

Verbesserung der Wassergüte in Bergbaugebieten

Schriftenreihe, Heft 15/2014

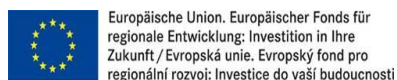


Zusammenfassung der Untersuchungen des Ziel 3-Projektes VODAMIN zur Verbesserung der Wassergüte in Bergbaugebieten

ATE CR a.s.
Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.
DMT GmbH & Co. KG, Essen
DMT GmbH & Co. KG, Zweigstelle Leipzig
Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V.
G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH
Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Real & Projekt Most s.r.o.
Sächsisches Oberbergamt
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geodäsie und Markscheidewesen
TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten
Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.
Vodní zdroje Ekomonitor spol s.r.o.
Vodohospodářské projekty Teplice, spol s.r.o.
Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s.
Prof. Dr. habil. Christian Wolkersdorfer

Unter Mitwirkung von:

Perry Arnswald, Daniela Petto; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Dr. Rolf Stoll; für die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge
Stephan Uhlig; Sächsisches Oberbergamt
Kateřina Orgoníková, Kreisverwaltung Ústí nad Labem
Peter Schlenker; core-consult GmbH & Co. KG



Inhalt

1	Das Ziel 3-Projekt VODAMIN	10
2	Folgen des Bergbaus auf Gewässer	11
2.1	Steinkohlenbergbau	11
2.2	Erzbergbau	12
2.3	Braunkohlenbergbau	12
3	Ergebnisse der Einzelstudien	13
3.1	Steinkohlenbergbau	13
3.1.1	Konzept zur gesteuerten Flutung des ehemaligen Steinkohlenreviers von Lugau/Oelsnitz	13
3.1.1.1	Anlass und Zielstellung.....	13
3.1.1.2	Ergebnisse	13
3.1.1.3	Ausblicke und Notwendigkeiten.....	14
3.1.2	GIS-Anwendung „Aufbau eines Bergbaufolgemonitorings für die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge“	15
3.1.2.1	Anlass und Zielstellung.....	15
3.1.2.2	Methodik.....	16
3.1.2.3	Ergebnisse	18
3.1.2.4	Ausblicke und Notwendigkeiten.....	18
3.1.3	Nutzung von Gruben- und Haldenwässern für spezielle Anwendungen in Oelsnitz/Erzgebirge.....	19
3.1.3.1	Anlass und Zielstellung.....	19
3.1.3.2	Methodik und Vorgehensweise	19
3.1.3.3	Ergebnisse	20
3.1.3.4	Ausblicke und Notwendigkeiten.....	22
3.1.4	Gefährdungspotenzial von Haldensickerwässern für Infrastruktur und gebäude im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz.....	22
3.1.4.1	Zielstellung	22
3.1.4.2	Ergebnisse	23
3.1.5	Standsicherheit von Schachtverfüllsäulen im Grubenrevier Lugau/Oelsnitz aus Sicht des Grubenwasseranstieges.....	25
3.1.5.1	Anlass und Zielstellung.....	25
3.1.5.2	Methodik.....	26
3.1.5.3	Ergebnisse	28
3.1.6	Die Grubenwassermessstelle Gersdorf im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz	29
3.1.6.1	Veranlassung und Ziele.....	29
3.1.6.2	Planung und Errichtung der Grubenwassermessstelle.....	29
3.1.6.3	Erste Untersuchungsergebnisse und Schlussfolgerungen	31
3.2	Erfahrungen im Umgang mit aufsteigenden Grubenwässern	32
3.2.1	Veranlassung und Vorbemerkungen	32
3.2.2	Grubenwasseranstieg im Nordböhmischen Braunkohlenrevier	32
3.2.3	Grubenwasseranstieg im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz	34
3.2.4	Bewertung und Schlussfolgerungen.....	36
3.3	Erzbergbauwasserverhältnisse in der Region Zinnwald	36
3.3.1	Hydrochemisches Monitoring der durch Bergbau und Bergbaukippen beeinflussten Wasserqualität im Kreis Ústi-Cinovec	37
3.3.2	Sicherung von Erkundungsarbeiten für die Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Situation im Grenzgebiet Cinovec/Zinnwald	38
3.3.3	Gemeinsamer grenzübergreifender Entwurf zur Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Situation im Grenzgebiet Zinnwald/Cinovec (Einleitung).....	39
3.3.4	Zusammenfassender Bericht VODAMIN: Wasser und Bergbau im Grenzgebiet Zinnwald/Cinovec	41
3.3.4.1	Anlass und Zielstellung für die Teilprojekte	41

3.3.4.2	Zusammenfassung: Vor-Ort-Untersuchungen und Auswertung der Wassermengenverhältnisse sowie der Wassergüte im Grenzraum Zinnwald/Cínovec (Oberflächenwasser, Grundwasser).....	42
3.3.4.3	Zusammenfassung: Handlungsbedarf Oberflächenwasser, Grundwasser.....	44
3.3.4.4	Zusammenfassung: Wechselwirkungen des Grund- und Oberflächenwassers im Grenzraum Zinnwald/Cínovec (Grubenwasserproblem)	45
3.3.4.5	Zusammenfassung: Handlungsbedarf Grubenwasser	48
3.4	Braunkohlenbergbau	48
3.4.1	Aktuelle Reinigungsverfahren von Grund- und Oberflächenwässern in Braunkohlenrevieren	48
3.4.2	Ammonium in ostsächsischen Bergbaufolgeseen	51
3.4.2.1	Anlass und Zielstellung.....	51
3.4.2.2	Methodik und Vorgehen	51
3.4.2.3	Ergebnisse	52
3.4.2.4	Ausblick und Notwendigkeiten.....	56
3.4.3	Methodik zum quantitativen Nachweis der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächen- gewässern in Braunkohlengebieten	56
3.4.3.1	Anlass und Zielstellung.....	56
3.4.3.2	Methodik und Vorgehen	57
3.4.3.3	Ergebnisse	57
3.4.3.4	Ausblick und Notwendigkeiten.....	58
3.4.4	Qualitative und quantitative Beeinflussung von Fließgewässerorganismen durch Eisen	59
3.4.4.1	Anlass und Zielstellung.....	59
3.4.4.2	Methodik.....	59
3.4.4.3	Historischer und wissenschaftlicher Hintergrund.....	59
3.4.4.4	Ergebnisse	60
3.4.4.5	Ausblick und Notwendigkeiten.....	62
3.4.5	Reinigungsverfahren sowie Bewertung und Selektion der Verfahren zu Acid-Mine-Drainage – Verfahrensdiskussion im internationalen Maßstab	62
3.4.5.1	Anlass und Zielstellung.....	62
3.4.5.2	Methodik/Vorgehen	63
3.4.5.3	Ergebnis	64
3.4.6	Anpassung eines elektrochemischen Verfahrens zur Aufbereitung kontaminierter und stark mineralisierter Wässer des Stein- und Braunkohlentagebaus	66
3.4.6.1	Anlass und Zielstellung.....	66
3.4.6.2	Methodik/Vorgehen	67
3.4.6.3	Ergebnisse	67
3.4.6.4	Ausblick und Notwendigkeiten.....	70
3.4.7	Nutzung sulfathaltiger Tagebauwässer für die Düngung und Bewässerung in der Landwirtschaft auf Rekultivierungsböden der Lausitzer Braunkohle – Machbarkeitsstudie	70
3.4.7.1	Anlass und Zielstellung.....	70
3.4.7.2	Methodik.....	71
3.4.7.3	Ergebnisse	71
3.4.8	Wirtschaftlicher Maßnahmevergleich verschiedener Verfahren zur Fassung, Ableitung und Reinigung von bergbaulich kontaminierten Grundwässern	74
3.4.8.1	Anlass und Zielstellung.....	74
3.4.8.2	Methodik/Vorgehen	74
3.4.8.3	Ergebnisse	74
3.4.8.4	Ausblick und Notwendigkeiten.....	75
3.4.9	Errichtung einer Mehrfachmessstelle in der Nochtener Rinne.....	75
3.4.9.1	Anlass und Zielstellung.....	75
3.4.9.2	Umsetzung	77
3.4.10	Hydrochemisches Monitoring der durch Bergbau und Bergbaukippen beeinflussten Wasserqualität im Kreis Ústi	78

3.4.11	Problematik der Grubenwässer im nordböhmischen Braunkohlenbecken (SHP).....	79
3.4.11.1	Auswertung des Grubenwassermonitorings im Nordböhmischen Braunkohlenbecken.....	79
3.4.11.2	Beurteilung des Ausmaßes der Schäden an den Quellschächten der Therme von Teplice	82
3.4.11.3	Hydrologische Studie des ČSM-Sees, Katastralgebiet Dubí Pozorka, Nr. hydrogeol. Reihenfolge 1-14-01-076/0, einschl. Beurteilung der Verbindungsmöglichkeiten mit anderen Wasserkörpern mit dem Ziel, die Spiegelhöhe zu stabilisieren.....	84
3.4.12	Wasserkörperbewertung im Hinblick auf die Auswirkung des Grubenwassers im Nordböhmischen Braunkohlengebiet nach Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie.....	86
	Quellenverzeichnis.....	89

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gebiete mit deutlicher Erhöhung des oberflächennahen Grundwasserstandes (DMT GmbH 2013) .	14
Abbildung 2:	Erwarteter Grundwasseranstieg an ausgewählten Messstellen (DMT GmbH 2013).....	15
Abbildung 3:	Schematische Darstellung der serverbasierten GIS-Lösung (TU Bergakademie Freiberg 2013)	16
Abbildung 4:	Abrufen objektbasierter Attributdaten und Anlagen am Beispiel eines Schachtes	17
Abbildung 5:	Abrufen und Einfügen historischer Fotos (z. B. Fotos zu Bergschäden während der aktiven Betriebsphase 1958) (TU Bergakademie Freiberg 2013).....	18
Abbildung 6:	Änderung der Klassifizierung im Ergebnis von Realnutzungskartierungen	19
Abbildung 7:	Lage der Tiefen-Grubenwassermessstelle in Oelsnitz/Erzgebirge (TU Dresden 2013)	20
Abbildung 8:	Prozentuale Zusammensetzung des Grubenwassers aus der Tiefenmessstelle in Oelsnitz (TU Dresden 2013)	20
Abbildung 9:	Zeitliche Entwicklung des pH-Wertes im Grubenwasser der Tiefenwassermessstelle Oelsnitz (TU Dresden 2013)	21
Abbildung 10:	Sickerwasseraustritt aus der Vertrauen-Schacht-Halde (Beak Consultants GmbH 2013)	22
Abbildung 11:	Bodenprobenahme in der Hofjägergasse in Oelsnitz (Beak Consultants GmbH 2013)	23
Abbildung 12:	Mischwasserkanal in der Gartenstraße in Lugau mit Sickerwässern des Carl-Schachtes (starke Innenkorrosion) (WAD, 2007).....	24
Abbildung 13:	Regenwasserkanal mit Sickerwässern von der Deutschland-Schacht I-Halde in den Hegebach (Foto: Beak Consultants 2013).....	25
Abbildung 14:	Kontrollöffnung des Vertrauen-Schachtes. Der Schacht ist vollständig verfüllt. (Foto: DMT Leipzig 2013).....	26
Abbildung 15:	Ausschnitt aus der Planung zur Sanierung des Albert-Funk-Schachtes I (DMT Leipzig 2013).....	27
Abbildung 16:	Tiefbohrgerät der Firma Anger's Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH (Foto: Anger's Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH 2013)	30
Abbildung 17:	Die vier Entnahmestellen am Heerwasserbach (Ekomonitor s.r.o. 2013).....	37
Abbildung 18:	Bilanzschema der Schwermetallfrachten für die gesamte Grube Cínovec/Zinnwald (G.E.O.S. 2013).....	44
Abbildung 19:	Entwicklung und Dynamik der Ammonium-N-Konzentration in der Spree an der behördlichen Gütemessstelle in Zerre (Daten: LfULG).....	52
Abbildung 20:	Zusammenhang zwischen dem pH-Wert und der Ammonium-N-Konzentration in den ostsächsischen Bergbaufolgeseen (blauer Rahmen: neutrale Seen, roter Rahmen: saure Seen) (IWB 2012).....	53
Abbildung 21:	Boxplots der Ammonium-N-Konzentration im ostsächsischen Braunkohlenrevier der Lausitz (PL – Pleistozän, TT – Tertiär) (IWB 2012)	54
Abbildung 22:	Prüfschema zur gewässerspezifischen Ermittlung eines Ammoniumgrenzwertes für die Gewässereinleitung aus Punktquellen (IWB 2012)	56
Abbildung 23:	Ähnlichkeitsanalyse von Lebensgemeinschaften im Bio-Env-Verfahren (IDUS 2012)	61
Abbildung 24:	Darstellung der relativen Werte mit Hüllkurve und ermittelten Effektkonzentrationen (IDUS 2012) ...	61
Abbildung 25:	Flussdiagramm für die wichtigsten aktiven Grubenwasserreinigungsmethoden (verändert und ergänzt nach YOUNGER et al. 2002; JACOBS & PULLES 2007)	65
Abbildung 26:	Verfahrensprinzip (schematisch) (VKTA)	67
Abbildung 27:	Anlagenstandort mit Logistikanlagen (Foto: VKTA 2013).....	68
Abbildung 28:	Elektrolyseanlage mit Spülkreislauf (Foto: VKTA 2013)	69
Abbildung 29:	Vergleich der Leistungsparameter technische Verfügbarkeit, durchschnittliche Sulfatabtrennung und normierter mittlerer spezifischer Energiebedarf für konventionelles und optimiertes Spülen (dSO ₄) (VTKA 2013).....	70
Abbildung 30:	Methodische Herangehensweise zur Bewertung der Eignung von Bergbauwässern für Berechnungszwecke in der Landwirtschaft (FIB 2012)	73
Abbildung 31:	VODAMIN-Messstellengruppe in der Nochtener Rinne, Oktober 2013 (Foto: Arnswald; LfULG 2013).....	77
Abbildung 32:	Ausbau der zur Stabilisierung des Bohrloches eingebauten Verrohrung, Mai 2013 (Foto: Lindig; IWB 2013)	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bewertung der Wasseranalysen	24
Tabelle 2:	Anteil der Grube Cínovec an der Schwermetallfracht des THGSt.....	48
Tabelle 3:	Bohrtechnische Daten.....	78

Abkürzungsverzeichnis

ArcGIS	Oberbegriff für verschiedene GIS-Softwareprodukte des Unternehmens ESRI
ALK	Automatisiertes Liegenschaftskataster
API	application programming interface (Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung)
AOX-Stoffe	Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene
As	Arsen
Ba ²⁺	Barium(II)-Kation
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
Br ⁻	Bromid
C	Kohlenstoff
Ca	Kalzium
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Cu	Kupfer
CZK	Tschechische Krone
DGFZ	Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.
DGM	Digitales Geländemodell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DOC	gelöster organisch gebundener Kohlenstoff
Fe	Eisen
G.E.O.S	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
GeoSN	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen
GIS	Geoinformationssystem
GW	Grundwassermessstelle
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
IDUS	Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH
IWB	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
JD	Jahresdurchschnittswert
Mg	Magnesium
mg/l	Milligramm pro Liter
mmol/l	Millimol pro Liter
Mo	Molybdän
MP	Messpunkt
m ü. HN	Meter über Höhennull
Ni	Nickel
NV.23/2011 SG	Tschechische Verordnung zur Verschmutzung von Oberflächengewässern und Abwässern
OBA	Sächsisches Oberbergamt
OGewVO	Oberflächengewässerverordnung
Pb	Blei
PVC	Polyvinylchlorid (amorpher thermoplastischer Kunststoff)
Sb	Antimon
SO ₂	Schwefeldioxid
Sr ²⁺	Strontium(II)-Kation

SČVK	Severočeské vodovody a kanalizace, a. s.: Nordböhmisches Wasser und Abwasser AG
TBSt	Tiefer Büнау Stollen
THGSt	Tiefer Hilfe Gottes Stolln
THoffngGSt	Tiefer Hoffnung Gottes Stolln
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff
TR	Tochterraichtlinie
U	Uran
UQN	Umweltqualitätsnorm
WAD	Westfälische Abwasserentsorgungs- und Dienstleistungsgesellschaft mbH
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
Zn	Zink

1 Das Ziel 3-Projekt VODAMIN

In Regionen mit aktivem Bergbau und in Bergbaufolgelandschaften ist der natürliche Gewässerhaushalt stark beeinträchtigt. Negative Auswirkungen sind großflächige und langfristige Veränderungen von Wassermenge und -beschaffenheit sowohl der Grund- und Sickerwässer als auch der Oberflächengewässer in den Fließ- und Standgewässerkörpern bzw. in Wasserlösestellen. In diesen Gebieten ist eine Umsetzung der Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie besonders erschwert. Weil von solchen Bergbaufolgererscheinungen sowohl sächsische als auch tschechische Bergbauggebiete betroffen sind, wurde ein grenzüberschreitendes Ziel 3-Projekt mit dem Namen VODAMIN initiiert. Das Anliegen des Projektes wird durch den Namen verdeutlicht: „VODA“ = Wasser, „MIN“ = Bergbau. Partner des Projektes waren die Kreisverwaltung Ústí nad Labem, das Sächsische Oberbergamt, das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie sowie die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge.

Im Projekt VODAMIN erarbeiteten die sächsischen und tschechischen Partner Lösungsansätze für eine effiziente Bewältigung der Folgen des sächsischen und tschechischen Kohle- und Erzbergbaus. Hierzu wurden neben dem Austausch von Erfahrungen und Daten zwischen den Projektpartnern vor allem Studien und Untersuchungen durchgeführt. Diese erlauben eine bessere Einschätzung der aktuellen und zukünftigen Entwicklung und führen zu konkreten Handlungsempfehlungen für private und öffentliche Akteure.

Die betrachteten Themenbereiche innerhalb von VODAMIN sind:

- Grundlagenermittlung zur Bewältigung der Folgen des ehemaligen Steinkohlen- und Erzbergbaus in Sachsen
- Abschätzung der Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Umwelt und Infrastruktur und Ansätze zum zukünftigen Umgang mit der Grundwasserproblematik in Braun- und Steinkohlenrevieren
- Lösungsansätze zur Wasserbehandlung des Oberflächenwassers im Braunkohlenbergbau
- Untersuchungen zur Grund- und Oberflächenwasserproblematik in ehemaligen Revieren des untertägigen Erz- und Steinkohlenbergbaus Cínovec/Zinnwald und Lugau/Oelsnitz
- Grenzüberschreitende Handlungskonzepte für Folgelandschaften bzw. bergbaubeeinflusste Wasserkörper

Der überwiegende Teil der genannten Leistungen wurde öffentlich ausgeschrieben. Die Projekte beinhalten Forschungsarbeiten im Umfang von über 3 Mio. Euro zwischen 2010 und 2014. Bei den 34 Einzelprojekten arbeiteten die Projektpartner eng mit Ingenieurbüros, staatlichen Forschungseinrichtungen, Bergbauunternehmen und Fachbehörden und den Kommunen in den Bergbauregionen zusammen.

In der vorliegenden Publikation werden die Ergebnisse aller Projektpartner vorgestellt.

2 Folgen des Bergbaus auf Gewässer

2.1 Steinkohlenbergbau

Seit dem Mittelalter wird in Sachsen die Steinkohle als Brennstoff genutzt. Die industrielle Förderung der Steinkohle begann in den Steinkohlenrevieren Zwickau, Lugau-Oelsnitz und Freital zu unterschiedlichen Zeiten. Insgesamt wurden in den drei Steinkohlenrevieren mehr als 400 Mio. Tonnen Steinkohle gefördert. Die Steinkohle trug wesentlich zur industriellen Entwicklung Sachsens bei. In den 1970er- bis 1980er-Jahren wurde der Steinkohlenbergbau eingestellt. Die Flutung begann, die Übertageanlagen wurden abgerissen oder teilweise genutzt und teilweise wurden Sicherungsmaßnahmen durchgeführt. Der Steinkohlenbergbau hinterlässt eine stark veränderte Landschaft besonders durch die Senkung der Erdoberfläche und Aufschüttung von geogenem Material als Halde. Diese Veränderungen beeinflussen bis heute die Entwicklung der betroffenen Bergbauregionen und Städte.

Im Steinkohlenrevier von Lugau und Oelsnitz wurden über 127 Jahre 142 Mio. Tonnen Steinkohle gefördert. 1971 erfolgte die Stilllegung des Steinkohlenbergbaus und alle Tagesschächte wurden verschlossen, sodass heute kein Zugang zum Grubengebäude möglich ist. Mit der Stilllegung des Bergbaus wurde auch die Wasserhaltung eingestellt, sodass das Bergwerk seitdem bis 2006 unbeobachtet geflutet wurde. Der Bergbau hinterließ Senkungen der Erdoberfläche in einem Gebiet von ca. 30 km² (im Mittel von ca. 5 m bis Maximalsenkungen von über 17 m), 18 größere Halden und zahlreiche, oft ungenutzte Gebäude. Nach der Stilllegung des Bergbaus erfolgten verschiedene Sanierungsmaßnahmen. Bis zum Jahr 1990 war das Hauptaugenmerk auf die sozialen Folgen des Bergbaus gerichtet. Tausende Arbeitskräfte und Einwohner verließen in der Zeit das Revier.

Folgende Aufgaben stellen sich heute:

- Aufbau eines Monitoringsystems für das aufsteigende Grubenwasser, Entwicklung von Prognosen für den Grubenwasseranstieg, Untersuchungen zu den Auswirkungen des Grubenwassers und dessen Behandlung
- Sanierung von ehemaligen Schachtstandorten
- Kontrolle der Haldensickerwässer und deren Auswirkungen auf die Infrastruktur, Oberflächengewässer und den Boden
- Untersuchungen und Maßnahmen zur Rekultivierung des Bewuchses der Halden
- Nutzung der Potenziale des ehemaligen Bergbaus für die Entwicklung der Städte und Gemeinden

2.2 Erzbergbau

LfUG (2002): Die Zinnerz-Lagerstätte Altenberg/Osterzgebirge

Anfänge des Bergbaus im Revier Zinnwald/Cinovec sind ab dem 15. Jahrhundert nachweisbar. Auf deutscher Seite wurde Bergbau mit Unterbrechungen von 1550 bis 1945 betrieben, auf tschechischer Seite bis 1990. Die Zinnwalder Grube ist noch heute über das Besucherbergwerk Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald auf dem Tiefen Büнау Stollen befahrbar (G.E.O.S. 2013)

Für den Bergbau und die Aufbereitung der Zinnerze war eine kontinuierliche Bereitstellung von Betriebswasser und die Grubenwasserhaltung (Entwässerung) schon seit eh und je von existentieller Bedeutung. Die Anlage von umfangreichen wasserwirtschaftlichen Einrichtungen seit dem 15. Jahrhundert diente der Milderung der kurzfristigen und dann auch der permanent langfristig auftretenden Defizite im Wasserangebot im 16. und 17. Jahrhundert. Relevante Zeugnisse dieses Erzbergbaus sind in erster Linie

- eine große Zahl von Grubenräumen (auch Altbergbau), die nur z. T. noch zugänglich sind,
- Stollmundlöcher als Zugang zu den Grubenräumen,
- natürliche und Kunstgräben bzw. Teiche und Staubecken als Repräsentanten bergmännischer Wasserwirtschaft,
- Halden und Absetzanlagen (Sedimentationsbecken).

Seit jeher ist Wasser eines der größten Probleme im Bergbau. Daher musste schon in frühester Zeit neben der Bewetterung auch die Entwässerung des Grubengebäudes sichergestellt werden. Bedingt durch das Auffahren von Hohlräumen im Gebirge wurden anstehende Minerale, die normalerweise im Gestein eingeschlossen waren, freigelegt. Der Zutritt von Wasser und Sauerstoff ermöglichte deren Verwitterung. „Beim Aufschluss der Lagerstätte kommt es zur Entwässerung und der damit einhergehenden Belüftung des Gebirges. Fraktionierung und mechanische Umlagerung des tauben Gesteins sowie die Bewetterung tragen weiter zum Sauerstoffeintrag und zur extremen Vergrößerung der Feststoffoberflächen bei. Hierdurch beschleunigt sich die Verwitterung der Sulfide extrem.“ (DGFZ 2012). Die bei dieser Oxidation des Disulfidschwefels entstehende Säure reagiert mit weiteren Metall- und Halbmetallsulfiden und reichert das Grubenwasser mit einem Cocktail von Elementen an, die zum Teil als potenziell toxisch für Organismen angesehen werden (WOLKERSDORFER 2013). Bergbaubeeinflusste Wässer unterscheiden sich deshalb durch generell höhere Stoffkonzentrationen und Azidität von bergbauunbeeinflussten Wässern. Durch Einleitung der Grubenwässer in nahegelegene Vorfluter kann der Chemismus der Oberflächengewässer zum Teil stark beeinflusst werden, was sich nachhaltig auf die Umwelt auswirkt.

2.3 Braunkohlenbergbau

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wird in Sachsen Braunkohle industriell im Tagebau gefördert. 1985 erreichte der Braunkohlenabbau in Ostdeutschland mit einer Förderleistung von 312 Mio. Tonnen seinen Höhepunkt. Aktuell werden in Sachsen in den vier verbliebenen Tagebauen jährlich ca. 48 Mio. Tonnen Kohle gefördert:

- Schleenhain und Profen in Westsachsen (MIBRAG; 20 Mio. Tonnen)
- Nochten und Reichwalde in Ostsachsen (Vattenfall; 28 Mio. Tonnen)

Der Braunkohlenbergbau hinterlässt nicht nur eine stark veränderte Landschaft, auch der Grund- und Oberflächenwasserhaushalt wird nachhaltig beeinflusst, sodass die Auswirkungen die wasserhaushaltliche Bewirtschaftung der Region noch Jahrzehnte prägen werden. Durch die Sumpfung der Tagebaue während des Abbaus entstand ein Absenkungstrichter mit einer Fläche von mehr als 1.300 km² allein im Bereich des Sanierungsbergbaus mit einem ursprünglichen Wasserdefizit von ca. 7 Mrd. m³ im Jahr 1990. „Durch die Oxidation der vornehmlich mit den tertiären Flözen assoziierten Sulfide während der Phase der Entwässerung zeigte sowohl das geförderte und abgeleitete Sumpfungswasser als auch das den Absenkungstrichter heute auffüllende Grundwasser hohe Sulfat- und Eisengehalte sowie oft hohe Aziditäten. So sind die Lausitzer Kippengrundwässer durch Sulfatgehalte von im Mittel 2.100 mg/l (Maximalwerte um 7.000 mg/l), mittlere Eisengehalte um 400 mg/l (Maximalwerte um 2.000 mg/l) und entsprechende Aziditäten um 10 bis 20 mmol/l gekennzeichnet. Schwermetallkontaminationen treten nur untergeordnet auf.“ (DGFZ 2012)

„Mit zunehmender Anbindung der Grundwässer an die Oberflächengewässer kommt es immer häufiger zu Qualitätsverschlechterungen von Fließ- und Standgewässern. Diese werden vornehmlich durch niedrige pH-Werte infolge Metallhydroxidfällung unter atmosphärischen Bedingungen und die Ablagerung entsprechender Schlämme beeinträchtigt. Bergbaubedingt erhöhte Ammoniumkonzentrationen und hohe Sulfatbelastungen schränken Bewirtschaftungshandlungen deutlich ein. Aus diesem Grund gewinnen Maßnahmen zur Aufbereitung bergbaulich beeinflusster Wässer zunehmend an Bedeutung.“ (DGFZ 2012)

3 Ergebnisse der Einzelstudien

3.1 Steinkohlenbergbau

3.1.1 Konzept zur gesteuerten Flutung des ehemaligen Steinkohlenreviers von Lugau/Oelsnitz

Dr. Michael Eckart und Peter Rüterkamp; DMT GmbH & Co. KG Essen (2013);

3.1.1.1 Anlass und Zielstellung

Die Studie beinhaltet die Beschreibung und Quantifizierung der hydraulischen Verhältnisse und der sich daraus ergebenden Probleme im Bereich der ehemaligen Steinkohlenlagerstätte Oelsnitz nach Vollflutung. Eine Handlungsstrategie und Lösungsansätze sollen abgeleitet werden. Für Fragestellungen wie

- Kommt es zu Vernässungen?
- Welche Volumenströme treten wo aus?
- Werden Trinkwasser oder andere Fassungen negativ beeinflusst?

musste das Zusammenspiel des Grubenwassers mit den Wässern der hangenden Rotliegend-Deckschichten geklärt werden. Zu diesem Zwecke wurde ein gekoppeltes Grubenwasser-Grundwasser-Modell entwickelt.

3.1.1.2 Ergebnisse

Der Grubenwasserspiegel wird ohne zusätzliche Maßnahmen mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein Niveau >350 m ü. HN ansteigen. Dadurch steigt auch das Risiko der örtlich unkontrollierten Austritte deutlich. In den Poldergebieten werden die Drainagemengen etwas zunehmen. Aufgrund der insgesamt prognostizierten Überlaufmengen im Bereich von ca. 20 m³/h dürften die bestehenden Fassungen diese wahrscheinlich beherrschen. Eine direkte Gefährdung von Trinkwasserbrunnen kann zurzeit ausgeschlossen werden, weil

eine Nutzung im Gebiet durch die Zweckverbände schon seit Jahren nicht mehr erfolgt. Die potenziellen Vernässungsgebiete liegen im tieferen Verlauf des Hegebaches, im Bereich Lugau und Richtung Gersdorf.

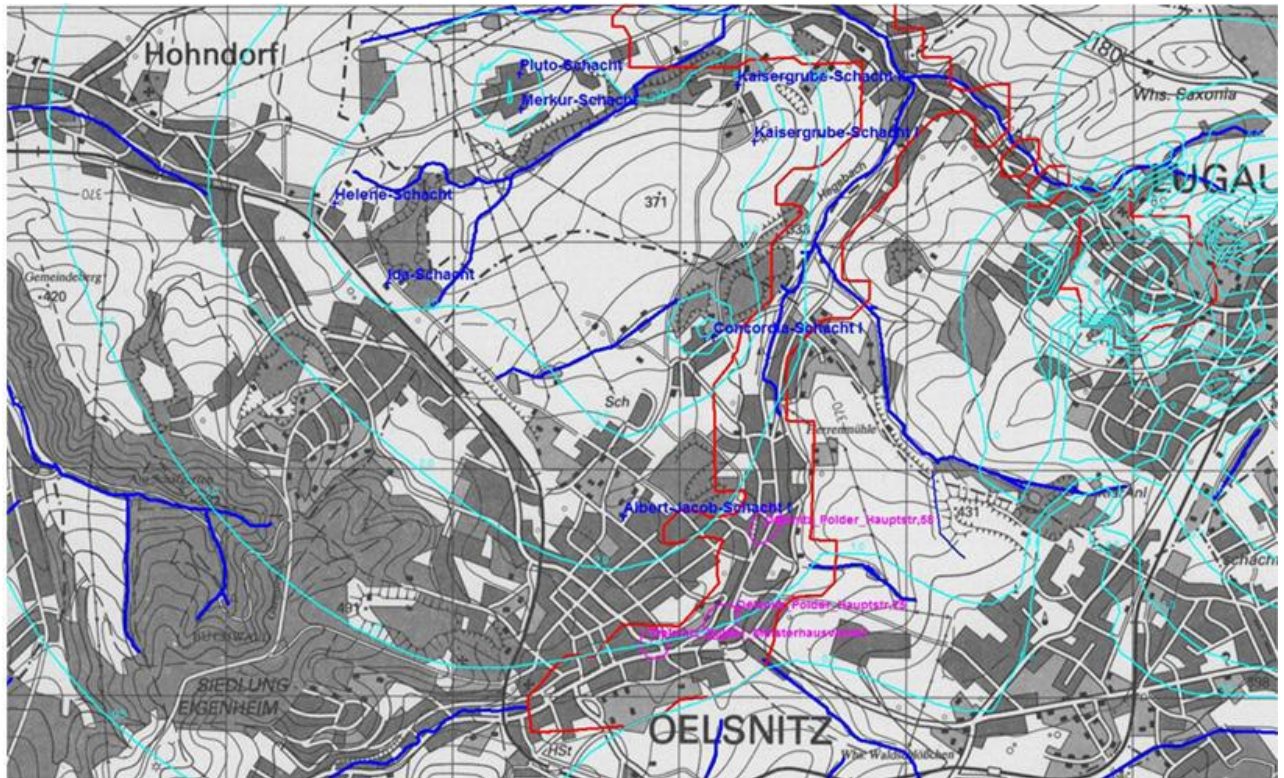


Abbildung 1: Gebiete mit deutlicher Erhöhung des oberflächennahen Grundwasserstandes (DMT GmbH 2013)

Um den abzusehenden Problemen zielgerichtet zu begegnen, wurden Maßnahmen vorgeschlagen. In erster Linie soll ein Monitoringsystem installiert und betrieben werden, das zu einer verbesserten Beobachtung des Wasseranstiegs des Karbons selbst führt und klärt, ob der ehemalige Bergbaubereich als ein einheitlicher Flutungsraum zu betrachten ist und in welchem Maße es zu einem Anstieg der Grundwässer im Rotliegenden kommt.

Eine Entlastungsbohrung wird aus der tieferen Tallage des Hegebaches direkt in das Streckensystem (Ansatzhöhe ca. 320 m ü. HN) errichtet. In deren Talbereich sollte der Betrieb einer Wasserbehandlungsanlage (Flächenbedarf) möglich sein. Spätestens 5 Jahre vor Erreichen des Niveaus von ca. 320 m ü. HN muss die Bohrung funktionstüchtig sein. Auch ein früherer Zeitpunkt ist geeignet, sodass sie zwischenzeitlich als weiterer Monitoringpunkt betrieben werden kann.

3.1.1.3 Ausblicke und Notwendigkeiten

Nach Vorliegen der Monitoringdaten kann die Qualitätsprognose verbessert und die Anstiegsprognose zum Rotliegendekomplex ca. alle 5 Jahre überprüft werden. Die notwendige Wasserbehandlung wird sich etwa über einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren erstrecken. Zusätzlich sollte das Grundwasserregime mit dem gekoppelten Modell Grube-Grundwasser zyklisch überprüft werden, um die Prognosen zu verbessern und sich frühzeitig auf die zu erwartenden Probleme einzustellen.

Treten unerwartete Grundwasseraustritte auf, wird der Wasserspiegel in der Bohrung (und damit im Karbon) zusätzlich abgesenkt.

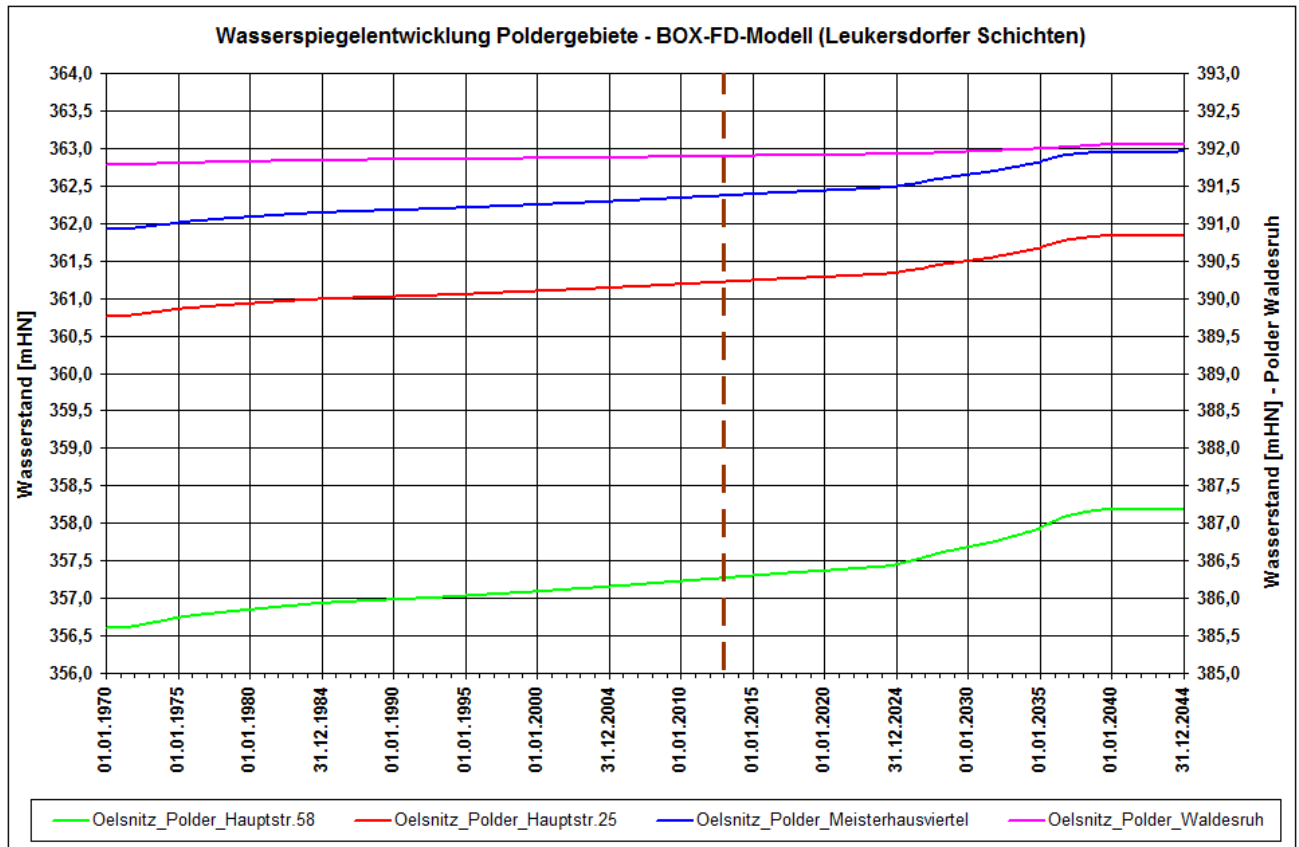


Abbildung 2: Erwarteter Grundwasseranstieg an ausgewählten Messstellen (DMT GmbH 2013)

3.1.2 GIS-Anwendung „Aufbau eines Bergbaufolgemonitorings für die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge“

Dr. Karl-Heinz Löbel, Jens Schröter; TU Bergakademie Freiberg (2013)

3.1.2.1 Anlass und Zielstellung

Auch über 40 Jahre nach der Einstellung des aktiven Steinkohlenbergbaus im Revier Lugau/Oelsnitz gibt es Einwirkungen auf die Umwelt. Deshalb ist die andauernde und kontinuierlich wiederholte Beobachtung von

Altbergbaufolgen notwendig und wichtig. Die im Ergebnis von verschiedenen Studien und Monitoringprojekten gesammelten Informationen sollen für die Arbeit der Stadtverwaltung verfügbar gemacht werden. Bis heute wurden viele Projekte durchgeführt, deren Ergebnisse zwar der Stadt Oelsnitz und den beteiligten Institutionen in Berichtsform vorliegen, die aber in den meisten Fällen nur mit großem Aufwand detailliert recherchierbar sind. Auf die originären Daten kann nur selten direkt zugegriffen werden.

Eine Möglichkeit, raumbezogene Informationen vielfältiger Monitoringprojekte zentral zu halten und für die Stadtverwaltung Oelsnitz nutzbar zu machen, soll das im Rahmen dieses Forschungsprojektes realisierte Geoinformationssystem „Bergbaufolgenmonitoring Oelsnitz“ schaffen. Ziel der Bearbeitung durch das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg (IMGF) ist es, ein Prototypsystem bereitzustellen, in dem neben den in sich geschlossenen Berichten auch die originären Daten bereits abgeschlossener, aktuell fortgeführter und zukünftiger Monitoringprojekte verschiedener Projektträger möglichst direkt integriert werden können.

3.1.2.2 Methodik

Als GIS-Basissoftware stehen verschiedene Komponenten (ARCGIS FOR DESKTOP, ARCGIS FOR SERVER) der Firma ESRI zur Verfügung. Die GIS-Basisdaten (ALK-, DGM-, DLM-, Orthobild-Daten) wurden vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) bezogen. Die Daten für die restlichen Sachverhalte wurden von der Stadtverwaltung Oelsnitz und den jeweiligen Projektträgern zur Verfügung gestellt.



Abbildung 3: Schematische Darstellung der serverbasierten GIS-Lösung (TU Bergakademie Freiberg 2013)

In Oelsnitz wurden bzw. werden folgende Schwerpunkte im Rahmen verschiedener Monitoringprojekte untersucht:

- Grubenwasseranstieg (quantitativ und qualitativ)
- vertikale Bodenbewegungen (Senkungen und Hebungen)
- Deformationsmessungen in Lage und Höhe auf der Deutschlandschachthalde
- Altbergbauobjekte (Halden und Schächte)
- Stadtentwicklung im Zusammenhang mit der Entwicklung des Bergbaus

Außer diesen wiederholt erfassten Informationen sind auch die Daten einmalig durchgeführter Studien integriert. Beispiele dafür sind:

- Bergschadenkundliche Analyse (BEYER 1974)
- Geologisches Strukturmodell (STEINBORN 2008)
- Boxmodell zum Flutungskonzept (ECKART 2012)
- Realnutzungskartierung aus historischen Luftbildern (PRECHTEL 2012)
- Recherche zu historischen Karten und Rissen und zu historischen Fotos

Die Strukturierung und Organisation der Daten erfolgt objektbasiert in Geodatenbanken. Dabei wurden die verschiedenen Datenformate nicht nur konvertiert, sondern mussten in vielen Fällen erst für das GIS aufbereitet und bereinigt (geometrische und attributive Konsistenz) bzw. um zusätzliche Attribute erweitert werden, um mehrere Datenbestände miteinander zu verknüpfen.

Die Aufarbeitung der Daten erfolgt zunächst innerhalb von thematischen Einzel-GIS-Projekten (ARCGIS FOR DESKTOP). Dabei werden wichtige Layer/Ebenen so abgespeichert, dass eine Verwendung in anderen Projekten leicht möglich ist. Die Einbeziehung von externen Daten kann derzeit nur in Form von Web-MapServices (WMS) demonstriert werden, die durch GeoSN veröffentlicht wurden.

Die Datenbestände vieler unabhängig durchgeführter Untersuchungen und Monitoring-Kampagnen werden dabei so weit aufbereitet, dass diese in Zusammenhang gebracht werden können. Der Nutzer des Systems kann gezielt über die verschiedenen möglichen Bergbaufolgen recherchieren. Zusätzlich können die Berichte, sofern objektgebunden, digital abgerufen werden. Auf Grundlage ausgewählter Monitoringprojekte kann die räumliche und zeitliche Entwicklung von Veränderungen visualisiert werden.

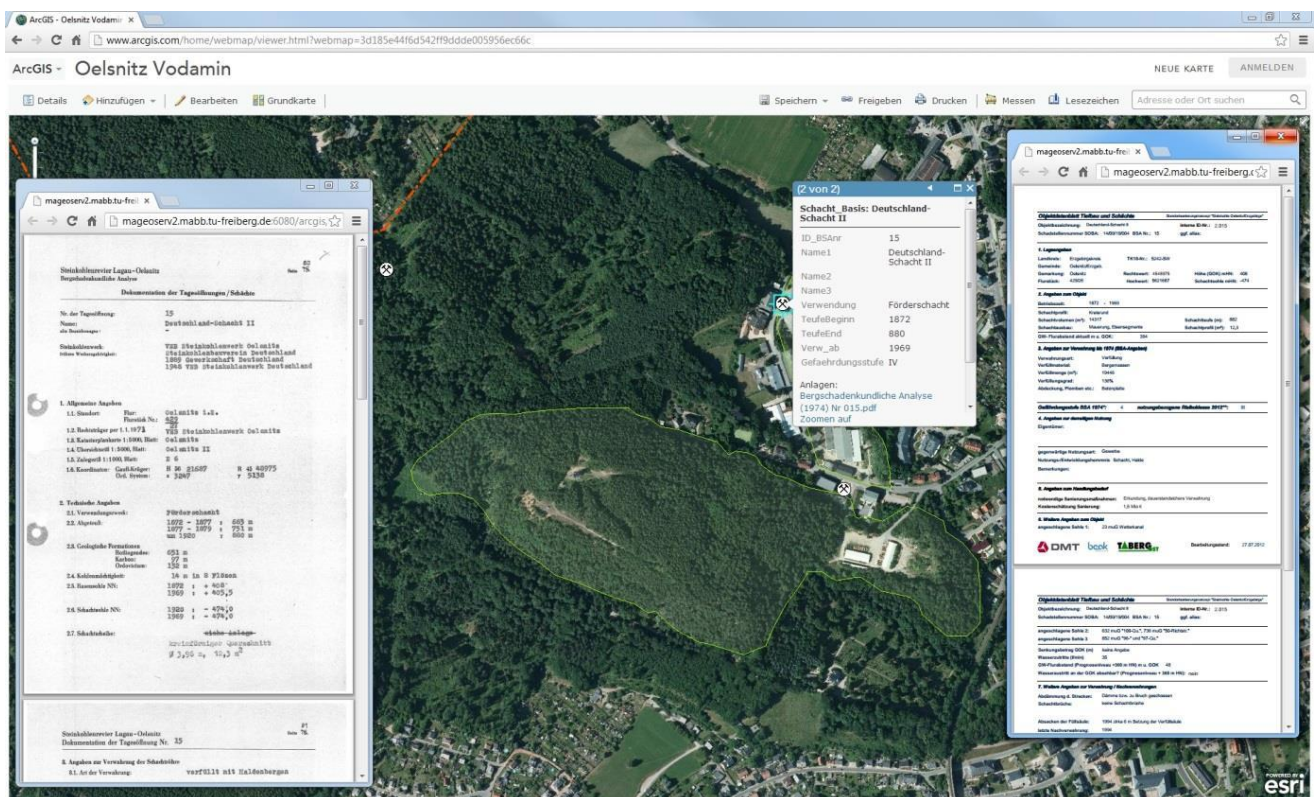


Abbildung 4: Abrufen objektbasierter Attributdaten und Anlagen am Beispiel eines Schachtes (TU Bergakademie Freiberg 2013)

Um die aufbereiteten Einzel-GIS-Projekte einem berechtigten Nutzerkreis zur Verfügung stellen zu können, wurde auf dem institutseigenen Server die Software ARCGIS FOR SERVER (siehe Abbildung 3) installiert. Damit können aus diesen Projekten ausgewählte Layer auch in andere GIS-Softwarelösungen (ARCGIS EXPLORER, QGIS ...) einbezogen werden. Außerdem können die Projekte auch im Browser zum Beispiel über die Plattform ARCGIS ONLINE verwendet werden. Darüber hinaus sind auch Lösungen für mobile Geräte (iOS, Android, Windows Phone ...) unter ARCGIS FOR MOBILE verfügbar.

3.1.2.3 Ergebnisse

Es liegt eine umfangreiche, strukturierte Sammlung zurückliegender und andauernder Monitoringprojekte vor. Dabei können Informationen orts- bzw. objektgebunden abgerufen werden. Für eine lokale Nutzung in Verbindung mit ARCGIS FOR DESKTOP sind thematische Einzelprojekte zusammengestellt und Layer-Dateien zum gezielten Einbinden vorbereitet (siehe Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6). Animationen zum Grubenwasseranstieg im Zusammenhang mit dem Boxmodell der DMT GmbH (ECKART 2012) und zum Verlauf der vertikalen Bodenbewegungen wurden erstellt.

Auf Basis von ARCGIS FOR SERVER ist es z. B. mit Hilfe von ARCGIS ONLINE möglich, bestimmte Services abzurufen. Auch die interaktive Aktualisierung bzw. Erweiterung ausgewählter Datensätze durch den Nutzer der WebMapServices (WMS) vor Ort ist damit gegeben. Die Einbindung ausgewählter Services in andere GIS-Anwendungen erscheint ebenfalls als realisierbar.

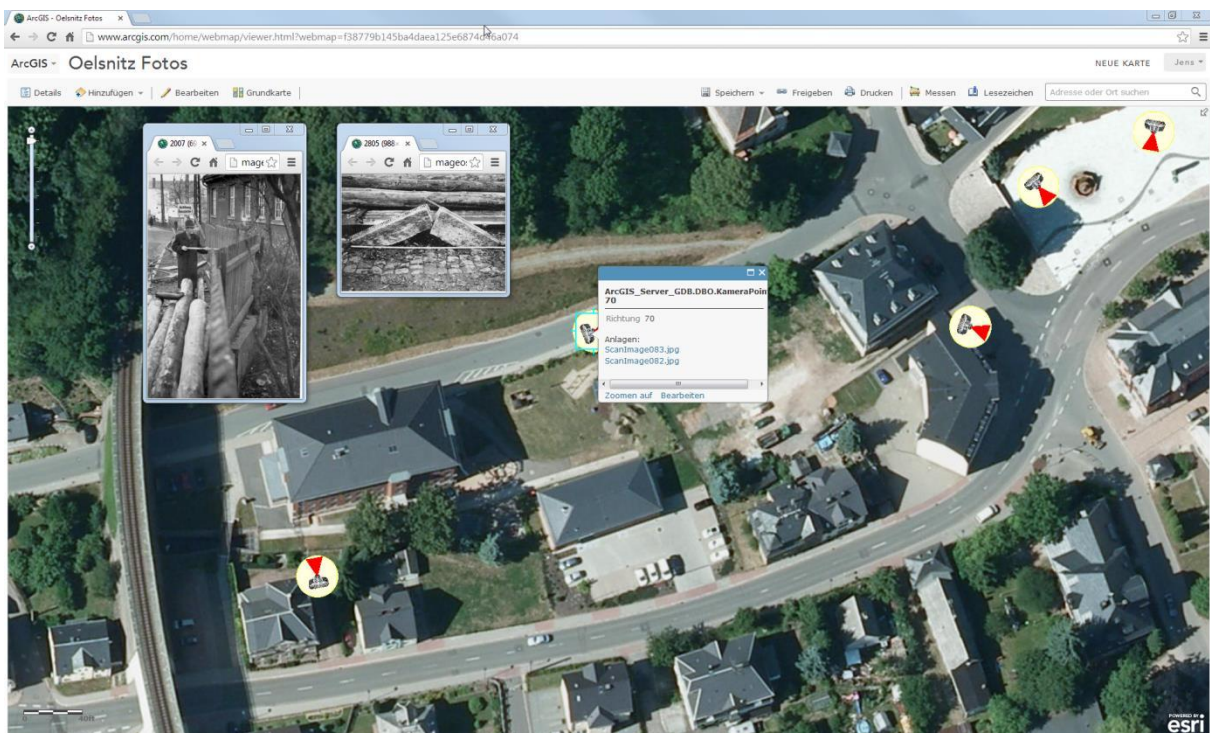


Abbildung 5: Abrufen und Einfügen historischer Fotos (z. B. Fotos zu Bergschäden während der aktiven Betriebsphase 1958) (TU Bergakademie Freiberg 2013)

3.1.2.4 Ausblicke und Notwendigkeiten

Mit diesem Informationssystem ist die Basis für die zentrale Verfügbarkeit von Informationen zu Ergebnissen von Monitoringprojekten im Zusammenhang mit Altbergbaufolgen gelegt. Eine Einbindung aktualisierter Daten ist auch nach Abschluss des Projektes VODAMIN möglich. Für eine direkte Integration externer Daten müssten jedoch die nötigen Server/Services und Zugriffsberechtigungen auf Daten anderer Projektträger (z. B. LfULG, Sächsisches Oberbergamt, DMT) in rechtlicher und technischer Hinsicht erst geschaffen werden.

Bis dahin ist die Fortführung des Datenbestandes auf den regelmäßigen Austausch von Daten zwischen den Betreibern von einmaligen Studien bzw. von Monitoringprojekten und dem Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg bzw. der Stadt Oelsnitz angewiesen. Eine von ArcGIS.com unabhängige Web-Lösung zur Nutzung der Dienste ist erstrebenswert. Diese könnte z. B. unter Verwendung der ARCGIS API FOR JAVASCRIPT realisiert und auf dem Server gehostet werden.

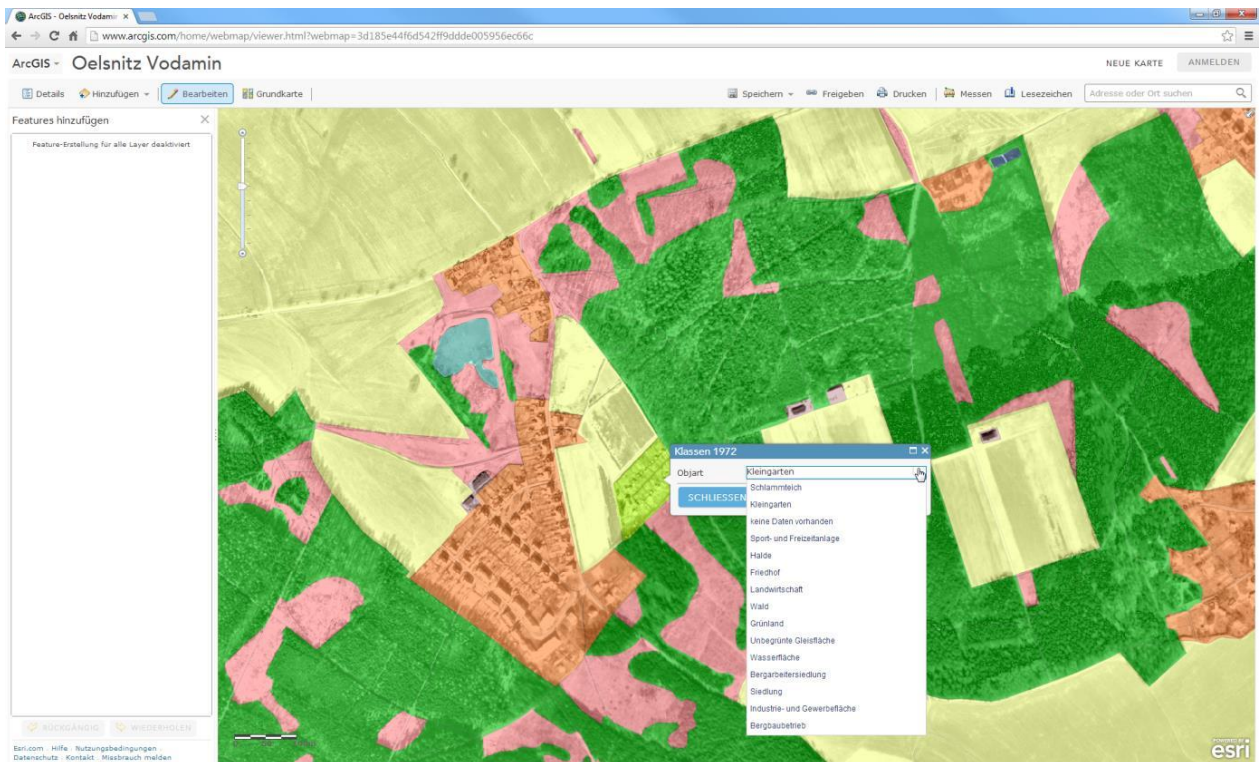


Abbildung 6: Änderung der Klassifizierung im Ergebnis von Realnutzungskartierungen

Die Möglichkeiten für eine nachträgliche Korrektur von Ergebnissen zeigt Abbildung 6. Die Ergebnisse der Realnutzungskartierungen auf der Basis historischer Luftbilder können interaktiv geändert werden.

3.1.3 Nutzung von Gruben- und Haldenwässern für spezielle Anwendungen in Oelsnitz/Erzgebirge

Dr. Sabine Willscher; TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten (2013)

3.1.3.1 Anlass und Zielstellung

Durch den aktiven Bergbau und in Bergbaufolgelandschaften erfolgt in den betroffenen Regionen eine stärkere Beeinträchtigung des natürlichen Gewässerhaushaltes. Ein Teilgebiet des EU-Projektes VODAMIN stellen die Auswirkungen des untertägigen Steinkohlenbergbaus im Revier Lugau/Oelsnitz dar, die unter der Leitung der Stadtverwaltung Oelsnitz als einem der Projektpartner (PP 03) bearbeitet werden. Innerhalb dieses Teilgebietes wurde eine Studie zu den Möglichkeiten der Nutzung von Grubenwässern für spezielle Anwendungen durch das Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten an der TU Dresden durchgeführt. Die Grubenwässer des ehemaligen Steinkohlenbergbaus in der Region Oelsnitz sind mit verschiedenen Stoffen belastet, u. a. mit Sulfat, Schwermetallen und z. T. mit Arsen. Weiterhin weisen diese Wässer einen niedrigen pH-Wert und einen erhöhten Mineralisierungsgehalt (erhöhte Leitfähigkeit) auf. In der Studie sollten alternative Möglichkeiten der Nutzung dieser Grubenwässer aufgezeigt und dargestellt werden.

3.1.3.2 Methodik und Vorgehensweise

Zur Bearbeitung dieser Zielstellung erfolgte eine Erfassung der derzeitigen Wassersituation und kritische Bestandsaufnahme sowohl des qualitativen Stoffinventars als auch der Stoffkonzentrationen mit ihrer zeitlichen Änderung. Die Ergebnisse dieser Analysen des Stoffinventars sind später für eine Entscheidungsfindung und für die Entwicklung künftiger Nutzungskonzepte von großer Bedeutung. Mit dem Wissen um das Stoffinventar in den Grubengebäuden erfolgte eine Erarbeitung von Lösungskonzepten für das Grubenwasser. Die Lösungskonzepte wurden v. a. entsprechend ihrer technischen und ökonomischen Durchführ-

barkeit kritisch geprüft. Die Lage der Tiefen-GWM in Oelsnitz ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Messstelle befindet sich in einer Tiefe von 613,5 m und wurde im Jahr 2006 in Betrieb genommen.

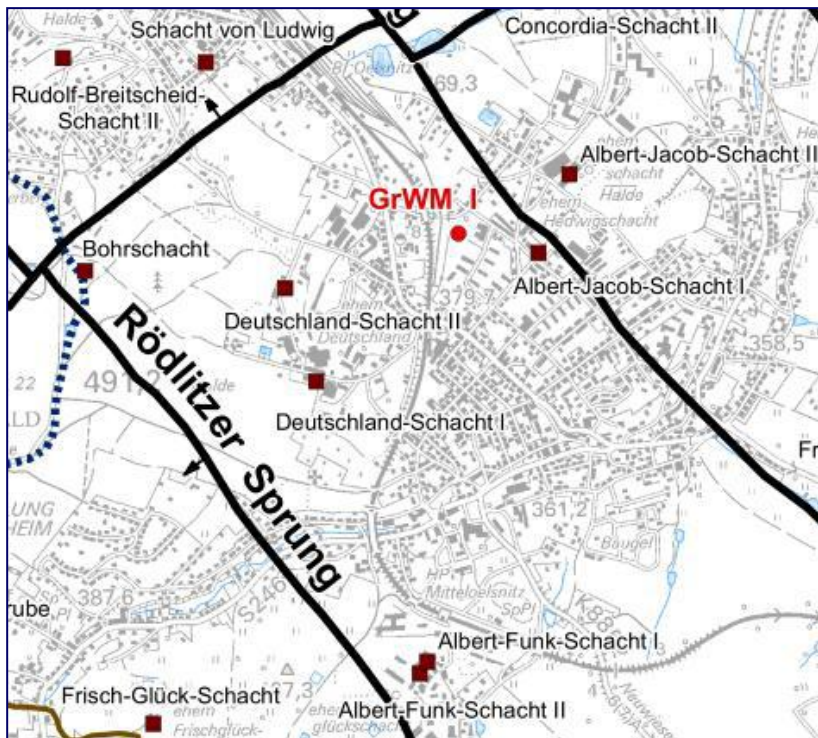


Abbildung 7: Lage der Tiefen-Grubenwassermessstelle in Oelsnitz/Erzgebirge (TU Dresden 2013)

3.1.3.3 Ergebnisse

Analyse der Grubenwasserbeschaffenheit

Bei dem Oelsnitzer Grubenwasser handelt es sich um ein thermales, salzhaltiges Grubenwasser mit erhöhten Gehalten an Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , F^- und Fe . Seit dem Jahr 2006 kommt es zu einer zunehmenden Versalzung des Grubenwassers.

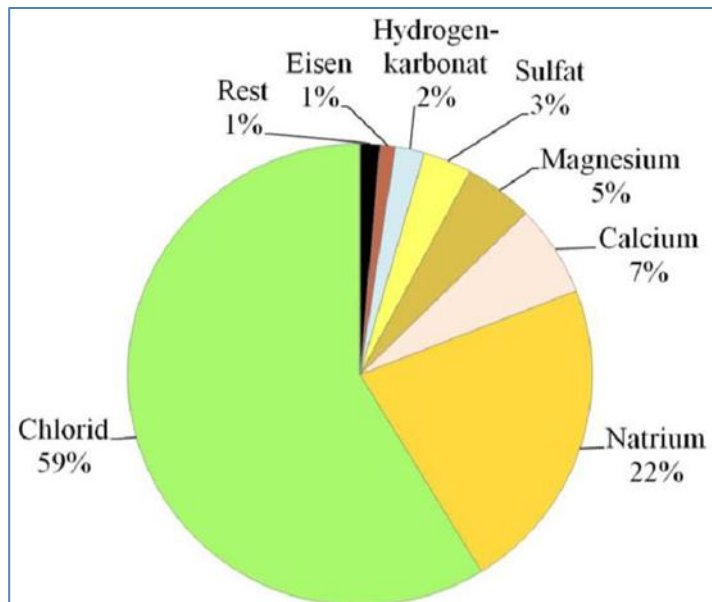


Abbildung 8: Prozentuale Zusammensetzung des Grubenwassers aus der Tiefenmessstelle in Oelsnitz (TU Dresden 2013)

Zu Beginn der Probenahme besaß das Grubenwasser eher die Charakteristika eines typischen Sauerwassers aus dem Altbergbau mit niedrigem pH-Wert, hohen Fe- und Sulfat-Gehalten sowie typischen gelösten Schwermetallen und As (bis 200 $\mu\text{g/l}$).

In den letzten Jahren kam es jedoch kontinuierlich zu einem Aufstieg thermaler salzhaltiger Tiefenwässer in das Grubengebäude, die die Charakteristika des Grubenwassers nachhaltig verändern. Es kommt nun zu einer kontinuierlichen, sehr starken Zunahme soletypischer Bestandteile wie Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- und Br^- im Grubenwasser, die inzwischen 95 % des gesamten Stoffinventars des Grubenwassers ausmachen (s. Abbildung 8). Der Salzgehalt des Wassers

ist derzeit auf 2,4 % angestiegen, mit weiter steigender Tendenz, was der Zusammensetzung eines Solewassers entspricht. Die Konzentration der Sole und die stoffliche Zusammensetzung entsprechen etwa der eines Binnenmeeres wie z. B. der Ostsee.

Im Gegensatz zum Anstieg der soletypischen Bestandteile ist tendenziell ein Rückgang der bergbautypischen Bestandteile des Grubenwassers zu beobachten. So sank z. B. der Sulfatgehalt von ca. 1,2 g/l auf < 400 mg/l ab und liegt nun an der oberen Grenze der Trinkwasserqualität. Auch die Konzentrationen weiterer bergbautypischer Wasserbestandteile wie gelöstes Fe, Mn und As nehmen sehr stark ab. Der pH-Wert der Wässer stieg von sauren Werten (pH 5,8) auf einen relativ neutralen Wert an (6,5) mit weiter steigender Tendenz (Abbildung 9). Aus diesen Gründen wurde vorgeschlagen, das Oelsnitzer Grubenwasser als Mineralsalz- bzw. Solequelle zu nutzen. Dazu musste jedoch eine weitere kritische Prüfung der Nutzungsmöglichkeiten und des Stoffinventars erfolgen:

Auf Grund des erhöhten Salzgehaltes des Oelsnitzer Grubenwassers wurde eine Nutzung z. B. als Mineralwasser, als Trinkquelle, als Gradierquelle, als Badequelle oder zur Siedesalzgewinnung geprüft. Auch eine Vorbehandlung der Wässer zum Erreichen der Qualitätsanforderungen für die Nutzung wurde untersucht. Auf Grund der erhöhten Fe- und Mn-Konzentrationen sowie möglicher erhöhter As-Konzentrationen ist eine Enteisenung und Entmanganung der Wässer zur Vorbehandlung notwendig. Dieses Verfahren entspricht seit Jahrzehnten in Deutschland dem Stand der Technik.

Nach eingehender Prüfung der verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten scheidet eine Nutzung als Mineralquelle auf Grund zu hoher Salzgehalte aus; für eine Salzgewinnung ist die Salzkonzentration dagegen zu niedrig, diese Nutzung scheidet also ebenfalls aus. Das Wasser kann vor allem als Gradierquelle in einer Saline angewandt werden, weiterhin ist die Nutzung als Trinkquelle mit Mengenbeschränkung möglich. Auch eine Nutzung des Wassers als Sole-Badequelle ist denkbar. Als weiterer Schritt wurden kritische Bestandteile des Solewassers wie hohe Gehalte an Br^- , Sr^{2+} , und Ba^{2+} geprüft und für andere, seit langem genutzte Solequellen recherchiert.

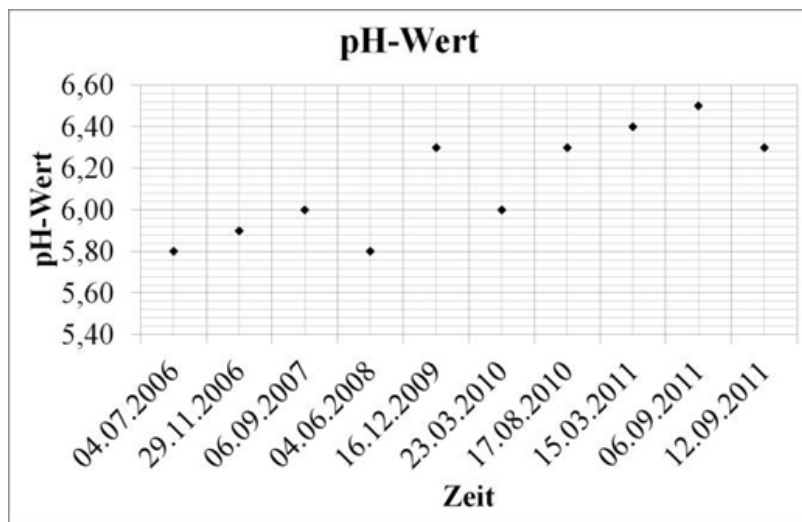


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung des pH-Wertes im Grubenwasser der Tiefenwassermessstelle Oelsnitz (TU Dresden 2013)

Auf Grund der positiven Ergebnisse ist eine Nutzung des Oelsnitzer Grubenwassers nach entsprechender Aufbereitung als Solequelle möglich, was ein sehr positives Ergebnis dieses Projektes darstellt. Verschie-

dene Möglichkeiten der Entsorgung der Wässer nach der entsprechenden Nutzung wurden aufgezeigt (Indirekteinleitung, Direkteinleitung, betriebsinterne Aufbereitung).

3.1.3.4 Ausblicke und Notwendigkeiten

Mit diesem positiven Ergebnis steht der Stadt Oelsnitz eine sehr gute und zukunftsweisende Möglichkeit der Verwertung/Nutzung des Grubenwassers zur Verfügung. Es besteht keine zukünftige Beeinträchtigung der Umwelt durch diese Grubenwässer; die Wässer können für einen positiven Zweck genutzt werden und eröffnen neue Zukunftsperspektiven für Stadt und Region. Die umweltbeeinträchtigende Sauerwasserbildung im Grubengebäude scheint bis auf weiteres vermindert/unterbrochen zu sein.

Damit konnten die Aufgabenstellungen in diesem Projekt in einem sehr positiven Sinne gelöst werden. Zu den künftigen Aufgaben wird die fachliche Begleitung der weiteren Analysendaten der Grubenwassermessstelle und der geplanten Behandlungsmaßnahmen der Wässer zählen.

3.1.4 Gefährdungspotenzial von Haldensickerwässern für Infrastruktur und Gebäude im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz

Thomas Hertwig, Helmut Schynschetzki, Thomas Barsch; Beak Consultants GmbH Freiberg (2013)

3.1.4.1 Zielstellung

Frühere Untersuchungen wiesen auf kausale Zusammenhänge zwischen baulichen Schäden an der Kanalisation und sauren Haldensickerwässern im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz hin. Mit der Studie sollte eine umfassende Ermittlung des Kenntnisstandes für das Revier und die Beurteilung des Gefährdungspotenzials für Infrastruktur und bauliche Anlagen erfolgen.

Speziell alte Analysen von Haldensickerwässern und Wasserproben aus den lokalen Bächen und Teichen waren zu recherchieren sowie hinsichtlich Schüttung und relevanter chemischer und physikalischer Parameter zu charakterisieren. Unter anderem sollten an den bekannten Probenahmestellen von der Beak Consultants GmbH Freiberg und der Westsächsische Abwasserentsorgungs- und Dienstleistungsgesellschaft mbH Wiederholungsbeprobungen durchgeführt werden.



Abbildung 10: Sickerwasseraustritt aus der Vertrauen-Schacht-Halde (Beak Consultants GmbH 2013)

Wird ein Gefährdungspotenzial nachgewiesen, ist zu versuchen, einen kausalen Zusammenhang zwischen der Gefährdung und den Hinterlassenschaften des Altbergbaus herzustellen. Es sind potenziell gefährdete Infrastrukturen (Rohrleitungen der Kanalisation bzw. bauliche Anlagen) aufzuzeigen. Dazu wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Recherche und Kenntnisstandsbewertung von Altunterlagen zu den Steinkohlenhalden des Reviers Lugau/Oelsnitz
- Vorortbegehungen und Festlegung der Probenahmepunkte
- Entnahme von 44 Wasserproben von Haldensickerwasser sowie aus Bächen und Kanälen der WAD
- Entnahme von 10 Bodenproben über Kanälen der WAD
- Entnahme einer Betonprobe
- Analytik der Proben auf Betonaggressivität und die Gehalte an ausgewählten Schwermetallen
- Kanalbefahrungen (Video)



Abbildung 11: Bodenprobenahme in der Hofjänergasse in Oelsnitz (Beak Consultants GmbH 2013)

3.1.4.2 Ergebnisse

Die maßgeblich für die Bewertung der Betonaggressivität verantwortlichen Parameter pH-Wert, Ammonium, Magnesium, Sulfat und freie Kohlensäure überschreiten bei den vorliegenden Altproben sowie bei den neuen Wasserproben sehr häufig die entsprechenden Referenzwerte.

Speziell die Sickerwässer der Deutschland-Schacht-Halden, der Kaiserin-Augusta-Schacht-Halde, der Vertrauen-Schacht-Halde, der Vereinigtfeld-Schacht-Halden, der Helene- und Ida-Schacht-Halde und der Concordia-Schacht-Halde sind als sehr stark betonaggressiv einzustufen, die der Carl-Schacht-Halde, der Pluto- und Merkur-Schacht-Halde, der Gottes Segen-Schacht-Halde sowie der Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde sind stark betonaggressiv (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bewertung der Wasseranalysen

Schacht	Wasserproben, gesamt	davon sehr stark angreifend	davon stark angreifend	davon schwach angreifend	davon nicht angreifend
Deutschland-Schächte I + II	24	20	2	2	-
Kaiserin-Augusta-Schacht	22	13	4	2	3
Vertrauen-Schacht	35	25	7	3	-
Vereinigtfeld-Schächte I - III	17	8	6	2	1
Helene- und Ida-Schacht	14	11	2	1	-
Concordia-Schacht	15	12	1	-	2
Carl-Schacht	7	-	7	-	-
Pluto- und Merkur-Schacht	13	-	6	6	1
Gottes Segen-Schacht	15	-	10	4	1
Kaisergrube-Schacht*	15	-	-	3*	12**
Frieden- und Hedwig-Schacht	15	3	12	-	-
Victoria-Schacht	14	-	1	13	-
Hegebach	8	-	-	6	2

sehr stark angreifend, stark angreifend, schwach angreifend; * aktuelle Werte von 2013, daher insgesamt als schwach angreifend eingestuft; ** Werte von 2006/2007

An der Victoria-Schacht-Halde treten überwiegend schwach angreifende Wässer auf. Genauso wurde letztendlich auch die Kaisergrube-Schacht-Halde eingestuft, weil die aktuellen Analysenergebnisse jeweils schwach angreifende Wässer auswiesen, während die nicht angreifenden Wässer alle aus dem Zeitraum 2006/2007 stammen.

Bemerkenswert ist der Zustand des Hegebaches. Durch die zusitzenden Haldensickerwässer weist der Hegebach überwiegend schwach angreifende Verhältnisse auf. Dabei ist jeweils nach einer Einleitstelle (von Deutschland-Schacht oder vom Vertrauen-Schacht) eine deutliche Zunahme des Sulfatgehaltes feststellbar, der maßgeblich für die Einstufung als schwach betonangreifend verantwortlich ist.

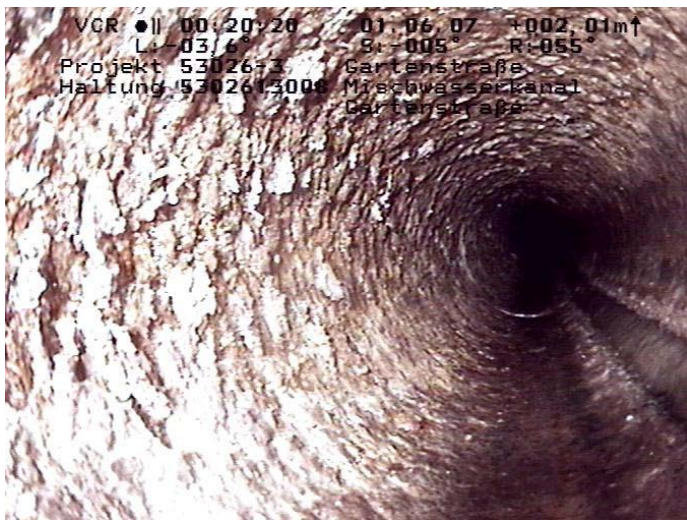


Abbildung 12: Mischwasserkanal in der Gartenstraße in Lugau mit Sickerwässern des Carl-Schachtes (starke Innenkorrosion) (WAD 2007)

Spurenelemente/Schwermetalle

Der Sickerwasserabstrom der untersuchten Halden weist erhebliche Belastungen durch die Schwermetalle Cadmium, Nickel und Zink auf. Dies führt über Direkteintrag durch fehlende Deckschichten zu einem erheblichen Grundwasserschaden der oberflächennahen Grundwasserleiter. Die Geringfügigkeitsschwellen werden um ein Vielfaches überschritten. Die kontaminierten Grundwässer sind nicht ohne kostenintensive Aufbereitung nutzbar.

Durch eingeleitete Haldensickerwässer wird besonders die Qualität der mittel- und unmittelbar betroffenen Oberflächengewässer (Hegebach mit Nebenbächen und einige Teiche) beeinträchtigt. Für den Wirkungspfad Oberflächenwasser – Aquatische Lebensgemeinschaft ergeben sich teilweise sehr starke Überschreitungen der Besorgniswerte der Parameter Cadmium und Nickel. Ein hinreichender Gefahrenverdacht für das Vorliegen einer Altlast ist bei den untersuchten Halden im Lugau/Oelsnitzer Revier gegeben.

Mehrfach werden die mit Schwermetallen stark kontaminierten Haldensickerwässer in die Kanalisation der WAD eingeleitet. Handelt es sich um Regenwasserkanäle, so werden diese meist direkt in die Vorflut (Hegebach oder Nebenbäche) abgeleitet.



Abbildung 13: Regenwasserkanal mit Sickerwässern von der Deutschland-Schacht I-Halde in den Hegebach
(Foto: Beak Consultants 2013)

Teilweise werden die Haldensickerwässer aber auch in Mischwasserkanäle eingebunden, dann bewirken sie dort eine Befruchtung der Aufgabewässer der kommunalen Wasserreinigungsanlagen. Dies führt zur Erhöhung der Instandhaltungskosten am kommunalen Abwasserentsorgungsnetz und zur Steigerung der Entsorgungskosten der schwermetallhaltigen Klärschlämme.

Abschließend werden mögliche Sanierungsvarianten zur Eindämmung bzw. Verhinderung weiterer Schadstoffeinträge durch Haldensickerwässer in das Abwasserentsorgungsnetz und in die örtliche Vorflut diskutiert. Es werden Sanierungsvorschläge sowie Empfehlungen für weitere spezielle Untersuchungen gegeben.

3.1.5 Standsicherheit von Schachtverfüllsäulen im Grubenrevier Lugau/Oelsnitz aus Sicht des Grubenwasseranstieges

Joachim Kowarik, André Mittag, Jochen Schubert; DMT GmbH Zweigniederlassung Leipzig (2013)

3.1.5.1 Anlass und Zielstellung

Im Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz wurde zwischen 1844 und 1971 Steinkohle abgebaut. Insgesamt wurden etwa 142 Mio. Tonnen Kohle gefördert. Das sind etwa 5 Mio. Eisenbahnwaggons. Zur Gewährleistung eines sicheren Abbaus wurden das Grundwasser und die Bergwässer, die in die Schächte und Grubenbaue eindringen, gefasst und über die vorhandenen Schächte nach über Tage abgepumpt. War die Kohle im Umfeld eines Schachtes abgebaut, wurde der Schacht geschlossen und verwahrt. Diese Verwahrung erfolgte häufig durch das Verfüllen der Schachtröhre mit dem Abraum (Berge), der beim Abteufen des Schachtes auf einer Halde zwischengelagert wurde. Die so entstandene Schachtverfüllsäule wurde zum Teil auch aus Schotter, Kohleschlamm, Asche, Beton und anderem Material hergestellt.

Mit dem Ende der Kohleförderung im Jahre 1971 wurde auch die Ableitung des Grubenwassers nach über Tage beendet. Seitdem füllen sich die Grubenhohlräume allmählich mit Wasser. Der Prozess dieser Flutung wird seit 2004 in einer Grubenwassermessstelle in Oelsnitz/Erzgebirge beobachtet. Demnach steigt der Wasserstand um 1 m pro Monat an, er liegt im Moment bei 330 m Tiefe. Durch den Wasseranstieg geraten die Füllsäulen der Schächte zunehmend in den Einfluss des Grubenwassers. In der vorliegenden Studie war zu untersuchen, wie sich die Flutung des Grubengebäudes auf die Standsicherheit der Füllsäulen auswirkt.



Abbildung 14: Kontrollöffnung des Vertrauen-Schachtes. Der Schacht ist vollständig verfüllt.
(Foto: DMT Leipzig 2013)

Eine abnehmende Standsicherheit kann zum Absacken der Füllsäule führen und Gefährdungen von Personen und Sachwerten an der Tagesoberfläche verursachen. Grundlage der Studie bildete das Konzept der gesteuerten Flutung des Reviers Lugau-Oelsnitz, das im Rahmen des VODAMIN Projektes vorgestellt wurde. Demnach wird ein abschließender Wasserstand im Grubengebäude von ca. 320 m ü. NN angestrebt, der über spezielle technische Maßnahmen sichergestellt werden soll.

3.1.5.2 Methodik

Zu Beginn der Studie wurden die verfügbaren Daten zu den Schächten zusammengestellt und in eine Datenbank eingetragen. Neben den Angaben zur Lage und Geometrie der Schächte sind der Schachtausbau, die Füllsäule und die angeschlossenen Grubenbaue von besonderem Interesse. Außerdem waren der geologische Schichtenaufbau und die hydrologischen Verhältnisse zu untersuchen. Auch Angaben zu früheren Schäden an den Schächten gestatteten wertvolle Hinweise auf die Standsicherheit.

Im Zuge der Bearbeitung wurden alle diese Merkmale bewertet. Es wurde anhand von Erfahrungen abgeschätzt, wie sich der Grubenwasseranstieg auf diese Merkmale auswirkt und ob dies zu einer Verschlechterung der Standsicherheit führen kann. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass das Grubenwasser ei-

nen deutlichen Salzgehalt aufweist, der etwa dem der Ostsee entspricht. Nachfolgend sind beispielhaft einige Merkmale zusammengestellt, die zur Bewertung herangezogen wurden:

- Teufe des Schachtes: Je größer die Teufe, desto größer ist derjenige Bereich der Füllsäule, der unter Wasser gerät und beeinflusst wird.
- Schachtquerschnitt: Große Querschnitte führen beim Absacken der Füllsäule zu größeren Tagesbrüchen als kleine Querschnitte.
- Schachtausbau: Ein gemauerter Ausbau wird vom Wasser praktisch kaum geschwächt, wohingegen Holzausbau im feuchten Milieu und Eisenausbau unter Wasser (besonders Salzwasser) langfristig zerstört werden.
- Schachtbruch: Ausbaumaterial kann sich innerhalb der Schachtröhre querstellen und dadurch den Querschnitt verschließen. Die so entstandenen Verspiegelungen führen zu Fehlstellen und möglichem Absacken der Füllsäulen.

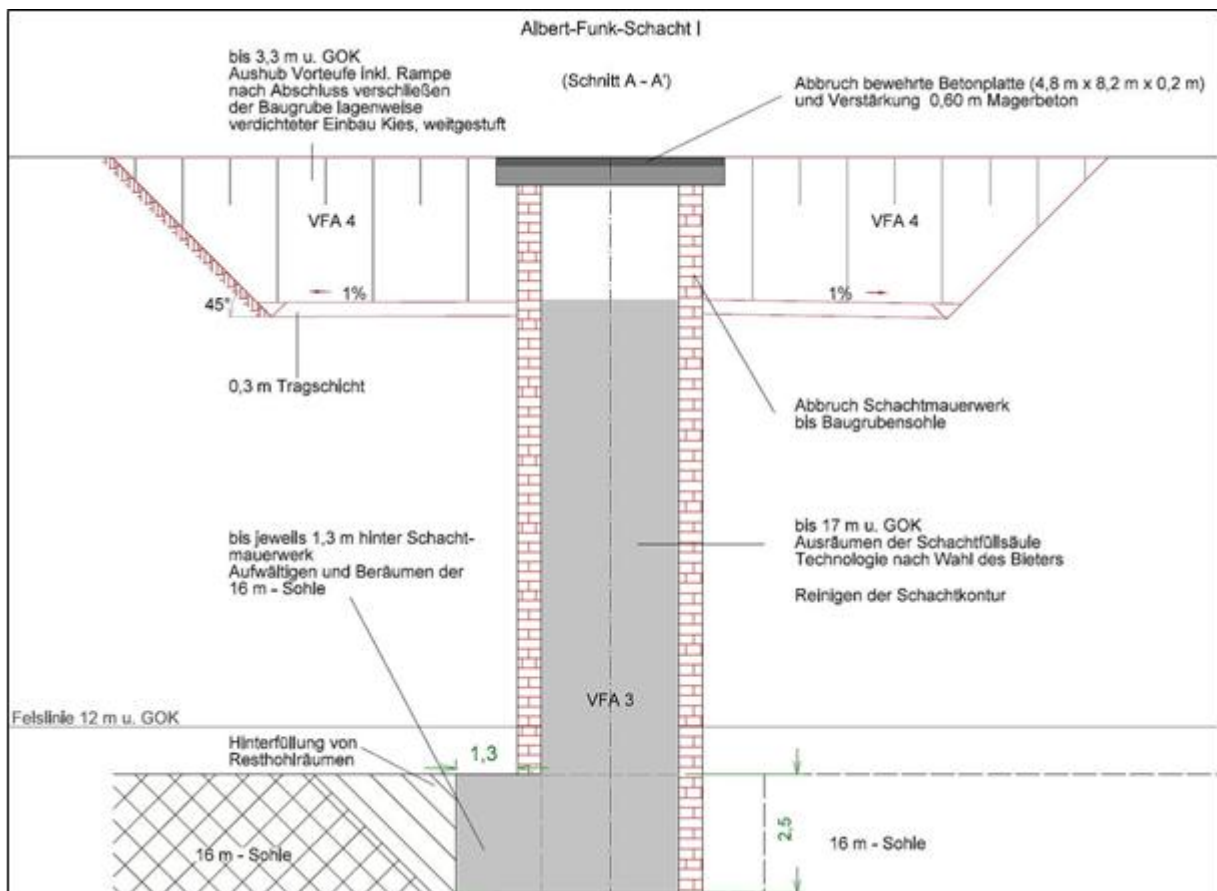


Abbildung 15: Ausschnitt aus der Planung zur Sanierung des Albert-Funk-Schachtes I (DMT Leipzig 2013)

- Verfüllmaterial: Haldenmaterial kann bei Wassersättigung aufweichen und eine breiige Konsistenz annehmen. Liegt nun noch der Druck von einigen hundert Metern Füllsäule auf dem aufgeweichten Material, dann kann es leicht in angeschlossene Grubenbaue gepresst werden und zum Absacken der Füllsäule führen. Bei Schotter besteht diese Gefahr nicht.

- Geologischer Schichtenaufbau: Schluffsteine und Tonsteine des Deckgebirges (Rotliegendes) weichen bei Wasserzutritt stärker auf als Sandsteine oder Konglomerate. Störungszonen bilden meist bevorzugte Wasserwege und geeignete Ablöseflächen für Schachtbrüche.
- Verwahrung der angeschlossenen Grubenbaue: Wurden die Strecken dauerstandsicher verwahrt, so kann die Füllsäule selbst im aufgeweichten Zustand nicht in diese Strecken abwandern. Sie bleibt also lagestabil. Wurden allerdings die Streckenabgänge nur mit Holzpfeilern verschlossen, so verrotten diese im Lauf der Zeit und bieten dann kein sicheres Widerlager gegen das Eindringen der Füllsäule mehr.
- Anzahl der Streckenabgänge an einem Schacht: Mit zunehmender Anzahl der Strecken wächst die Möglichkeit, dass die Füllsäule beim Anstieg des Grubenwassers in die Grubenbaue abrutscht. Dies gilt vor allem für die Streckenabgänge, die in den Einfluss des Grubenwassers geraten.

Die Bewertung der Merkmale wurde mit einem Punktesystem vorgenommen. Dadurch erhielt jeder der untersuchten Schächte zunächst eine Punktzahl n . Diese Punktzahl bezieht sich auf den Verwahrungszustand zum Zeitpunkt der Verfüllung, in jedem Fall vor 1974. Je größer diese Zahl n , desto geringer die Standsicherheit der Füllsäule. In einem zweiten Schritt der Bearbeitung wurden die nachträglichen Verwahrungsmaßnahmen bewertet, die nach dem heutigen Stand der Technik erfolgten. Diese Bewertung führte zu einem Multiplikator M für die ursprüngliche Punktzahl. Im Falle einer dauerstandsicheren Verwahrung nach dem Stand der Technik wurde dieser Multiplikator $M = 0$ gesetzt. Das bedeutet, die Füllsäule erhält insgesamt null Punkte und ist damit als dauerstandsicher einzuschätzen: $n \times 0 = 0$. Für den Fall, dass keine Nachverwahrung nach dem Stand der Technik vorgenommen wurde, beträgt der Multiplikator $M = 1$. Das heißt, die Punktzahl bleibt in voller Höhe erhalten: $n \times 1 = n$. Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen, die noch nicht zu einer vollständig dauerstandsicheren Verwahrung geführt haben, wurden mit einem abgeminderten Multiplikator versehen, z. B. $M = 0,4$. Dieses Vorgehen erlaubt es, die Standsicherheit der Schächte und ihrer Füllsäulen unmittelbar miteinander zu vergleichen. Es kann abgeleitet werden, bei welchen Schächten die Wahrscheinlichkeit eines Versagens der Füllsäule am höchsten ist. Bezogen auf die heutige Bewertungsmethodik für Altbergbau führt die Punktbewertung letzten Endes zur Eintrittswahrscheinlichkeit des „unerwünschten Ereignisses“.

Neben der Eintrittswahrscheinlichkeit, die sich aus den technischen Parametern ergibt, muss für eine abschließende Bewertung noch einbezogen werden, welches Ausmaß ein Schaden annehmen kann. Dieses mögliche Schadensausmaß hängt von der gegenwärtigen Nutzung der Tagesoberfläche ab. So ist z. B. in einem Wohngebiet oder im innerstädtischen Bereich mit Personenschäden und großen Sachschäden zu rechnen, während auf landwirtschaftlichen Flächen oder im Wald nur geringe Schäden zu erwarten sind.

Aus der gemeinsamen Betrachtung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß leitet sich die aktuelle Risikoklasse ab, die für die untersuchten Schächte ermittelt wurde. Außerdem wird eine Priorisierung ermöglicht: hohe Punktzahl = hohe Priorität für Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit, wobei aber die Nutzung (= mögliches Schadensausmaß) zur Entscheidung in jedem Fall zu berücksichtigen ist.

3.1.5.3 Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden 38 Schächte in Lugau, Oelsnitz/Erzgebirge, Hohndorf, Gersdorf und Niederwürschnitz auf diese Weise untersucht und bewertet. Im Ergebnis ist festzustellen:

- 6 der 38 untersuchten Schächte sind nach 1990 dauerstandsicher verwahrt worden und können als sicher eingestuft werden, auch im Falle des Grubenwasseranstieges bis 320 m NN.

- 4 der 38 Schächte sind momentan in der Sanierungsplanung. Nach der Sanierung sind auch diese Schächte dauerstandsicher verwahrt.
- Die restlichen 28 untersuchten Schächte zeigen eine verschieden hohe Standsicherheit der Füllsäule beim Grubenwasseranstieg. Die Schächte wurden dahingehend bewertet und unter Berücksichtigung der übertägigen Gelände­nutzung die Dringlichkeit ihrer Sanierung abgeleitet (Priorisierung).

Auf der Grundlage der vorliegenden Informationen wurden abschließend geeignete Maßnahmen vorgeschlagen, mit denen das Risiko eines Schadens dauerhaft verringert bzw. beseitigt werden kann. Dadurch wird eine praktisch uneingeschränkte Nutzbarkeit der Geländeoberfläche gewährleistet, selbst wenn ein Teil der Schachtverfüllsäule unter dem Grubenwassereinfluss absacken sollte. Geeignete Maßnahmen sind beispielsweise eine Schachtkopfsicherung oder die Herstellung von lagestabilen Füllsäulenabschnitten durch Injektionen. Diese Maßnahmen sind auf den Einzelfall abzustimmen. Als erste Maßnahme ist es in vielen Fällen erforderlich, die vorhandene Schachtverfüllsäule zu beobachten. Hierfür sind entsprechende Kontrollöffnungen in die vorhandenen Abdeckplatten einzubauen.

3.1.6 Die Grubenwassermessstelle Gersdorf im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz

Stephan Uhlig; Sächsisches Oberbergamt (2014a)

3.1.6.1 Veranlassung und Ziele

Das ehemalige Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz befindet sich in Westsachsen am Fuß des Erzgebirges. Gegenwärtig leben hier ca. 30.000 Einwohner in einem kleinstädtisch bis ländlich geprägten Siedlungsraum. Insgesamt wurden zwischen 1844 und 1971 rund 142 Mio. t Steinkohle gefördert. Der Abbau erfolgte bis in eine Tiefe von 1.200 m.

Nach 127 Jahren Bergbautätigkeit wurde die Kohleförderung 1971 eingestellt. Die Abschaltung der bergmännischen Wasserhaltung führte zum Absaufen der Grubenhohlräume. Bisherigen Prognosen zufolge (LfULG 2010 & DMT 2013) wird dieser Flutungsprozess frühestens 2030 zum Abschluss kommen. Weiterführende Informationen zur Geologie und Bergbausituation des Reviers sowie zu den Grundlagen bisheriger Flutungsprognosen können aus LfULG (2010) entnommen werden.

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand (DMT 2013) ist nicht auszuschließen, dass der fortschreitende Grubenwasseranstieg mit erheblichen Problemen verbunden sein kann. So ist an der Erdoberfläche z. B. mit lokalen Wasseraustritten, Vernässungserscheinungen und Hangrutschungen zu rechnen. In Abhängigkeit von der Beschaffenheit des aufsteigenden Grubenwassers besteht Gefährdungspotenzial für Grund- und Oberflächenwässer.

Die bisherigen Prognosen zum weiteren Ablauf der Flutung des ehemaligen Bergbaureviers sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Dies betrifft sowohl den zeitlichen Ablauf des Wasseranstieges als auch den Chemismus der aufsteigenden Grubenwässer. Der Betrieb der Grubenwassermessstelle Gersdorf soll mittelfristig zu einer Verbesserung der Datengrundlage und Erhöhung der Vorhersagegenauigkeit künftiger Flutungsprognosen führen. Dies ist Voraussetzung, damit rechtzeitig angemessene und effektive Schutzmaßnahmen geplant und realisiert werden können.

3.1.6.2 Planung und Errichtung der Grubenwassermessstelle

Die Tiefbohrung zur Errichtung der Grubenwassermessstelle ist innerhalb eines Zeitraumes von 4 Monaten abgeteuft worden (Abbildung 16). Unter Einsatz von Rollmeißeln wurde kernlos gebohrt. Innerhalb der ca. 600 m mächtigen Ablagerungen aus dem Unterrotliegenden wurde die Bohrung zweimal teleskopiert, ver-

rohrt und zementiert. Damit sollte die Möglichkeit eines hydraulischen Kurzschlusses zwischen Grubenwasser und Grundwässern höherer Stockwerke ausgeschlossen werden. Signifikante Wasserzuläufe wurden innerhalb dieses Bohrabschnittes nicht beobachtet.

Der Bohransatzpunkt zur Errichtung der Grubenwassermessstelle ist in das Umfeld eines ehemaligen Steinkohlenbergwerkes gelegt worden. Schacht 2 der Kaisergrube Gersdorf gehört zu den Schächten des Reviers, bei denen die Tagesöffnung am niedrigsten liegt. Bei Abschluss der Flutung ist zu erwarten, dass hier zuerst Grubenwasser an der Erdoberfläche austreten.

Weiteres Kriterium für die Wahl dieses Bohransatzpunktes war die günstige Altbergbausituation. Bei den Nebengesteinen der Oelsnitzer Steinkohlen handelt es sich vorrangig um Schluff- und Tonsteine. Sie weisen nur eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Chancen für den Aufschluss von Grubenwasser bestehen daher nur in Hohlräumen, Resthohlräumen oder Auflockerungszonen im Gesteinsverbund, die im Zusammenhang mit der ehemaligen Bergbautätigkeit entstanden sind.



Abbildung 16: Tiefbohrgerät der Firma Anger's Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH (Foto: Anger's Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH 2013)

Im Umfeld von Schacht 2 der Kaisergrube sind in einer Tiefe zwischen 600 und 700 m insgesamt fünf Steinkohlenflöze abgebaut worden. Die Flöze wiesen eine Mächtigkeit von ca. 2 m auf. Die obersten 4 Abbauhohizonte wurden nach der Kohlegewinnung versetzt. Nur im untersten Abbauhohizont ist die Kohle im Bruchbau ohne Versatz gewonnen worden.

Diese Konstellation hat ermöglicht, dass die oberen Abbauhohizonte ohne größere bohrtechnische Schwierigkeiten durchteuft werden konnten. Begrenzte Spülungsverluste in permeablen Bereichen erwiesen sich

als kompensierbar. Erst das Deckgebirge über dem untersten AbbauhORIZONT wies durch den Bruchbau eine so starke Auflockerung auf, dass sich in 674 m Tiefe ein totaler Spülungsverlust ereignete. Nach kurzer Zeit stellte sich die Spülung innerhalb der Bohrung bei einem Druckspiegel von ca. 295 m unter der Erdoberfläche ein. Dies war planmäßiges Abbruchkriterium für die Bohrarbeiten. In erster Näherung entspricht dieses Niveau dem zu erwartenden Druckspiegel des Grubenwassers.

Ausrüstung für den Messstellenbetrieb

Die Grubenwassermessstelle soll mindestens bis in das Jahr 2030 zuverlässige Daten zum Flutungsverlauf innerhalb des ehemaligen Steinkohlenreviers Lugau/Oelsnitz liefern. Um dies abzusichern, war ein hoher Aufwand erforderlich. Im Bereich der Grubenwasserzuläufe (unter 600 m Tiefe) erfolgte der Endausbau der Messstelle mit einem Schlitzbrückenfilter aus Edelstahl. Diesem wurde ein Vollrohr aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufgesetzt, welches bis zur Erdoberfläche reicht. Damit weist die Messstelle über die gesamte Teufe einen absatzfreien Innendurchmesser von 4" auf.

Der Anstieg des Flutungswasserstandes wird mit Hilfe eines automatischen Wasserstandsrekorders überwacht. Die kontinuierlich auflaufenden Messergebnisse werden durch Datenfernübertragung abgerufen. Vorgesehen ist, dass die Messstelle in das Sächsische Landesmessnetz aufgenommen wird und damit künftig über das Internet auf die Messergebnisse zugegriffen werden kann.

3.1.6.3 Erste Untersuchungsergebnisse und Schlussfolgerungen

Die bisherigen Kenntnisse zum gegenwärtigen Stand der Flutung im Revier Lugau/Oelsnitz beruhen u. a. auf Messreihen der Grubenwassermessstelle Oelsnitz (LfULG 2010). Sie befindet sich 2 km südöstlich der Grubenwassermessstelle Gersdorf und liefert seit 2006 regelmäßig Messergebnisse. Der Vergleich beider Messstellen erlaubt eine erste Beurteilung der Frage, welcher Zuwachs im Kenntnisstand durch die Messstelle Gersdorf zu erwarten ist.

- Nach dem Ausbau der Messstelle Gersdorf hat sich der Druckspiegel in einer Tiefe von 283 m eingestellt. Er liegt damit ca. 25 m über dem Druckspiegel der Messstelle Oelsnitz.
- Erste Probenahmen und laborchemische Untersuchungen zeigen, dass das Grubenwasser der Messstelle Gersdorf eine deutlich niedrigere Salinität aufweist. Es wurde eine elektrische Leitfähigkeit in der Größenordnung von ca. 5 mS/cm und eine Chloridkonzentration von 0,14 Ma.-% gemessen. In Oelsnitz wurden stattdessen elektrische Leitfähigkeiten zwischen 22 und 38 mS/cm sowie Chloridgehalte zwischen 0,8 und 1,8 Ma.-% gemessen.

Die Differenz zwischen den Druckspiegeln beider Messstellen kann noch nicht eindeutig bewertet werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt berechtigt dieser Befund aber mit hoher Sicherheit zu der Einschätzung, dass zwischen beiden Wassersäulen zumindest eine eingeschränkte Kommunikation besteht. In Anbetracht dessen, dass in beiden Messstellen eine ca. 350 m hohe Wassersäule aufgeschlossen ist, erscheint eine Abweichung in Höhe von ca. 7 % allerdings als nahezu vernachlässigbar.

Die Signifikanz dieses Befundes kann nur durch weitere Messungen geklärt werden. Insbesondere bleibt abzuwarten, ob sich diese Differenz zukünftig erhöht. Dieser Fall würde dem Szenario 5 der Flutungsprognose (LfULG 2010) entsprechen, bei dem die Flutung im östlichen Teil schneller voranschreitet als im westlichen Teil des Reviers.

Die Salinität des Grubenwassers in der Messstelle Oelsnitz ist um den Faktor 5 bis 10 höher als in Gersdorf. Insbesondere zeigen die Oelsnitzer Messergebnisse, dass sich die Salinität zwischen 2006 und 2013 mehr als verdoppelt hat. Eine Erklärung für dieses Phänomen erscheint problematisch. Sie sollte jedenfalls

nicht im Widerspruch zu Rahmenbedingungen der bisherigen Flutungsprognose (LfULG 2010 & DMT 2013) stehen. Der Nachweis deutlich niedrigerer Salzkonzentrationen im Grubenwasser der Messstelle Gersdorf verlangt nach einer Überprüfung bisheriger Interpretationsversuche und Bewertungen.

Insgesamt kann erwartet werden, dass die Grubenwassermessstelle Gersdorf in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der Bergbauhinterlassenschaften im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz leisten wird.

3.2 Erfahrungen im Umgang mit aufsteigenden Grubenwässern

Stephan Uhlig; Sächsisches Oberbergamt (2014b)

3.2.1 Veranlassung und Vorbemerkungen

Aufsteigende Grubenwässer kennzeichnen zumeist Phasen nach Beendigung der Bergbauaktivitäten. Zeitgleich mit der Stilllegung eines Bergwerks werden in der Regel auch die Pumpen abgeschaltet, mit denen das Grubenwasser an die Erdoberfläche befördert wurde. Dies führt zum „Absaufen“ des Bergwerkes. Dabei handelt es sich um eine weltweit verbreitete und anerkannte Methode der Verwahrung von Bergwerken. Dahinter verbirgt sich der Gedanke, dass der Wasserdruck die Standsicherheit der Grubenhohlräume erhöht.

Diese Praxis hat sich offenbar bewährt. Von der Mehrheit der abgesoffenen Bergwerke gehen keine oder nur noch eingeschränkte Gefährdungen für die Sicherheit oder für die Umwelt aus. Eine weitere Lehre aus dieser Praxis besagt jedoch, dass dieser Prozess des Grubenwasseranstiegs selbst – bis zur Einstellung einer stabilen Situation – durchaus mit vielfältigen und komplizierten Problemen behaftet sein kann. In diesem Zusammenhang erlangt zunehmend die Forderung an Bedeutung, den Ablauf solcher Prozesse mit hinreichender Zuverlässigkeit vorhersagen, überwachen und steuern zu können. In besonderem Maße zwingend wird diese Forderung, wenn urbane Gebiete oder natürliche Ressourcen betroffen sind. Dies betrifft insbesondere Grund- und Oberflächenwasser.

Diesem Anliegen sind alle Projekte gewidmet, die im Rahmen der vorliegenden Textsammlung vorgestellt werden. Auf die Originalarbeiten wird in den bibliografischen Angaben verwiesen. Diese sind bei dem jeweiligen Projektpartner bzw. Auftraggeber in vollem Umfang verfügbar. Darüber hinaus wurden diese Arbeiten vollständig bzw. teilweise (in Abhängigkeit vom Umfang) im Internet veröffentlicht.

3.2.2 Grubenwasseranstieg im Nordböhmisches Braunkohlenrevier

Im Mittelpunkt der Aktivitäten der Bezirksverwaltung Ústí n. L. stand das Nordböhmisches Braunkohlenrevier. Es erstreckt sich am südlichen Fuß des Erzgebirges über eine Länge von ca. 70 km. Die Anfänge der Braunkohlengewinnung lassen sich bis in das 15. Jahrhundert zurückverfolgen. In „Bauernschächten“ wurden zunächst die oberflächennahen Kohleflöze abgebaut. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich eine intensive Bergbauindustrie. Tieferliegende Flöze mit hochwertiger Hartbraunkohle standen im Mittelpunkt des Interesses. Der letzte aktive Tiefbaubetrieb, die Grube Centrum, hat zwischen 1888 und 2007 insgesamt 57,5 Mio. t Braunkohle abgebaut. Das ca. 170 m tiefe Flöz wies eine durchschnittliche Mächtigkeit von 32 m auf.

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelte sich die Tagebautechnologie. Der Einsatz von Tagebau-Großgeräten sichert bis in die Gegenwart eine hohe Effektivität der Gewinnung. Gegenwärtig weisen einzelne Tagebaue Tiefen bis 150 m auf. Nach dem 2. Weltkrieg begann der Aufstieg der Region zu einem bedeutenden Energielieferanten der Tschechoslowakischen Republik. Dieser Status blieb bis in die Gegenwart erhalten. Die Braunkohlenproduktion im Nordböhmischen Becken liegt gegenwärtig in einer Größenordnung von ca. 35 bis 40 Mio. t/Jahr. Planungen seitens der Industrie und der Tschechischen Regierung sehen die Fortsetzung bis 2064 bzw. 2050 vor (VUHU a. s. 2013a).

Unzweifelhaft ist der Sachverhalt, dass sich zumindest in den letzten 50 Jahren der Rohstoffreichtum zu einem Fluch für diese Region entwickelt hat. Konflikte zwischen der Bergbauindustrie einerseits und betroffenen Kommunen, Industrie- oder Dienstleistungsunternehmen, der Landwirtschaft und nicht zuletzt der Bevölkerung andererseits haben sich ausgeweitet.

Als exemplarisch für diesen Zustand kann die Studie von HALIŘ, HAVRLIK & STANISLAV (VUHU a. s. 2013b) über die Thermen von Teplice betrachtet werden. Daraus geht hervor, dass bereits im 19. Jahrhundert durch den Bergbau ein signifikanter Konflikt herbeigeführt wurde. Dass im Jahr 2013 der Tagebau Bílina bis in die Schutzzone der Therme vorgedrungen ist, kann für Außenstehende nur schwer verständlich sein.

Durch die Autoren konnte aber dargelegt werden, dass dieser Eingriff bislang nicht zu einer weiteren Schädigung der Teplitzer Thermen geführt hat. Als zielführend erscheint vor diesem Hintergrund der Vorschlag, dass die Kriterien zur Abgrenzung der Schutzzonen überprüft und Nutzungseinschränkungen insbesondere für die innere Schutzzone verschärft werden sollten. Grundlagenermittlungen und technische Untersuchungsmaßnahmen im Rahmen der VODAMIN-Studie ermöglichten, dass die Autoren in diesem Zusammenhang konkrete und fundierte Vorschläge vorlegen konnten. Weiterhin wurden Empfehlungen für die Fortsetzung der Sanierungsarbeiten an den Thermen gegeben.

Im Mittelpunkt der Arbeit von HALIŘ, PLETICHOVA & ŽIŽKA (VUHU a. s. 2013a) steht das Grubenwassermonitoringsystem im Nordböhmischen Braunkohlenbecken. Der Kenntnisstand wurde unter Berücksichtigung folgender Rahmenbedingungen eingeschätzt:

- Der Braunkohleabbau schreitet weiterhin fort.
- Nach und nach werden einzelne Tagebaue stillgelegt.
- In diesem Zusammenhang entsteht ein rückläufiger Trend hinsichtlich des Umfangs der bergmännischen Wasserhaltung.

Im Nordböhmischen Braunkohlenbecken existieren derzeit insgesamt 21 Gruben- und Grundwassermessstellen. Im Rahmen der Studie wurden alle verfügbaren Daten zu diesen Messstellen recherchiert und in einer Datenbank aufgenommen. Basierend auf diesem Kenntnisstand sind für 38 ausgewählte Tiefbaubetriebe die ehemalige Praxis der bergmännischen Wasserhaltung, die hydrogeologische Situation nach Einstellung der Kohleförderung und der Kenntnisstand zur Flutung dieser Grubengebäude analysiert worden. Vier der ehemaligen Tiefbaubetriebe (Kohinoor, Centrum, Franz Josef und Kateřina) besitzen gegenwärtig Bedeutung für die Grundwasserabsenkung im Tagebauvorfeld.

Auf dieser Grundlage wurde für Teilbereiche des Nordböhmischen Braunkohlenbeckens eine Prognose zum möglichen zukünftigen Ablauf des Gruben- bzw. Grundwasseranstiegs vorgenommen. Für das westliche Teilbecken von Chomutov mit dem Tagebau Libouš führte dies zu dem Ergebnis, dass die vorliegen-

den Planungen für dessen Stilllegung im Jahr 2035 eine gute Grundlage für die Beherrschung des in diesem Zusammenhang zu erwartenden Grundwasseranstiegs darstellen.

Für die Teilbecken von Most und Teplice ist aus Sicht der Autoren nicht auszuschließen, dass die Einstellung der bergmännischen Wasserhaltung im lokalen Maßstab zu Komplikationen führen kann. Für bestimmte Gebiete muss mit einer Überflutung durch Austritt von Grubenwässern aus den ehemaligen Tiefbaubetrieben gerechnet werden. Insgesamt wird eingeschätzt, dass der gegenwärtige Kenntnisstand keine zuverlässigen Prognosen zulässt. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, dass das gegenwärtige Grubenwassermonitoringsystem um mindestens 24 weitere Messstellen erweitert werden sollte.

Die Studie von HALIŘ, HORČIČKA & HAVRLIK (VUHU a. s. 2013c) untersucht am Beispiel des ČSM-Sees in exemplarischer Form die Probleme im Zusammenhang zwischen dem Anstieg von Grubenwässern in ehemaligen Tiefbauten und der Flutung eng benachbarter Tagebaurestlöcher. Der ehemalige Tagebau ČSM (Tagebau der Tschechoslowakischen Jugend) ist in den 1970er-Jahren stillgelegt worden. Die Rekultivierungsmaßnahmen waren in den 1980er-Jahren abgeschlossen. In den zurückliegenden Jahren traten erhebliche Probleme im Zusammenhang mit Wasserspiegelschwankungen und der Beschaffenheit des Seewassers auf.

Im Rahmen dieser Studie wurden umfangreiche Kenntnisstandanalysen zur Altbergbausituation sowie Grundlagenermittlungen zur Wasserbilanz des Sees und zur hydrogeologischen Situation seines Umfeldes durchgeführt. Im Ergebnis konnten geotechnische Maßnahmen zur Lösung dieses Problems vorgeschlagen werden.

3.2.3 Grubenwasseranstieg im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz

Das ehemalige Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz befindet sich in Westsachsen am Fuß des Erzgebirges. Gegenwärtig leben hier ca. 30.000 Einwohner in einem kleinstädtisch bis ländlich geprägten Siedlungsraum. Insgesamt wurden zwischen 1844 und 1971 rund 142 Mio. t Steinkohle gefördert (LfULG 2010). Nach 127 Jahren Bergbautätigkeit ist 1971 die Kohleförderung eingestellt worden. Letzte Arbeiten zum Rückbau der Übertageanlagen und zur Verwahrung der Schächte wurden 1975 abgeschlossen.

Zu den Hinterlassenschaften dieses Bergbaus zählen u. a. ca. 150 Schächte, die bis zu 1.200 m tief waren. Wie in vielen anderen Steinkohlenrevieren hat auch hier der Bergbau an der Erdoberfläche zu großflächigen Senkungserscheinungen geführt. Lokal traten Absenkungen um bis zu 17 m auf.

Mit Einstellung der Kohleförderung sind 1971 auch die Anlagen zur bergmännischen Wasserhaltung abgeschaltet worden. Die Flutung der Grubengebäude dieses Reviers erfolgt auf Grund besonderer hydrogeologischer Bedingungen sehr langsam. Bisherigen Prognosen zufolge wird der Flutungsprozess frühestens 2030 abgeschlossen sein (DMT 2013 & LfULG 2010). Dabei kann nach gegenwärtigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden, dass die Flutungswässer eine signifikante Fracht an gelösten Salzen und Schwermetallen aufweisen. Es besteht die Möglichkeit, dass oberflächennahe Grundwasserleiter oder das Oberflächenwasser beeinträchtigt werden. Auch können Vernässungen an der Tagesoberfläche auftreten.

Obwohl der Bergbau bereits vor 40 Jahren beendet wurde, stellen seine Hinterlassenschaften noch jetzt eine schwere Hypothek für die Region dar. Vor diesem Hintergrund hat die Stadtverwaltung Oelsnitz im Rahmen des Ziel 3-Vorhabens VODAMIN die Entwicklung einer Konzeption zur Steuerung des Flutungsprozesses im Grubenrevier veranlasst (DMT 2013). Das Sächsische Oberbergamt ergriff weitere Maßnahmen, die die Beherrschung des fortschreitenden Flutungsprozesses zum Ziel haben: die Errichtung einer

Grubenwassermessstelle (Sächsisches Oberbergamt 2014a) sowie die Veranlassung einer Untersuchung zur Standsicherheit der Schachtverfüllsäulen bei fortschreitender Flutung des Reviers (DMT Leipzig 2013).

Ziel der Studie von ECKART & RÜTERKAMP (DMT 2013) war eine Beschreibung und Quantifizierung der hydraulischen Verhältnisse und der sich daraus ergebenden Probleme im Bereich der ehemaligen Steinkohlenlagerstätte Oelsnitz nach Erreichen der Vollflutung. Daraus sollten eine Handlungsstrategie und Lösungsansätze abgeleitet werden. Im Ergebnis führte diese Studie zu einer Präzisierung früherer Flutungsprognosen. Insbesondere wurde auf das Risiko unkontrollierter Wasseraustritte in bestimmten Bereichen des Reviers hingewiesen.

Um diesem und weiteren Problemen zielgerichtet zu begegnen, wurden weiterführende Maßnahmen vorgeschlagen. Dazu zählen u. a. die frühzeitige Installation eines Monitoringsystems zur Überwachung der Endphase des Flutungsprozesses und das Abteufen einer Entlastungsbohrung zur Kontrolle des Flutungswasserspiegels. Der zunehmende Kenntnisstand soll schrittweise zu einer weiteren Verfeinerung des Grubenwasseranstiegsmodells und zur Erhöhung der Prognosesicherheit führen. Unmittelbar diesem Ziel dient auch die Errichtung der Grubenwassermessstelle Gersdorf. Über diese Investitionsmaßnahme des Sächsischen Oberbergamtes berichtete UHLIG (Sächsisches Oberbergamt 2014a)

Standort der Grubenwassermessstelle ist die Kaisergrube Gersdorf. Dabei handelt es sich um ein ehemaliges Steinkohlenbergwerk, das bereits 1932 stillgelegt worden ist. Dieser Standort wurde ausgewählt, weil sich in der unmittelbaren Umgebung die morphologisch niedrigsten Punkte des ehemaligen Steinkohlenreviers Lugau/Oelsnitz befinden. In diesem Bereich werden bei Abschluss der Flutung mit hoher Wahrscheinlichkeit Grubenwässer an die Erdoberfläche austreten. Dies kann über Tagesöffnungen des ehemaligen Bergbaus, Erdrisse bzw. Störungen oder auch über Vernässungszonen im Bereich permeabler Gesteinsschichten erfolgen.

Mit Hilfe einer 674 m tiefen Bohrung wurde Grubenwasser im ehemaligen Grubengebäude aufgeschlossen. Die Wasserführung ist an ehemalige Steinkohlenabbauhorizonte innerhalb des Oberkarbons gebunden. Dieses Wasser steht unter hohem hydrostatischem Druck. Nach Wasseranschnitt hat sich in der Bohrung bei ca. 295 m ein stabiler Druckspiegel eingestellt. Er weist darauf hin, dass der Grubenwasseranstieg im gesamten Revier mit gleicher Geschwindigkeit voranschreitet. Genauere Aussagen sind erst nach weiteren Messungen und Untersuchungen möglich. Die Messstelle wird für einen Betrieb bis mindestens in das Jahr 2030 ausgerüstet.

Die Untersuchung der Standsicherheit von Schachtverfüllsäulen durch KOWARIK, MITTAG & SCHUBERT (DMT Leipzig 2013) widmet sich der Sicherheit des Altbergbaus bei fortschreitender Flutung des Reviers. Für Aufschluss und Gewinnung der Steinkohle im ehemaligen Revier Lugau/Oelsnitz mussten bis zu 1.200 m tiefe Schächte abgeteuft werden. Viele dieser Schächte hatten nur eine verhältnismäßig kurze Betriebszeit. Im einfachsten Fall wurden die Schächte mit dem Abraum der oft nahegelegenen Bergehalde verfüllt. Teilweise wurden auch Produktionsrückstände aus Kohlewaschanlagen oder andere Abfälle eingesetzt. Modernen Anforderungen, wonach bei der Schachtverfüllung vorrangig kohäsive dauerstandsichere Materialien einzusetzen sind, werden die Schachtverwahrungen im Revier Lugau/Oelsnitz nur in seltensten Fällen gerecht.

Auf Grund langjähriger Beobachtungen kann festgestellt werden, dass die Mehrzahl der Schachtverfüllsäulen bisher lagestabil war. Mit dem stetig steigenden Flutungsniveau gelangen immer mehr Schächte in den Einflussbereich der Flutungswässer. Es besteht die Gefahr, dass die Schachtverfüllsäulen bei Wasser-

sättigung instabil werden. Dies machte eine Neubewertung der diesbezüglichen Gefährdungssituation erforderlich. Mit diesem Ziel wurde im Rahmen des Ziel 3-Vorhabens VODAMIN durch das Sächsische Oberbergamt eine entsprechende Untersuchung für das ehemalige Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz veranlasst (DMT Leipzig 2013).

Im Ergebnis der Untersuchung wurde festgestellt, dass die Schachtverfüllsäule von 10 Schächten bei fortschreitender Flutung mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit lageinstabil wird. Bei 18 Schächten gilt dies als „wenig wahrscheinlich“. Unter Berücksichtigung der übertägigen Geländedenutzung erfolgte eine Priorisierung der Schächte im Hinblick auf die Dringlichkeit der Ergreifung von Sanierungsmaßnahmen. Diesbezüglich wurden entsprechende Vorschläge unterbreitet.

3.2.4 Bewertung und Schlussfolgerungen

Es ist nicht zu übersehen, dass sich die Rahmenbedingungen für die Betrachtung der gegenwärtigen Probleme im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg im Nordböhmischen Braunkohlenrevier und im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz in vielen Aspekten unterscheiden:

- In Lugau/Oelsnitz endete der Steinkohlenbergbau im Jahr 1971, während im Nordböhmischen Braunkohlenrevier mindestens bis in das Jahr 2050 Braunkohle gewonnen werden soll.
- Die technologischen Rahmenbedingungen sind unterschiedlich: Während in Lugau/Oelsnitz die Kohle ausschließlich im Tiefbau gewonnen wurde (bei Abbautiefen bis > 1.000 m), hat das nordböhmische Braunkohlenrevier einen Prozess durchlaufen, bei dem sich der Schwerpunkt der Gewinnung über Dekaden hinweg von der Tiefbau- auf die Tagebautechnologie verlagert hat.

Im Hinblick auf die Zielstellung der Studie – Umgang mit Problemen im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg – bestehen jedoch auch Parallelen bei beiden Bergbaurevieren: Dies betrifft insbesondere den Sachverhalt, dass der Grubenwasseranstieg nach der Stilllegung des Bergbaus zunächst nur ungenau prognostizierbar ist. Es wird mit Überflutungen lokaler Tieflagen im Gelände und anderen Konfliktsituationen zu bestehenden Nutzungen gerechnet.

Um das Ausmaß und die Folgen dieser und anderer möglicher negativer Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs auf die Erdoberfläche einschätzen zu können, ist eine möglichst zuverlässige Prognose zum zeitlichen Ablauf des Grubenwasseranstiegs und zur Ausdehnung betroffener Areale erforderlich. Dies ermöglicht Behörden und Betroffenen zunächst, dass rechtzeitig Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden können. Langfristig müssen solche Prognosen als wesentliche Voraussetzung für eine belastbare Regionalplanung im jeweiligen Maßstab betrachtet werden.

3.3 Erzbergbauwasserverhältnisse in der Region Zinnwald

Die Zinnerzlagertstätte in Zinnwald/Cínovec wurde mit Unterbrechungen von 1550 bis 1945 abgebaut. Auf tschechischer Seite ist dagegen sogar bis 1990 aktiver Bergbau betrieben worden. Das Zinnwald-Georgenfelder Gebiet wird oberflächlich durch das Heerwasser und dessen böhmische Verlängerung namens Panský Potok entwässert. Das gesamte Grubenwasser der tagesnah aufgeschlossenen Lagerstätte fließt über Stolln in das Einzugsgebiet des Heerwassers ab. Die anderen Gewässer werden teilweise von Halden und der Besiedlung mit den Verkehrswegen beeinflusst (Petzold potok/Petzoldwasser, Georgenfelder Wasser, Bystřice/Flössbach). Insgesamt sind die Quellmulden der Gewässer naturbelassene anmoorige Gebiete (G.E.O.S. 2013).

Hauptwasserlösestellen sind der Tiefe Hilfe Gottes Stollen und der Tiefe Bünau Stollen. Sie münden in das Heerwasser. Letzteres gehört zum Einzugsgebiet des Roten Wassers, einem WRRL-relevanten Fließgewässerkörper. Untersuchungen führten zu der Erkenntnis, dass es hier zur Überschreitung von Grenzwerten kommt. Betroffen sind die Schwermetalle Arsen, Zink, Kupfer und vor allem Cadmium. Auch der betroffene Grundwasserkörper befindet sich aufgrund der erhöhten Cadmiumgehalte in einem schlechten Zustand. Im Projekt sollte daher geprüft werden, inwieweit das Heerwasser sowie dessen tschechischer Oberlauf Panský Potok als Eintragspfad für diese Schadstoffe in Betracht zu ziehen ist und welche Rolle der Altbergbau, der geogene Hintergrund und gegebenenfalls weitere Eintragspfade spielen. Es sind zusätzlich grenzüberschreitende Maßnahmen zu konzipieren, um den Schwermetalleintrag zu reduzieren. Insgesamt sind im Zinnwalder Projektgebiet 4 Teilprojekte auf deutscher und 3 Teilprojekte auf tschechischer Seite geplant.

3.3.1 Hydrochemisches Monitoring der durch Bergbau und Bergbaukippen beeinflussten Wasserqualität im Kreis Ústí-Cinovec

Ing. Josef Drahokoupil, Mgr. Zdeněk Šíma, Ing. Mgr. Bohumír Šraut; Vodní zdroje Ekomonitor, spol s.r.o. (2014)

Die Hydrochemischen Untersuchungen im Bereich des Altbergbaus Zinnwald/Cinovec wurden allgemein zusammengefasst und liefern folgende Ergebnisse:

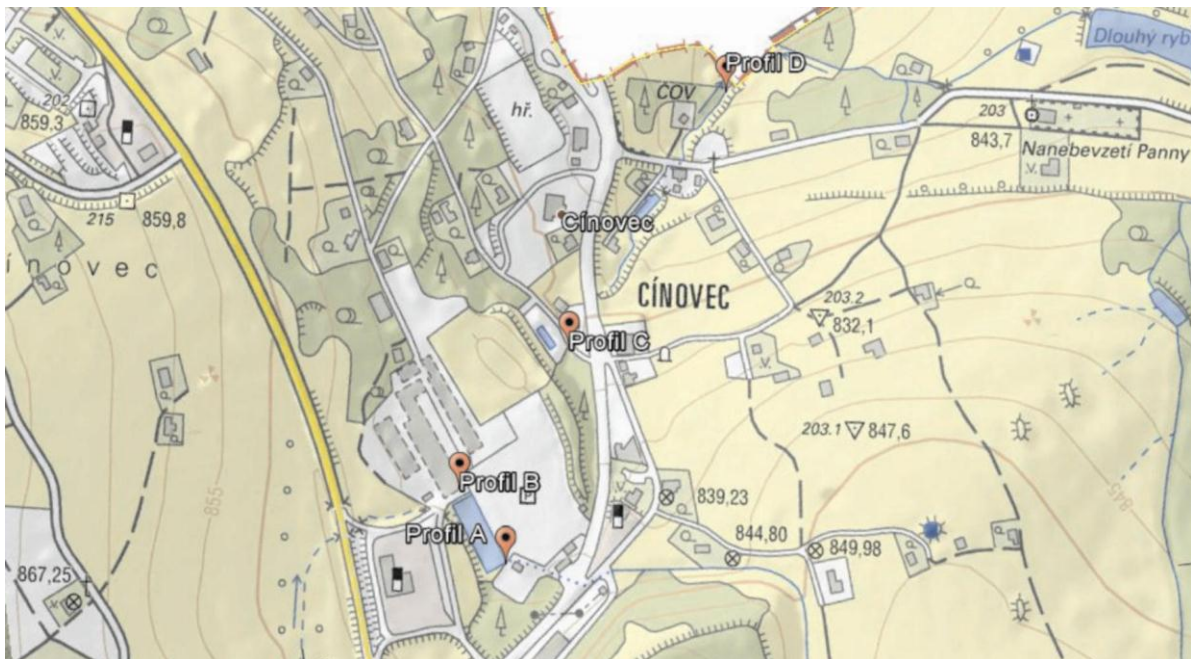


Abbildung 17: Die vier Entnahmestellen am Heerwasserbach (Ekomonitor s.r.o. 2013)

Durch das hydrochemische Monitoring am Heerwasserbach wurden an der Probenahmestelle A, dem Zufluss im Wasseraufbereitungsbecken, in dem sich das Wasser von Dränagen rund um das Klärbecken konzentriert, erhöhte Konzentrationen an Zn, Cd, Mo und Be und erhöhte Werte der radioaktiven Gesamtrichtdosis sowie des Biologischen und Chemischen Sauerstoffbedarfs, bezogen auf die NV. 23/2011 SG-Verordnung, ermittelt. Zusätzlich sind auch die Konzentrationen von Li, Ba und Cu erhöht. Die hohen Konzentrationen der angeführten Stoffe sind einerseits durch den natürlichen geogenen Hintergrund zu erklären, andererseits durch Versickerungen am Klärbecken, die aus dem Dränagesystem stammen.

Langsamer Durchfluss durch das Aufbereitungsbecken führt zu Ausfällung sekundärer Minerale und Sorption von Kolloidteilchen und damit zu deren Konzentrationsverringern. Am stärksten sind die

Konzentrationsminderungen bei Sulfat, Ca, Zn, Mo, Li, Ba, C und Ni. Aber die erhöhten Werte des CSB, BSB, von Cd, Cu und Mo sowie der radioaktiven Gesamtrichtdosis bleiben.

Am Messpunkt C im Betonbett wurde ein weiterer Konzentrationsrückgang von Cd, Zn, Mo und der radioaktiven Gesamtrichtdosis festgestellt. Begründet ist dies nicht nur durch die Fällung, Sorption und den Zerfall, sondern auch durch Verdünnung infolge des Wasserzuflusses der Pumpstation. Durch den Wasserzufluss erhöhen sich aber wiederum die Konzentrationen des Gesamt-P, CSB, BSB, Ni, und Sb. Am Zufluss auf Höhe der Tankstelle spiegeln die Ergebnisse sowohl einen anthropogenen Einfluss (P, organische Stoffe) als auch höhere Hintergrundkonzentrationen einiger Schwermetalle (Ni, Sb) wider.

Zur größten hydrochemischen Änderung kommt es am Messpunkt D, an dem als Folge des Wasserverlustes in das Gestein nur noch Abwasser der nahe gelegenen Abwasserkläranlage den Heerwasserbach speist. Dieser Zustand wurde bei allen 6 Monitoringrunden festgestellt. Dort sind im Vergleich mit den Umweltqualitätsnormen nach NV. 23/2011 SG die Werte des BSB, CSB und die Konzentration an Ammonium, Gesamtstickstoff, Phosphor, Fe und AOX um ein Vielfaches überschritten. Ebenso verhält es sich mit der Anzahl an Enterokokken und coliformen Bakterien.

3.3.2 Sicherung von Erkundungsarbeiten für die Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Situation im Grenzgebiet Cínovec/Zinnwald

Ing. Jaromír Malec; ATE CR, a.s. (2012)

Im Bereich, wo der Heerwasserbach „Pánský potok“ die Landstraße Cínovec-Fojtovice kreuzt, bis zum Abfluss der Kläranlage kommt es zum Verlust von Oberflächenwasser aus dem Bach in das Sohlegestein. Am Abwasserausfluss der Kläranlage ist der Bach praktisch ohne Wasser. Parallel zum Bachbett des Heerwasserbachs „Pánský potok“ wurden auf der westlichen Seite mit Hilfe von geophysikalischen Untersuchungen in Richtung NO-SW mit westlicher Neigung größere leitende Zonen auskartiert. Es handelt sich wahrscheinlich um tektonische Ursachen oder ein ursprüngliches Flussbett mit der Tiefenreichweite von minimal 20 m. Daher kann Oberflächenwasser aus Heerwasserbach „Pánský potok“ (1,0 – 2,0 l/s) in hoch durchlässige Sedimente versickern. Belegt wurde dies durch eine zusätzliche hydrogeologische Erkundungsbohrung.

Das aus der Kläranlage vorgereinigte und in den Bach abgelassene Abwasser hat nur einen gewissen Reinigungsgrad. Aufgrund ganz niedriger Wassermengen des Heerwasserbachs „Pánský potok“ kann es nicht zur notwendigen Verdünnung des Abwassers durch Oberflächenwasser kommen und damit wird die entsprechende Wasserqualität nicht erreicht. Die Wasserzuflüsse und -abflüsse aus dem Langen Teich, „Dlouhý rybník“ wurden gemessen (7,5 l/s) und die eigenen, nicht erfassten Zuflüsse betragen 2,1 l/s.

Der Wassermangel im Heerwasserbach „Pánský potok“ wird auch durch Faktoren verursacht, die mit dem Abbauende im Grubenbetrieb Cínovec zusammenhängen. Das Grubenwasser wurde früher im Rahmen der Grubensicherung über den Schacht in diesen Bach abgepumpt.

Vorschläge für Verbesserungsmaßnahmen:

- Ein höherer stabiler Durchfluss im Heerwasserbach „Pánský potok“ ist möglich durch Überleitung von Wasser aus dem Langen Teich „Dlouhý rybník“ ca. 50 % (4,0 l/s) des ermittelten Abflusses in den Aschengraben, in das Bachbett des Heerwasserbachs „Pánský potok“ im Bereich der Kläranlage.
- Erhöhung der Reinigungseffizienz der Kläranlage

- Zunächst ist es aber wichtig, das Bachbett baulich so weit herzurichten bzw. zu verfestigen (undurchlässig), dass das Wasser nicht in das umliegende Gestein sickert. Mit dieser Maßnahme gewinnt man 1,0 – 2,0 l/s Wasser, das aus dem über der Kläranlage liegenden Sedimentationsbecken zufließt und sonst in das Gestein in der Nähe der Kläranlage sickert.
- Die Abdichtung des über der Kläranlage liegenden Sedimentationsbeckens ermöglicht weitere 1,0 l/s Wasser für das Gewässer.
- Wasserstands- und Qualitätsmonitoring der Grundwässer im Gebiet des Heerwasserbachs „Pánský potok“, indem die obere, quartäre Oberfläche, die Bodenporosität und auch der untere Klufbereich über einen langen Zeitraum beobachtet werden
- Festlegung des Überflutungsgebietes im Einzugsgebiet des Heerwasserbachs „Pánský potok“
- Beschaffenheits- und Durchflussmessungen des Oberflächenwassers über das gesamte Gebiet des Heerwasserbachs „Pánský potok“ auf dem Gebiet der Tschechischen Republik; dabei kontinuierlich an der Grenze aus der Tschechischen Republik
- Eine Retentionsfläche wäre theoretisch als Schutzmaßnahme bei Starkniederschlägen möglich und bietet sich auf der Fläche an, auf der das in der Nähe der Aufbereitungsbehälter gelegene Bergwerk mittels geeigneter Terraingestaltung eine Abdichtung gegen Versickerungen in das Liegende vorgenommen hat.
- Minderung der Radonexposition in den zugänglichen alten Bergwerken der ehemaligen Erzgruben durch Umbau der Belüftung in der heute stillgelegten ehemaligen Fördergrube I – sog. „Militärschacht“. Dabei wird der oberirdische Teil wieder geöffnet und mit Hilfe historischer Aufnahmen wieder in die ursprüngliche Form versetzt.
- Zur Überwachung der Mengen und der Qualität des abfließenden Bergwassers aus der Tschechischen Republik soll auf der tschechischen Seite der Grenze ein Messpunkt eingerichtet oder wieder aktiviert werden.

3.3.3 Gemeinsamer grenzübergreifender Entwurf zur Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Situation im Grenzgebiet Zinnwald/Cinovec (Einleitung)

Ing. Petr Kokeš, Ing. Tomáš Liskovec; Real & Projekt MOST s.r.o. (2013)

In den letzten Jahren kam es zu einer dauerhaften Verringerung des Wasserdurchflusses im Gewässer Heerwasser, das sich im Grenzgebiet befindet und aus dem Gebiet der Tschechischen Republik gravitationsmäßig Richtung Deutschland fließt. Dies geschieht aller Voraussicht nach aufgrund des Abflusses durch die noch bestehenden unterirdischen Stollen im ehemaligen Bergbaugebiet Zinnwald. Bei einem geringeren Wasserdurchsatz ist das Flussbett des Heerwassers im Abschnitt Zinnwald-Fojtovice so gut wie ohne Wasser, sodass im Flussbett gen Grenze eher das vorgereinigte Abwasser aus der Kläranlage Cinovec abfließt. Diese Kläranlage ist unweit von der Straße zwischen Cinovec und Fojtovice auf der linken Seite des betroffenen Gewässerkörpers (Heerwasser) platziert. Derzeit liegt den Zuständigen der Umbauplan der bestehenden Wasserkläranlage vor, der eine weitreichende Modernisierung dieser Kläranlage vorsieht. Der zuständige Betreiber SČVK Teplice möchte diese Maßnahmen im Jahr 2014 planmäßig umsetzen. Dies sollte den ersten Schritt zur Verbesserung der Wasserqualität darstellen.

Auf Grund der vorliegenden Gutachten zur Beschaffenheit und Qualität des oben erwähnten Gewässers in Bezug auf dessen geologische, hydrologische und hydrogeologische Beschaffenheit, wurden neue technische Maßnahmen entwickelt, die beträchtlich zur Verbesserung der Wasserqualität in dem betroffenen Gewässerkörper beitragen sollen. Diese Maßnahmen wurden unter Berücksichtigung der wirtschaftlich-technischen Machbarkeit und der vermögensrechtlichen Verhältnisse erarbeitet.

Real & Projekt Most s.r.o. hat die in Frage kommenden Verbesserungsmaßnahmen in die unten aufgeführten Maßnahmenvorschläge (SO) unterteilt, jeweils samt deren technischer Durchführbarkeit und deren benötigten Investitionskosten.

Durch Kombination der einzelnen technischen Maßnahmen und der aufgestellten Investitionsrahmen ist der wirtschaftliche Aufwand einfacher nachzuvollziehen. Allerdings gilt es hier anzumerken, dass nicht immer die günstigste Variante die passendste ist. Bei der Wahl der sinnvollsten Variante sind auch die vermögensrechtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen, die bis zu Beginn der eigentlichen Umbaumaßnahmen restlos geklärt sein müssen. Die Studie ermöglicht Verhandlungen mit betroffenen Grundstückseigentümern, die je nach ausgewählter Maßnahmenkombination variieren werden.

Technische Optimierungsmaßnahmen:

Maßnahmenvorschlag 1 (SO 1): Stabilisierung des bestehenden Bachbettes des Heerwasserbachs

- Ufer- und Bachbettbefestigung durch den Einbau vom Steinsatz unter Verwendung mineralischer Dichtung bzw. Folien
- Ufer- und Bachbettbefestigung durch den Einbau vom Steinpflaster unter Verwendung mineralischer Dichtung bzw. Folien
- Ufer- und Bachbettbefestigung durch den Einbau von Naturmatratzen unter Verwendung mineralischer Dichtung bzw. Folien
- ohne Befestigung unter Verwendung mineralischer Dichtungsmaßnahmen

Maßnahmenvorschlag 2 (SO 2): Überführung einer festgelegten Wassermenge aus dem Langen Teich in das Heerwasser

- Gravitationsabfluss an vier verschiedenen Strecken möglich
- Umpumpen des Teichwassers im Bereich des Gravitationsabflusses des Maßnahmenvorschlages 3

Maßnahmenvorschlag 3 (SO 3): Technische Anpassung des bestehenden Rückhaltebeckens

- Umbau und Versiegelung des Damms (Versiegelung des Sicherheitsüberlaufs)
- Umbau und Versiegelung des gesamten Beckens unter Verwendung von Folien
- Umbau und Versiegelung des gesamten Beckens unter Verwendung mineralischer Folien
- Umbau und Versiegelung beider vorangenannten Maßnahmen

Maßnahmenvorschlag 4 (SO 4):

- Technische Anpassung des Sicherheitsüberlaufs vom Langen Teich

Im Rahmen von Erkundungsarbeiten der wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen im betreffenden Grenzgebiet wurde festgestellt, dass es durchaus sinnvoll wäre, noch weitere unterstützende Maßnahmen durchzuführen, die zur Verbesserung der Gesamtlage führen. Es handelt sich dabei um Sicherstellung

- des nachhaltigen Wasserdurchflusses im Bereich des Schützes unter der Straße Cínovec–Fojtovice,
- der notwendigen Abholzung und Lichtung der sich jeweils an beiden Ufern befindenden Pflanzen, vorzugsweise ab der Kläranlage in Richtung Grenze und im Bereich des Sicherheitsüberlaufs,

- der stetigen Erfassung der Durchflussmengen des Heerwasserbachs auf dem Gebiet der Tschechischen Republik inkl. Errichtung einer Messvorrichtung am Grenzübergang des Heerwasserbachs aus der Tschechischen Republik.

Es könnte durchaus schwierig sein, die einzelnen Einwilligungen der betreffenden Grundstückbesitzer einzuholen. Die Berücksichtigung dieser und der anderen gewichtigen Tatsachen führte zu der Ansicht, dass die folgende Kombination am besten wäre:

Maßnahmenvorschlag 1 (SO 1): Ufer- und Bachbettbefestigung des Heerwasserbachs gemäß der Variante von Vorschlag 1, die eine Befestigung durch den Einbau vom Steinsatz unter Verwendung mineralischer Dichtung vorsieht – **Investitionskosten: ca. 1,3 Millionen CZK**

Maßnahmenvorschlag 2 (SO 2): Anteilige Überführung von Wasser aus dem Langen Teich in den Heerwasserbach gemäß der Variante 3. Vor dem Hintergrund der vermögensrechtlichen Verhältnisse erscheint diese als die praktikabelste Variante – **Investitionskosten: ca. 1,3 Millionen CZK**

Maßnahmenvorschlag 3 (SO 3): Ausbesserung des Rückhaltebeckens gemäß der Variante 2, die einen entsprechenden Umbau und eine entsprechende Versiegelung des gesamten Beckens mit Folie vorsieht – **Investitionskosten: ca. 0,5 Millionen CZK**

Maßnahmenvorschlag 4 (SO 4): Technische Anpassung des Sicherheitsüberlaufs gemäß dem vorgelegten Plan – **Investitionskosten: ca. 0,3 Millionen CZK**

Bei dieser vorgeschlagenen Vorgehensweise liegen die zu tätigen Investitionskosten bei ca. 3,4 Millionen CZK.

Für die weitere Arbeit an diesem Projekt ist es erforderlich, einen genauen Zeitplan für die einzelnen Projektschritte festzulegen, sodass es möglich ist, die zuständigen Projektplaner und Auftragnehmer zu beauftragen. Angesichts der Witterungsverhältnisse erscheint der Zeitraum zwischen Mai und Oktober für die Baumaßnahmen am geeignetsten. Die einzelnen Bauschritte sollten mit ausreichendem Zeitabstand geplant werden, sodass gewährleistet ist, deren Einfluss auf das Gesamtziel zu beurteilen. Zunächst sollte man mit der Verschmutzungsquelle, d. h. der Kläranlage, beginnen, danach die Ufer- und Bachbettbefestigung durchführen und letztendlich den Wasserzulauf aus anderen Wasserquellen wie z. B. dem Langen Teich sicherstellen.

3.3.4 Zusammenfassender Bericht VODAMIN: Wasser und Bergbau im Grenzgebiet Zinnwald/Cinovec

Mirko Martin, Dr. Rainer Sennewald; G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH (2013–2014)

3.3.4.1 Anlass und Zielstellung für die Teilprojekte

Die Zinnerzlagstätte in Zinnwald/Cinovec wurde seit etwa 1530 zunächst nur auf oxydische Zinnerze, ab dem 19. Jahrhundert zusätzlich auf oxydische Wolfram- und silikatische Lithiumerze in granitischen Gesteinen bebaut, die auch Anteile an sulfidischen Erzen führen. Auf deutscher Seite wurde Bergbau bis 1945 betrieben, auf tschechischer Seite bis 1990. Das gesamte Grubenwasser der tagesnah aufgeschlossenen Lagerstätte fließt über Stollen in das Einzugsgebiet des Heerwassers ab. Die anderen Gewässer werden teilweise von Halden und der Besiedlung mit den Verkehrswegen beeinflusst (Petzold potok/Petzoldwasser, Georgenfelder Wasser, Bystřice/Flössbach). Insgesamt sind die Quellmulden der Gewässer naturbelassene anmoorige Gebiete.

Die Untersuchungen dienten der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Bergbaugebieten. Dazu wurden die gegenwärtigen Auswirkungen des Bergbaugebietes beiderseits der Staatsgrenze auf die Wassergüte des Oberflächen- und Grundwassers sowie des Grubenwassers untersucht. Über die Recherche von Altdaten waren Einflüsse aus der aktiven Bergbauzeit und die Auswirkungen von Rauchgas auf die Boden- und Gewässerversauerung erkennbar. Im Projekt war zu prüfen, inwieweit das Heerwasser als Eintragspfad für Schadstoffe in Betracht zu ziehen ist, weil bereits bekannt war, dass im Roten Wasser die Grenzwerte (UQN der TR zur EU-WRRL bzw. der OgewV) für As, Zn, Cu und Cd überschritten werden. Der Einfluss des geogenen Hintergrunds auf das Oberflächenwasser und die Schadstoffquellen aus der Lagerstätte waren zu klären. Zur Überwachung und notwendigen Verbesserung der Abflussverhältnisse und Wassergüte sind die notwendigen technischen Maßnahmen festzulegen.

Die Bearbeitung erfolgte in mehreren Stufen:

- Vorortuntersuchungen und Auswertung der Wassermengenverhältnisse und Wassergüte im Grenzraum Zinnwald/Cínovec
- Wechselwirkungen des Grund- und Oberflächenwassers im Grenzraum Zinnwald/Cínovec
- Bergbauliches Gutachten (bergbaubedingte Stoffeinträge in die Fließgewässer Heerwasser/Petzoldwasser)
- Ableitung optimaler (technischer) grenzüberschreitender Maßnahmen zur Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Lage im Grenzraum Zinnwald/Cínovec

Die Ergebnisse wurden als zusammenfassender Bericht unter Einbeziehung der Ergebnisse der tschechischen Projektpartner dokumentiert.

3.3.4.2 Zusammenfassung: Vor-Ort-Untersuchungen und Auswertung der Wassermengenverhältnisse sowie der Wassergüte im Grenzraum Zinnwald/Cínovec (Oberflächenwasser, Grundwasser)

Methodik der Untersuchungen

Die Zusammenstellung der Rahmenbedingungen und die komplexe Einzugsgebietsbeschreibung beiderseits der Staatsgrenze bildet die Grundlage für die Untersuchungen. Schwerpunkt der Neudatenerfassung war das Monitoring zur Wassergüte und Wassermenge von 11/2011 bis 01/2013 bei allen Wetterlagen an 11 Oberflächen- und 3 Grundwassermesspunkten sowie weiteren 7 Beobachtungspunkten zur Wassermenge auf der deutschen Seite. Parallel dazu wurden die Wetterdaten für diesen Zeitraum analysiert. Ergänzende Einzelmessungen wurden 08/2013 und 09/2013 durchgeführt und die Durchflüsse beim anhaltenden Starkregen Ende Mai/Anfang Juni 2013 beiderseits der Staatsgrenze kontrolliert und dokumentiert. Die Recherche von Altdaten zur Oberflächen- und Grundwassergüte in Zinnwald/Cínovec konzentrierte sich auf die tschechische Seite. Die Ergebnisse der tschechischen Projektpartner zum „Petzold potok“ aus den Jahren 2012 und 2013 wurden komplett übernommen. Die Wassermengenverhältnisse im zeitlichen Verlauf mit ihren Schwankungsbreiten und Abflüssen bei typischen Wetterlagen wurden für die deutsche Seite aus den Langzeitmessungen abgeleitet. Gleichartige Analysen betrafen den Einfluss des Grubenwassers auf das Oberflächenwasser nach Menge, zeitlichem Verlauf bei Spitzenabflüssen und die Veränderungen der Wassergüte. Die Messpunktanzahl erlaubte eine Auswertung der Wassergüte in der Entwicklung entlang des Fließweges, im Vergleich mit den Umweltqualitätsnormen, nach den Schadstofffrachten und nach dem geogenen Hintergrund insbesondere im Hinblick auf das Cadmium. Die Aushaltung einer geogenen, einer bergbaubedingten und einer siedlungsbedingten Beeinflussung des Oberflächen- und Grundwassers im Einzugsgebiet war möglich und Ziel der Arbeiten. So konnte der notwendige Handlungsbedarf herausgearbeitet werden.

Ergebnisse

Der Naturraum und die anthropogenen Veränderungen sind unter Nutzung historischer Quellen und Berichte, aktueller Literatur und umfangreicher Geländebegehungen als Einflussfaktoren für die Entwässerung im Einzugsgebiet umfassend dargestellt. Ein detailliertes Gewässerschema mit genauer kartografischer Darstellung wurde unter Einbeziehung des Hochwasserschutzkonzeptes erarbeitet.

Die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet des Heerwassers sind bei allen Wetterlagen dokumentiert. Alle Wassermessungen und Analysen wurden einer von 5 typischen Wetterlagen (Frostwetter, Tauwetter, Trockenheit, Regenwetter, Starkregen) zugeordnet. Die Abflussverhältnisse, insbesondere die Schwankungsbreiten der Durchflüsse bei diesen Wetterlagen, wurden dokumentiert (Foto, Text, Durchflussmengenberechnungen) und mit Blick auf die genauen Zusammenhänge des Gewässernetzes beschrieben. Die Anteile des Grubenwassers am Oberflächenwasser für diese Wetterlagen wurden berechnet. Es zeigte sich, dass die Abflussspitzen im Vorfluter und aus der Grube stets zeitlich versetzt auftreten und dass die Frachtberechnungen wegen der enormen Schwankungen der Wassermengen stets an eine der klassifizierten Wetterlagen gebunden sind, wobei zusätzlich noch zwei Tauwettertypen (schnell, langgezogen) unterschieden werden müssen. Die Schwankungen der Schüttungen nach Wetterlagen konnten für hypodermisches Grundwasser und für drei Tiefenstufen des Kluftgrundwassers bestimmt werden.

Die „Bystrice“ (Flössbach) wurde mit orientierenden Sondenmessungen und visuell auf den Einfluss von Grubenwasser aus der Grube „Cinovec-jih“ geprüft. Es wurden keine Einflüsse festgestellt. Aus den Altdaten sind Tausalzeinflüsse auf die Qualität des Oberflächenwassers deutlich nachweisbar. Die Hauptionen-gehalte dienten in den tschechischen Altunterlagen zur Typisierung der Oberflächen- und Grundwässer. Damit waren Tausalz-, Rauchgas- und anmoorige Einflüsse auf das Oberflächen- und Grundwasser gut nachweisbar.

Die meisten erhöhten Parameterwerte finden sich in den Grubenwässern mit Einfluss auf das Oberflächenwasser (Cd, Cu, Zn, As). Moorwässer zeigen erhöhte DOC- und TOC- sowie Fe-Gehalte. Es gibt einen gewissen Eintrag von kommunalen Abwässern aus der Kläranlage Cínovec in den Petzoldbach. Der Zufluss der Stollenwässer führt im Heerwasser zur Zunahme bei U, Cu, Zn, Cd und zur Abnahme bei As. Bereits im Anstrom treten erhöhte Gehalte auf. Eine Überschreitung der UQN tritt im Oberflächen- und Stollwasser bei Cd (geogen), As, Cu, Zn (alle bergbaubedingt) und o-Phospat (geogen) auf. Cadmium ist die Hauptverunreinigung im Einzugsgebiet des Heerwassers.

Im Raum Zinnwald gibt es eine ubiquitäre (allumfassende) Belastung der Grund-, Gruben- und Oberflächenwässer mit Cadmium. Ausnahme: GW 1 als oberflächennahes Grundwasser außerhalb der Lagerstätte. Die Cd-Belastung findet sich auch in Oberflächenwässern ohne Bergbaueinfluss (MP 1, MP 2). Daher kann die Ausweisung einer (geogenen) Hintergrundkonzentration für Cd erwogen werden (z. B. 0,25 µg/l). Gleiches gilt für o-Phosphat (geogene Quelle aus dem Granit). Die Schadstoffe treten in gelöster Form im Wasser auf. Der Feststoffanteil im Wasser ist sehr niedrig. Im Vergleich zu den recherchierten Altdaten aus den 1980er-Jahren hat sich der pH-Wert des Oberflächenwassers aus einem sehr sauren Zustand heraus merklich verbessert. Die Mineralisation der Oberflächenwässer war und ist gering.

3.3.4.3 Zusammenfassung: Handlungsbedarf Oberflächenwasser, Grundwasser

Der geogene Hintergrund ist hinsichtlich des Cadmiums administrativ zu berücksichtigen und endgültig zu begründen. Dazu sind die restlichen tschechischen Altdaten aus dem Bergbaubetrieb zu sichten. Der bergbaubedingte Einfluss auf die Wassergüte kann weiterhin durch die Sedimentationsbecken in der Grube begrenzt und die Frachten sollten an den Stollnmundlöchern überwacht werden.

Der Ablauf aus dem dritten Zinnwalder Hauptstolln – dem THoffngGSt – (Abbildung 18) ist in das Landesmessnetz mit aufzunehmen, weil dort ständig von der Westflanke der Lagerstätte relativ viel Wasser abläuft. Die Wassergüteüberwachung am Ablauf aus dem TBSt und dem THGSt ist im Rahmen des Landesmessnetzes fortzuführen.

Von tschechischer Seite sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

Der wichtigste siedlungsbedingte Einfluss auf die Wassergüte wird durch die geplante Modernisierung der Kläranlage in Cínovec stark reduziert werden. Bei anhaltender Trockenheit ist Wasser aus dem „Dlouhy rybnik“, Langer Teich, in den „Petzold potok“ oberhalb der Kläranlage einzuleiten, um einen Mindestdurchfluss an der Staatsgrenze zu sichern.

An drei Wasserbauwerken sind Reparaturen zur geordneten Ableitung der Wassermengen notwendig (Dreifachdurchlass mit ordentlicher Einbindung des Stollnwassers vom Graf Carl Anton Stolln, Auslauf RRB I, Auslauf „Dlouhy rybnik“, Langer Teich).

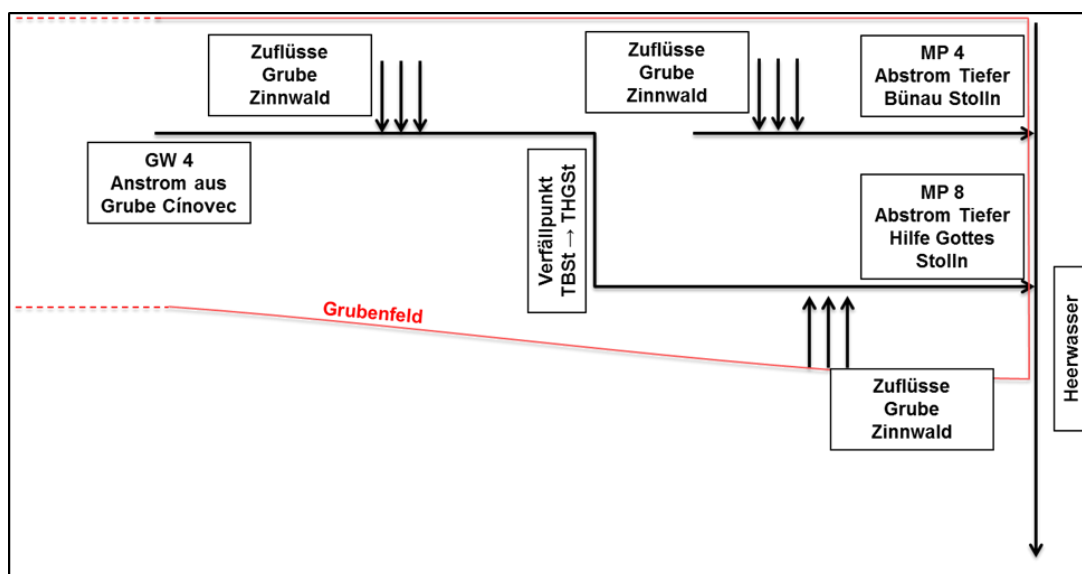


Abbildung 18: Bilanzschema der Schwermetallfrachten für die gesamte Grube Cínovec/Zinnwald (G.E.O.S. 2013)

Der Zufluss von Oberflächenwasser und die Versickerung in die Grube muss zur Gefahrenabwehr an den Spülsanddämmen in der Grube sehr stark verringert werden. Dazu ist die Oberflächenentwässerung in Zinnwald/Cinovec abschließend systematisch zu kontrollieren, um ungeordnete Abläufe in die Grube zu erfassen. Oberflächenwasser darf nicht mehr ungeordnet auf die beiden Versickerungsflächen in Zinnwald fließen, sondern muss geordnet zur Vorflut abgeleitet werden. In der Grube sind Notüberlauf-Filterfenster-Systeme an den Dämmen nachzurüsten und zu warten. Das Wasser aus dem Feuerlöschteich hinter dem Zinnwalder

Huthaus ist statt in die Grube längerfristig ebenfalls in die Vorflut abzuleiten. Im Kontrollpegel 2, der hinunter ins Spülversatzfeld Zinnwald-Nord reicht, sind durch Pegelrohreinbauten mit Ringraumdichtung die jetzigen Kluftwasserzuflüsse in den Spülsand zu unterbinden. Messungsziel ist dort nur der Wasserstand im Spülsand.

Über die zahlreichen Vorschläge zur Regenrückhaltung lt. Hochwasserschutzkonzept kann begründet entschieden werden, wenn die neuen grenzüberschreitenden Fakten aus dem VODAMIN-Projekt ins Konzept eingearbeitet sind. Dazu sind die Niederschlags-/Abflussberechnungen zum Heerwasser mit allen Regenrückhaltebecken gemäß stimmigem Gewässerschema unter Beachtung der Wehrsaltungen und der Grubenwassermengen sowie der Beobachtungen vor Ort anzufertigen. Das daraus entstehende, viel genauere Bild ist mit der tschechischen Seite wegen der Regenrückhaltung abzustimmen. Bisher ungenutzte Rückhaltekapazitäten auf tschechischer Seite und der Rückbau des überdimensionierten Grenzüberganges auf deutscher Seite bringen künftig den größten Effekt zur Regenrückhaltung.

3.3.4.4 Zusammenfassung: Wechselwirkungen des Grund- und Oberflächenwassers im Grenzraum Zinnwald/Cínovec (Grubenwasserproblem)

Methodik der Untersuchungen

Eine möglichst genaue Beschreibung der Gruben Cínovec/Zinnwald aus montanhydrologischem Blickwinkel für die Betriebszeit bis 1990 und für die Gegenwart war für das Verständnis der Probleme die wichtigste Grundlage. Schwerpunkt der Neudatenerfassung war das Monitoring von 11/2011 bis 01/2013 zur Wassergüte an 3 Kluftgrundwasserzuflüssen, 3 Stollnabläufen und 5 Grubenwassermesspunkten sowie weiteren 47 Grubenwassermesspunkten zur Wassermenge. Parallel dazu wurden die Wetterdaten für diesen Zeitraum analysiert. Ergänzende Messungen zum Tauwetter 04/2013, zum Starkregen Ende Mai/Anfang Juni 2013 sowie Probenahmen zur Grubenwassergüte zur Komplettierung des Messnetzes in der Grube Zinnwald/Cínovec fanden an Stichtagen zwischen 04/2013 und 04/2014 statt.

Die Recherche der Altdaten zur Grubenwassermenge und -güte, zur Grubenwasserhaltung, zum Abfluss in die „Bystřice“, Flössbach, und zum gesamten geogenen Hintergrund (Gesteine, Lagerstätte) konzentrierte sich auf die tschechische Seite mit der bis 1990 betriebenen Grube. Aufgrund sehr günstiger Umstände gelang die Einbeziehung aktueller geochemischer Analysedaten von Gesteinen der Lagerstätte aus der Lithiumerkundung der Solarworld AG in Zinnwald zur Klärung des geogenen Hintergrundes.

Die Kontrolle der Siedlungsentwässerung in Zinnwald auf Leckagen mit Überlauf in die Grube wurde mit der Kontrolle und Bewertung der beiden großen Zinnwalder Versickerungsflächen von Oberflächenwasser ins Grubenwasser beendet.

Die Wassermengenverhältnisse im zeitlichen Verlauf an jedem Messpunkt wurden analysiert und die Messpunkte nach ihrem Verhalten (Schwankungsbreiten und Abflüsse bei typischen Wetterlagen) klassifiziert. Die Erkundung der Hauptabflusswege für Grubenwasser wurde in die Grube Cínovec hinein ergänzt. Daraus entstand ein detaillierter Grubenwasserstammbaum.

Der Einfluss des Oberflächenwassers auf die Menge des Grubenwassers wurde aufgeklärt. Die Wassergüte wurde nach Grubenwasserkategorien, nach Veränderungen bei der Passage von über Tage in die Grube, nach der Wassergüte an den Stollnmundlöchern, nach den Frachtbilanzen ausgewertet. Die Beobachtung der Wassertemperaturen an den Wassergütemesspunkten und einfache Sondenmessungen dienten

der orientierenden Einschätzung von Zuflussspunkten des Grubenwassers in den Haupttrakt der Grubenwasserableitung. Der notwendige Handlungsbedarf wurde erarbeitet.

Ergebnisse

Die geologisch-bergbaulichen und montanhydrologischen Verhältnisse der Grube Cínovec/Zinnwald werden unter Nutzung historischer Quellen, aktueller Literatur und umfangreichen Befahrungen als Einflussfaktoren für die Grubenwasserhaltung umfassend nach den einzelnen Bergbauperioden dargestellt. Eingeordnet werden dabei die seit 1945 durchgeführten und recherchierten hydrogeologischen und geochemischen Arbeiten (Altdaten). Ein detaillierter Grubenwasserstammbaum für die gesamte Grube Zinnwald/Cínovec mit allen erkundeten Zuflussspunkten und Wasserwegen, gegliedert in 6 Grubenbereiche auf deutscher Seite und dem tschechischen Grubenfeld, wurde erarbeitet.

Alle Wassermengenmessungen und Analysen wurden einer von 5 typischen Wetterlagen (Frostwetter, Tauwetter, Trockenheit, Regenwetter, Starkregen) zugeordnet. Die Abflussverhältnisse, insbesondere die Schwankungsbreiten der Wassermengen an allen 58 Messpunkten in der Grube Zinnwald bei diesen Wetterlagen, wurden dokumentiert (Foto, Text, Wassermenge) und mit Blick auf die Zusammenhänge der Grubenentwässerung beschrieben. Das Messnetz wurde bereits seit 2009 im SOBA-Projekt zur Stollnsanierung aufgebaut und Wassermengen gemessen. Die Mengenummessungen wurden mit dem Neujahrstauwetter Anfang Januar 2013 vorerst abgeschlossen. Danach wurden an weiteren Stichtagen bis 04/2014 komplettierende Messungen durchgeführt. Die Schwankungen der Schüttungen nach Wetterlagen konnten für alle 58 Grubenwassermesspunkte bestimmt werden. Für Tauwetter und Starkregen wurden auch die Zeiträume bis zum Anspringen des Grubenwassermesspunktes bestimmt. Es handelt sich stets um sehr kurze Zeiträume von <1 bis max. 3 Tagen. Alle Zuflussspunkte in der Grube Zinnwald sind in ihrem Verhalten bei Tauwetter/Starkregen klassifiziert nach Reaktionszeit in Tagen, Reaktionstyp, max./min. Zufluss.

Die direkten und indirekten Zuflusswegen von Oberflächenwasser, hypodermischem Grundwasser und Kluftgrundwasser in die Grube Cínovec/Zinnwald sind aufgeklärt. Insbesondere wirken zwei Versickerungsflächen von Oberflächenwasser mit einem Gefahrenpotenzial für die Spülsanddämme auf die Grube Zinnwald ein.

Die Grubenwassermenge erhöht den Durchfluss im Vorfluter bei Tauwetter/Starkregen nur unwesentlich. Der Zufluss ist bei anhaltender Trockenheit jedoch wesentlich für die Vorfluter. In allen 6 Grubenbereichen und in der Grube Cínovec gibt es einen schnellen und starken Anstieg der Grubenwassermenge bei Tauwetter/Starkregen. Die Bandbreite des Anstieges (nach Zeit und Menge) sowie der Verlauf beim Tauwetter kann durch die Tauwetter Typ 1 (langgezogenes) und Typ 2 (schnelles) eingegrenzt werden. Mit diesen Erfahrungen und genauer Beobachtung der Einflussfaktoren sind künftig Größenordnungen und Zeiten der Spitzenabflüsse 150 ... 250 l/s vorhersagbar.

Bei anhaltender Trockenheit (4 bis 6 Wochen) wird ein Niedrigabfluss mit Beharrungszustand von ca. 16 l/s erreicht. Danach beginnt ein erneuter Rückgang der Wassermengen, weil die Kluftgrundwasserleiter leer laufen. Die Zuflüsse in die Grube Zinnwald kommen bei Niedrigabfluss hauptsächlich aus randlichen Kluftgrundwasserleitern: aus dem Neuschachtflügel (Grubenbereich 3), aus dem Spülversatzfeld Zinnwald-Nord (Grubenbereich 4), aus dem 940 m langen Hauptstollntrakt des Tiefen Hilfe Gottes Stolln zwischen dem Albert Schacht/Grube Gnade Gottes/Westflügel/Mundloch (Grubenbereich 5). Aus der Kuppe der Lagerstätte (Grenzschachtflügel, Grubenbereich 2) und dem TBSt (Grubenbereich 6) kommen nur unbedeutende Anteile.

Die stark schwankenden Zuflüsse in die Grube Cínovec kommen hauptsächlich aus den alten Flöz-Abbauen oberhalb vom TBSt und stetige Zuflüsse aus der Grube Cínovec-jih. Letztere steigen im Schacht Cínovec I auf. Mit Hilfe der Altdaten konnte eine Wasserbilanz für die Grube Cínovec vor und nach der Flutung aufgestellt werden, die für die meiste Zeit des Jahres gilt. Von den ursprünglich 18,5 l/s fließen nach der Grubenflutung nur noch 11 bis 13 l/s aus der Grube Cínovec ab. Davon kamen und kommen immer noch etwa 5 l/s aus dem Altbergbau der Flözlagerstätte. Der Zufluss zur Grube Cínovec-jih hat sich von ca. 11,1 l/s vor der Flutung auf 6 bis 8 l/s nach der Flutung verringert. Bei Regenwetter steigt der Abfluss aus der Grube Cínovec/Zinnwald zwar rasch, aber nur auf ca. 30 l/s an.

Die Grubenwassermenge wird nur in der Grube Zinnwald von direkten Oberflächenwasserzutritten bei Tauwetter/Starkregen/Regenwetter deutlich beeinflusst. Das betrifft alle Zuflusspunkte mit sehr schneller Reaktion. Damit stellt sich bei Tauwetter/Starkregen ein Mengenverhältnis von 1 : 1 zwischen beiden Gruben ein. Bei Trockenwetter/Frostwetter beträgt das Mengenverhältnis Grube Cínovec : Grube Zinnwald 2 : 1.

Die Grubenwässer an den Messpunkten können fünf Zulaufkategorien zugeordnet werden, die deren chemische Beeinflussung auf dem Weg in die Grube charakterisieren: Mischwasser der Stolln, tagesnahes Stollnwasser, Flözwasser (Bergeversatz), Versatzwasser (Spülversatz), Kluftgrundwasser aus dem Gebirge.

Grubenwässer aus den Spülversatzfeldern (GW 10, MP 4 z. T.) haben geringe Schwermetallkonzentrationen. Große offene und gut belüftete Abbaue (Flözabbaue) tragen signifikante Schwermetallmengen in die Wässer ein (GW 6, GW 7). Kluftwässer ohne Bergbaueinfluss führen geringe Schwermetallmengen mit sich. Der größte Anteil Schwermetalle wird aus dem tschechischen Grubenfeld (GW 4) zugeführt. Der geogene Hintergrund mit seinem Einfluss auf die Wassergüte von Oberflächen-, Grund- und Grubenwasser ist erkennbar. Das betrifft den punktuellen Nachweis der Einwirkung der Mineralisation der Flözlagerstätte (GW 72) und die diffuse Einwirkung des Zinnwalder Granites/Greisen (GW 28). Die Schadstoffe liegen in gelöster Form im Grubenwasser. Der Schwebstoffgehalt ist sehr niedrig.

Zur Geochemie der Lagerstätte liegt eine Reihe von Altdaten vor, die nur generelle Anhaltspunkte für den geogenen Hintergrund offenlegen, jedoch keinen Nachweis erlauben. Der direkte Nachweis des geogenen Hintergrundes der Lagerstätte und der Hüllgesteine ist erstmalig mit den neuen Analysendaten der Bohrkern aus den Bohrungen der Solarworld AG von 2012/2013 führbar.

Gegenwärtig gibt es den Rückhalt von Schwermetallen als Schwebstoff in der Grube Zinnwald in Form von Sedimentationsbecken und Spülversatzfeldern. Die meisten erhöhten Parameterwerte finden sich in den Grubenwässern (Cd, Cu, Zn, As). Überschreitungen der Schwellenwerte der GrwVO treten im Grubenwasser bei Cd und As durch den Einfluss der Mineralisation in der Lagerstätte auf. Beide Parameterschwellenwerte wurden auch im Anstrom aus der Grube Cínovec überschritten. Cadmium ist die Hauptverunreinigung im Einzugsgebiet.

Bei trockenen oder regnerischen Wetterlagen (<19 mm Niederschlag pro Tag), die in der meisten Zeit des Jahres herrschen, stammen 75 bis 83 % der Frachten aus der Grube Cínovec (höher als der Grubenwasseranteil, siehe Tabelle 2). Im Monitoring erfasste Zuläufe in der Grube Zinnwald liefern 5 bis 15 % der Frachten und nicht erfasste Zuläufe der Grube Zinnwald 7 bis 19 % der Frachten.

Tabelle 2: Anteil der Grube Cínovec an der Schwermetallfracht des THGSt.

	GW 4 (Anstrom aus Grube Cínovec)	Summe erfasste Zuläufe Grube Zinnwald	MP 8 + MP 4 (Gesamtabstrom Gruben Cínovec/Zinnwald)	Differenz (= nicht erfasste Zuläufe Grube Zinnwald)
As (%)	82,8	10,7	100	6,6
Cd (%)	82,1	6,6	100	11,4
Cu (%)	78,1	14,8	100	7,1
U (%)	75,5	5,5	100	19,0
Zn (%)	82,2	6,6	100	11,1

3.3.4.5 Zusammenfassung: Handlungsbedarf Grubenwasser

Die Kontrollwege in der Grube Zinnwald sind zu erhalten und auf die Grube Cínovec zu erweitern, um das verzweigte System der Hauptwasserwege kontrollfähig zu halten. Der Übersichtsriß aus dem VODAMIN-Projekt mit den Wasserwegsamkeiten und dem Zustand von Grubenbauen kann zu einem grenzüberschreitenden Kontrollriß der beiden Bergbehörden umgearbeitet werden. Die Zuflussspunkte in der Grube sind auf Veränderungen an den Mengen zu beobachten. Der Zufluss von Oberflächenwasser und die Versickerung in die Grube Zinnwald müssen zur Gefahrenabwehr verringert werden, weil der 1970/1990 eingebrachte Spülsand die Entwässerung an den Dämmen in die offene Grube behindert. Zuflussspunkte an den Spülsanddämmen in der Grube sind mit Notüberlauf-Filterfenster-Systemen technisch nachzurüsten und eine Wartung ist durchzuführen, um Spülsande sicher zu entwässern.

Die Kontrollstrecke Flöz 3 West ist auf 100 m Länge zu öffnen, um Grubenwasser aus dem Spülversatzfeld Zinnwald-Nord auf dem Niveau TBSt abzuleiten und den Zufluss zum Filterfenster des Damms 1 auf dem THGSt zu verringern. Die Grenzdammklappe ist spaltbreit justierbar nachzurüsten. Der Wasserstammbaum der Grube Cínovec ist weiter aufzuklären. Das Stollnwasser des Graf Carl Anton Stolln ist bei der Reparatur des Dreifachdurchlasses geordnet einzubinden. Es besteht die Möglichkeit zur Schaffung einer zusätzlichen Notentwässerung aus der Grube Cínovec-jih in den Jezerní důl, Seegrund, zur Bystřice, Flössbach, mittels einer Entlastungsbohrung. Der bergbaubedingte Einfluss auf die Wassergüte kann weiterhin durch Sedimentationsbecken in der Grube verringert werden. Die Frachten sollten an den Stollnmundlöchern weiterhin überwacht werden.

3.4 Braunkohlenbergbau

3.4.1 Aktuelle Reinigungsverfahren von Grund- und Oberflächenwässern in Braunkohlenrevieren

Dr. Felix Bilek; Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V. (2012)

Maßnahmen zur Aufbereitung bergbaulich beeinflusster Wässer gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Spannweite von benötigten Technologien reicht dabei von Verfahren, die das Stadium von Technikumsversuchen noch nicht verlassen haben, über einzelne Verfahren, die in Form von Pilottests bereits an einzelnen Objekten im Feld erprobt werden bis zum etablierten Stand der Technik, der routinemäßig zum Einsatz kommt. Die Verantwortlichen im Sanierungsbergbau und im Aktivbergbau beteiligen sich deshalb seit Jahren in Form von Forschungs- und Entwicklungsprojekten an der Vorbereitung und Etablierung weiterer innovativer Technologien, die dem Schutz der Oberflächengewässer und der Schutzgüter im Abstrom der Stoffquellen dienen sollen.

Um einen Überblick über derzeit angewandte Verfahren und Möglichkeiten der Reinigung von belasteten Grund- und Oberflächenwässern in Braunkohlegebieten zu erhalten, wurde eine Recherche und Analyse des derzeitigen Kenntnisstandes von Wissenschaft und Technik zu diesem Thema an das DGFZ vergeben.

Als Hintergrundinformation wurden im VODAMIN-Teilprojekt „Aktuelle Reinigungsverfahren von Grundwässern und Oberflächenwässern in Braunkohlegebieten“ zunächst die Genese und die Charakteristika verschiedener Typen von bergbaulich beeinflussten Wässern der Lausitz kurz dargestellt. Es erfolgte eine Zuordnung der Technologien zu den aufzubereitenden Wässern und zum jeweiligen Einsatzbereich (Grundwasserstrom-, Oberflächenwasserstrom-, Standgewässer-Behandlung). Danach fand eine Beschreibung der Verfahrensprinzipien und technologischer Aspekte, wobei auch auf die international eingesetzten Technologien eingegangen wurde, statt. Der Text schließt mit einer Darstellung von Technologien in Form von Fallbeispielen ab, die in der Region entwickelt und in der Lausitz bereits erprobt wurden bzw. im Einsatz sind. Diese sollen hier kurz genannt werden:

Zum **Sulfatrückhalt** kann die heterotrophe Sulfatreduktion unter Verwendung organischer Elektronendonatoren genutzt werden. Diese wurde bisher sowohl im natürlichen Untergrund (Grundwasserstrombehandlung) als auch in geschlossenen Reaktoren an Land und in einem Restsee (Seewasserkörperbehandlung) in F&E-Vorhaben der LMBV sowie einem Pilotvorhaben im Feld getestet.

Mit dem gleichen Ziel wurde die autotrophe Sulfatreduktion unter Verwendung von Wasserstoff und CO₂ für vier Jahre im Technikumsversuch getestet. Ein entsprechender Feldversuch zum Einsatz dieser Technologie im Untergrund steht vor der Umsetzung. Beide Maßnahmen bauen auf älteren Feldversuchen auf, die in der Lausitz in den letzten 10 Jahren durchgeführt wurden.

Untersuchungen zum Sulfatrückhalt mittels Nanofiltration und der Ausschleusung des Feststoffes in Form von Gips befinden sich ebenfalls im Technikumsstadium. Auch hier werden die Versuchsanlagen bereits im Dauertest gefahren. Tests zur Sulfatabreicherung mittels kondensatorischer Deionisierung wurden durchgeführt, haben das Technikumsstadium aber nicht verlassen.

Bei der seit vielen Jahren im Pilotmaßstab im Feldversuch betriebenen Membranelektrolyse wird Sulfat mittels Elektroenergie über eine Membran aus dem Wasser entfernt. Aktuelle Entwicklungsarbeiten betreffen die Steigerung der Sulfatabreinigung durch CO₂-Einsatz und den Test der Leistung des Verfahrens bezüglich verschiedener Zulaufwässer.

Die Ettingitfällung wird in der Lausitz nicht eingesetzt, die Gipsfällung als Vorstufe weiterer Behandlungsschritte ist aufgrund zu niedriger Sulfatkonzentrationen nicht sinnvoll anwendbar.

Der **Metallrückhalt** durch Neutralisation, Oxidation und Hydroxidfällung entspricht auch für große Anlagen dem Stand der Technik. Trotzdem unterscheiden sich die in der Lausitz aktuell betriebenen Anlagen durch die eingesetzten Kalkprodukte, die Belüftungsverfahren und die Konstruktion der Sedimentationsbecken deutlich. Aktuell betreibt die LMBV mbH vier und Vattenfall sechs Grubenwasserreinigungsanlagen. Darüber hinaus erfolgt die Eisenhydroxid-Abscheidung durch die LMBV mbH auch in Absetzteichen ohne zusätzliche Neutralisation. Diese Techniken werden zurzeit ausschließlich zur Behandlung von Oberflächenwasserströmen eingesetzt.

Mit dem zeitnahen Erreichen der Endwasserstände in vielen Restseen gerät die Inlake-(Seekörper-)behandlung der oft noch sauren Wasserkörper zunehmend in den Fokus. Diese Technologie befindet sich

am Beginn der Überführung in den Stand der Technik. Gegenwärtig werden verschiedene Kalkprodukte wie Karbonate verschiedener Korngrößen oder Kalkhydrat für die Neutralisation eingesetzt, aber auch alternative Neutralisationsprodukte wie abgelagerte Braunkohlenfilteraschen oder karbonatische Sedimente wurden bereits verwendet. Gegenstand aktueller Arbeiten ist die Entwicklung von Technologien zum weitergehenden Aufbau des Karbonatpuffers in Seekörpern (Konditionierung).

Bergbaubedingt erhöhten **NH₄-Gehalten** der in die Oberflächengewässer austretenden Grundwässer soll zukünftig durch eine natürliche mikrobielle Nitrifikation in den Oberflächengewässern begegnet werden. Möglichkeiten zu einer entsprechend vorteilhaften Gewässergestaltung sollen in einem anstehenden Feldtest ermittelt werden. Zukünftiges Entwicklungs- und Forschungspotenzial wird auf folgenden Gebieten gesehen:

Sulfatrückhalt

In der Zusammenschau aller bisher getesteten Verfahren und der erzielten Ergebnisse kann ausgesagt werden, dass speziell Verfahren für den Rückhalt von Sulfat in der Bergbaufolgelandschaft trotz vielfältiger Bemühungen der beteiligten Forschungsinstitutionen und der Bergbautreibenden noch nicht zur Praxisreife entwickelt wurden. Ein in großem Maßstab wirksames und finanzierbares Verfahren liegt noch nicht vor. So kann aus den vielfältigen biochemischen, elektrochemischen, membrantechnologischen und rein chemischen Verfahrensansätzen noch keiner als klarer Favorit für alle Anwendungsfälle ausgewählt werden. Jedoch wurden in den letzten 10 Jahren vielfältige Ansätze technologisch bis zur Feldanwendung gebracht, sodass nun Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung ausgelotet werden können. Neben der Verlagerung der Prozesse in den Untergrund (nur dort kann ein ausreichender Raum zur Verfügung gestellt werden) sind die Suche und der Einsatztest kostengünstiger Reduktionsmittel für die Sulfatreduktion sowie eine effektivere Kontrolle des mikrobiellen Prozesses im Reaktorraum dringend erforderlich.

Eisenhydroxid-Abscheidung

Auch bei den Verfahren zur Eisenfrachtkontrolle verbleibt Entwicklungsbedarf. Die Eisenhydroxidfällung durch Neutralisation und Oxidation ist Stand der Technik, solange hydraulisch gut fassbare Volumenströme behandelt werden können. Der zunehmend auftretende, regional verteilte diffuse Austritt eisenhaltiger Sicker- und Grundwässer durch den momentan erfolgenden Grundwasserwiederanstieg stellt jedoch ein technologisch noch nicht kontrollierbares Phänomen dar. Aktuell verlagert sich der Fokus von den bisher genutzten stationären Anlagen, die einen gefassten Oberflächenwasservolumenstrom behandeln, hin zur Technik der Inlake-Behandlung, bei der der Seekörper als Reaktions- und Depositionsraum genutzt wird.

Seekörper-Behandlung

Nachdem sich die Seekörper-Neutralisation am Beginn der Überführung in den Stand der Technik befindet, sollte sich die weitere Arbeit nun auf die Entwicklung von Methoden zur stofflichen Stabilisierung von Seewasserkörpern konzentrieren, die einem langfristigen Zustrom versauernd wirkenden Grundwassers unterliegen. Ziel muss es dabei sein, auch diese Seekörper so zu behandeln, dass sie ein wertvolles Ökosystem langfristig beherbergen können und für vielfältige Bewirtschaftungsformen geeignet sind (Speicherbewirtschaftung, Tourismus etc.). Dies können Methoden zur bioverträglichen Seewasserneutralisation (quasi kontinuierliche bzw. bedarfsangepasste Versorgung der Seen mit Neutralisationsmitteln) oder die Pufferung der Seewasserkörper durch Konditionierung (periodischer Aufbau eines langfristig wirksamen Karbonatpuffers mit Kalkprodukten und CO₂) sein. In beiden Fällen ist die Suche nach kostengünstigen Neutralisationsmitteln und der optimalen Einmischtechnologie der Feststoffe (und Gase) noch nicht abgeschlossen. So werden land- und schiffbasierte Systeme und Möglichkeiten zur Nutzung der natürlichen wind- und temperaturgetriebenen seeinternen Mischungsprozesse untersucht.

Passive Verfahrensansätze

Passive Verfahrensansätze konnten sich aufgrund der generell großen Volumenströme und der meist hohen Aziditäten speziell der Lausitzer bergbaubeeinflussten Wässer bisher kaum durchsetzen. Hohe Volumenströme und große Stofffrachten lassen für passive Ansätze einen jeweils großen Flächen- bzw. Raumbedarf und lange Aufenthaltszeiten erwarten. Zukünftigen Entwicklungsansätzen müssen daher landschaftsplanerische Konzepte zu Grunde liegen, die einen entsprechend großen Flächenverbrauch erlauben bzw. diesen positiv gestalten (Inwertsetzung anderweitig langfristig nicht nutzbarer Flächen). In einigen Fällen könnten passive Ansätze damit in der Lausitz zumindest für Teilentfrachtungen eingesetzt werden.

Mit ausschlaggebend für die letztendlich erfolgreiche Anwendung der einzelnen Verfahren werden die Investitions- und Betriebskosten im Realmaßstab sein. Zunehmend differenziertere und detailliertere Kostenberechnungen sollten deshalb ein wesentlicher Bestandteil der weiteren Implementierung der dargestellten Verfahren sein. Es wird deshalb vorgeschlagen, eingehendere Kostenbewertungen in einer vertiefenden Studie, aufbauend auf den hier dargestellten Überblick, durchzuführen, um die Wirtschaftlichkeit der Verfahren bewerten zu können. Bei der Realisierung von technologischen Sanierungsanlagen sind umfangreiche Genehmigungsverfahren durchzuführen. Hierbei handelt es sich oft um langwierige Verfahren, weil fast ausschließlich Einzelfallentscheidungen zu treffen sind. Jede der Anlagen stellt einen Prototyp dar, mit dessen Betriebsbeginn zunächst noch keine Erfahrungen vorliegen. Es wird deshalb angestrebt, die Diskussionen um genehmigungsrechtliche Belange mit den Behörden relativ frühzeitig im Entwicklungsverfahren durchzuführen, um die Genehmigungsfähigkeit des Verfahrenseinsatzes im Feld sicherzustellen und so mögliche Hindernisse für die Genehmigung bereits bei der Entwicklung zu umgehen.

3.4.2 Ammonium in ostsächsischen Bergbaufolgeseen

Tine Berg, Dr. Yvonne Kreuziger, Rainer Kruspe, Jürgen Neumann, Dr. Wilfried Uhlmann; Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (2012)

3.4.2.1 Anlass und Zielstellung

Die Fließgewässer im ostsächsischen Lausitzer Braunkohlenrevier sind bereits durch kommunale Abwässer, durch Flächenausträge aus der Landwirtschaft und durch die Fischwirtschaft mit Ammonium vorbelastet. Mit der fortschreitenden Sanierung stillgelegter Braunkohlentagebaue und ihrer Gestaltung zu Bergbaufolgeseen ist die Ausleitung des Bilanzüberschusses in die Fließgewässer erforderlich. Die Bergbaufolgeseen enthalten in der Regel erhöhte Ammoniumkonzentrationen. Relevante Ammoniumfrachten werden ferner durch die behandelten Sumpfungswässer des aktiven Braunkohlenbergbaus in die Fließgewässer eingeleitet. Zunehmend wird Ammonium auch durch diffuse Grundwasserzutritte aus den Wiederanstiegsgebieten des Sanierungsbergbaus in die Fließgewässer eingetragen. In der Studie war zu untersuchen, inwieweit die Fließgewässer des bergbaulich beeinflussten Gebietes der Spree und der Schwarzen Elster sowie deren Zuflüsse durch Ammonium speziell aus bergbaubürtigen Quellen belastet werden, welche ökologischen Folgen diese Belastungen haben, inwieweit die Einleitungen limitiert werden müssen und durch welche praktikablen Maßnahmen die Ammoniumeinleitungen aus bergbaulichen Quellen verringert werden können.

3.4.2.2 Methodik und Vorgehen

Die Bearbeitung der Studie erfolgte nach Datenlage. Es wurde die aktuelle Ammonium-Belastung der Gewässer (Bergbaufolgeseen, Fließgewässer und Grundwasser) recherchiert und dargestellt. Des Weiteren wurden die Ammoniumfrachten relevanter Einleiter in die Fließgewässer quantifiziert. Für die Bergbaufolgeseen wurde die hydrochemische Entwicklung dargestellt. Dabei wurde insbesondere auf den Zusammenhang zwischen der Neutralisation und der Entwicklung der Ammoniumkonzentration eingegangen, wobei der Zusammenhang zwischen dem pH-Wert und der Ammoniaktoxizität eine besondere Rolle spielt.

Durch eine umfassende nationale und internationale Literaturrecherche wurden Grenzwerte für die Ammonium- und Ammoniakbelastung der Gewässer zusammengetragen und diese Werte bezüglich der Erkenntnisse zur akuten und chronischen Toxizität des Ammoniums und Ammoniaks geprüft.

3.4.2.3 Ergebnisse

Ammonium steht im Wasser in einem pH- und temperaturabhängigen Gleichgewicht mit dem freien Ammoniak. Der Ammoniakanteil nimmt bei steigender Temperatur und bei steigenden pH-Werten zu. Mit der Bildung fischtoxischer Mengen Ammoniaks ist erst bei pH-Werten > 8 zu rechnen. Freies Ammoniak ist wesentlich toxischer als Ammonium. Fische sind gegenüber Ammoniak empfindlicher als Bakterien, Algen, die meisten wirbellosen Tiere und höhere Wasserpflanzen. Salmoniden sind sensibler als Cypriniden. Frisch geschlüpfte Brut von Salmoniden ist am empfindlichsten. Schwankungen der Ammoniakkonzentration werden meist schlechter ertragen als konstant höhere Belastungen.

Die bakterielle Nitrifikation ist neben der Aufnahme durch Pflanzen der wichtigste natürliche Eliminationsprozess von Ammonium in Gewässern. Der optimale Bereich der Nitrifikation liegt bei $\text{pH} > 8$. Die optimale Sauerstoffkonzentration für die Nitrifikation liegt bei > 1 bis 2 mg/l für *Nitrosomonas* und bei 2 bis 4 mg/l für *Nitrobacter*. Das Temperaturoptimum der Nitrifikation liegt zwischen $+25$ bis $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ und die Untergrenze der Nitrifikation bei etwa $+5 \text{ }^\circ\text{C}$. In den Fließgewässern des Untersuchungsgebietes ist ein Ammonium-Abbau durch Nitrifikation nachweisbar. Unter sommerlichen Bedingungen werden in der Spree bis zur Landesgrenze über 50% der Ammonium-Einträge abgebaut (Abbildung 19). Ein Ammoniumabbau im Winter erfolgt dagegen praktisch nicht.

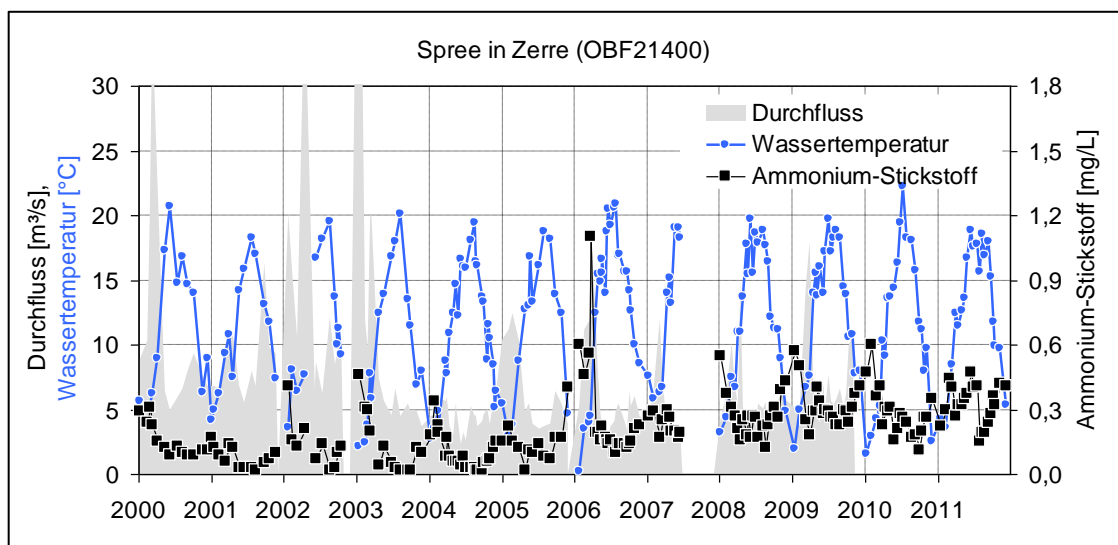


Abbildung 19: Entwicklung und Dynamik der Ammonium-N-Konzentration in der Spree an der behördlichen Gütemessstelle in Zerre (Daten: LfULG)

In den juvenilen, meist sauren Bergbaufolgeseen werden überwiegend hohe Ammonium-Konzentrationen zwischen 1 und 5 mg/l gemessen (Abbildung 20). Weil eine Ausleitung sauren Wassers aus den Bergbaufolgeseen wasserrechtlich nicht zulässig ist, gelangen die hohen Ammonium-Konzentrationen in der Regel nicht in die Fließgewässer. Belastungen der Fließgewässer aus den Bergbaufolgeseen treten nur dann auf, wenn die chemische Neutralisation unmittelbar vor der Ausleitung erfolgt. Bei der chemischen Neutralisation von Bergbaufolgeseen mit Kalkhydrat, Natronlauge oder Soda können hohe pH-Werte auftreten. Bei der Erstneutralisation solcher Seen sind noch keine Fischpopulationen vorhanden. Mit kritischen ammoniaktoxischen Situationen für die Biozönose ist dagegen bei der chemischen Nachbehandlung be-

reits neutralisierter Bergbaufolgeseen zu rechnen. Die bakterielle Nitrifikation entwickelt sich in den Bergbaufolgeseen ab $\text{pH} > 5$. Die Nitrifikation findet sowohl in chemisch als auch durch Fremdf lutung neutralisierten Bergbaufolgeseen statt. Sie stellt sich in der Regel aber erst mit einer Verzögerung von mehreren Monaten nach der Neutralisation ein. Im gefluteten Bärwalder See (ca. 130 Mio. m^3) sank die Ammonium-N-Konzentration durch seeinterne Nitrifikation in anderthalb Jahren von ursprünglich 1,1 auf 0,2 mg/l. Im Bernsteinsee (30 Mio. m^3) führte die chemische Neutralisation in zwölf Monaten zu einer Verringerung der Ammonium-N-Konzentration von 1,8 auf etwa 0,4 mg/l. Im Falle einer Wiederversauerung der Bergbaufolgeseen erliegt die Nitrifikation. Bei wiederholter Neutralisation kommt sie jedoch wieder in Gang.

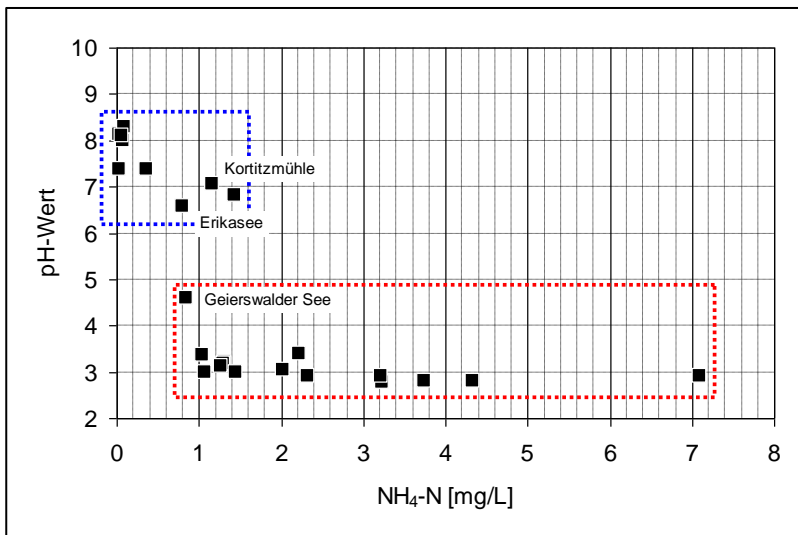


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen dem pH-Wert und der Ammonium-N-Konzentration in den ostsächsischen Bergbaufolgeseen (blauer Rahmen: neutrale Seen, roter Rahmen: saure Seen) (IWB 2012)

In den bereits länger neutralen und wasserwirtschaftlich genutzten Bergbaufolgeseen wie den Speichern Lohsa I und Knappenrode liegt die mittlere Ammonium-N-Konzentration meist unter 0,1 mg/l. In diesen Speichern stellen sich zum Höhepunkt der Sommerstagnation im Epilimnion infolge der biogenen Entkalkung aber zeitweilig sehr hohe pH-Werte ($\text{pH} > 9$) ein. Bei gleichzeitig hohen Wassertemperaturen werden unter diesen Bedingungen Ammoniak-Konzentrationen über dem Grenzwert der Sächsischen Fischgewässerverordnung von 0,025 mg/l berechnet. Schäden an den Fischpopulationen wurden bislang jedoch nicht beobachtet.

Die stärksten bergbaubürtigen Punktquellen für Ammonium-Stickstoff in den Fließgewässern des Untersuchungsgebietes sind die Grubenwasserbehandlungsanlagen Tzschelln und Kringelsdorf, die Sumpfungswässer aus den Tagebauen Nochten bzw. Reichwalde behandeln. Im Reinwasser der genannten Anlagen werden im Mittel 3,0 bzw. 0,7 mg/l Ammonium-N gemessen. Die mittleren Einleitmengen lagen im Jahr 2011 bei 0,9 bzw. 3,0 m^3/s . Für die Einleitung gereinigter Sumpfungswässer aus Grubenwasserbehandlungsanlagen in die Fließgewässer sind in den wasserrechtlichen Erlaubnissen Grenzwerte für den pH-Wert (bis 8,5) festgelegt. Die Wirkungen der Einleitungen auf den pH-Wert der Fließgewässer sind gering und eine Ammoniakbildung unwahrscheinlich.

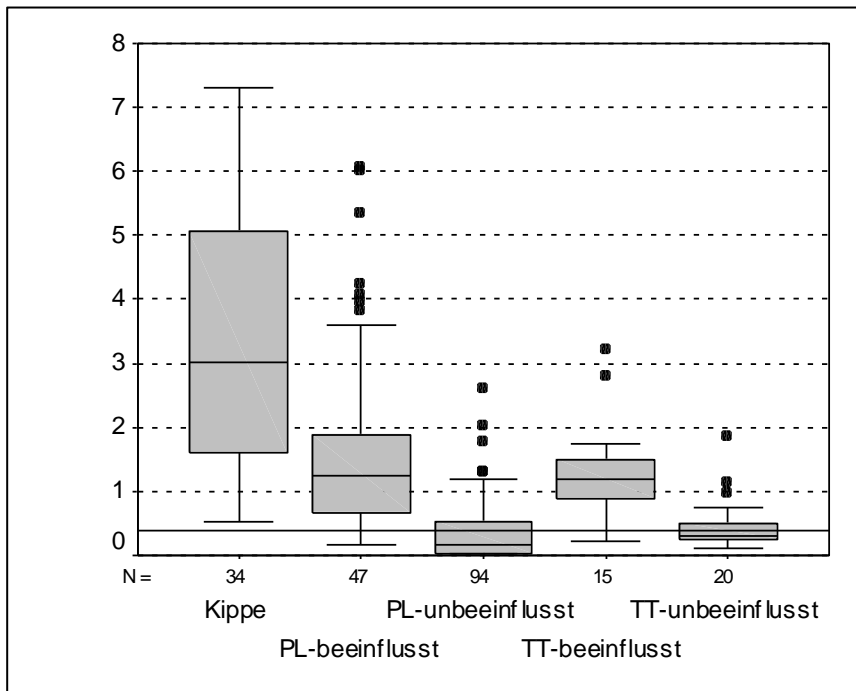


Abbildung 21: Boxplots der Ammonium-N-Konzentration im ostsächsischen Braunkohlenrevier der Lausitz (PL – Pleistozän, TT – Tertiär) (IWB 2012)

Das Ammonium im Grundwasser der Braunkohleabraumkippen und in den von der Grundwasserabsenkung des Bergbaus betroffenen Grundwasserleitern wird durch aeroben Abbau der organischen Bodensubstanz freigesetzt. Die Belüftung und die Feinverteilung kohligter Bestandteile in den Braunkohlentagebauen infolge der Verkippung verstärken diesen Prozess. Für bergbaulich unbeeinflusste pleistozäne Grundwasserleiter in der Lausitz sind im Mittel etwa 0,3 mg/l Ammonium-N mit einer Spanne von 0,03 (Nachweisgrenze) bis 0,9 mg/l als 10- und 90-Perzentile belegt (Abbildung 21). In Kippenwässern des Lausitzer Braunkohlenreviers werden im Mittel 3 mg/l Ammonium-N mit einer Spanne von 1 bis 6 mg/l und im Grundwasser zeitweilig abgesenkter pleistozäner Grundwasserleiter, wie zum Beispiel in der Spreewitzer Rinne, im Mittel 1,7 mg/l Ammonium-N mit einer Spanne von 0,4 bis 4 mg/l (10- bzw. 90-Perzentile) gefunden. Infolge des Grundwasserwiederanstiegs nehmen diffuse Grundwasserzutritte in die Fließgewässer zu. Die Beschaffenheit des beeinflussten Grundwassers in den pleistozänen Grundwasserleitern der Spreewitzer Rinne ist im Mittel durch 400 bis 600 mg/l Sulfat, 60 bis 100 mg/l Eisen sowie 1 bis 2 mg/l Ammonium-N gekennzeichnet.

Aus überprüfbareren Quellen wurde für die akuten und die chronischen Wirkungen für Salmonidengewässer Schwellenwerte von 0,015 bzw. 0,001 mg/l Ammoniak und für Cyprinidengewässer von 0,035 bzw. 0,025 mg/l Ammoniak abgeleitet. Die Werte liegen in der gleichen Größenordnung wie die Festlegungen der EU-Fischgewässerverordnung sowie die Richtlinien anderer Staaten und Organisationen. Zum Erreichen eines guten ökologischen Zustandes wird empfohlen, den I-Wert der EG-Fischgewässer-Richtlinie von 0,025 mg/l Ammoniak als Schwellenwert zu verwenden. Für Ammonium können zur Orientierung 0,2 mg/l Ammonium für Salmonidengewässer und 0,4 mg/l Ammonium für Cyprinidengewässer übernommen werden.

Gesetzlich verbindliche Regelungen (Qualitätsziele, Schwellenwerte) für Ammonium- und Ammoniakkonzentrationen in Fließ- und Standgewässern gibt es in der EG-Fischgewässerverordnung und deren landesrechtlichen Umsetzungen sowie in der Oberflächengewässerverordnung des Bundes. Die Fisch-

gewässerverordnung wird im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie 2013 außer Kraft gesetzt, wodurch die genannten Grenzwerte ersatzlos aus dem gültigen Regelwerk verschwinden.

Speziell für die Bergbaufolgeseen wurden aus der Bearbeitung die Empfehlungen abgeleitet, die Neutralisation im zeitlichen Vorlauf von etwa 3 bis 6 Monaten vor einer geplanten Ausleitung abzuschließen. Damit wird gesichert, dass die Ammonium-Konzentration durch die natürliche bakterielle Nitrifikation auf unkritische Werte verringert wird. Der neutrale Zustand von Bergbaufolgeseen mit Anbindung an natürliche Fließgewässer sollte bevorzugt durch eine Wassermengenbewirtschaftung erhalten werden. Stehen die erforderlichen Wasserressourcen räumlich und zeitlich nicht zur Verfügung, ist eine schonende chemische Wasserbehandlung durchzuführen, bei der hohe pH-Werte vermieden werden.

Für die Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung wurden zahlreiche physikalisch-chemische und biotechnologische Verfahren der Ammoniumelimination entwickelt. Die physikalisch-chemischen Verfahren wie Ozonierung, Strippverfahren, Umkehrosmose, Ionenaustausch, Elektrodialyse u. a. sind spezifisch sehr teuer und auf den Bergbau nicht anwendbar. Anlagengebundene biotechnologische Verfahren auf der Basis der bakteriellen Nitrifikation setzen einen weitgehend kontinuierlichen Betrieb voraus. Sie sind deshalb für den Bergbau nur bedingt geeignet. Für bergbaubürtige Punktquellen mit vergleichsweise geringen Volumenströmen und hohen Ammoniumkonzentrationen ist ggf. die Nitrifikation in Nassfiltern geeignet. Für die überwiegend großen Volumenströme und verhältnismäßig niedrigen Ammoniumkonzentrationen der zu behandelnden Sumpfungswässer des Braunkohlenbergbaus kommen bestenfalls naturnah gestaltete Bodenfilter in Frage.

Aufgrund der Komplexität der Einflussfaktoren sollte die Bewertung konkreter Belastungsfälle als Einzelfallprüfung erfolgen, in deren Ergebnis von den genannten Ammoniumkonzentrationen ggf. begründet abgewichen werden kann. Vom Arbeitskreis Wasserbeschaffenheit in der länderübergreifenden Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung Spree–Schwarze Elster wurde für die Spree an der Gütemessstelle Spremberg-Wilhelmsthal (Brandenburg) zum Beispiel ein Immissionswert von 1,5 mg/l für Ammonium-Stickstoff festgelegt.

Als Entscheidungshilfe für Maßnahmen zur Minderung der Ammoniumbelastung in den Fließgewässern wurde ein Prüfschema entwickelt (Abbildung 22), das die Frage beantwortet, unter welchen Bedingungen in Bezug auf die Ammonium- und Ammoniakkonzentration bedenkliche oder unbedenkliche Verhältnisse vorliegen. Unter Berücksichtigung der aktuellen Belastung der Fließgewässer besteht im ostsächsischen Bergbaug Gebiet kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Minderung der Ammonium-Einträge. Der hydrochemische und ökologische Zustand der Spree wird aktuell von hohen Eisen- und Sulfatbelastungen beherrscht, die zunächst zu mindern sind, um den chemischen und ökologischen Zustand der Fließgewässer zu verbessern.

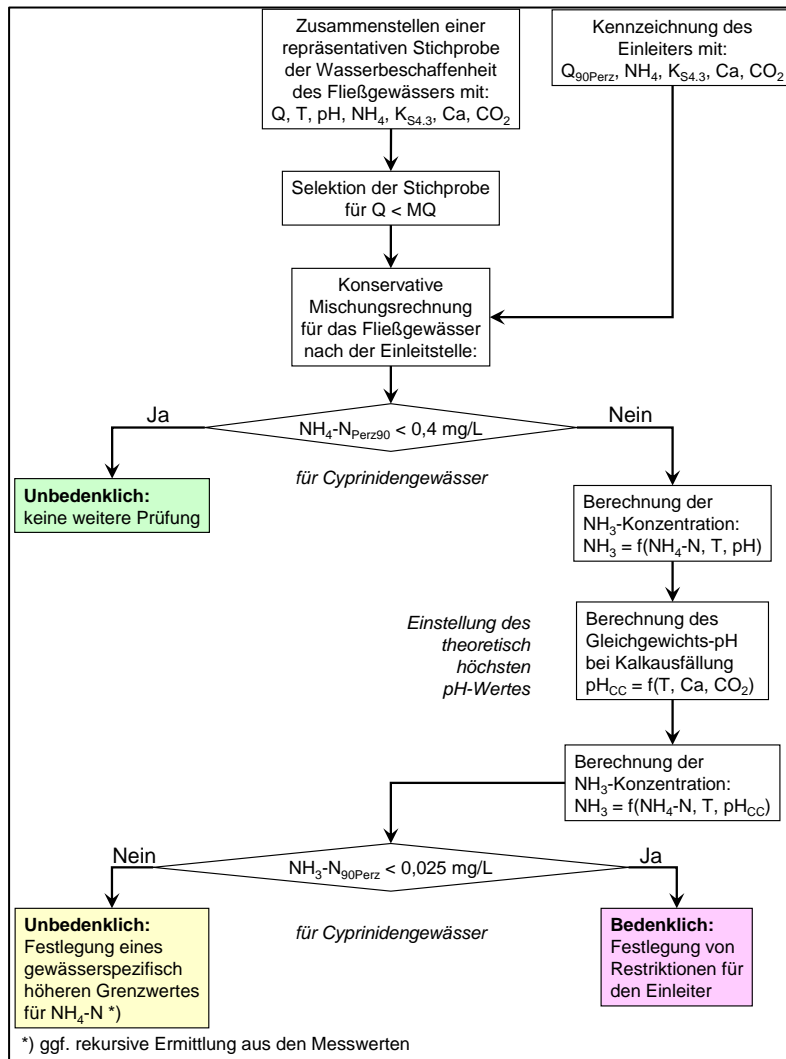


Abbildung 22: Prüfschema zur gewässerspezifischen Ermittlung eines Ammoniumgrenzwertes für die Gewässereinleitung aus Punktquellen (IWB 2012)

3.4.2.4 Ausblick und Notwendigkeiten

Es sollte geprüft werden, ob die behandelten ammoniumreichen Sumpfungswässer des aktiven Braunkohlenbergbaus künftig in Bergbaufolgeseen eingeleitet werden können. Neben den Vorteilen für die pH-Wert-Stabilisierung in den entsprechenden Bergbaufolgeseen kann die bakterielle Nitrifikation als Gratisleistung der Natur zur Minderung der Ammoniumbelastung in Anspruch genommen werden. Eine Sanierung des ammoniumbelasteten pleistozänen Grundwasserleiters in der Spreewitzer Rinne ist derzeit weder verfahrenstechnisch noch wirtschaftlich darstellbar.

3.4.3 Methodik zum quantitativen Nachweis der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern in Braunkohlengebieten

Yvonne Lindig, Prof. em. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Nestler, Carolin Pezenka, Dr. Wilfried Uhlmann, Kai Zimmermann; Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (2013)

3.4.3.1 Anlass und Zielstellung

Zur Beherrschung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in Gebieten des aktiven Braunkohlenbergbaus und des Sanierungsbergbaus, aber auch für die nachbergbauliche Entwicklung spielen die Wechselwirkungen zwischen den Fließgewässern und dem Grundwasser eine wesentliche Rolle. Ihre messtechnische Erfassung in ihrer räumlichen Variabilität und zeitlichen Dynamik ist dafür eine grundlegende Voraussetzung.

Für den quantitativen Nachweis der Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern gibt es eine Vielzahl von Methoden und Messtechniken, die für die spezifische Problematik der Bergbauwasserwirtschaft mehr oder weniger gut geeignet sind.

Ziel der vorliegenden Studie war die Recherche, Systematisierung und Bewertung der Anwendbarkeit verschiedener Methoden zum quantitativen Nachweis der hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasserleitern in Braunkohlenbergbaugebieten. Dabei waren die Praxiserfahrungen bei den Methoden zu beschreiben und zu bewerten sowie insbesondere die Einsatzgrenzen und die Fehlereinflüsse abzuschätzen.

3.4.3.2 Methodik und Vorgehen

Grundwasser und Oberflächengewässer sind im Übergangsbereich längs des benetzten Umfangs über Volumen- und Stoffströme miteinander gekoppelt. Treibende Energie der Austauschprozesse ist der Potenzialunterschied zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser, der durch ihre Wasserstände repräsentiert wird. Die Richtung und die Größe des Austausches werden durch den Gradient und die Größe des Potenzialunterschieds eindeutig bestimmt. Ausgehend von einer Beschreibung der geohydraulischen Verhältnisse wird die Verteilung der Austauschraten im Gewässerprofil als Basis für gezielte Messungen beschrieben. Die Verteilung hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab, insbesondere von der Geometrie und vom Schichtenaufbau des Grundwasserleiters, der Wasserstandsdynamik, der Heterogenität des Grundwasserleiters, der Hydraulik der Strömungsprozesse und ihrer Parameter sowie vom Zustand der Gewässerränder, insbesondere ihrer Kolmation. Eine ideal gleichmäßige und konstante Verteilung der Austauschmengen über den benetzten Gewässerumfang gibt es nicht, vielmehr tritt eine starke zeitliche und räumliche Variabilität in Abhängigkeit von den genannten Einflussfaktoren auf.

Auf der Basis einer Literaturrecherche wird ein Methodenkatalog der gebräuchlichen und für Braunkohlenbergbaugebiete erfolgversprechenden Verfahren entwickelt. An den Anfang von Untersuchungen zu den Austauschprozessen ist eine systematische Analyse vorhandener Daten und Erkundungsergebnisse zu stellen. Sie dient einer ersten Einschätzung der möglichen Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und dem Oberflächenwasser. Die im Rahmen der Auswertung abgeleitete Hypothese zur Wechselwirkung bildet dann die Grundlage für die weitere Vorgehensweise zur genaueren räumlichen Eingrenzung und zur Quantifizierung der Austauschprozesse. Die Darlegungen zur Geohydraulik in Flussnähe werden durch systematische geohydraulische Modellrechnungen hinterlegt.

3.4.3.3 Ergebnisse

Zur Quantifizierung von hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser werden klassischerweise hydrologische Methoden angewendet, wobei zwischen integralen Methoden, wie die Differenzmessung von Durchflüssen an Flussprofilen, und punktuellen Messungen, wie Infiltrometer- und Flusskammermessungen, unterschieden wird. Die Differenzmessung ist bei anteilig hohen Austauschraten und stationären Abflussverhältnissen geeignet. Weil letztere in der Regel nicht gegeben sind, müssen die hydrologischen Differenzmessungen mehrfach wiederholt werden. Punktuellen Messungen müssen unter Berücksichtigung insbesondere der ungleichmäßigen hydraulischen Austauschprofile im Flussquerschnitt und der geologischen Heterogenität in einem Flusslängsschnitt in ausreichender (statistisch gesicherter) Wiederholung im Quer- und Längsprofil der Fließgewässer durchgeführt werden.

Auf Standgewässer, wie Bergbaufolgeseen, sind hydrologische Bilanzverfahren anwendbar, wobei der für direkte Volumenstrommessungen unzugängliche Grundwasserbereich durch geohydraulische Verfahren oder Modelle erfasst werden muss. Versickerungsverluste aus Teichen lassen sich durch Bilanzmethoden

oder durch flächenrepräsentative Versickerungsmessungen zuverlässig erfassen. Punktuelle Messungen wie Infiltrometer- oder Flusskammermessungen sind hier nur in statistisch ausreichender Anzahl geeignet.

Unter geohydraulische Verfahren wird die modellgestützte Bewertung instationärer Prozesse im Fließgewässer und Grundwasser zusammengefasst. Dabei können die Wirkungen von natürlichen oder künstlich hervorgerufenen Wasserspiegelschwankungen im Fließgewässer auf den Grundwassergang oder der Verlauf eines Pumpversuchs in Fließgewässernähe untersucht werden. Die geohydraulischen Verfahren werden in passive und aktive Verfahren unterschieden. Der Vorteil insbesondere der passiven geohydraulischen Verfahren besteht darin, dass sie mit einfachen Techniken lange Datenreihen liefern und damit in der Lage sind, die Zeitabhängigkeit der hydraulischen Austauschprozesse abzubilden.

Aufgrund der markanten stofflichen Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern in den Braunkohlenbergbaugebieten erlangen hier hydrochemische Verfahren als Verdünnungs- und Anreicherungs-messungen eine spezifische Anwendung. Bei bekannten Stoffkonzentrationen des Grundwassers kann aus der Veränderung der Stoffkonzentration im Fließgewässer auf den mengenmäßigen Einfluss des exfiltrierenden Grundwassers in seiner zeitlichen Variabilität geschlossen werden.

Teufenorientierte Temperaturmessungen sind insbesondere zur Untersuchung der Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser geeignet. Die Temperatur hat als natürlicher Tracer gegenüber anderen Tracern den Vorteil, dass kein Eintrag systemfremder Stoffe erfolgen muss. Die Messung der Temperatur ist im Feld technisch vergleichsweise einfach möglich. Entscheidend für die Durchführbarkeit der Methode sind jedoch deutlich auswertbare Signale, die sich vom Hintergrund des natürlichen Temperaturverhaltens mit ausreichendem Kontrast abheben.

Für den Kurzfristbereich bis zu 15 Tagen stellt das Radonverfahren eine Alternative zu den Temperaturmessungen dar. Es beruht auf der messtechnischen Erfassung der Radonaktivitätskonzentration. Das radioaktive Edelgas Rn-222 kommt geogen vor und ist als natürlicher Tracer auszuwerten. Das Verfahren besitzt den Vorteil, dass es nicht temperaturabhängig ist.

Austauschprozesse an Gewässern können durch geohydraulische Modelle ausreichend genau beschrieben werden. Voraussetzung sind feindiskrete zwei- oder dreidimensionale Detailmodelle. Modelltechnische Verfahren sind stets in der Kombination mit den messtechnischen Verfahren zu sehen. Diese dienen der Parameterermittlung, der Kalibrierung der Modelle sowie der Validierung und der Verallgemeinerung der Messergebnisse.

3.4.3.4 Ausblick und Notwendigkeiten

Für das vorliegende Aufgabenspektrum gibt es keine universellen Methoden und Verfahren, mit denen die hydraulischen Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser in Braunkohlenbergbaugebieten behandelt werden können. Es wurde eine tabellarische Zusammenstellung erarbeitet, aus der geeignete Verfahren in Abhängigkeit von der Messaufgabe ausgewählt werden können. Grundsätzlich wird empfohlen, möglichst mehrere unabhängige Verfahren und Methoden gleichzeitig auf eine Problembehandlung anzuwenden. Zur Verifizierung und Weiterentwicklung ausgewählter, problemrelevanter Methoden wird vorgeschlagen, zwei Messfelder zu errichten, in denen die grundlegenden Wechselwirkungen bekannt sind, und hier vergleichende Messungen mit mehreren Methoden durchzuführen. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Grobplanung für den Aufbau und das Messprogramm vorgelegt.

3.4.4 Qualitative und quantitative Beeinflussung von Fließgewässerorganismen durch Eisen

Rainer Kruspe, Jürgen Neumann, Dr. Michael Opitz, Susanne Theiss, Dr. Wilfried Uhlmann, Kai Zimmermann; Idus Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH (2012)

3.4.4.1 Anlass und Zielstellung

Aufgabe der vorliegenden Studie war es, bisherige Arbeiten zum Thema „Eisenbelastung von Fließgewässern“ zu bündeln und neue Erkenntnisse bezüglich der Wirkung eisenhaltiger Wässer auf die Lebensgemeinschaften von Fließgewässern zu gewinnen. Die Arbeiten erfolgten vor dem Hintergrund zunehmender Eisenbelastung insbesondere durch den Grundwasserwiederanstieg in einigen Bereichen des Sanierungsbergbaus. So kommt es in verschiedenen Gewässerabschnitten zum Zutritt von saurem und eisenhaltigem Grundwasser (u. a. im Unterlauf der Kleinen Spree und der Spree zwischen Uhyst und der Landesgrenze zu Brandenburg). Die Oxidation des Eisens führt zu einer sichtbaren Braunfärbung (Eisenhydroxid) des Wassers und zur anschließenden Ablagerung von Eisenhydroxid auf dem Gewässersediment und an Bauwerken. Dabei sind nachteilige Wirkungen auf die Lebensgemeinschaften und die Morphologie des Fließgewässers zu erwarten. Die Zielstellung sollte durch umfangreiche Recherche der vorhandenen Daten zur chemischen Beschaffenheit sowie zur Besiedlung der Gewässer und deren statistische Auswertung erreicht werden.

3.4.4.2 Methodik

Neben der Recherche und umfassenden Darstellung der Informationen zur Problematik "Eisenbelastung" bildete die statistische Auswertung der Daten den eigentlichen Kern der Studie. Aufbereitet wurden Daten der behördlichen Überwachung der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg sowie die Ergebnisse von Sondermessprogrammen, wobei neben den Eisenkonzentrationen und den biologischen Daten auch verschiedene andere chemische Parameter berücksichtigt wurden. Die chemische Charakterisierung der Messstellen, für die in der Regel vier bis zwölf Werte pro Jahr vorlagen, erfolgte jeweils auf der Basis des Medians aller Messwerte eines Jahres. Dieser statistische Wert spiegelt am besten die Belastungssituation wider, die für die Fließgewässerorganismen relevant ist. Von den biologischen Daten wurden neben den Arten auch höhere taxonomische Niveaus und funktionelle Gruppen (z. B. Ernährungstypen) berücksichtigt.

Die statistische Auswertung nutzte einerseits multivariate statistische Verfahren (z. B. Bio-Env-Verfahren nach CLARKE & AINSWORTH), mit denen versucht wurde, typische Auswirkungen von Eisenbelastungen auf die Zusammensetzung von Fließgewässerlebensgemeinschaften von anderen Belastungsfaktoren abzugrenzen. Um die Auswirkungen der Eisenbelastung auf die Gewässerbesiedlung zu quantifizieren, erwies sich das mathematische Verfahren der oberen Hüllkurven als praktikabel und gut interpretierbar. Bei dieser Betrachtungsweise werden nur die Messstellen berücksichtigt, die bei vergleichbarer Eisenbelastung eine optimale biologische Besiedlung aufweisen. Damit werden alle Messstellen ausgeblendet, bei denen andere Faktoren als das Eisen nachteilige Effekte auf die Lebensgemeinschaft besitzen. Als Grundlage für einen Schwellenwert, ab dem eine eisenbedingte Beeinträchtigung der Besiedlung messbar wird, wurde die Eisenkonzentration gewählt, bei der statistisch gesehen ein Effekt auf Artenzahl oder Diversität von mehr als 10 % beobachtet wurde.

3.4.4.3 Historischer und wissenschaftlicher Hintergrund

Zum besseren Verständnis der Gesamtsituation wurden Informationen zur historischen Entwicklung des Bergbaus insbesondere in der Lausitz sowie zu den chemischen Wechselwirkungen des Eisens zusammengetragen und dargestellt.

Der Braunkohlenbergbau im großindustriellen Maßstab setzte erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein. Danach wurden immer größere Tagebaue aufgeschlossen und Braunkohlenflöze in immer größeren Tiefen abgebaut. Damit ging auch eine zunehmende Grundwasserabsenkung einher. Die Abbautiefen erreichten teilweise 100 Meter. Die Grundwasserleiter über dem 2. Lausitzer Flözhorizont wurden im Vorlauf der Kohleförderung vollständig entwässert und damit belüftet. Ein Grundwasserwiederanstieg in größerem Umfang setzte erst nach der Außerbetriebnahme zahlreicher Braunkohlentagebaue ein.

Die Belüftung der Grundwasserleiter führte zu einer Verwitterung des Pyrits, bei der unterschiedliche Eisen(III)-Verbindungen und Schwefelsäure entstehen. Beim Grundwasserwiederanstieg wandeln sich diese oxidierten Eisenverbindungen unter anaeroben Verhältnissen wieder in lösliche, zweiwertige Eisenionen um, die mit dem Grundwasser transportiert werden. Typisch für Kippenwasser und pyritbeeinflusste Grundwässer sind deutlich erhöhte Sulfat- und Eisenkonzentrationen sowie verringerte pH-Werte im Vergleich zum natürlichen Grundwasser. In die Oberflächengewässer gelangt das Eisen vor allem durch diffuse Infiltration und Ausleitung aus gefluteten Bergbaurestgewässern. Diffuse Grundwasserzutritte zu den Fließgewässern sind in der Kleinen Spree, in der Spree (beide Lausitz) und in der Pleiße (Mitteldeutschland) anhand einer starken Eisenbelastung zurzeit deutlich sichtbar. Die Eisenkonzentrationen erreichen in den Gewässern teilweise Werte bis weit über 100 mg/l. Durch eine Klassifizierung der Belastungssituationen in den verschiedenen Gewässern in Abhängigkeit von den Konzentrationen und den prägenden Rahmenbedingungen wurden die regionalen Belastungsschwerpunkte und deren Ursachen dargestellt. Dabei wurden auch andere Flussgebiete berücksichtigt, wobei der Einfluss des Bergbaus im Einzugsgebiet der Spree besonders markant ist.

3.4.4.4 Ergebnisse

Die Auswirkungen des Eisens auf die Gewässerbiozönose wurden umfangreich dargestellt und diskutiert. Typische Folgen von hohen Eisenkonzentrationen in Gewässern sind zurückgehende Häufigkeiten und Artenvielfalt unter anderem von Phytobenthos, Makrozoobenthos und Fischen. Hohe Eisenkonzentrationen können die aquatische Biozönose nicht nur durch direkte toxische Wirkungen beeinflussen. Vor allem die Ausfällung von Eisenionen nach der Oxidation (vor allem als Eisenoxidhydrate) beeinflusst indirekt die Lebensbedingungen und den Lebensraum nahezu sämtlicher Wasserorganismen nachteilig. Mögliche weitere Wirkungen sind beispielsweise auch Beeinträchtigungen des Lebensraumes durch Verschlammung und Versinterung des Interstitials oder die Beeinträchtigung der Nahrungsaufnahme z. B. bei Weidegängern, Sedimentfressern oder Filtrierern. Es zeigte sich, dass aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge häufig keine einfachen Konzentrations-Wirkungsbeziehungen als Erklärungsmodelle ausreichen.

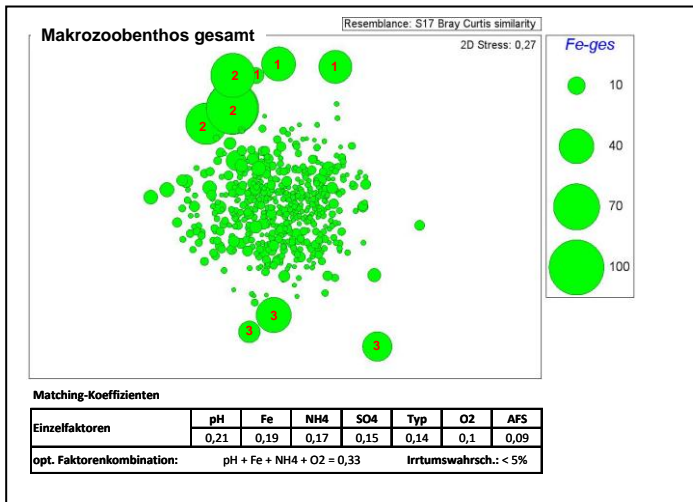


Abbildung 23: Ähnlichkeitsanalyse von Lebensgemeinschaften im Bio-Env-Verfahren (IDUS 2012)

Durch multivariate statistische Auswertung konnte gezeigt werden, dass sich die Eisenbelastung unterschiedlich stark auf die verschiedenen Organismengruppen in Fließgewässern auswirkt. So stellte die Eisenbelastung über weite Konzentrationsbereiche für die Fischartengemeinschaften einen eher untergeordneten Faktor für deren Zusammensetzung dar. Auch benthische Diatomeen reagierten hinsichtlich der Eisenbelastung per se kaum mit einem veränderten Artenspektrum, wohingegen bei einem pH-Gradienten deutliche Veränderungen zu sehen waren. Für das Artenspektrum von Makrozoobenthos und Makrophyten ergaben sich ähnliche statistische Zusammenhänge, wobei jeweils ca. 80 % der Variabilität der Artenzusammensetzung nicht durch Eisen erklärt werden konnten. Andere Belastungsfaktoren wie häusliche Abwässer oder Nährstoffe führten zu ähnlich degradierten Lebensgemeinschaften und ließen eine deutlichere Abgrenzung von eisenbelasteten Standorten nicht zu. Bei der gewässertypspezifischen Untersuchung des Makrozoobenthos zeigte sich für den Gewässertyp 14 (sandgeprägte Tieflandbäche) der größte Einfluss von Eisen auf die Besiedlungsstruktur, wobei zu diesem Gewässertyp auch die größte Anzahl der kritisch mit Eisen belasteten Gewässer gehörte. Das Makrozoobenthos erwies sich als die am besten zur Herleitung von Effektkonzentrationen der Eisenbelastung geeignete Organismengruppe.

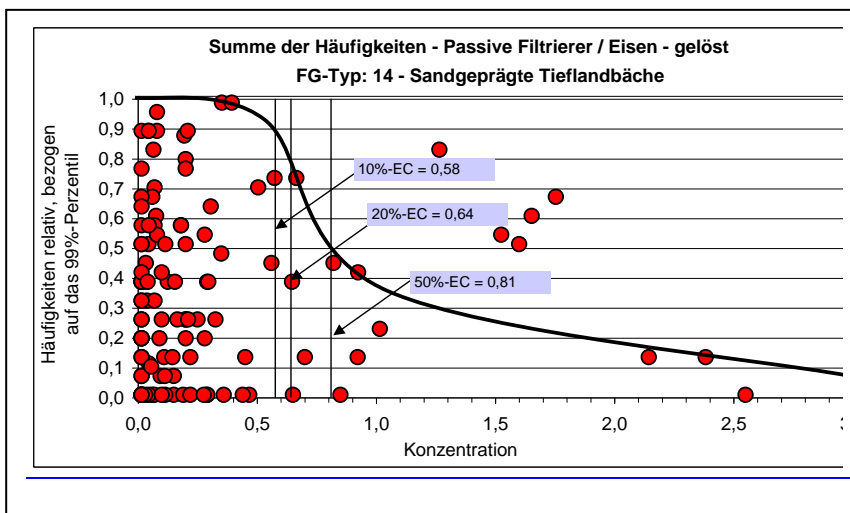


Abbildung 24: Darstellung der relativen Werte mit Hüllkurve und ermittelten Effektkonzentrationen (IDUS 2012)

Aufgrund der ungleich auf die Gewässertypen verteilten Messstellen und der Unterschiede in der chemischen wie biologischen Untersuchungsmethodik konnten nicht für alle Fließgewässertypen belastbare Effektkonzentrationen in Sinne der NOEC mit maximal 10%iger Beeinträchtigung abgeleitet werden. Im Mittel konnten jedoch Konzentrationen von 1,0°mg/l Gesamteisen und 0,15°mg/l gelöstem Eisen als Effektkonzentrationen herausgearbeitet werden. Diese Werte lassen sich zuverlässig aus den untersuchten Daten ableiten und widerspiegeln sehr gut international publizierte Untersuchungsergebnisse und daraus abgeleitete Richt- und Grenzwerte. Sowohl eine höhere Empfindlichkeit einzelner anspruchsvollerer Arten und Artengruppen und deren Häufung in bestimmten Fließgewässertypen, als auch morphologische Besonderheiten dieser Habitate können eine differenziertere Bewertung der unterschiedlichen Fließgewässertypen rechtfertigen.

3.4.4.5 Ausblick und Notwendigkeiten

Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass einige der Zielstellungen aufgrund unzureichender Datenbasis sowie vor dem Hintergrund aktueller fachlicher Erkenntnisse nicht mit vertretbarem Aufwand erreichbar oder nicht sinnvoll waren. So erwiesen sich beispielsweise Vergleiche von Gewässerökosystemen zeitlich vor und nach der Eisenbelastung aufgrund der inhomogenen Datenbasis als problematisch. Auch zeigte sich, dass Laborversuche mit vertretbarem Aufwand nicht durchführbar sind, wenn sie neue Erkenntnisse und einen sinnvollen Beitrag zur Grenzwertdiskussion liefern sollen. Die Datenlage erwies sich unter anderem durch unvollständige Datensätze, fehlende oder nicht zuordenbare biologische Daten und die taxonomische Nomenklatur als kompliziert. Auffällig waren vor allem die unterschiedlichen Untersuchungsstrategien der Bundesländer, die eine Integration der behördlichen Daten in einen homogenen Datenbestand erheblich erschwerte. Hier sollte dringend eine Vereinheitlichung stattfinden, um perspektivisch den reichen Datenpool effektiv nutzen zu können. Hinsichtlich des weiteren Untersuchungsbedarfs wurde herausgearbeitet, dass mit preiswerten etablierten Testverfahren nur bedingt neue Erkenntnisse zu erwarten sind. Ökosystemnahe Verfahren, bei denen komplexe Zusammenhänge simuliert und bewertet werden können, sind teuer und bedürfen einer wissenschaftlichen Begleitung. Als Alternative hierzu bieten sich intensivere Untersuchungen an, die an ausgewählten realen Gewässerabschnitten mit speziell angepasstem Untersuchungsspektrum erfolgen sollten.

3.4.5 Reinigungsverfahren sowie Bewertung und Selektion der Verfahren zu Acid-Mine-Drainage – Verfahrensdiskussion im internationalen Maßstab

Prof. Dr. habil. Christian Wolkersdorfer (2013)

3.4.5.1 Anlass und Zielstellung

Über die im Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlenrevier bereits bekannten üblichen Reinigungsverfahren hinaus sollte eine Recherche zu internationalen Reinigungsverfahren für Acid-Mine-Drainage durchgeführt und auf ihre Anwendbarkeit in den Bergbaufolgelandschaften der Lausitz überprüft und diskutiert werden. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hier bei den so genannten passiven und mikrobiologischen Reinigungsverfahren, die derzeit im Betrachtungsgebiet nur untergeordnet eine Rolle spielen, aber aufgrund der Kostenentwicklungen bei hochgradig technischen Verfahren perspektivisch eine nachhaltige Lösung darstellen könnten.

3.4.5.2 Methodik/Vorgehen

Vorgestellt werden alle weltweit bekannten aktiven, passiven und weiteren Verfahren der Grubenwasserreinigung.

Aktive Methoden zur Behandlung von Grubenwasser

Im Folgenden werden die wichtigsten kommerziell eingesetzten Verfahren der „konventionellen“ Grubenwasseraufbereitung und der momentan modernen Verfahren genannt. Zur konventionellen Grubenwasseraufbereitung gehören die „Neutralisationsverfahren“, wohingegen moderne Verfahren solche wie Nanofiltration, Ultrafiltration, Destillation oder Umkehrosmose sind. Modern bezieht sich folglich nicht darauf, dass die Methode selbst „modern“ ist, sondern ihr Einsatz in der Grubenwasseraufbereitung erst jüngst in größerem Maßstab erfolgt.

■ Neutralisationsverfahren

- Dünnschlammverfahren (LDS)
- Dickschlammverfahren (HDS)

■ Elektrochemische Verfahren

- Elektrokoagulation
- Elektrosorption (Kondensatorische Deionisierung)
- Elektrodialyse/Membranelektrolyse

■ Membranverfahren

- Mikrofiltration
- Ultrafiltration
- Nanofiltration
- Umkehrosmose

■ SAVMIN™-Verfahren („Ettringit Ausfällung“)

■ Schwertmannit-Verfahren

■ Bioreaktoren (Fermenter)

■ Ionenaustauscher

■ Flotations-Flüssig-Flüssig-Extrahierung (F-LLX: Flotation Liquid-Liquid Extraction;

VEP: Value Extraction Process)

■ Eutektische Gefrierkristallisation

Passive Methoden zur Behandlung von Grubenwasser

■ Anoxischer Karbonatkanal (anoxic limestone drain, ALD)

■ Oxischer Karbonatkanal (oxic limestone drain, OLD)

■ Offener Karbonatkanal (open limestone channel, OLC)

■ Aerobes konstruiertes Feuchtgebiet (aerobic wetland, reed bed)

■ Anaerobes konstruiertes Feuchtgebiet (anaerobic wetland, compost wetland)

- Reduzierende Alkalinitätssysteme (reducing and alkalinity producing systems: RAPS; successive alkalinity producing systems: SAPS; sulfate reducing bioreactor)
- Absetzbecken (settlement lagoon)
- Permeable reaktive Wände

Alternative Methoden zum Management von Grubenwasser

- Gedanken über alternative Methoden, deren Anwendung im deutschen Sprachraum und ein Grubenwasserinventar
- Kontrollierte Natürliche Selbstreinigung
- Änderung der Abbaubedingungen
- Biometallurgie oder Geobiotechnologie
- In-situ-Sanierungsmaßnahmen
 - In-Lake-Verfahren
 - In-Lake-Kalkung
 - „Enclosures“ (Umfassungen)
 - Elektrochemische Behandlung
 - Chemische Behandlung von sauren Seen
 - Rückspülung von Schlämmen, Reststoffen oder Kalkmilch
 - Sanierung verunreinigter Fließgewässer
 - In-situ-Sanierung von uranhaltigen Gruben- und Sickerwässern
 - Mischung pyrithaltiger Substrate mit alkalischem Material

Die Grenzen zwischen den Verfahren müssen als fließend betrachtet werden.

3.4.5.3 Ergebnis

Ob man eine aktive oder passive Grubenwasserreinigungsanlage errichtet, um das Grubenwasser zu reinigen, hängt von zahlreichen Faktoren ab. In erster Linie jedoch von der Grubenwasserqualität und der Menge des Grubenwassers und daneben von den finanziellen Aufwendungen, die bereitgestellt werden können.

Aktiv bedeutet im Zusammenhang mit Grubenwasserreinigung, dass zur Reinigung des Grubenwassers Energie, Chemikalien und eine kontinuierliche Überwachung des Reinigungsprozesses nötig sind (Abbildung 25). Es wird beispielsweise ein Antiskalant zugegeben, um die Ablagerung von Metallhydroxiden auf Oberflächen zu verhindern.

Ein Belüfter muss stets mit Elektroenergie betrieben werden oder ein Techniker muss ständig vor Ort sein, um kleinere Reparaturen durchzuführen oder Rohre zu reinigen.

Obwohl im Zusammenhang von passiver Grubenwasserreinigung oft von „low-cost“-Systemen gesprochen wird, muss dies im Einzelfall nicht unbedingt zutreffen. Die anfänglichen Investitionskosten einer passiven Anlage können erheblich sein und nach einigen Jahren muss der Schlamm – wie auch in einer aktiven Anlage – entsorgt oder das Substrat erneuert werden. Bei einer aktiven Anlage können die Investitionskosten

aber relativ gering sein, wohingegen die laufenden Kosten erheblich sind – gerade wenn eine große Menge an Schlamm zu trocknen und umweltgerecht zu entsorgen ist oder große Mengen an Lauge anfallen.

Vereinfacht ausgedrückt sollte immer dann eine aktive Anlage errichtet werden, wenn große Frachten aus dem Wasser zu entfernen und eine passive Anlage, wenn die Frachten verhältnismäßig gering sind.

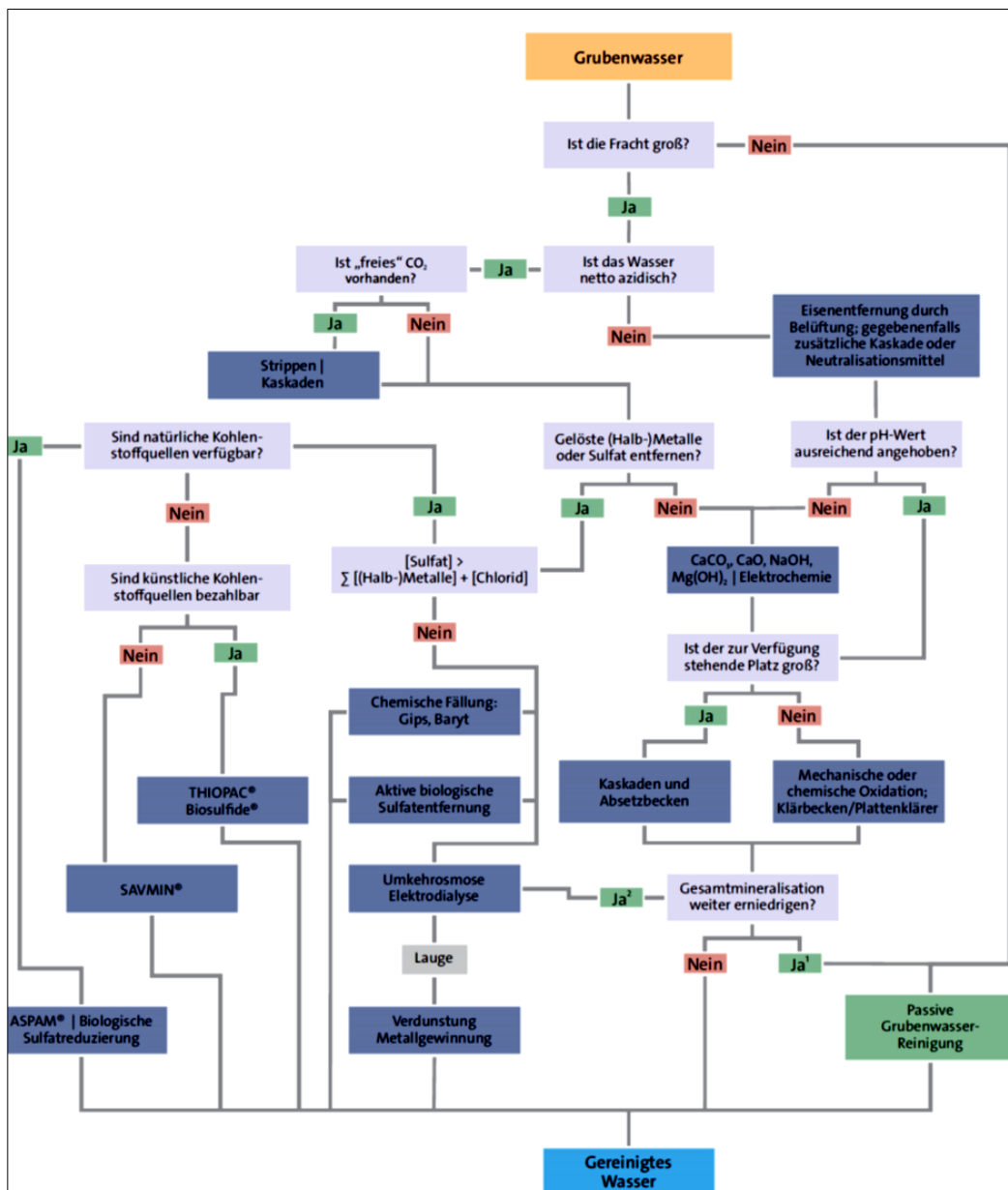


Abbildung 25: Flussdiagramm für die wichtigsten aktiven Grubenwasserreinigungsmethoden (verändert und ergänzt nach YOUNGER et al. 2002; JACOBS & PULLES 2007)

^{1, 2} = unterschiedliche Entscheidungswege

Potenzielle Anwendungen für die Lausitz

Für die Sanierung der Seewässer ist die In-lake-Methode mit Neutralisierung derzeit die einzig zielbringende Methode. Zwar haben die biologischen In-lake-Verfahren gezeigt, dass es Mechanismen gibt, die zur Gewässerverbesserung beitragen können, aber selbst die groß angelegten Versuche konnten kein Verfahren erarbeiten, das auf die Seen der Lausitz übertragen werden könnte. Auch im weltweiten Vergleich sind die Sanierungsergebnisse der biologischen in-situ-Sanierung hinter den Erwartungen zurückgeblieben.

An den Stellen, an denen den Seen bekanntermaßen saure Grundwässer zuströmen, könnte durch den Einbau von reaktiven Wänden so wie in Shillbottle (England, Vereinigtes Königreich) oder am Webersee (Lincoln State Park, Indiana, USA) zusätzliche Alkalinität in das Seewasser gebracht werden. Weil die Patentlaufzeit für reaktive Wände abgelaufen ist, wäre dies sogar ohne Lizenzgebühren an die Waterloo University (Kanada) möglich.

Die Techniken zum Einbau reaktiver Wände in Bergehalden sind aus den USA, Großbritannien und Kanada bekannt und erprobt. Obwohl elektrochemische Verfahren eine interessante Sanierungsstrategie für kontaminierte Gewässer sind, liegen bislang noch keine ausreichenden Erfahrungen zur Sanierung eines Sees vor.

Bleibt die Reinigung der aus den Seen ablaufenden, zumeist sauren Wässer. Bislang werden diese konventionell gereinigt und der dabei entstehende Schlamm wird in die Tagebaurestseen eingespült. Das Verfahren ist robust, kann schnell auf den veränderten Chemismus des Grubenwassers angepasst werden und lässt sich relativ problemlos beherrschen.

Betrachtet man nur, was technisch machbar wäre, um die negativen Auswirkungen der sauren Grubenwässer zu minimieren, dann wäre eine Kombination aus Dickschlammverfahren, einem elektrochemischen Verfahren und Membranverfahren eine denkbare Lösung.

3.4.6 Anpassung eines elektrochemischen Verfahrens zur Aufbereitung kontaminierter und stark mineralisierter Wässer des Stein- und Braunkohlentagebaus

Hans-Jürgen Friedrich, Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V. (2013)

(Teilprojekt „Laboruntersuchungen sowie Planungs- und Entwicklungsleistungen für die Anpassung eines elektrochemischen Verfahrens zur Aufbereitung sulfatbelasteter Bergbauwässer an die Erfordernisse bei der Aufbereitung kontaminierter stark mineralisierter Wässer des Stein- und Braunkohlenbergbaus“ und Teilprojekt „Betrieb einer Pilotanlage zur technischen Erprobung optimierter Spülprozesse und Zellgeometrien bei der elektrochemischen Sulfatabtrennung einschließlich Monitoring und Bilanzierung“)

3.4.6.1 Anlass und Zielstellung

Das RODOSAN[®]-Verfahren stellt ein für die technische Anwendung aussichtsreiches Verfahren zur Sulfatabtrennung aus sulfatreichen oder schwefelsauren Bergbauwässern dar. Dabei werden gleichzeitig Schwermetalle entfernt und Pufferkapazität im Wasser erzeugt. Es handelt sich dabei um ein Membranelektrolyseverfahren (Abbildung 26), bei dem speziell dafür entwickelte Elektrolysezellen zum Einsatz gelangen. Während dieses Verfahren für die Aufbereitung geringer mineralisierter Bergbauwässer auch bisher schon mit gutem Erfolg im Pilotmaßstab angewendet werden konnte, traten bei der Aufbereitung stark mineralisierter Wässer verfahrenstechnische Probleme auf, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Prozessstabilität führten. Weil solche Wässer sowohl bei der Wasseraufbereitung im Braunkohlen- als auch im Steinkohlen- und Erzbergbau häufiger anzutreffen sind, stellen Maßnahmen zur Weiterentwicklung des elektrochemischen Verfahrens eine wesentliche Voraussetzung für eine Anwendbarkeit in diesem Sektor dar. Eine besondere Rolle spielen hierbei Regenerations(Spül)prozesse für die Zellen und deren Optimierung. Hierdurch werden die Stabilität der Verfahrensführung, die technische Verfügbarkeit der Anlage und der Energiebedarf für den Aufbereitungsprozess entscheidend mitbestimmt.

Im Rahmen der beiden Untersuchungsprogramme waren deshalb folgende Aufgabenschwerpunkte zu bearbeiten:

- Optimierung und Erprobung der Spülsäurezusammensetzung unter Laborbedingungen
- Optimierung und Erprobung des Spülregimes für stärker mineralisierte Wässer unter Laborbedingungen
- Planungsleistungen und technische Ertüchtigung der Pilotanlage Rainitza
- Anlagenbetrieb Pilotanlage und Eigenmonitoring
- Auswertungen, Bilanzierung

3.4.6.2 Methodik/Vorgehen

Im Rahmen der Laboruntersuchungen wurde zunächst die Löslichkeit von mineralischen Ablagerungen aus dem Kathodenraum der Elektrolysezelle in Abhängigkeit von Art, Konzentration Temperatur und Einwirkungsdauer verschiedener Säuren untersucht. Mit der optimierten Spülsäurezusammensetzung waren so dann Laborelektrolyseversuche nach standardisierten Bedingungen durchzuführen, um die Wirksamkeit zu prüfen und ein optimiertes Spülregime zu entwickeln. Auf Grundlage der erhaltenen Ergebnisse wurde die Ertüchtigung der technischen Pilotanlage zur elektrochemischen Wasseraufbereitung in Rainitza geplant und realisiert. Die in den Laboruntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich eines optimierten Spülbetriebs wurden schließlich innerhalb mehrerer Versuchszyklen unter Verwendung technischer Elektrolysezellen in der Praxis erprobt.

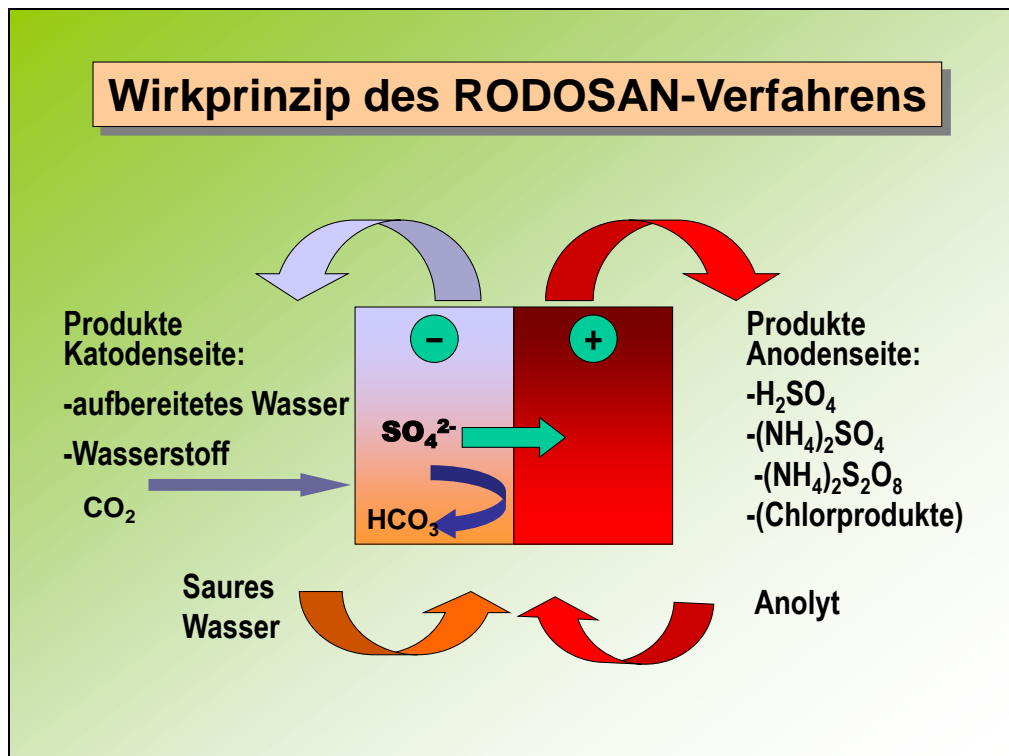


Abbildung 26: Verfahrensprinzip (schematisch) (VKTA)

3.4.6.3 Ergebnisse

Die Untersuchungen zur Spülsäurezusammensetzung zeigten, dass die Anwendung starker Mineralsäuren im Konzentrationsbereich 1–4 Mol/l zu den besten Ergebnissen führte, während mit organischen Säuren keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielbar waren. Kontaktzeiten von weniger als einer Stunde waren dabei ausreichend, insbesondere bei moderat erhöhter Einwirkungstemperatur.

Innerhalb einer Serie von 10 Dauerversuchen wurde bewertet, welche Spülzeiten bei gegebenem Spülintervall zu bevorzugen sind. Ferner wurde der Einfluss der Spülsäurezusammensetzung untersucht und be-

wertet. Diese Bewertung erfolgte auf Grundlage von Leistungsparametern wie zeitlicher Verfügbarkeit, spezifischer Energiebedarf und Sulfatabtrennung sowie einer statistischen Analyse. Es konnte dabei bestätigt werden, dass kürzere Spülintervalle zu bevorzugen sind, wobei eine Spüldauer von 0,25 h als ausreichend angesehen werden kann. Dies stellt gegenüber der bislang in der technischen Anlage geübten Praxis eine bedeutende Zeiteinsparung dar und lässt eine Steigerung der zeitlichen Anlagenverfügbarkeit von bisher 71 % für diesen Wassertyp auf 85 - 90 % erwarten. Hinsichtlich der Art des Spülmediums erwies sich dabei Salzsäure gegenüber der in den übrigen Versuchsreihen zumeist verwendeten Salpetersäure als mindestens gleichwertig, sodass damit vor allem unter preislichem Gesichtspunkt eine attraktive Alternative aufgezeigt werden kann. Die Planungs- und Vorbereitungsarbeiten zur technischen Umsetzung/Integration in die Pilotanlage waren ebenfalls Bestandteil dieser Arbeiten. Speziell wurde der Spülsäurekreislauf der Anlage neu konzipiert. Maßgeblich waren dafür die Erkenntnisse aus den Laboruntersuchungen.

Das Teilprojekt „Anlagenbetrieb/Monitoring“ gliederte sich in mehrere Leistungsphasen. Die Leistungsphase 1 – Ertüchtigung Anlage, Wiedererrichtung Logistikanlagen – wurde im Juli/August 2012 realisiert. In diesem Zeitraum wurden die obertägigen Logistikanlagen wiedererrichtet und angeschlossen, die Elektrolyseanlage wieder montiert, der Spülkreislauf umgebaut und Druckentlastungen eingebaut (Abbildung 27 und Abbildung 28).



Abbildung 27: Anlagenstandort mit Logistikanlagen (Foto: VKTA 2013)



Abbildung 28: Elektrolyseanlage mit Spülkreislauf (Foto: VKTA 2013)

Die Leistungsphase 2 erstreckte sich vom 01.08. bis 30.11.2012. Zunächst erfolgte neben der Kalterprobung der Einfahrbetrieb mit Aufnahme so genannter Strom-Spannungskurven zur Identifikation/Festlegung der Anlagenbetriebspunkte für die geplanten technischen Versuche. Während dieser Phase wurde die Anlage mit drei technischen Elektrolysezellen bei einem Durchsatz von ca. $1,4 \text{ m}^3/\text{h}$ betrieben. Als Rohwasser diente vorbehandeltes kalkübersättigtes Wasser aus der GWRA Tzschelln.

Während des Versuchsprogramms wurde der Einfluss des optimierten Spülregimes auf die Leistungsparameter der Anlage (Sulfatabtrennung, Energieverbrauch, Anlagenverfügbarkeit) im zweischichtigen Anlagenbetrieb untersucht. Begleitend erfolgte ein kontinuierliches Eigenmonitoring der Abläufe der Zellen und des angelieferten Grubenwassers in einstündigem Rhythmus, wobei die hydrochemischen Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ks4,3-Wert, SO_4^{2-} - und Cl-Konzentration im Betriebslabor der Anlage analysiert wurden. Weitere Parameter wurden extern untersucht.

In den technischen Versuchen wurden Spülregimes mit 6 bzw. 8 h-Spülintervall und 0,25–1 h Kontaktzeit mit zwei unterschiedlichen Spülsäuren und zusätzlich eine neue Innengeometrie der Zellen erprobt. Zur Auswertung dienten die Messwerte aus dem betrieblichen Monitoring, die Einstellparameter der Elektrolyse (Elektrolysestrom, Zellspannung, Volumenströme) und die Vorgaben des Spülregimes.

Als wesentliche Ergebnisse des Versuchsbetriebs können festgehalten werden:

- Der optimierte Spülprozess erlaubte einen durchweg störungsfreien Anlagenbetrieb mit Wasser aus dem Ablauf der GWRA Tzschelln.
- Steigerung der technischen Anlagenverfügbarkeit um 19 auf 90 %
- Steigerung der Sulfatabtrennung auf 40 % (Mittelwert) bzw. auf 43 % mit optimierter Zelle
- Senkung des spezifischen Energiebedarfs von $1,5 \text{ kWh/Mol SO}_4^{2-}$ auf $1,2 \text{ kWh/Mol}$ bzw. $0,90 \text{ kWh/Mol}$ mit optimierter Zelle

In begleitenden Untersuchungen mit Laborelektrolysezellen gelang zudem die Eliminierung des Ammoniumtransfers über die Ionenaustauschermembran. Ein Vergleich wesentlicher Leistungsparameter kann Abbildung 29 entnommen werden. Damit konnten alle fachlichen Zielstellungen des Projektes erreicht werden.

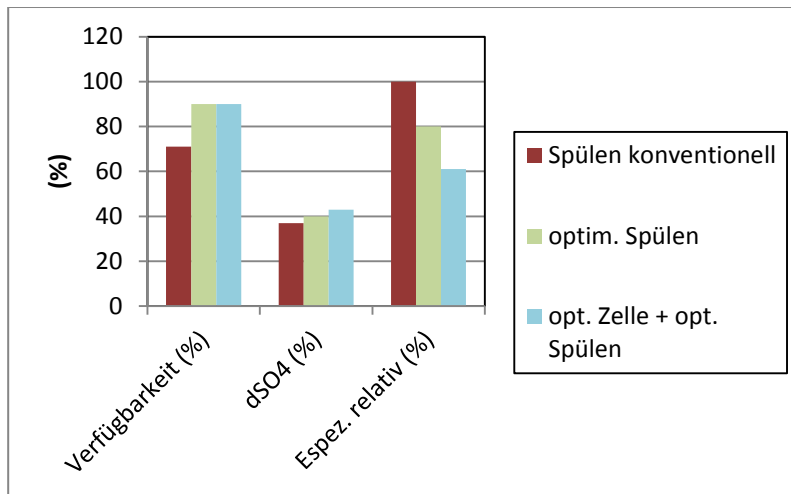


Abbildung 29: Vergleich der Leistungsparameter technische Verfügbarkeit, durchschnittliche Sulfatabtrennung (dSO₄) und normierter mittlerer spezifischer Energiebedarf für konventionelles und optimiertes Spülen (VTKA 2013)

3.4.6.4 Ausblick und Notwendigkeiten

Mit den erzielten Ergebnissen wurden sehr wichtige Voraussetzungen dafür geschaffen, dass das elektrochemische Verfahren zur Sulfatabtrennung künftig ohne größere Probleme auch im technischen Maßstab erfolgreich für die Aufbereitung stärker mineralisierter oder mit Kalk übersättigter Wässer eingesetzt werden kann. Damit ist ein Einsatz des Verfahrens auch zur Aufbereitung von Grubenwässern des Erz- und Steinkohlenbergbaus sowie von durch Bekalkung vorbehandelten Sumpfungswässern eine realistische Option. Einzelne Aspekte der Optimierungen sind noch im Dauerbetrieb mit technischen Elektrolysezellen zu verifizieren, um die Ergebnisse besser abzusichern und um eine verlässliche Bilanzierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchführen zu können.

3.4.7 Nutzung sulfathaltiger Tagebauwässer für die Düngung und Bewässerung in der Landwirtschaft auf Rekultivierungsböden der Lausitzer Braunkohle – Machbarkeitsstudie

Dr. Christian Hildmann, Dr. Dirk Knoche, Manja Walko, Benjamin Wegener; Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (2012)

3.4.7.1 Anlass und Zielstellung

Bereits heute sind die wasserwirtschaftlichen Spielräume im Lausitzer Braunkohlenrevier, insbesondere zur Steuerung der Abflussspende, minimal. Neben der klimatisch bedingten, deutlich negativen Wasserbilanz, verstärkt eine massive Grundwasserabsenkung durch Agrarflächen-Komplexmeliorationen und den Lausitzer Braunkohlebergbau diese Tendenz. Mit dem Wiederanstieg des Grundwassers in die durch dessen bergbaubedingte Absenkung entstandene oxidative Zone der Böden und des Grundgebirges kommt es zu hohen Stoffbelastungen in den Gewässern. Deren ökologische Auswirkungen führen dazu, dass die Anforderungen der EU-WRRL (2000), eine flächendeckende gute Wasserqualität zu gewährleisten, derzeit nicht oder nur mit enormem Aufwand erreicht werden können. Vor allem hohe Sulfatkonzentrationen belasten die allgemeine Wasserqualität. Grundgedanke der Studie ist der Sachverhalt, dass Sulfat, welches im Wasser in zu hohen Konzentrationen als Problemstoff anzusehen ist,

in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion einen essentiellen (Makro-)Nährstoff darstellt und somit ein Wertstoff ist.

In Anbetracht der seit den frühen 1900er-Jahren in der Lausitz stark rückläufigen S-Deposition von rund 80 kg/ha*a auf derzeit unter 20 kg/ha*a, gehören heute Schwefelgaben – in aller Regel mit Mehrnährstoff-Mineraldüngern appliziert – zur gängigen Düngepraxis in der Landwirtschaft. Die Dosierungsempfehlungen schwanken dabei üblicherweise zwischen 20 bis 30 kg S/ha*a. Für stark schwefelzehrende Kulturpflanzen, beispielsweise Raps, sind je nach Standortverhältnissen bis zu 50 kg S/ha*a bedarfsgerecht, in einigen Regionen werden bereits bis zu 80 kgS/ha*a gedüngt!

Hieraus könnten sich offensichtlich Synergieeffekte ergeben, einerseits ertragsbegrenzenden S-Mangelercheinungen vorzubeugen, andererseits durch die pflanzenbauliche Verwertung einen wirksamen Beitrag zur S-Retention und damit Gewässersanierung zu leisten.

3.4.7.2 Methodik

Im ersten Schritt wird im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie der sogenannte Schadstoffpfad betrachtet. Hierzu erfolgt, basierend auf Umweltverträglichkeitskriterien des vorsorgenden Gewässer- und Bodenschutzes (EU-WRRL, GrwV, TrinkwV, OgewV etc.) und anerkannten Regelwerken bzw. Qualitätsnormen („gute fachliche Praxis“) eine Prüfung der Eignung von Bergbauwässern für eine Zusatzbewässerung im Pflanzenbau. Darauffolgend werden die pflanzenbaulich sinnvollen Bewässerungs- und Schwefelmengen in Abhängigkeit der jeweiligen Kulturen und unter Berücksichtigung der spezifischen Substrateigenschaften abgeleitet.

In die Betrachtung einbezogen wurden für den sächsischen Teil des Lausitzer Braunkohlenreviers im Referenzjahr 2010

- 23 Tagebauseen im Lausitzer Urstromtal,
- die gebietsentwässernden Hauptvorfluter Spree und Schwarze Elster sowie
- das in die Vorflut eingeleitete Abwasser der Grubenwasserreinigungsanlagen (GWRA)
 - Schwarze Pumpe,
 - Kringelsdorf und
 - Tzschelln.

3.4.7.3 Ergebnisse

Im Ergebnis der Umweltverträglichkeitsprüfung erfüllen die Wässer von 11 der 23 geprüften Tagebauseen weitestgehend die gestellten Mindestanforderungen, 6 davon sind nach ihrer Umweltverträglichkeit uneingeschränkt verwertbar. Neben dem an zahlreichen Messpunkten dokumentierten Wässern der Vorfluter genügen auch 2 der 3 betrachteten GWRA den Prüfkriterien. Nach guter fachlicher Praxis betragen bedarfsgerechte Beregnungsmengen 50 bis 200 mm. Bei diesen Mengen wird derzeit angenommen, dass es zu keiner Sickerwasserbildung und demzufolge auch zu keiner Stoffverlagerung in das Grundwasser kommt. Somit stellt sich in der Region die Situation hinsichtlich der erzielbaren S-Düngewirkung wie folgt dar:

Bei Beregnungswasserentnahme aus Tagebauseen und Vorflutern sind bereits durchschnittliche Wassergaben von 50 bis 100 mm sowohl auf Kippenstandorten als auch im Tagebauumland

bedarfsdeckend. Eine düngungsrelevante zusätzliche Gabe weiterer, im Pflanzenbau ertragsbestimmender Makronährstoffe (N, P, K) erfolgt dabei kaum.

Im Gegensatz hierzu enthalten Wässer aus dem Auslauf der Grubenwasseraufbereitungsanlagen bereits bei sehr geringen Wassergaben (< 50 mm/a) die Menge des tatsächlichen Pflanzenentzuges. Aufgrund ihrer hohen Sulfatkonzentrationen wird bei praxisüblicher Bewässerungssteuerung eine S-Übersorgung eintreten.

Über die engere Fragestellung hinaus wurde die pflanzenbauliche Verwertung von schwefelhaltigen Anreicherungs- bzw. Abprodukten aus der Grubenwasserreinigung betrachtet. Dabei erscheint die elektrochemische Wasseraufbereitung im Rodosan[®]-Verfahren vielversprechend. Ein mögliches Endprodukt könnte ein mineralischer Stickstoff/Schwefel-Dünger nach DüMV (2008) sein, welcher zertifiziert werden müßte.

In der betrachteten Region werden keine Fruchtfolgen praktiziert, die in besonderem Maße Schwefel entziehen bzw. akkumulieren. Dafür müssten Kulturpflanzen angebaut werden, deren Anbau in der Lausitz nicht üblich und wirtschaftlich ist, weil die Standort- und Bodenverhältnisse dafür nicht geeignet sind.

Im Gegensatz zum Schwefel zeigen die in Zuleitern der Grubenwasseraufbereitungsanlagen sedimentierten Eisenhydroxidschlämme keine Vorteilswirkung als Dünger. Neben ihrem kaum belegbaren Nutzwert zur Bodenverbesserung bzw. Vorratsdüngung ist die Verwendung aus Sicht des vorsorgenden Boden- und Gewässerschutzes, insbesondere aufgrund der hohen Al-Gehalte, ausgesprochen problematisch.

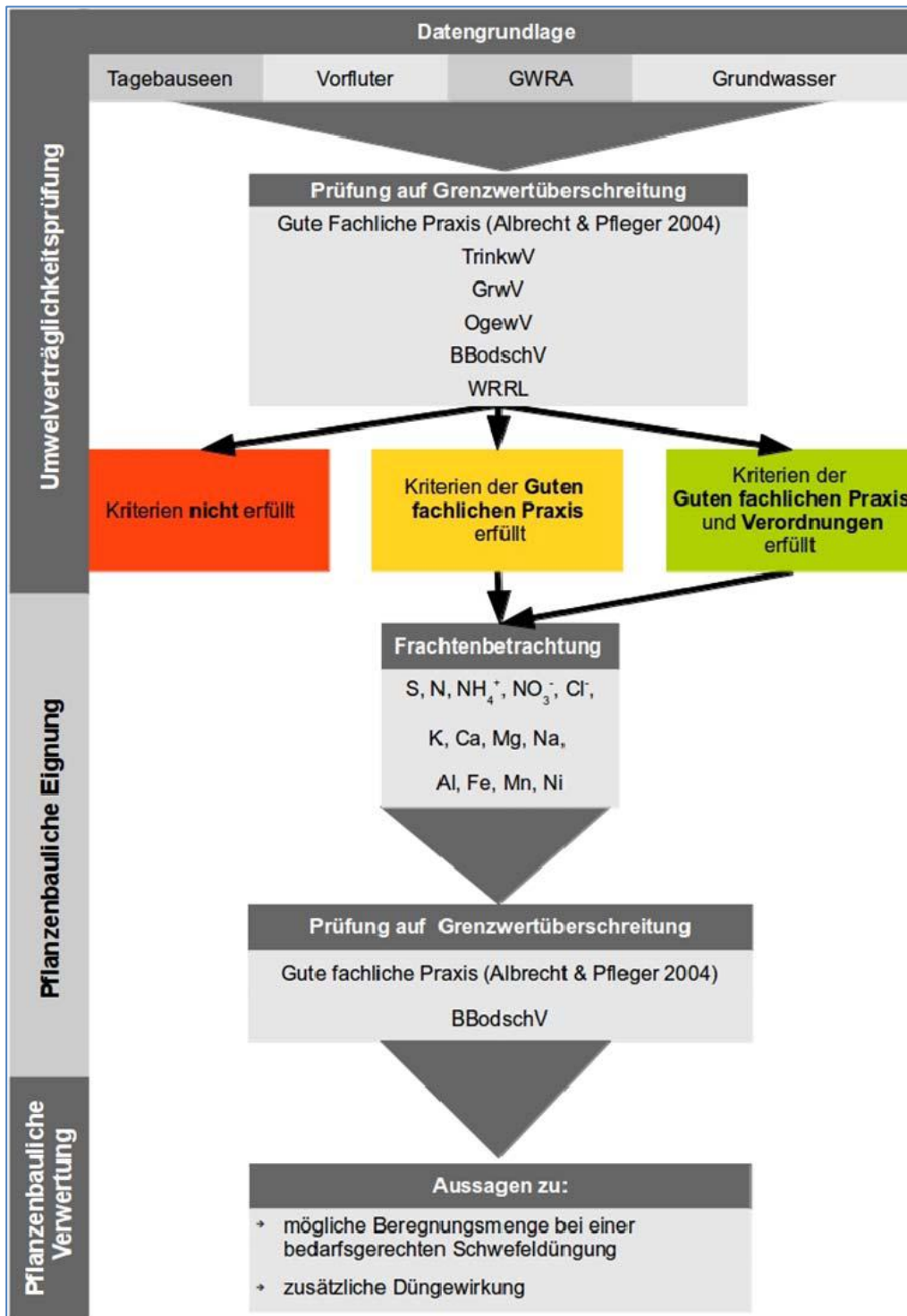


Abbildung 30: Methodische Herangehensweise zur Bewertung der Eignung von Bergbauwässern für Beregnungszwecke in der Landwirtschaft (FIB 2012)

3.4.8 Wirtschaftlicher Maßnahmevergleich verschiedener Verfahren zur Fassung, Ableitung und Reinigung von bergbaulich kontaminierten Grundwässern

Tim Aubel, Dr. Franz Glombitza, Dr. Eberhard Janneck, Martin Schaffrath; G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH (2013)

3.4.8.1 Anlass und Zielstellung

Im grenzüberschreitenden EU-Ziel 3-Projekt VODAMIN wird in deutsch-tschechischer Zusammenarbeit an der Umsetzung von Vorgaben aus der Wasserrahmenrichtlinie gearbeitet. Dabei zielt das Projekt VODAMIN insbesondere auf die Braunkohlenreviere Nordböhmens und der Lausitz und die dort aufgetretenen großflächigen und langfristigen Veränderungen von Wassermenge- und Beschaffenheit sowohl der Grund- als auch der Oberflächengewässer.

In dieser Studie geht es um die Zusammenstellung des derzeitigen Kenntnisstandes von Wissenschaft und Technik zur Fassung, Ableitung und Reinigung/Konditionierung schadstoffbelasteter Grundwässer aus Bergbaufolgegebieten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Verhinderung des diffusen Stoffeintrages infolge des Grundwasserwiederanstieges. Dabei steht die Verknüpfung von Maßnahmen zur Fassung und Reinigung für eine umweltverträgliche Ableitung insbesondere im Hinblick auf die Kosteneffizienz bzw. die Investitions- und Betriebskosten im Zentrum.

3.4.8.2 Methodik/Vorgehen

In der Studie werden die langjährigen, eigenen praktischen Erfahrungen in der Bergbauwasserbehandlung und Grundwasserfassung mit dem neuesten Stand von Wissenschaft und Forschung zusammengeführt. Dabei wird besonders auf eine möglichst realistische Einschätzung der in Braunkohlengebieten anwendbaren Verfahren Wert gelegt. Die Nachhaltigkeit der einzelnen Maßnahmen und die Verhältnismäßigkeit sowie die Ermittlung von absoluten und spezifischen Kosten der Wasserbehandlung stehen dabei besonders im Fokus.

3.4.8.3 Ergebnisse

Insgesamt werden in der Studie mehr als zehn Verfahren zur Grundwasserfassung und knapp zwanzig Verfahren zur Behandlung der gefassten Wässer vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf die Entfernung von Eisen und Sulfat Bezug genommen, aber auch andere mögliche Wasserinhaltsstoffe wie Arsen und Mangan mit betrachtet.

Neben der rein technischen Verfahrensbeschreibung und der stattfindenden chemischen und biologischen Prozesse wird auch versucht, eine Übersicht über die notwendigen Investitionskosten sowie Kosten des laufenden Betriebes zu geben. Aufgrund der hohen Variabilität in der Größenordnung der verschiedenen Anlagen, unterschiedlichen Entwicklungsstufen (Forschung, Pilot, Großtechnisch) und die teilweise speziell auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittene Anlage ist dies nur bedingt möglich.

Es ergibt sich eine große Spanne an Investitionskosten, die sich gerundet zwischen 30 und 3.000 € pro installierten Kubikmeter Behandlungskapazität in der Stunde bewegen. Auch die Betriebskosten pro Kubikmeter behandeltem Wasser variieren stark zwischen 0,01 € und 0,70 €, wobei diese Zahlen aufgrund unterschiedlicher Reinigungsleistungen und unterschiedlicher Ausgangsbedingungen nicht vergleichbar sind. Daher wurden die Betriebskosten in einem weiteren Schritt auf die Entfernung eines Kilogramms Sulfat als Referenz umgerechnet. Die Spanne ist dabei mit 0,04 €/kg als Minimalwert und 0,77 €/kg als Maximalwert ähnlich groß. Zudem können nicht mit jedem Verfahren gleiche Reinigungszielwerte erreicht werden, so dass auch dieser Kostenvergleich nur mit entsprechendem Hintergrundwissen über die einzelnen Verfahren und ihre Möglichkeiten verwendet werden sollte. Auch ist bei den unterschiedlichen Kostenangaben die

Behandlung der erzeugten festen Rückstände bzw. der Konzentrate nur teilweise mit berücksichtigt bzw. es wurden keine Angaben in den verschiedenen Verfahrensbeschreibungen dazu gemacht.

Es bleibt festzustellen, dass keine allgemeingültigen Pläne bzw. Verfahren existieren. Zwar können Einzelfälle grob in Gruppen untergliedert werden (hohe Konzentration + geringer Volumenstrom, niedrige Konzentration + hoher Volumenstrom, hohe Konzentration + hoher Volumenstrom, niedrige Konzentration + niedriger Volumenstrom), letztendlich ist aber die Zusammensetzung des bergbaubeeinflussten Wassers an jedem Standort zu unterschiedlich und auch die hydrogeologischen Voraussetzungen an den unterschiedlichen Standorten zu verschieden, als dass auf Basis dieser groben Vierteilung feste Verfahrensvorschläge für jede Gruppe erarbeitet werden können. Letztendlich läuft es für jeden möglichen Standort einer Maßnahme auf eine Einzelfallprüfung hinaus. Dabei kann auf die in dieser Studie zusammengestellten Verfahren und deren bekannte absoluten und spezifischen Kosten zurückgegriffen werden.

3.4.8.4 Ausblick und Notwendigkeiten

Bei nahezu jedem Verfahren der Wasserbehandlung fallen Konzentrate oder Schlämme an, die entsprechend weiterbehandelt und entsorgt werden müssen oder im besten Fall einer Verwertung zugeführt werden können. Weil die in der Vergangenheit praktizierten Entsorgungswege in der Zukunft immer teurer werden und davon auszugehen ist, dass die Wasserfassung und -behandlung in der Lausitz noch für viele Jahrzehnte ein Thema sein wird, sollten weitergehende Forschungen zu alternativen Entsorgungs- und Verwertungskonzepten der Konzentrate bzw. Schlämme vorangetrieben werden.

Bisherige Wasserbehandlungsverfahren im betrachteten Projektgebiet Lausitz konzentrieren sich auf die Entfernung des Eisens aus der Vorflut, um die Verockerung der Fließgewässer und des Spreewaldes zu vermeiden. Für die Entfernung des Sulfats wurde in den letzten Jahren eine Reihe von technischen Verfahren bis zum Pilotmaßstab entwickelt. Für einen großtechnischen Einsatz sind diese Verfahren jedoch nicht anwendungsreif, sowohl aus technischen als auch aus Kostengründen. Für die Minderung der Sulfatlasten in den betroffenen Vorflutern behalten daher die Strategien

- Verminderung der Quellstärke (Stoffwandlung und Festlegung im Kippenkörper bzw. im Grundwasser) und
- nutzerorientierte Steuerung der Frachten (kombinierte Mengen- und Qualitätssteuerung), um Konzentrationsspitzen abzufangen,

ihre hohe Bedeutung zur Beherrschung der Sulfatproblematik.

3.4.9 Errichtung einer Mehrfachmessstelle in der Nochtener Rinne

Yvonne Lindig, Dr. Wilfried Uhlmann; Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (2013)

3.4.9.1 Anlass und Zielstellung

In den Bergbaugebieten der Lausitz werden insbesondere im Zuge des Grundwasserwiederanstiegs in den Tagebauseen und in einigen Abschnitten der Fließgewässer Austritte von saurem und eisenhaltigem Grundwasser beobachtet. Der Zutritt des eisenhaltigen Grundwassers führt zu massiven Belastungen der Gewässer. Einen maßgebenden Einfluss auf die Eisenbelastung haben dabei die Verwitterungsprozesse bei der Absenkung und beim Wiederanstieg des Grundwassers in den an die Tagebaue angrenzenden unverritzten pleistozänen Rinnensystemen. Der Kenntnisstand über diese Prozesse und über die Hydrochemie dieser Rinnen ist derzeit vollkommen unzureichend. Beispielsweise ist nicht bekannt, ob es sich bei der erhöhten Eisenbelastung um ein oberflächennahes Phänomen der bis zu 100 Meter mächtigen Grundwas-

serleiter handelt oder ob der gesamte Grundwasserleiter davon betroffen ist. Der Aufschlussgrad der hydrogeologischen Strukturen außerhalb der Kohlefelder ist vergleichsweise gering.

Mit der Errichtung einer Grundwassergütemessstelle in Form einer Messstellengruppe soll der hydrochemische Zustand des pleistozänen Grundwasserleiters beispielhaft in der Nochtener Rinne vertikal erkundet und in seinem zeitlichen Verhalten langfristig beobachtet werden. Folgende fachliche Zielstellungen werden verfolgt:

1. Aussagen zum geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Aufbau der quartären Nochtener Rinne im Umfeld der tertiären Braunkohlenlagerstätte Nochten im Niederlausitzer Revier (Erfassung der aktuellen Situation)
2. Untersuchung der hydrochemischen Entwicklung der einzelnen Grundwasserleiter während der Absenkung des Grundwasserspiegels und der dadurch bedingten Belüftung des Gebirges (Erfassung der aktuellen Situation sowie zeitnahe Problemstellungen)
3. Untersuchung der hydrochemischen Entwicklung der einzelnen Grundwasserleiter während des Wiederanstieges des Grundwasserspiegels (Erfassung mittel- bis langfristiger Problemstellungen)
4. Beobachtung der hydraulischen und hydrochemischen Wechselwirkungen des entstehenden Bergbaufolgesees „Hermannsdorfer See“ mit den Grundwasserleitern der quartären Rinne (zeitnahe sowie mittel- bis langfristige Untersuchungen)
5. Überwachung der Auswirkungen der geplanten Infiltration sulfathaltiger Bergbauwässer auf den Grundwasserzustand in der quartären Rinne (zeitnahe Untersuchung im Zusammenhang mit der Stufe 1 eines geplanten Pilotversuchs zur Verringerung der Sulfatbelastung in den Fließgewässern der Region)
6. Untersuchungen zur natürlichen und ggf. stimulierten Sulfatreduktion (Stufe 2 eines geplanten Pilotversuches)

Aufgrund der Dauer und Trägheit der interessierenden Prozesse sind die fachlichen Fragestellungen langfristig orientiert. Eine langfristige Beobachtung der Beschaffenheitsverhältnisse über wenigstens 30 Jahre ist somit unumgänglich. Nach einer umfassenden Aufnahme des Systemzustandes während und unmittelbar nach der Errichtung der Messstelle sind in Abständen von 0,5 bis 2 Jahren regelmäßig Mess- und Probenahmekampagnen geplant. Daher muss sich die Messstelle durch besondere technische Qualitätsmerkmale auszeichnen.

Anforderungen an die Messstelle sind insbesondere:

- Langlebigkeit der Messstelle (mindestens 30 Jahre)
- Einfachheit und Robustheit der Messstelle in Bezug auf Wartung und Betrieb
- Einfachheit und Robustheit der Probenahmetechnik
- Eignung für saure und stark eisenhaltige Wässer
- Eignung für stark schwankende Grundwasserstände
- Gewährleistung der Repräsentanz der Grundwasserprobennahme

3.4.9.2 Umsetzung

In der Nochtener Rinne wurde eine Messstellengruppe, bestehend aus fünf Grundwasserbeobachtungsrohren, errichtet. Die Errichtung und der Ausbau erfolgten zwischen dem 09.04.2013 und dem 07.06.2013. Alle Bohrungen wurden im Trockenbohrverfahren durchgeführt.



**Abbildung 31: VODAMIN-Messstellengruppe in der Nochtener Rinne, Oktober 2013
(Foto: Arnswald; LfULG 2013)**

Als geologisches Erkundungsziel der Bohrungen wurden die im Liegenden der Quartärbasis befindlichen Rudimente des 2. Lausitzer Kohleflözes bzw. der Liegendenschluff festgelegt. Unter den gegebenen geologischen Bedingungen war eine Bohrung über eine Gesamtteufe von etwa 100 Meter als Pilotbohrung niederzubringen, die Staffelung der übrigen Bohrungen nach Teufenlage der Messniveaus erfolgte in etwa 10 Meter Abstand und wurde während der Bohrarbeiten vom Planverfasser anhand des geologischen Bohrprofils der Pilotbohrung präzisiert.

Im Zuge der Bohrarbeiten waren die geologischen, geohydraulischen und hydrochemischen Eigenschaften der anstehenden Schichtenfolge teufenorientiert zu erkunden. Dazu wurden durchgehend ungestörte Bohrkern mit mind. DN 100 in Meterstücken in PVC-Linern gewonnen.



**Abbildung 32: Ausbau der zur Stabilisierung des Bohrloches eingebauten Verrohrung, Mai 2013
(Foto: Lindig; IWB 2013)**

Tabelle 3: Bohrtechnische Daten

Bohrung	Bohrbezeichnung nach VEM	Pegel-Nr. VEM	Endteufe in m unter BOK	Bohrzeitraum		Bohrlänge in m unter BOK		Bohrverfahren	Bohrwerkzeug	Bohrdurchmesser in mm
				von	bis	von	bis			
B 1/13	14255	8326	100,0	09.04.2013	08.05.2013	0,0	2,0	BuP	Spaten	
						2,0	31,0	BK	Rammkernrohr	420
						31,0	76,0	BK	Rammkernrohr	368
						76,0	90,0	BK	Rammkernrohr	324
						90,0	100,0	BK	Rammkernrohr	273
B 2/13	14255H	8327	73,0	13.05.2013	16.05.2013	0,0	15,0	BP	Spirale	420
						15,0	33,0	BP	Spirale	368
						33,0	48,0	BP	Ventilbohrer	368
						48,0	73,0	BP	Ventilbohrer	324
B 3/13	14255I	8328	58,0	22.05.2013	24.05.2013	0,0	30,0	BP	Spirale	368
						30,0	35,0	BP	Spirale	324
						35,0	58,0	BP	Ventilbohrer	324
B 4/13	14255J	8329	49,0	25.05.2013	31.05.2013	0,0	16,0	BP	Spirale	368
						16,0	49,0	BP	Spirale, Ventilbohrer	324
B 5/13	14255K	8330	40,0	04.06.2013	05.06.2013	0,0	32,5	BP	Spirale	324
						32,5	40,0	BP	Ventilbohrer	324

Unmittelbar nach Fertigstellung der Bohrungen wurden mittels Kurzpumpversuchen die geohydraulischen Verhältnisse in den verfilterten Messebenen untersucht, sowie repräsentative Grundwasserproben entnommen und analysiert.

Die Untersuchungen im Rahmen der Ausbauprüfung haben gezeigt, dass die Bohrarbeiten an der Mehrfachmessstelle im Wesentlichen entsprechend des Ausbauplans der Bauleitung durchgeführt wurden. Die Mehrfachmessstelle ist in allen Filterabschnitten hydraulisch gut an die umgebenden Grundwasserleiter angeschlossen. Auf Grund der Bauweise der Mehrfachmessstelle in Form von fünf Einzelmessstellen und der durchgehenden Abdichtung im Bereich des Vollrohres kann davon ausgegangen werden, dass die einzelnen Filterbereiche ohne gegenseitige Beeinflussung beprobt und untersucht werden können.

3.4.10 Hydrochemisches Monitoring der durch Bergbau und Bergbaukippen beeinflussten Wasserqualität im Kreis Ústí

Ing. Josef Drahoukoupil, Mgr. Zdeněk Šíma, Ing. Mgr. Bohumír Šraut; Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s.r.o. (2014)

Das nordböhmische Becken ist durch den Braunkohlenabbau sehr geprägt worden. Die hydrochemische Situation der Seen der ehemaligen Braunkohlenabbaugebiete wird hier verglichen.

Im Gebiet der Seen „ČSM I“ und „Dukla“, die in der Nähe von Teplitz liegen, wurden relative hohe Unterschiede in den hydrochemischen Bedingungen festgestellt. Die Seen „ČSM“ und „Dukla II“ sind Ca-Mg-Gewässertypen, wogegen der „Dukla I“-See ein Mg-Ca-Typ ist. See „Dukla I“ unterscheidet sich von den anderen beiden auch durch niedrigere pH-Werte und höheren Gehalten an Fe, As und den Schwermetallen Pb, Cr und Ni.

Am See „Dukla II“ weisen Probenahmen am Zu- und Abfluss auf natürliche Selbstreinigungsprozesse (Sorptions, Fällung, Denitrifikation, biologischer Stoffabbau) hin, die die Gesamtmineralisation, die Ge-

samtphosphor-, die Stickstoff- und die Metallkonzentration sowie die Konzentration an biologisch abbaubaren organischen Stoffen verringern.

Im Ortsteil Pozorka der Stadt Dubí bestimmt der Zufluss des Sees „ČSM I“ wesentlich dessen Hydrochemie. Die Kontamination mit AOX-Stoffen und eine geringe bakterielle Kontamination deuteten auf einen Abwassereintrag aus Gemeinde Pozorka hin; die höhere Mineralisation stammte jedoch vom Grundwassereintrag. Die am stärksten kontaminierte Probe des Oberflächenwassermonitorings wurde am „Dukla I“-See genommen, dort wurden in erster Linie die Umweltqualitätsnormen (nach NV.23/2011 SG) für die Konzentrationen an Fe, Mn, Ca, Ni, N, Sulfat, der AOX-Stoffe sowie für organische Stoffe (CSB, BSB) überschritten. Grund für die hohen Metall- und Sulfatgehalte ist wahrscheinlich die Interaktion des Wassers mit dem Boden des Braunkohlenabbaugebietes.

In den Seen „Modlany“ und „Kateřina“, die über den „Modlanský potok“ miteinander verbunden sind, wurden während des Monitorings kontinuierlich erhöhte Konzentrationen organischer Stoffe (untersuchte Parameter: CSB und BSB), des Gesamtphosphors, des Ammoniumstickstoffs und Ca gemessen, deren Umweltqualitätsnormen nach NV.23/2011 SG sogar überschritten wurden. Im „Modlany“ wurde ein höherer pH-Wert (bezogen auf die UQN) gemessen. Grund dafür ist eine intensive photosynthetische Kohlendioxidassimilation. Im See „Kateřina“ fanden sich dafür hohe Konzentrationen an Mn und AOX-Stoffen. In beiden Seen wurden Selbstreinigungsprozesse nachgewiesen, die zur Verminderung der Konzentrationen an N (Nitrifikation, Denitrifikation), Schwermetallen (Sorptions, Fällung) und biologisch abbaubar organischer Stoffe führen. Weiterhin lässt sich feststellen, dass der See „Modlany“ in geringem Maß mit Abfallwasser kontaminiert ist und der See „Kateřina“ hydrochemisch mehr durch den Zufluss des „Zalužanský“ Bachs als durch Zufluss des See „Modlany“ beeinflusst ist.

In Duchcov wurden im „Loučenský“ Bach an den Probenahmestellen vor und nach dem Ort erhöhte Werte des CSB und BSB sowie an Ammoniumstickstoff, Ca und AOX Stoffe gemessen. Unterhalb von Duchcov stiegen die Konzentrationen von Nitrat und Gesamt-P an und die bakterielle Kontamination war erhöht. Verursacht wurde diese Erhöhung durch Abwassereinleitung. Eine industrielle Kontamination des „Loučenský“-Baches konnte anhand der Ergebnisse (Sinken des chemischen Sauerstoffbedarfs, Konzentration von Metallen und AOX-Stoffen) nicht nachgewiesen werden.

3.4.11 Problematik der Grubenwässer im nordböhmisches Braunkohlenbecken (SHP)

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (2013)

3.4.11.1 Auswertung des Grubenwassermonitorings im Nordböhmisches Braunkohlenbecken

Ing. Josef Halíř, Ph.D., Míla Pletichová, Ing. Lukáš Žižka (2013a)

Nach ausführlichen Recherchen in historischen Quellen und der gründlichen Analyse der vorliegenden Untersuchungen aus dem Bereich Bergbau, Geologie, Ingenieurgeologie und Hydrologie wurden alle acht Gebiete des Nordböhmisches Braunkohlenbeckens in Verbindung mit der Existenz von Systemen der bergbaubeeinflussten Wässer bewertet, die nach der Stilllegung des untertägigen Braunkohlenbergbaus entstanden sind.

Für die Bildung der Datenbank und anschließende Zusammenstellung der Grubenkarten und der Lage des Systems der bergbaubeeinflussten Wässer in den definierten Gebieten (Gebiete 1 bis 8) wurden folgende Kartenunterlagen genutzt:

- Sammlung der zweckmäßigen grubenhydrogeologischen Karten des nordböhmischen Braunkohlereviere (SHR) im Maßstab 1 : 5.000, die von Báňské projekty Teplice im Zeitraum 1992 bis 1998 erarbeitet wurden.
- Ältere Kartensammlungen im Maßstab 1 : 5.000, die ebenfalls von Báňské projekty Teplice in den 1980er- bis 1990er-Jahren erarbeitet wurden. Diese Sammlungen wurden für Randteile des Beckens genutzt, die von den Karten aus den Jahren 1992 bis 1998 nicht abgedeckt wurden oder wenn unterschiedliche bzw. wichtige Tatsachen im Verhältnis zu dem Kohleflöz festzustellen waren.

Der nächste Teil der Fachstudie beschäftigt sich mit dem heutigen Zustand der Messstellen in Bezug auf die Dokumentation der Wasserspiegel der Altermann¹-Wässer. Es wurde für die einzelnen Messstellen eine Datenbank und Fotodokumentation erstellt. In dem gesamten Untersuchungsgebiet stehen gegenwärtig 21 Messstellen. In Anknüpfung an diese Teilbearbeitung wurde eine Kartenanlage der übersichtlichen Situation des gegenwärtigen Überwachungssystems erstellt.

Ein sehr umfangreiches Kapitel der Studie ist das System der bergbaubeeinflussten Wässer (Altermannsystem) und die Strömung dieser Wässer. Das Kapitel stellt eine sehr ausführliche Analyse einzelner Altermannsysteme der ehemaligen untertägigen Braunkohlengruben dar, die auch die Grubenwasserhebung, die hydrogeologischen Verhältnisse der Grube nach der Stilllegung der Kohleförderung und das Monitoring des Wasserspiegels im Altermannsystem bewertet. Insgesamt wurde das System der bergbaubeeinflussten Wässer bei 38 bedeutenden Bergbaubetrieben analysiert. Aufgrund dieser Analyse wurden Kartenbeilagen zur Bergbausituation erstellt und der vorausgesetzte gegenwärtige Umfang der gefluteten Gebiete der bergbaubeeinflussten Wässer bearbeitet.

Die bergbaubeeinflussten Wässer im gesamten Moster Becken (nordböhmisches Braunkohlenbecken) haben keine durchgängige hydraulische Verbindung. Gründe dafür sind die komplizierten geologischen und tektonischen Verhältnisse sowie der Abbau des Braunkohlenflözes von einzelnen Tiefgruben. Für die Auswertung des gegenwärtigen Zustandes von Altermannwasserkörpern in den definierten Gebieten muss man auch an die dominanten Einflussfaktoren denken. Im westlichen (Komotauer) Teil geht es um den Braunkohletagebau „Libouš“ mit vorgesehener Laufzeit bis ins Jahr 2035. Im zentralen (Moster) Teil dominieren folgende Einflussfaktoren:

- die Geologie des Gebiets
- der Braunkohletagebau „Vršany“ mit vorgesehener Laufzeit bis 2050
- der Braunkohletagebau „Tschechoslowakische Armee“ mit geplanter Laufzeit bis 2022 (bei Beendigung der Gültigkeit der Gebietsgrenzen nach dem Gesetz 444/91 Sb. mit einer Laufzeit bis 2064)
- der Braunkohletagebau „Bílina“ mit vorgesehener Laufzeit bis 2030 (bei Beendigung der Gültigkeit der Gebietsgrenzen mit Laufzeit bis 2052)
- die Grubenwasserhebung aus der Tiefgrube „Centrum“ mit geplanter Laufzeit bis 2015

¹ Altermann = durch Bergbau verursachte Hohlräume

- das Abpumpen der bergbaubeeinflussten Wässer aus dem Schacht „MR1“ der ehemaligen Tiefgrube „Kohinoor II, verbunden mit geplanter Laufzeit des Tagebaus „Bílina“

Im östlichen (Teplitzer-Aussiger) Teil geht es um das Abpumpen der bergbaubeeinflussten Wässer aus dem Schacht „Kateřina“ und auch aus dem Schacht „Franz Josef“. Die festgestellten und prognostizierten Ergebnisse bezüglich der Strömung der Altermannwässer in einzelne definierte Gebiete sind in der Studie eingehend bearbeitet worden. Darauf basierend wurde eine Ergänzung des Monitoringsystems der bergbaubeeinflussten Wässer vorgeschlagen. Dieses System sollte zukünftig um mindestens 24 neue Messstellen erweitert werden.

Die Entwicklung der Strömung von bergbaubeeinflussten Wässern nach der Stilllegung sämtlicher (Altermann)-Grubenwasserhebungsanlagen lässt sich nur sehr grob abschätzen.

Die Situation im westlichen (Komotauer) Teil des Beckens ist die eindeutigste. In diesem Interessengebiet liegen keine Pumpstellen für eine Senkung des Wasserspiegels im Altermannsystem, deshalb ist eine Auswertung der vorausgesetzten Entwicklung des Altermannwasserkörpers nach der Stilllegung der Wasserhebung gegenstandslos. Zurzeit wird das Altermannwasser aus der Grube „Václav“ vom Tagebau „Libouš“ drainiert. Nach der Beendigung der Bergbautätigkeit im Tagebau „Libouš“ wird das Restloch als Durchflussee rekultiviert (Kote des Wasserspiegels +275,2 m Seehöhe). Das Restloch wird gegen den Zufluss der bergbaubeeinflussten Wässer der ehemaligen Gruben „Václav“ und Jan „Žižka“ abgedichtet und damit wird das gesamte System der bergbaubeeinflussten Wässer durch das Oberflächenwasser nicht beeinflusst.

Die Situation im zentralen (Moster-Biliner) Teil des Beckens ist sehr kompliziert. Nach der Stilllegung des Abbaus auf dem Tagebau „Bílina“ und damit auch nach der Beendigung der Altermannwasserhebung aus dem Schacht „MR1“ und dem Schacht „Emeran“, lässt sich nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand die weitere Entwicklung des Verhaltens des Altermannwasserkörpers nicht genau prognostizieren. Man kann nur vermuten, dass nach dem Ausgleich der hydrodynamischen Verhältnisse im Altermannsystem, die durch Einstellung der Wasserhebung aus dem Schacht „MR1“ und dem Schacht „Emeran“ verursacht werden, unter bestimmten Bedingungen und Voraussetzungen das Altermannwasser über Tage austreten könnte. In der Endphase würde das Wasser des Altermannwasserkörpers entweder in die anthropogenen geschaffenen Gruben fließen oder in die Erosionsbasis der Landschaft. Die Erosionsbasis der Landschaft ist zurzeit, aber nicht zwingender Weise auch zukünftig, die Mündung des künstlichen Betts des Flusses „Bílina“. Diese liegt im Moster Kessel und weiter in östlicher Richtung nach Souš vor dem Moster Korridor. Hier hat der Fluss „Bílina“ sein Flussbett an der Kote +225 m Seehöhe. Es handelt sich um das Gelände in nördlicher und östlicher Richtung des Wasserbeckens „Matylda“ (ehemaliger Tagebau „Vrbenský“, Altermannsystem „Vrbenský“ und „Anna“) und weiter um das Gelände westlich der „Kopisty“ Kippe (Altermannsystem „Saxonia“) sowie um den Bereich des Schlammbeckens „Saxonia“ (Altermannsystem Washington). Dieses Gebiet ist als potenzielle Stelle für eine aktive Flutung der Grundwässer vom Altermannwasserkörper auf das Terrain geeignet. Die Überflutungsstellen können auch dem niedrigsten Niveau der Ausbisse des Kohleflözes am Südrand des Beckens bei Dux (Kote +220 m Seehöhe) entsprechen. Voraussichtlich würde es sich um das Gebiet im Bereich der Störung des Überschwemmungsgebietes (Verbindung der Altermannwasserbecken „Kohinoor-Alexander“ und „Nelson-Háj“) handeln.

Im östlichen (Teplitzer-Aussiger) Teil des Beckens befinden sich auf dem Interessengebiet zwei Entwässerungszentren für Altermannwässer: der Schacht „Kateřina“ und der Schacht „Franz Josef“. Grund für die Wasserhebung im Schacht „Franz Josef“ ist die dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels in den

Quartärkiesen. Damit werden die unerwünschten Zuflüsse der Grundwässer in den Untergrund des Heizwerkes „Trmice“ (Baggerstation, TTRI-TG6, unterirdischer Kollektor) und der Gogolova-Straße (Nr. 22) am linken Ufer der Bílina verhindert. Durch die Wasserhebung im Schacht Kateřina ist der Zustand des Wasserzuflusses des Altermannsystems praktisch im gesamten östlichen (Teplitzer-Aussiger) Teil (Gebiet Chabařovice) reguliert. Hinsichtlich der hydraulischen Verknüpfung des Schachtes Kateřina mit der Überlaufbohrung V9 lassen sich unkontrollierte Zuflüsse der Altermannwässer in die Sohle des „Chabařovice“-Sees operativ eliminieren. Mit einer entsprechenden Technik der Wasserhebung am Schacht „Kateřina“ lässt sich der Zufluss der Altermannwässer in den See in Zusammenhang mit den Anforderungen an die Wasserqualität des Sees einschränken oder ganz einstellen. Im Falle der Stilllegung der Pumpen des Schachtes „Kateřina“ und des Schachtes „Franz Josef“ würde praktisch der ganze Süd- und Ostrand des Braunkohlenflözes im Interessengebiet zum Einzugsgebiet der Altermannwässer liegen.

3.4.11.2 Beurteilung des Ausmaßes der Schäden an den Quellschächten der Therme von Teplice

Ing. Josef Halíř, Ph.D., Ing. Svatopluk Havlík, Ing. Petr Stanislav (2013)

Ein Bestandteil der Arbeiten war die Erstellung eines bergbaulichen Gutachtens zu der definitiven Sanierung des Auffangschachtes der Urquelletherme, welches Meinungen und Feststellungen historischer Ereignisse beachtet. Im Anschluss an dieses Gutachten wurde die Projektdokumentation „Teplice (Teplitz) – definitive Sanierung der Urquelle“ erarbeitet.

Ein Bestandteil der Arbeiten war ferner die Erstellung des bergbaulichen Gutachtens zu der endgültigen Sanierung des „Feuchten Pfeilers“ in der ehemaligen Grube „Gisela“, wo der Einbruch der Rhyolithwässer vor dem Jahr 1879 verzeichnet wurde. Im Anschluss an dieses Gutachten wurde die Projektdokumentation „Definitive Sanierung des ‚Feuchten Pfeilers‘ der ehemaligen Grube ‚Gisela‘“ bearbeitet. Die ganze Fachstudie ist ein Sammelwerk, das sich mit den Teplitzer Thermen aus der Sicht der historischen Entwicklung und aus der Sicht des gegenwärtigen Zustandes in Zusammenhang mit notwendigen künftigen Maßnahmen befasst.

Die Schlussfolgerungen der Fachstudie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die im Zeitraum 1972 bis 1982 durchgeführte definitive Sanierung der Einbruchstellen, der Ausbau einer neuen Kontrollstelle an der Riesenquelle und Urquelle mit optimaler technischer Ausstattung und das Beachten der festgestellten und empfohlenen hydrogeologischen Verbindungen zu der Teplitzer Therme, die seit 1879 umgesetzt waren, haben optimale Bedingungen für Stabilisierung der Therme gebildet, deren Voraussetzung die Einhaltung der Höhe des Rhyolithwasserspiegels an der Riesenquelle und Urquelle ist. An dieser Stelle ist zu erinnern, dass die Abbautätigkeit in unmittelbarer Umgebung der Urquelle das Niveau des ursprünglichen Quellaustritts senkte und die Wiederherstellung des natürlichen Quellaustritts verhinderte.
- Die auf bergbauliche Weise durchgeführten Untersuchungsarbeiten in der Urquelle, die Analyse der Archivunterlagen, die bereits zu der damaligen Zeit ausgesprochenen Zweifel an der Herkunft des Wassers aus dem unteren Querschlag beschrieben und die chemische Wasseranalyse bewiesen das Auffinden eines abweichenden Wassertyps. Damit bestätigte sich die Notwendigkeit, die Sanierung der Urquelle als ein einziges Stabilisierungselement der Therme zu Ende zu bringen.
- Die für die Stabilisierung der Therme in Teplitz geplanten Projekte wurden umgesetzt und haben dabei den damaligen Kenntnissen entsprochen. Eine Umsetzung des Projektes hatte die Zerstörung der Therme (nach dem Jahr 1982) zur Folge, trotzdem wird heute das Maximum der Stabilisierung erzielt, weil drei Hauptgrundsätze beachtet wurden. Der erste Grundsatz bedeutet maximale Annäherung der Was-

serspiegel von Urquelle und Riesenquelle. Der zweite Grundsatz bedeutet, dass das Thermalwasser abhängig von seiner Ergiebigkeit mittels Tauchpumpe geschöpft wird. Der dritte Grundsatz ist die teilweise Abtrennung der kalten Wässer vom unteren Querschlag.

- Der Abbau in unmittelbarer Nähe der Urquelle wurde bisher verhindert, um den natürlichen Überlauf der Urquelletherme zu erzielen.
- Die begonnenen Sanierungsmaßnahmen
 - sog. definitive Sanierung der Einbruchstellen in den Gruben „Döllinger“, „Viktorin“ und „Gisela“
 - Verlegung der Pumpstation auf die Riesenquelle, also außerhalb des Braunkohlenflözes
 - Einbau der Tauchpumpe in die Wasseraustrittspalte der Urquelle
 - Einbau der Tauchpumpen in die Riesenquelle, um den Anstieg des Spiegels im Rhyolithwasserkörper als Ausgleich zur Urquelle zu ermöglichen
 - probeweise Abtrennung des kalten Wassers aus dem unteren Querschlag der Wasseraustrittspalte durch Einbetonierung des unteren Teils des Urquelle-Schachtes

haben die richtige Richtung bezüglich der Sanierungsarbeiten nachgewiesen. Die Realisierung dieser Arbeiten nebst der durchgeführten endgültigen Sanierung der Einbruchstellen dauert ca. 13 Jahre und es handelt sich zweifellos um die geeignete Lösung, die mit der Vollendung der Sanierung der Urquelle am Quelloch, das sich 193 m über dem Meeresspiegel befindet, zu Ende gebracht sein wird.

- Nach der erfolgreich umgesetzten Sanierung der Einbruchstellen und dem Umbau der Pumpstationen ist der einzige Weg für die Stabilisierung der Therme der Wasserspiegelausgleich. Innerhalb von 130 Jahren, nach dem Verlust des natürlichen Überlaufes der Urquelle und der Riesenquelle, kam es zu weiteren negativen Eingriffen (Abriss des jüdischen Stadtviertels – es ist bekannt, dass die Therme in die Keller dieser Häuser sprudelte –; Bau von neuzeitlichen Bauwerken unter die Kote +221,70 m ü. NN in der inneren Heilwasserschutzzone; Anstieg des Rhyolithwassers im eingestellten Quarzitbruch in Lahošť [Kote ca. +208 m ü. NN]; ohne entsprechenden Schutz dieser Wasserfläche und des Geländes können die Urquelle und die neuzeitlichen Gebäude in Teplitz gefährdet sein).
- Die Autoren empfehlen die Sanierung des „Feuchten Pfeilers“ in der ehemaligen Grube „Gisela“, wie in der Projektdokumentation vorgeschlagen, durchzuführen.
- Weiterhin wird empfohlen, die Sanierung der Urquelle, wie in der Projektdokumentation angegeben, durchzuführen, diese aber muss noch ergänzt werden, um Bedingungen für die Nutzung der Urquelle als Kurquelle zu berücksichtigen.
- Die Therme wird in absehbarer Zeit nicht natürlich austreten. Trotzdem stabilisierte der im Jahr 2004 begonnene Prozess des Wasserspiegelausgleichs die Temperatur der Therme relativ schnell und bestätigte diesen Trend als einzige Richtung zur Verbesserung. Gleichzeitig zeigte sich, dass kleine Abweichungen im ausgeglichenen Zustand der Spiegel nicht von Bedeutung sind.
- Was das Monitoring der Kurquelle/Urquelle angeht, ist festzustellen, dass dessen Entwicklung seit dem Jahr 2000 nicht nur ermöglichte, die dynamischen Änderungen des Regimes der Quelle wesentlich besser zu begreifen, sondern auch die bisher erzeugten Impulse für weitere positive Schritte zu nutzen und die Aufrechterhaltung und optimale Nutzung der Quelle sicherzustellen.
- Der Umfang der festgesetzten Schutzzone zu dem Braunkohlentagebau Bílina ist zu überprüfen, weil 2013 diese Schutzzone überbaggert wurde, jedoch ohne große negative Auswirkung auf die Teplitzer Therme.

- Die festgesetzten Schutzzonen in Flächen der definitiven Sanierung der Einbruchstellen sind zu verschärfen, und zwar durch Verkündung einer Abbausperre.
- Die Autoren schlagen vor, die neu geschaffene Wasserfläche im ehemaligen Quarzitbruch in Lahošť, der bis 1991 betrieben wurde, in die erste Schutzzone einzuordnen.

3.4.11.3 Hydrologische Studie des ČSM-Sees, Katastralgebiet Dubí Pozorka, Nr. hydrogeol. Reihenfolge 1-14-01-076/0, einschl. Beurteilung der Verbindungsmöglichkeiten mit anderen Wasserkörpern mit dem Ziel, die Spiegelhöhe zu stabilisieren

Ing. Josef Halíř, Ph.D., Ing. Svatopluk Havrлік, RNDr. Lumír Hořčíčka (2013)

Nach einer ausführlichen Recherche in historischen Quellen und nach der gründlichen Analyse der vorliegenden Untersuchungen aus dem Bereich Bergbau, Geologie, Ingenieurgeologie, Hydrologie, Hydrogeologie und Hydrochemie wurde das ganze Interessengebiet bergbaulich und hydrogeologisch begutachtet.

Die Schlussfolgerungen des bergbaulichen Gutachtens zu dem Umfang des untertägigen Abbaus in der Umgebung des ČSM-Sees auf dem Katastralgebiet Mstíšov und Pozorka im Kreis Teplice v Čechách lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Die Wasserfläche des „ČSM“ befindet sich an den Stellen, wo um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert intensiver untertägiger Abbau des 10 m mächtigen Braunkohlenflözes erfolgte. An der Gewinnung beteiligten sich die Tiefgruben „Einigkeit“, „Liebig“ und „Herbert“ und anschließend die Tagebaubetriebe ČSM und Liebig, die Bestandteil des Bergwerkes Dukla, n. p. (früher Karel) waren.
- Infolge der tektonischen Verwerfung Pozorka, die das Braunkohlenflöz um ca. 13 m in Richtung Norden verwirft, und der eingesetzten Schaufelbagger entstand so eine natürliche Grenze zwischen den Abbau-lokalitäten, die auch die hydrogeologische Grenze bildeten.
- In der unteren Erdscholle sind Altmänner und an der Kote +224 m ü. NN verlassene und in südliche Richtung abfallende Stollen geblieben. Diese ermöglichen eine Wasserverbindung vom Becken in südliche Richtung in das Gebiet der ehemaligen Tiefgruben „Jaroslav“ und „Kateřina“ in Modlany.
- Das Wasserbecken hat keinen natürlichen Abfluss an der Oberfläche in südliche Richtung über die Kote ca. +260 m ü. NN im Gebiet der Ortschaft Dukla. Die einzige Erklärung zum gegenwärtigen Wasserspiegel ist daher die nicht vollkommen abgedichtete östliche Kante des Kohleschnittes, über die das Wasser aus dem „ČSM“-Becken durch Altmänner in östliche Richtung durchsickert.
- Eine ähnliche Situation ergibt sich im Wasserbecken Liebig, wo das Wasser über überlagernde tertiäre Sande in östliche Richtung in die ehemaligen Tiefgruben „Jaroslav“ und „Kateřina“ in Modlany abfließt.
- Im südöstlichen Teil des Restloches steht die Pumpstation für Wasser aus dem „ČSM“-Becken. Die Schwankungen des Wasserspiegels können auch von der Menge des gepumpten Wassers beeinflusst werden.
- Lösung für die Stabilisierung des Wasserspiegels ist die Abdichtung des südöstlichen Teils des Kohleschnittes in einer Länge von max. 500 m mit tonartigem Material, ohne den Boden zu verdichten (Schüttung unter den Wasserspiegel).
- Bedingung für diese Lösung ist die Nivellierung des Wasserspiegels und die Einrichtung einer möglichen Stelle des Wasseraustritts, was für die Stabilisierung des Wasserbeckens entscheidend ist.

- Auf jeden Fall ist die Bestimmung des Wasserspiegels des „ČSM“-Sees für das Resultat maßgebend.

Die Schlussfolgerungen des hydrogeologischen Gutachtens lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen:

- Der „ČSM“-See ist ein nicht vollständig aufgeschüttetes Restloch des ehemaligen Tagebaus ČSM (Bergwerk Dukla), in dem nach der Bergbaustilllegung Retention stattgefunden hat.
- Der Spiegel des „ČSM“-Sees ist aufrechtzuhalten, falls das Wasser nicht durch Verdunstung der freien Wasseroberfläche oder unterirdische Versickerung durch nicht ausreichend dichte Isolationsverfüllung (spontane Rutschungen des schotterartigen und tonartigen Abraums) des Kohleschnittes im Bruchfeld der Tiefgruben „Liebig“ und „Franz Josef“ in östlicher Richtung unter der Wohnbebauung Pozorka, der Verwerfung Pozorka-Novosedlice verloren geht.
- Aus verfügbaren Daten und Geländeerkundungen am Standort geht hervor, dass der ČSM-See keinen oberflächigen oder anders geregelten Wasserabfluss hat. Nur im südöstlichen Teil des Sees ist eine Pumpstation ausgebaut, die als Reservequelle des Löschwassers dient. Es geht um keine Abnahme des Oberflächenwassers für Produktion, sodass die Spiegelsenkung nicht beeinflusst werden kann.
- Bei einem jährlichen Niederschlagsgesamtbetrag, den die Niederschlagsmessstation Teplice-Trnovany (+228 m ü. NN) in Höhe von 511 mm verzeichnet hat, liegt die Wassermengenbilanz des Einzugsgebietes bei ca. 24 l s^{-1} . Dieser Wert wird um 70 % durch Transpiration und durch den Waldbewuchs (Evapotranspiration) auf $7,2 \text{ l s}^{-1}$ gemindert.
- Der Mittelwert der Verdunstung des freien Wasserspiegels beträgt 73 m^3 auf einer Fläche von 100 m^2 pro Jahr. Das entspricht der Spiegelsenkung um ca. 2 mm pro Tag, wenn das Becken ohne Zufluss ist.
- Die Fläche des Bilanz-Einzugsgebietes, das durch das Kohleflöz mit einem Überlauf in den ČSM-See entwässert, entspricht ca. 2 km^2 mit unterirdischem Abfluss in Höhe von $0,5 \text{ l s}^{-1}/\text{km}^2$, der aus der Karte des unterirdischen Abflusses ČSSR (KRÁSNÝ 1981) übernommen ist. Aus der Berechnung geht hervor, dass durch unterirdisches Wasser (aus dem Flözwasser) ca. 1 l s^{-1} in den ČSM-See zufließen.
- Die tatsächlichen durchschnittlichen Zuflüsse in den See schätzen die Autoren eher niedrig in der Spanne von 5 bis 10 l s^{-1} ein.
- Nach der fachlichen Einschätzung, die auf dem Studieren des erreichbaren Materials und auf Ergebnissen der Wasserbilanz des Sees ČSM basiert, geben die Autoren den durchschnittlichen Wasserzufluss in den ČSM-See in einer Spanne von 5 bis zu max. 10 l s^{-1} an, davon fließt der wesentliche Teil mittels unterirdischer Infiltration in das Kohleflöz. Das Maximum der Wasserzuflüsse lässt sich im Zeitraum der erhöhten Niederschlagstätigkeit erwarten, d. h. im Frühling und Herbst. In Sommermonaten wird der Wasserzufluss in den See verringert.
- Nach dem Auswerten sämtlicher zugänglicher Daten und der Geländeerkundung im Gebiet wird festgestellt, dass die einzige umsetzbare Lösung, die zur Stabilisierung bzw. zur Regulierung des Wasserspiegels im ČSM-See führt, eine Verbindung des ČSM-Sees mit der tiefer gelegenen Wasserretention Dukla ist. Keine andere Methode stellt die gewünschte Stabilisierung bzw. Regulierung des Wasserspiegels im ČSM-See mit angemessenen Kosten für die Realisierung des Baus und mit niedrigem finanziellem Aufwand für Betrieb und Instandhaltung des Baus sicher.

3.4.12 Wasserkörperbewertung im Hinblick auf die Auswirkung des Grubenwassers im Nordböhmisches Braunkohlengebiet nach Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Ing. Petr Kokeš; Vodohospodářské projekty Teplice spol. s. r. o. (2013)

Im letzten Jahrzehnt hatte sich der natürliche Wasserhaushalt im gesamten Nordböhmisches Braunkohlengebiet (auch SHP) beträchtlich verändert. Das ursprünglich langsame Grundwasserregime des sich in diesem Braunkohlengebiet befindlichen Grundwassers (geringe Durchlässigkeit der Gesteine und ein langsames hydraulische Gefälle) wurde durch den einsetzenden Abbau im Tagebauverfahren beschleunigt und als solches in seiner ursprünglichen Form gestört. Das gesamte hydrologische Netz sowie das bestehende hydrologische Regime des Grundwassers hat seitdem weitreichende Veränderungen erfahren müssen. Die zu dem damaligen Zeitpunkt bestehenden Oberflächengewässer, die aus dem Erzgebirge entwässerten, wurden in deren natürlichen Flussbetten gestört, indem sie in künstlich angelegten Kanälen oder Rohrsystemen in die außerhalb der Lagerstätten befindlichen Flüsse (z. B. der Fluss „Bílina“) umgeleitet wurden. Die sich noch vor der Inangriffnahme des Abbaus innerhalb dieses Abbaugbietes befindlichen Wasserflächen verschwanden vollends und wurden als solche jeweils an andere Orte außerhalb dieser Abbaugebiete verlegt. Das Grundwasser in den betreffenden Abbaugebieten wurde innerhalb der Jahre des Abbaus stetig durch die Pumpstationen abgepumpt, damit deren Trockenlegung für den ungehinderten Abbau sichergestellt war. Dieses permanente Abpumpen hatte verständlicherweise den gesamten dortigen Grundwasserhaushalt gestört. Nichtsdestotrotz verbesserte sich der Zustand der Grund- und Oberflächengewässer in den letzten 15 Jahren beträchtlich und lässt auf eine positive Zukunft hoffen.

In Anlehnung an das Wassergesetz Nr. 254/2001 wird der aktuelle Zustand des Grund- und Oberflächenwassers dauerhaft erfasst und ausgewertet. Diese Verpflichtung entstand durch die Verordnung Nr. 2000/60/EG zum Schutz der Grund- und Oberflächenwässer, herausgegeben durch die Europäische Gemeinschaft. Im Bereich der Wasserpolitik wurde jeder Mitgliedsstaat damit zur Erfassung und Auswertung der erhobenen Messwerte aus Oberflächen- und Grundwasser verpflichtet.

Die gesamten Wasserflächen im Nordböhmisches Braunkohlengebiet wurden jahrelang durch den ununterbrochenen Abbau maßgeblich beeinflusst, sowohl quantitativ im Sinne der Verringerung der Grundwassermenge als auch qualitativ im Sinne der gesamten Verschlechterung der unmittelbaren Umwelt, z. B. durch das Produzieren und Ablassen des belasteten Grubenwassers in die umliegende Landschaft.

Die vorliegende Studie schließt nicht das gesamte Nordböhmisches Braunkohlengebiet ein, das sich als solches zwischen den Städten Ústí nad Labem und Kadaň erstreckt, umrahmt im Norden vom Erzgebirge und im Süden vom Tschechischen Mittelgebirge, sondern legt ihren Fokus auf den aktiven Bergbau der Gesellschaft

Severočeské doly wie „Chomutov-Doly Nástup Tušimice a Doly Bílina“ und dann auf den aktiven Bergbau der Gesellschaft Czech Coal wie „lom Československé armády“, „Vršany/Šverma“ und deren Abraumgebiete sowie die angeschlossenen Manipulationsräume. Des Weiteren wurden in die vorliegende Studie zusätzlich die bereits stillgelegten Tagebauwerke mit der erfolgreich abgeschlossenen Rekultivierung wie „Palivový kombinát“, Ústí nad Labem, das Tagebauwerk „Most“ und „Chabařovice“, einbezogen. Erforscht wurden ebenso zahlreiche kleinere Untertagerwerke im Gebiet des Teplitz-Aussiger, im Gebiet des Nordböhmisches Braunkohlebeckens. Die erforschte Fläche erstreckt sich auf insgesamt ungefähr 60 km². In die Studie wurden jene Wasserflächen eingeschlossen, die sich unmittelbar innerhalb des betroffenen Forschungsgebietes befinden und jene, die sich in dessen unmittelbarer Nähe befinden oder nachweislich für die Zwecke der Bergbauindustrie genutzt worden waren.

Die Studie ist auf die Bewertung der Wasserqualität der Grund- und Oberflächengewässer (stehender sowie fließender Gewässer) ausgerichtet, die in der Vergangenheit in Berührung mit der intensiven Bergbautätigkeit gekommen waren. Das Ziel der vorliegenden Studie ist nicht nur, die gewonnenen Erkenntnisse zu erfassen, sondern auch gegebenenfalls Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten und deren Effektivität zu veranschlagen. Als Auswertungszeitraum wurde hierfür das Jahr 2015 angesetzt. Zur Erstellung dieser Studie wurden die wichtigsten Quellen und Unterlagen herangezogen:

- Bericht der Tschechischen Republik nach dem Artikel 15 der geltenden Verordnung 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates zuständig für die Rahmenregelung der Tätigkeiten der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- Karte der Hauptgewässer der Tschechischen Republik
- Gebietskarte der Gewässer Ohře und Dolní Labe (Eger und Untere Elbe)
- Digitale Datenbank der wasserwirtschaftlichen Daten DIBAVOD

Das Ziel der Studie war, eine umfangreiche Übersicht über die einzelnen Ober- und Grundgewässerkörper im Nordböhmischen Braunkohlengebiet zu erstellen, jeweils mit der Angabe ihrer Grunddaten, der räumlichen Abgrenzung sowie mit der Bewertung im Hinblick auf die Veränderung durch den stetigen Einfluss des Grubenwassers.

In der unmittelbaren Nähe der Tagebauwerke Nástup Tušimice befindet sich ein Vogelschutzgebiet, das an den Stausee „Nechranice“ (Negrantz) grenzt. Ansonsten befinden sich in dem von den Autoren erforschten Gebiet keine weiteren Flächen, die unter Naturschutz stehen würden. Dies geht unter anderem auch aus der Forschung des Naturschutzbundes NATURA 2000 hervor. Auf dem lange durch den Abbau geschundenen Gebiet entstehen an vielen Orten kleinflächige Gebiete, die sogar zum Naturschutzgebiet erklärt wurden, weil hier durch die erfolgreiche Rekultivierung neue Lebensformen, Tiere und Pflanzen, Einzug hielten. Als besonders bedroht wurde das Gebiet des Erzgebirges gesehen, das als wichtigste Trinkwasserquelle im gesamten Nordböhmen eingestuft wird. Daher wird ihm eine besondere Aufmerksamkeit im Sinne der konsequenten Messung und Überwachung der Wasserqualität geschenkt. Für das Gebiet der Tschechischen Republik wird kein punktueller Aktionsplan mit den zu schützenden Gebieten (Flächen) festgelegt, sondern der Gewässerschutz richtet sich nach der Verordnung zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

Insgesamt wurden in dem betreffenden Gebiet 22 Oberflächenwasserkörper (2 stehende, 20 fließende) untersucht. Die erfolgte Prüfung der oben erwähnten Oberflächengewässer auf den Gehalt der unerwünschten chemischen, physikalischen oder biologischen Bestandteile ergab, dass 15 von diesen Oberflächengewässern als unbefriedigend, 4 davon als potenziell unbefriedigend und lediglich 3 als mäßig eingestuft worden sind. Unbefriedigend waren die Oberflächengewässer vor allem im Hinblick auf deren biologischen Parameter und die allgemeinen physikalisch-chemischen Eigenschaften. Die potenzielle Gefahr zeigt sich mehr in der steigenden Konzentration synthetischer Stoffe als in der Metallkonzentration.

Es muss angemerkt werden, dass die den Autoren vorliegenden Daten aus dem Gebiet der Gewässer „Ohře“ und „Dolní Labe“ bereits älteren Datums sind und somit den aktuellen Zustand der Oberflächen- und Grundgewässer im Nordböhmischen Braunkohlengebiet nicht wiedergeben wie z. B. die Reinigung des Grubenwassers im Tagebau „Doly Bílina“ oder der Abwasserreinigungsanlage „Emerán“, die erst vor kurzem in Betrieb ging.

Es wurden, ausgehend von den Ergebnissen der Studie, jeweils entsprechende Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet und für deren Erfüllung je zwei Erfüllungszeiträume festgelegt. Bei einigen wurde dieser Plan bereits erfolgreich realisiert und bei anderen die Frist entsprechend verlängert. Sollten diese Verbesserungsmaßnahmen den genehmigten Kostenvoranschlag maßgeblich überschreiten, muss ein nachträgliches Ausnahmeverfahren eingeleitet werden. Als Verbesserungsmaßnahmen wurden z. B. die Renaturierung von Flüssen in den als unbefriedigend befundenen Teilen, die Renaturierung der Quellbereiche, der Aufbau oder Umbau von Kläranlagen, Erosionsschutzmaßnahmen, Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlässigkeit und zur allgemeinen Belebung der Gewässer (Unterstützung der litoralen Lebensformen, Aussetzen neuer Fischarten) vorgeschlagen. Die Umsetzung der eingeleiteten Maßnahmen wird weiterhin überwacht.

Den Zustand der sich in den noch aktiven Tagebauwerken befindlichen Gewässer, insbesondere der Grundwässer, wird man in der Zukunft nur bedingt verbessern können, dabei wird es weiterhin notwendig sein, durch Abpumpen des Grundwassers einen ungehinderten Abbau sicherzustellen. Dennoch stellt das Grubenwasser keine so hohe Gefahr für das Grundwasser dar, weil immer bessere und wirkungsvollere technologische Reinigungsverfahren eingesetzt werden, die zu einem nachhaltig verbesserten Zustand der Grundwässer beitragen. Neuerdings versucht man verstärkt, neue Reinigungsverfahren auf natürlicher Basis einzusetzen. Zu solchen Verfahren gehören beispielweise die Pflanzenkläranlagen, Wurzelkläranlagen, die Belüftungsversorgung (Aeration), die Wasserklärung durch Einsatz von Kalk usw. Jene Gewässer, die wegen des Tagebaus künstlich begradigt, in Betonflussbetten oder Rohren abgeleitet wurden, werden renaturiert. Einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der allgemeinen hydrologischen Situation im Nordböhmischen Braunkohlengebiet um Ústí nad Labem leisten die so genannten hydrischen Rekultivierungsverfahren sowie der immer häufiger genutzte Einsatz von Biotopen. Diese tragen zu einer besseren Landschaftsrekultivierung bei, indem sie auf eine natürliche Art und Weise Wasser abhalten und klären und dadurch mithelfen, dass das Grundwasser durch natürliche Verfahren nachhaltig sauber gehalten wird.

Quellenverzeichnis

Die vollständigen Berichte zu den aufgeführten Teilprojekten können beim jeweils zuständigen Projektpartner eingesehen werden. Kontaktdaten sind über die folgenden Internetadressen zu erhalten:

Kreisverwaltung Ústí nad Labem	http://www.vodamin.eu/de/
Sächsisches Oberbergamt	http://www.bergbau.sachsen.de/8187.html
Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgebirge	http://www.oelsnitz-erzgeb.de/oelsnitz/content/3/20120802160104.asp
LfULG	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26855.htm

Die jeweiligen Berichte enthalten das vollständige Literaturverzeichnis. Weil die Anzahl der Quellen äußerst umfangreich war, wird in diesem Quellenverzeichnis nur der betreffende Bericht aufgeführt.

- AUBEL, T.; GLOMBITZA, F.; JANNECK, E. & SCHAFFRATH, M. (2013): Wirtschaftlicher Maßnahmenvergleich verschiedener Verfahren zur Fassung, Ableitung und Reinigung von bergbaulich kontaminierten Grundwässern. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
- BARSCHE, T.; HERTWIG, T. & SCHYNSCHETZKI, H. (2013): Gefährdungspotential von Haldensickerwässern für Infrastruktur und Gebäude im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Beak Consultants GmbH Freiberg
- BERG, T.; KREUTZIGER, Y.; KRUSPE, R.; NEUMANN, J. & UHLMANN, W. (2012): Untersuchungen zu Ammonium in ostsächsischen Bergbaufolgebeseen. Online verfügbar im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26926.htm> [14.02.2014], Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH
- BILEK, F. (2012): Reinigungsverfahren von Grundwasser und Oberflächengewässern. Online verfügbar im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26922.htm> [14.02.2014], Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.
- DRAHOKOUPIL, J.; ŠÍMA, Z. & ŠRAUT, B. (2014): Projekt VODAMIN – Hydrochemische Überwachung Wasserqualitäten, die durch bergbauliche und Kippentätigkeit im Kreis Ústí beeinflusst sind. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s.r.o.
- ECKART, M. & RÜTERKAMP, P. (2013): Konzeptentwicklung zur gesteuerten Flutung des ehemaligen Steinkohlenreviers Lugau-Oelsnitz und Darstellung technischer Lösungen für die Konzeptumsetzung. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, DMT GmbH & Co. KG, Essen
- FRIEDRICH, H.-J. (2012): Pilotanlage zur Grubenwasserbehandlung (Sulfatabreicherung) – Entwicklung/Laboruntersuchungen sowie Planungs- und Entwicklungsleistungen für die Anpassung eines elektrochemischen Verfahrens zur Aufbereitung sulfatbelasteter mineralisierter Wässer des Stein- und Braunkohlebergbaus. Online verfügbar im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN unter: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26931.htm> [14.02.2014], Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.
- FRIEDRICH, H.-J. (2013): Pilotanlage zur Grubenwasserbehandlung (Sulfatabreicherung) – Anlagenbetrieb und Monitoring – „Betrieb einer Pilotanlage zur technischen Erprobung optimierter Spülprozesse und

Zellgeometrien bei der elektrochemischen Sulfatabtrennung einschließlich Monitoring und Bilanzierung“. Online verfügbar im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN unter:
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26931.htm> [14.02.2014], Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.

- HALÍŘ, J.; PLETICHOVÁ, M. & ŽIŽKA, L. (2013a): Projekt VODAMIN – Problematik der Grubenwässer im nordböhmisches Braunkohlenbecken (SHP): Teil 1: Auswertung des Überwachungssystems der bergbaubeeinflussten Wässer im Raum des nordböhmisches Braunkohlenbeckens in Zusammenhang mit der Voraussetzung, bei dem Fortschritt des Kohleabbaus und der Stilllegung der Tagebaue die Wasserhebung einzuschränken. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (VUHU a. s.) Most
- HALÍŘ, J.; HAVRLÍK, S. & STANISLAV, P. (2013b): Projekt VODAMIN – Problematik der Grubenwässer im nordböhmisches Braunkohlenbecken (SHP): Teil 2. Studie für die Beurteilung des Umfanges der Liquidierung von Quellschächten der Austritte von Teplitzer Therme, die nach dem Einbruch der Grubenwässer, also nach dem Jahr 1879 als Beitrag zur Stabilisierung der Teplitzer Therme ausgehoben wurden. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (VUHU a. s.) Most
- HALÍŘ, J.; HAVRLÍK, S. & HOŘČIČKA, L. (2013c): Projekt VODAMIN – Problematik der Grubenwässer im nordböhmisches Braunkohlenbecken (SHP): Teil 3. Hydrologische Studie des ČSM Sees, Katastralgebiet Dubí Pozorka, Nr. hydrogeol. Reihenfolge 1-14-01-076/0, einschl. Beurteilung der Verbindungsmöglichkeiten mit anderem Wasserkörper mit dem Ziel, die Spiegelhöhe zu stabilisieren. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (VUHU a. s.) Most
- HILDMANN, CHR.; KNOCHE, D.; WALKO, M. & WEGENER, B. (2012): Nutzung sulfathaltiger Tagebauwässer für die Düngung und Bewässerung in der Landwirtschaft auf Rekultivierungsböden der Lausitzer Braunkohle. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V.
- KOKEŠ, P. (2013a): VODAMIN, Ziel 3 – Wasserkörperbewertung im Hinblick auf die Auswirkung des Grubenwassers im Nordböhmisches Braunkohlengebiet nach Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Vodohospodářské projekty Teplice spol. s.r.o.
- KOKEŠ, P. & LÍSKOVEC, T. (2013b): Gemeinsamer grenzenübergreifender Entwurf zur Stabilisierung der wasserwirtschaftlichen Situation im Grenzgebiet Zinnwald/Cinovec. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Real & Projekt MOST s.r.o.
- KOWARIK, J.; MITTAG, A. & SCHUBERT, J. (2013): Standsicherheit von Schachtverfüllsäulen im Grubenrevier Lugau-Oelsnitz aus Sicht des Grubenwasseranstieges. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, DMT GmbH Zweigniederlassung Leipzig
- KRUSPE, R.; NEUMANN, J.; OPITZ, M.; THEISS, S.; UHLMANN, W. & ZIMMERMANN, K. (2012): Qualitative und quantitative Beeinflussungen von Fließgewässerorganismen durch Eisen. Online verfügbar im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN unter:
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/26927.htm> [14.02.2014], IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH, Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
- LfULG (Hrsg.) (2010): Geologie und Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz. – Geoprofil 13. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden
- LINDIG, Y.; NESTLER, W.; PEZENKA, C.; UHLMANN, W. & ZIMMERMANN, K. (2013a): Methodik zum quantitativen Nachweis der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern in Braunkohlenberg-

- baugebieten. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
- LINDIG, Y. & UHLMANN, W. (2013b): Errichtung einer Mehrfachmessstelle in der Nochtener Rinne Teil 1: Dokumentation der Bohrarbeiten. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
- LÖBEL, K.-H. (2013): GIS-Anwendung – Aufbau eines Bergbaumonitorings für die Stadt Oelsnitz/Erzgeb.; Tagungsband zum 13. Altbergbaukolloquium, Wagner Digitaldruck und Medien GmbH, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geodäsie und Markscheidewesen
- MALEC, J. (2012): Projekt VODAMIN, Ziel 3 – Sicherung von Erkundungsarbeiten für die Stabilisierung Wasserwirtschaftlicher Situation im Grenzgebiet Cínovec/Zinnwald. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, ATE CR, a.s.
- MARTIN, M. & SENNEWALD, R. (2013): Teilprojekt P 03: Vorortuntersuchungen und Auswertung der Wassermengenverhältnisse sowie Wasserbeschaffenheiten Oberflächenwasser im Grenzraum Zinnwald/Cínovec Teilprojekt P 06: Wechselwirkungen des Gruben- und Oberflächenwassers im Grenzraum Zinnwald/Cínovec. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
- MARTIN, M. & SENNEWALD, R. (2014): Teilprojekt P 12: Vorortuntersuchungen und Auswertung der Wassermengenverhältnisse sowie Wasserbeschaffenheiten Oberflächenwasser im Grenzraum Zinnwald/Cínovec Teilprojekt P 17: Wechselwirkungen des Gruben- und Oberflächenwassers im Grenzraum Zinnwald/Cínovec. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
- UHLIG, S. (2014a): Erfahrungen im Umgang mit aufsteigenden Grubenwässern. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Sächsisches Oberbergamt, Freiberg
- UHLIG, S. (2014b): Die Grubenwassermessstelle Gersdorf im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, Sächsisches Oberbergamt, Freiberg
- WEINHOLD, G. (2002): Die Zinnerz-Lagerstätte Altenberg/Osterzgebirge. Bergbau in Sachsen, Band 9; 273 S., 190 Abb., 50 Tab., Lit. + 7 Beil., Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie und Sächsisches Oberbergamt
- WILLSCHER, S. (2013): Zusammenfassung der Ergebnisse des Teilprojektes PP 03 Oelsnitz zum EU-Projekt VODAMIN: Möglichkeiten zur Nutzung von Gruben- und Haldenwässern für spezielle Anwendungen. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN, TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten
- WOLKERSDORFER, CHR. (2013). Reinigungsverfahren sowie Bewertung und Selektion der Verfahren zur Acid-Mine-Drainage. Unveröffentlichte Form des Berichtes im Rahmen des Ziel 3-Projektes VODAMIN

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Bearbeiter der für die Berichte beauftragten Unternehmen und Institute
sowie
Stephan Uhlig, Sächsisches Oberbergamt
Dr. Rolf Stoll, für die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge
Perry Arnswald, LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/
Referat Bergbaufolgen

Redaktion:

Frank Sander
LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Bergbaufolgen
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
Telefon: +49 351 8928-4600
Telefax: +49 351 8928-4099
E-Mail: frank.sander@smul.sachsen.de

Fotos:

LfULG, Referat Bergbaufolgen: Perry Arnswald, Gernot Viehweger;
alle weiteren Fotos stammen von den beauftragten Unternehmen/Instituten

Redaktionsschluss:

28.04.2014

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht in limitierter Anzahl von 100 Broschüren als Printmedium zur Verfügung und kann als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.