der Oberflächenwasserproben zeigten eine zweimalige, temporäre Überschreitung der Schwellenwerte für Nickel bei den Beprobungen 06/2011 und 06/2015 am Messpunkt "UWI". Insgesamt zeigt die Entwicklung der Stoffkonzentrationen in der Ilse aber trotz der veränderten hydrodynamischen Situation eine leichte Verbesserung bei den Parametern Kupfer und Nickel.

6 Vorschläge zur Weiterführung des Monitorings

Aufgrund der festgestellten Entwicklung der Nickel-Konzentrationen im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen, infolge der veränderten hydrodynamischen Situation durch die Verdämmung des Zerrenherdstollens sowie den nach wie vor hohen Schadstoffkonzentrationen zwischen den ehemaligen Elektrolysehallen und der Ilse besteht bezüglich der Schutzgüter Grund- und Oberflächenwasser auch weiterhin ein Überwachungsbedarf.

Die Hauptpriorität gilt dabei in Erster Linie der Überwachung des Schutzgutes Oberflächenwasser. Gemäß Anlage 9, Tabelle 1 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sollten die Überwachungsfrequenzen bei prioritären Stoffen nach Anlage 7 wie Nickel und anderer Metalle bei 12-mal pro Jahr liegen. Mit einer Untersuchung pro Jahr wird den Empfehlungen der OGewV aus unserer Sicht keinerlei Rechnung getragen. Da die Metallkonzentrationen in der Ilse starken Schwankungen unterliegen, erscheint aus unserer Sicht

eine jährliche Beprobung der Ilse nicht ausreichend, um eine belastbare Aussage zu eventuellen Überschreitungen von Grenzwerten zu treffen. Insbesondere können damit die stark variierenden hydrodynamischen Bedingungen (Hochwasser, Niedrigwasser der Ilse, wechselnde Fließverhältnisse im Grundwasserleiter) nur unzureichend erfasst werden. Die immer wieder stark schwankenden Belastungen an den unmittelbaren Abstrommessstellen GWM 1/05, IK 010-90 und IK 011-90 zeigen, dass es in Abhängigkeit der hydrodynamischen Bedingungen am Standort zu temporär deutlich höheren Stoffausträgen über den Grundwasserpfad kommen kann, die dann früher oder später in die Ilse eintreten. Dies kann insbesondere nach extremen Starkregenereignissen, wie Ende Juli 2014 relevante Auswirkungen auf den Schadstoffaustrag vom Standort haben.

Darüber hinaus zeigt auch die IK 028-93 als unmittelbare Messstelle vor der Ilse kontinuierlich steigende Nickel-Konzentrationen und belegt damit den Transport in Richtung Ilse

Aufgrund der nach wie vor sehr hohen GW-Belastungen im Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen mit Metallen und Arsen wird die Weiterführung des bestehenden Monitorings mit einem den Standortverhältnissen angepassten Untersuchungsprogramm empfohlen.

Im Ergebnis der in den letzten 4 Jahren durchgeführten Untersuchungen sollte sich die Beobachtung des Grundwassers ausschließlich auf den Abstrom der ehemaligen Elektrolysehallen und die Beobachtung der Schadstofffahne in den beiden relevanten GWL-Systemen beschränken. Das Messnetz sollte dabei die folgenden Messstellen umfassen:

Tabelle 6-1: Empfohlenes Messnetz Grundwasser

GWL	GWMS	Anzahl
GWL1	GWM 1/05, GWM 8/09, IK 010-90, IK 011-90, IK 012-90, IK 028-93, IK 038-95	7
GWL2	GWM 1A/05, GWM 7/09, IK 020-93-2", IK 021-93-5", IK 022-93-2"	5
Summe:		12

Aufgrund der bisher gewonnenen Erkenntnisse wird eingeschätzt, dass die Entwicklung der Stoffkonzentrationen im Grundwasser zwar erheblichen Einflüssen unterliegt, aber in den Grundsätzen absehbar ist. Insofern wird eine jährliche Beprobung der Messstellen als ausreichend eingeschätzt. Zur Darstellung der hydrodynamischen Situation zum Zeitpunkt der Untersuchung sollte wie bisher eine Stichtagsmessung an allen vorhandenen Messstellen des 1. und 2. GWL durchgeführt werden.

Wie bereits oben beschrieben ist die jährliche Untersuchung der Ilse nicht ausreichend. Hier wird in Anlehnung an die OGewV eine monatliche Beprobung der drei bestehenden Untersuchungspunkte Ilsetunnel, OW1 und UWI, zumindest für das erste Untersuchungsjahr empfohlen. Danach können die Intervalle, in Auswertung der Ergebnisse ggf. angepasst werden.

Das Analysenprogramm sollte einheitlich auf die relevanten Parameter Arsen, Kupfer, Nickel und Zink reduziert werden.

Die im Rahmen des aktuellen Monitorings durchgeführten Auswertungen von Niederschlagsdaten sowie Wasserstandsdaten von Datenloggern haben wichtige Informationen bezüglich der Reaktionen der beiden GWL am Standort in Bezug zu den Niederschlägen ergeben. Aus einer Fortführung der Auswertungen ist aus unserer Sicht jedoch kein weiterer Erkenntnisgewinn zu erwarten. Es wird daher empfohlen, diese Untersuchungen nicht weiter fortzusetzen. Stattdessen sollte die Überwachung mittels Datenlogger in ihrem Aussagenschwerpunkt verändert werden. Wir empfehlen im kommenden Untersuchungsjahr (zeitgleich zu den hydrochemischen Untersuchungen der Ilse) folgende Messstellen mit Datenloggern auszustatten:

- IK-028-93
- IK-011-90
- IK-010-90

Zusätzlich sollte ein weiterer Datenlogger in der Ilse (im Bereich des UWI) installiert werden. Dazu kann im Uferbereich ein einfacher Rammpegel installiert werden, dessen Filterunterkante im Bereich der Sohle der Ilse liegen sollte, so dass der Ilsewasserspiegel kontinuierlich überwacht werden kann. Im Vergleich der lokalen GW-Dynamik über die drei o. g. Pegel, in Verbindung mit den Daten des Ilsewasserspiegels, lassen sich wichtige Aussagen über die Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser treffen, die wiederum als Grundlage für die Interpretation der hydrochemischen Ergebnisse der monatlichen OW-Proben in der Ilse dienen. Aufgrund der hohen Dynamik der Ilse sollten die Datenlogger auf einen möglichst kurzen Messzyklus (5-10 Minuten) getaktet werden. Die Auslesung kann dann im Rahmen der monatlichen Probenahmekampagnen erfolgen.

Aufgrund des hohen Schadstoffpotentials am Standort ist mit einer schnellen Reduktion des Stoffaustrags und damit kurzfristig sinkenden Stoffkonzentrationen im Grundwasser nicht zu rechnen. Das Monitoring sollte daher langfristig angesetzt werden, um eine eventuelle Trendumkehr erkennen und damit langfristig belastbare Prognosen für die Entwicklung der Grund- und Oberflächenwasserqualität erstellen zu können. Es wird daher empfohlen, dass Monitoring vorerst für einen Zeitraum von 5 Jahren (2015 - 2020) fortzuführen, wobei im ersten Untersuchungsjahr der Schwerpunkt auf einer belastbaren Datenlage zu Wechselwirkungen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser liegen sollte.

7 Zusammenfassung

Die im Ergebnis des zwischen 2011 und 2015 durchgeführten Monitorings ermittelte Grundwasserdynamik zeigte bei allen durchgeführten Kampagnen nur sehr geringe Abweichungen. Infolge der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen fungiert der verfüllte Zerrenherdstollen nicht mehr als Drainageelement. Die Dichtwand im Bereich der ehemaligen Elektrolysehallen wird vom Grundwasser des 1. GWL vollständig umströmt und führt durch ihre Barrierefunktion zu einem lokalen Aufstau des Grundwassers im Anstrom der Dichtwand. Das hydraulische Gefälle nimmt im Abstrom der Dichtwand deutlich zu. Das Grundwasser des 1. GWL entlastet vollständig in die Ilse. Inwieweit die Vorflutfunktion auch den 2. GWL erfasst, ist nicht geklärt.

Massive Stoffeinträge, durch die jahrzehntelange industrielle Kupferverarbeitung / Kupfergewinnung im Bereich der ehem. Elektrolysehallen, haben zu einer erheblichen Boden- und GW-Kontamination am Standort geführt. Im Abstrom der ehem. Elektrolysehallen existieren massive Belastungen mit Kupfer und Nickel im oberen Aquifer sowie mit Nickel im unteren Grundwasserleiter. Arsen tritt nur im oberen Grundwasserleiter in relevanten Konzentrationen auf, die lokal allerdings sehr hoch sind.

Nach dem Abbruch der Elektrolysehallen IV und V und der Errichtung einer Dichtwand (inkl. Oberflächenversiegelung) wurde die Hauptquelle vollständig eingekapselt und damit das Hauptnachlieferpotential des GW-Schadens abgetrennt. Gleichzeitig erfolgte der Versatz des Zerrenherdstollens. Die Verdämmung des Stollens hat zu einer veränderten hydrodynamischen Situation am Standort geführt, in deren Folge es aufgrund der fehlenden Drainagefunktion des Stollens und dem damit verbundenen GW-Spiegelanstieg zu einer sprunghaften und deutlichen Zunahme der Nickel-Konzentrationen (lokal auch von weiteren Metallen und Arsen) im Hauptabstrom der ehemaligen Elektrolysehallen gekommen ist. Die bisherigen Untersuchungen zeigen einen kontinuierlichen und anhaltenden Anstieg der Nickel-Konzentrationen an der ilsenahen Messstelle IK 028-93.

Sowohl der obere als auch der untere GWL zeigen deutliche Korrelationen zwischen den Wasserständen und den Nickelkonzentrationen, die im oberen GWL eine unmittelbare Abhängigkeit zwischen Wasserstand und Schadstoffkonzentration belegen, im unteren GWL aber lediglich die Folge erhöhter vertikaler Schadstoffmigrationen aus dem oberen GWL sind.

Im Oberflächenwasser der Ilse zeigten sich im Rahmen des aktuellen Monitorings zwei Überschreitungen der behördlichen Vorgaben für Nickel. Im Vergleich mit den Beprobungen vor der Verdämmung des Zerrenherdstollens haben sich die Stoffkonzentrationen in der Ilse jedoch nicht verschlechtert, sondern sind bei den beiden Parametern Kupfer und Nickel sogar leicht zurückgegangen. Diesbezüglich sei aber noch einmal darauf hingewiesen, dass eine jährliche Beprobung der Ilse keine belastbaren Aussagen zur Belastung des Gewässers zulässt.

Im Ergebnis des durchgeführten Monitorings wird die Fortführung der Arbeiten mit einem, den Standortverhältnissen angepassten Programm empfohlen.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- 1 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502)
- 2 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999.- BGBl 1999 Teil I Nr. 36; Bonn 16. Juli 1999.
- 3 Fugro Consult GmbH (Dezember 1997) - Pilotversuch zur Wassersanierung am Zerrenherdstollen, Phase 1: Feldversuch zum freien Ablauf , Phase 2: Eignungstest Carbonat unter Realbedingungen.
- 4 Landkreis Wernigerode, Amt für Umwelt - und Naturschutz, Untere Wasserbehörde. Wasserrechtliche Erlaubnis vom 07. Dezember 2005.
- 5 Fugro Consult GmbH (14.09.2001) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Frühjahr 2001)“.
- 6 Fugro Consult GmbH (01.02.2002) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Herbst 2001)“
- 7 Fugro Consult GmbH (31.05.2003) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Frühjahr 2002) (Januar bis April 2002)“.
- 8 Fugro Consult GmbH (07.01.2003) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Herbst 2002) (Mai bis Oktober 2002)“.
- 9 Fugro Consult GmbH (07.07.2003) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Frühjahr 2003) (November bis Mai 2003)“.
- 10 Fugro Consult GmbH (19.12.2003) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (Herbst 2003) (Juni bis Oktober 2003)“
- 11 Fugro Consult GmbH (07.07.2004) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers (Frühjahr 2004) im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse, Auslaufversuch am Zerrenherdstollen (November 2003 bis Mai 2004)“
- 12 Fugro Consult GmbH (25.10.2004) - Bericht „Überwachung möglicher geohydraulischer Auswirkungen im Zusammenhang mit Bohrpfahlgründungsarbeiten im Bereich Zerrenherdstollen (Ilseburg)“
- 13 Fugro Consult GmbH (30.11.2004) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers (Herbst 2004) im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse, Auslaufversuch am Zerrenherdstollen (Juni bis Oktober 2004)“
- 14 Fugro Consult GmbH (06.07.2005) - Bericht „Durchführung eines mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und des Vorfluters Ilse (November 2004 bis Mai 2005)“
- 15 Fugro Consult GmbH (22.12.2005) - Bericht „Grundwassermonitoring Herbst 2005 im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V, am Zerrenherdstollen und Beprobung des Vorfluters Ilse (Mai 2005 bis November 2005)“
- 16 HGN Hydrogeologie GmbH (21.04.2006) - Arbeitsplan „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse“
- 17 HGN Hydrogeologie GmbH (07.07.2006) - Bericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse“ - Monitoringkampagne 2006

- 18 HGN Hydrogeologie GmbH (20.09.2006) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Sommerquartal 2006“.
- 19 HGN Hydrogeologie GmbH (11.12.2006) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Herbstquartal 2006“.
- 20 HGN Hydrogeologie GmbH (17.04.2007) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Winterquartal 2007“.
- 21 HGN Hydrogeologie GmbH (15.10.2007) - Bericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse“ - Monitoringkampagne 2007.
- 22 HGN Hydrogeologie GmbH (15.10.2007) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Sommerquartal 2007“.
- 23 HGN Hydrogeologie GmbH (14.12.2007) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Herbstquartal 2007“.
- 24 HGN Hydrogeologie GmbH (10.03.2008) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Eigenkontrollmaßnahme Winterquartal 2008“.
- 25 HGN Hydrogeologie GmbH (26.06.2008) - Bericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse“ - Monitoringkampagne 2008.
- 26 HGN Hydrogeologie GmbH (10.09.2008) - Quartalsbericht „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse – Eigenkontrollmaßnahme Sommerquartal 2008“
- 27 HGN Hydrogeologie GmbH (30.10.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Monitoringkampagne Oktober 2008“
- 28 HGN Hydrogeologie GmbH (20.11.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 13. November 2008 mit Stichtagsmessung“
- 29 HGN Hydrogeologie GmbH (25.11.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 21. November 2008“
- 30 HGN Hydrogeologie GmbH (04.12.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 28. November 2008“
- 31 HGN Hydrogeologie GmbH (10.12.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 05. Dezember 2008“.
- 32 HGN Hydrogeologie GmbH (16.12.2008) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 11. Dezember 2008 mit Stichtagsmessung“.

- 33 HGN Hydrogeologie GmbH (07.01.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 19. Dezember 2008 mit Stichtagsmessung“
- 34 HGN Hydrogeologie GmbH (08.01.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer - Eigenkontrollmaßnahme 07. Januar 2009“
- 35 HGN Hydrogeologie GmbH (22.01.2009) - Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer – Monitoringkampagne Januar 2009“
- 36 FUGRO-HGN GmbH (12.02.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer – Eigenkontrollmaßnahme 09. Februar 2009 mit Stichtagsmessung“
- 37 FUGRO-HGN GmbH (16.03.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer – Eigenkontrollmaßnahme März 2009 mit Stichtagsmessung“
- 38 FUGRO-HGN GmbH (20.04.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer – Eigenkontrollmaßnahme 14. April 2009 mit Stichtagsmessung“
- 39 FUGRO-HGN GmbH (29.05.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrenherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse - Monitoringkampagne Mai 2009“
- 40 FUGRO-HGN GmbH (25.08.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrenherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse – Eigenkontrollmaßnahme 11. August 2009 mit Stichtagsmessung und Probenahme der Grundwassermessstellen GWM 1/09 - GWM 8/09“
- 41 FUGRO-HGN GmbH (18.11.2009) - „Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrenherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse – Eigenkontrollmaßnahme 11. November 2009“
- 42 FUGRO-HGN GmbH (10.02.2010) - „Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrenherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse – Eigenkontrollmaßnahme 05. Februar 2010“
- 43 FUGRO-HGN GmbH (17.03.2010) - „Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings der Elektrolysehallen IV und V sowie des Zerrenherdstollens und Beprobung des Vorfluters Ilse – Eigenkontrollmaßnahme 12. März 2010“
- 44 FUGRO-HGN GmbH (14.06.2010) - „Weiterführung des mittelfristigen Monitorings des Grundwassers im Abstrom der Elektrolysehallen IV und V und am Zerrenherdstollen sowie Beprobung des Vorfluters Ilse - Sanierungsbegleitendes Monitoring der Grund- und Oberflächenwässer – Monitoringkampagne Mai 2010“
- 45 Fugro Consult GmbH (31.05.2010) - „Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings 2011 - 2015 - Ablaufplan“
- 46 Fugro Consult GmbH (18.07.2011) - „Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings 2011 - 2015 - Monitoringkampagne Juni 2011“
- 47 Fugro Consult GmbH (15.12.2011) - „Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings 2011 - 2015 - Stichtagsmessung und Probenahme Abstrom November 2011“

- 48 Fugro Consult GmbH (02.04.2012) - „Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings 2011 - 2015 - Kurzstellungnahme zur Besprechung im Hause der Ilseburger Grobblech GmbH am 01.02.2012“
- 49 Fugro Consult GmbH (18.06.2012) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen Grundwassermonitorings 2011 - 2015 - Sachstandsbericht zur Untersuchungskampagne Mai 2012.
- 50 Fugro Consult GmbH (08.10.2012) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen GW-Monitorings 2011 - 2015 - Untersuchungskampagne Juli / August 2012.
- 51 Fugro Consult GmbH (19.12.2012) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen GW-Monitorings 2011 - 2015 - Sachstandsbericht zur Untersuchungskampagne Oktober 2012.
- 52 Fugro Consult GmbH (12.03.2013) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen GW-Monitorings 2011 - 2015 - Sachstandsbericht zur Untersuchungskampagne Februar 2013.
- 53 Fugro Consult GmbH (22.07.2013) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen GW-Monitorings 2011 - 2015 - Untersuchungskampagne April 2013.
- 54 Fugro Consult GmbH (08.10.2014) - Altlaststandort Kupferhütte Ilseburg - Weiterführung des mittelfristigen GW-Monitorings 2011 - 2015 - Untersuchungskampagne Juni 2014.
- 55 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Dezember 2004) - Ableitungen von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.
- 56 Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ad-hoc-AK "Prüfwerte"; 19.06.1998.
- 57 Landkreis Wernigerode, Amt für Umwelt- und Naturschutz, Untere Wasserbehörde - Wasserrechtliche Erlaubnis vom 07. Dezember 2005 in Verbindung mit den wasserrechtlichen Nebenbestimmungen vom 01. Oktober 2008.
- 58 Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 24, 2001.
- 59 http://www.hochwasservorhersage.sachsen-anhalt.de/wiskiwebpublic/stat_1024005507.htm
- 60 Fugro Consult GmbH (09.08.2013): Abschlussbericht Modellkonzept und Prognoserechnungen zur Analyse der Schadstoffmigration in Richtung Ilse unter Berücksichtigung der Standorthistorie der ehemaligen Kupferhütte Ilseburg.