

2018

Steckbriefliche Zusammenfassung von
Projektergebnissen im Rahmen des
Projektos Vita-Min

Recherche und Wirtschaftlichkeit (mikro-) biologischer Verfahren zur Reinigung von Bergbauwässern (Teilprojekt 1.9)



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Einführung, Hintergrund und Zielstellung

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) fordert einen guten ökologischen und chemischen Zustand aller Grund- und Oberflächenwässer bis spätestens 2027. Alternativ können andere Bewirtschaftungsziele (weitere Fristverlängerung wegen natürlicher Gegebenheiten oder weniger strenge Bewirtschaftungsziele) abgeleitet werden. In jedem Fall müssen bis 2027 alle geeigneten und verhältnismäßigen Maßnahmen an den Gewässern durchgeführt werden. Ca. 20 % der Gewässer in Sachsen sind durch Erz- und Braunkohlebergbau beeinflusst.

Grundwasserkörper: abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter (nach EU-WRRL)

Oberflächenwasserkörper: einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers (nach EU-WRRL)

Der Einsatz von Reinigungsverfahren stellt eine Möglichkeit zur Verbesserung des Gewässerzustands dar. Die Wahl der Reinigungsverfahren hängt von verschiedenen Faktoren wie Schadstoffspektrum, Stoffkonzentration, örtliche Verhältnisse, Finanzmittel etc. ab. In den vergangenen Jahren kamen zunehmend (mikro-)biologische Verfahren zum Einsatz. Bisher existieren nur wenige und unvollständige Übersichten zu Kosten, Leistung, Nachhaltigkeit und weiteren Merkmalen (mikro-)biologischer Verfahren.

Ziel der Studie war es deshalb, die Eignung und Grenzen (mikro-)biologischer Reinigungsverfahren für sächsische, bergbaubeeinflusste Grund- und Oberflächenwasserkörper darzulegen. Dabei sollten neben technischen Randbedingungen vor allem auch die Wirtschaftlichkeit der Verfahren recherchiert werden. Anschließend wurde der Einsatz von mikrobiologischen Reinigungsverfahren für einen Oberflächen- und einen Grundwasserkörper beispielhaft konzipiert.

(Mikro-)biologische Verfahren umfassen alle Verfahren, deren Kernprozess auf der gezielten Nutzung (mikro-)biologischer Stoffwechselforgänge und/oder deren Auswirkungen beruht.

Methodik

Aus der Vielzahl der sächsischen Grund- und Oberflächenwasserkörper wurden die bergbaubeeinflussten Gewässerkörper selektiert. Diese Gewässerkörper wurden anhand ihrer langjährigen Belastungssituation (1990/2000 – 2017) der bergbaurelevanten Schadstoffe charakterisiert. Die Stärke der Belastung je Gewässerkörper wurde anhand des Grads der Überschreitung der Umweltqualitätsnorm (UQN) bewertet. Ausgehend davon konnten Belastungsgruppen unter Berücksichtigung bestimmter Verfahrenskriterien der Reinigungsverfahren, v.a. Redoxzustand, gebildet werden. Nach der Recherche und Prüfung geeigneter (mikro-) biologischer Reinigungsverfahren wurden diese den Belastungsgruppen zugeordnet. Diese Zuordnung soll es den Betroffenen ermöglichen, aus der Menge der verfügbaren Reinigungsverfahren das für die Belastungssituation passende Verfahren schneller zu finden. Die Abbildung 1 zeigt übersichtlich die einzelnen Schritte der Herangehensweise. Da bei einer Sanierung der Gewässer die Kosten ein entscheidender Faktor sind, wurden die (mikro-)biologischen Reinigungsverfahren hinsichtlich der Aufwendungen bewertet. Dies war aufgrund der relativ geringen Anwendungsfälle schwierig und konnte teilweise nicht genau quantifiziert werden.

Abschließend wurden für einen mit Cadmium und Arsen belasteten Grund- und Oberflächenwasserkörper mögliche Behandlungsverfahren aufgezeigt.

Umweltqualitätsnorm: Die Konzentration eines bestimmten Schadstoffes/Schadstoffgruppe, die in Gewässern (Wasser, Sediment, Biota) nicht überschritten werden darf.

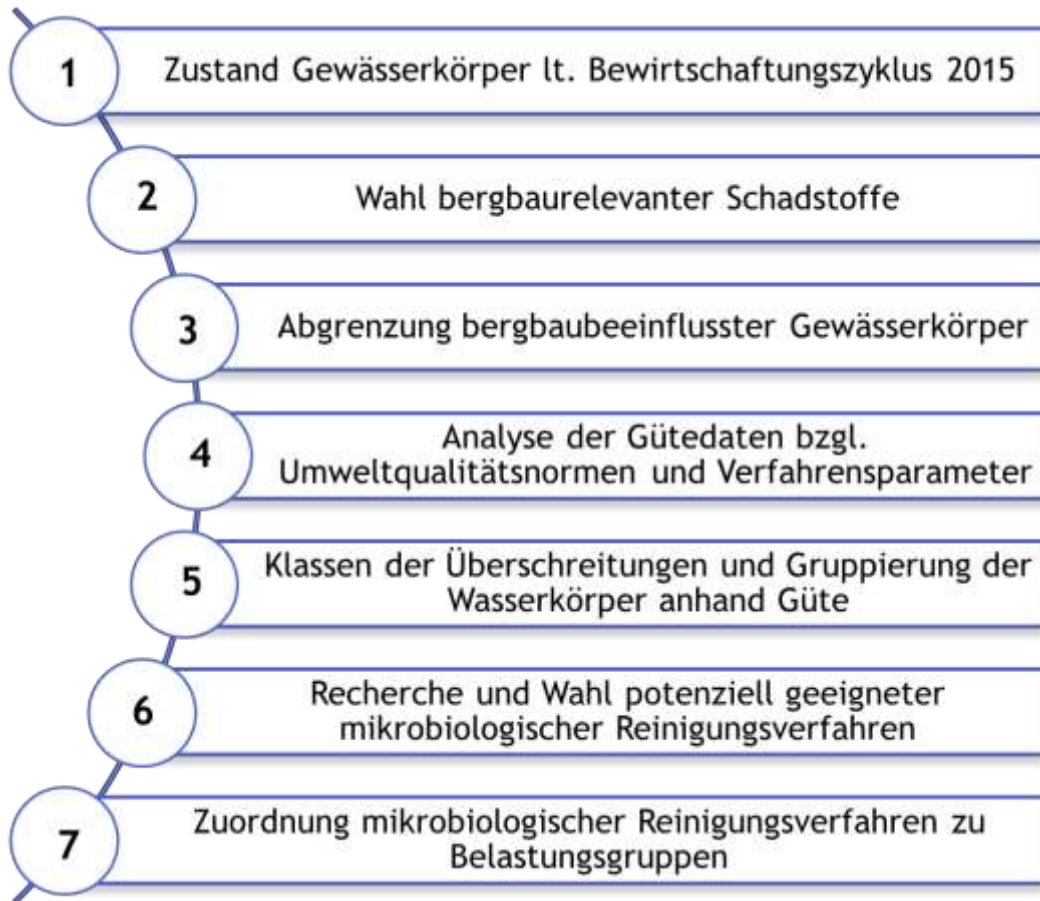


Abbildung 1: Schritte der Herangehensweise

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis der Untersuchungen ergeben sich 122 bergbaubeeinflusste Oberflächenwasserkörper und 24 Grundwasserkörper, die weiter betrachtet wurden. Die Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der oben vorgestellten Methodik für die Analyse der Grundwasserkörper in Sachsen. Farblich dargestellt, sind die Gruppen gleicher stofflicher Belastung. Die regionalen und bergbaubedingten Unterschiede in den Belastungen sind klar erkennbar. Wie zu erwarten, sind die Grundwasserkörper in den Braunkohleregionen Lausitz und Leipzig hauptsächlich durch Sulfat belastet. In den Mittelgebirgsregionen wird die Hauptbelastung durch die Metalle, insbesondere Cadmium, hervorgerufen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Grad der Überschreitung für jeden Grundwasserkörper und relevanten Stoff in den einzelnen Belastungsgruppen (farblich unterlegt).

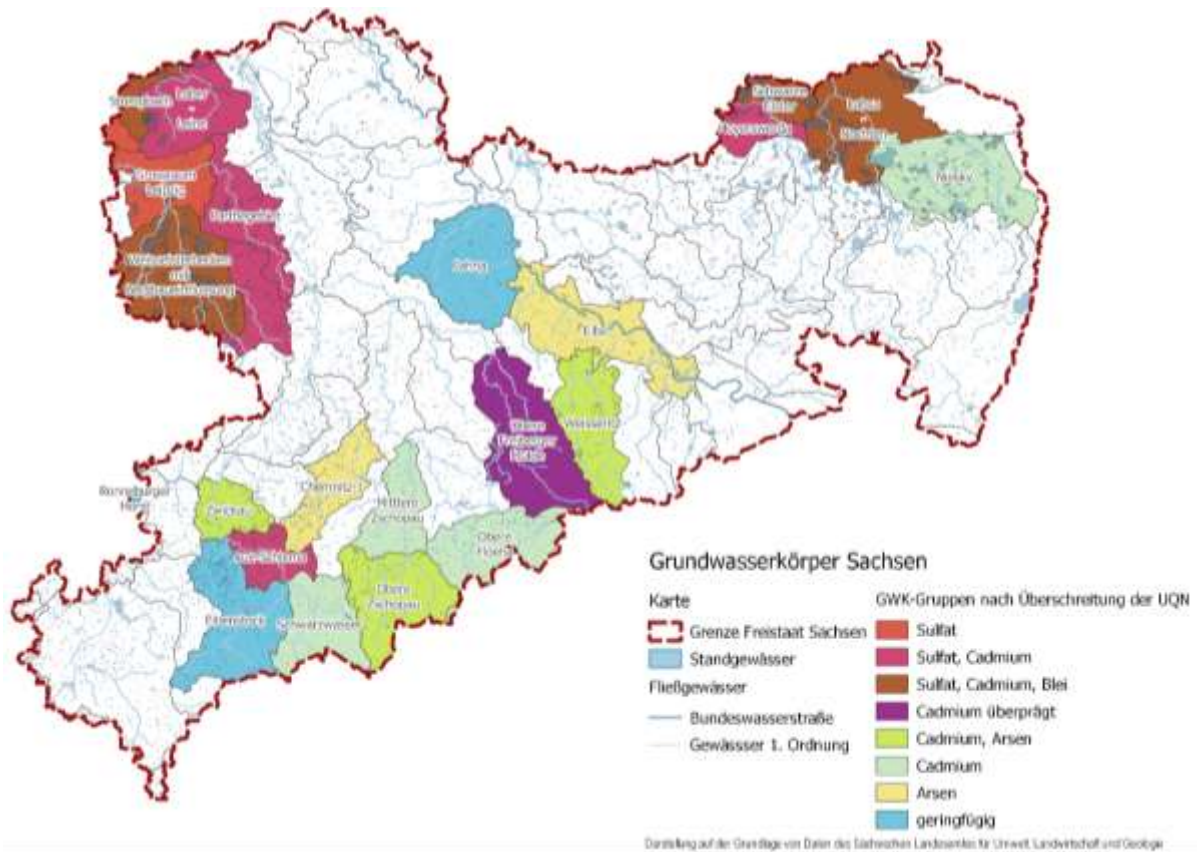


Abbildung 2: Belastungsgruppen der bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper (GWK) entsprechend Überschreitung der Umweltqualitätsnorm

Tabelle 1: Belastungsgruppen Grundwasserkörper (GWK) nach Grad der Überschreitung der Schwellenwerte der Grundwasserverordnung für bergbaubedingte Schadstoffe

GWK	Komponente	Überschreitung der UQN			
		As 10 µg/L	Pb 10 µg/L	Cd 0,5 µg/L	SO ₄ 250 mg/L
DESN_SAL GW 052	Großraum Leipzig				2
DEST_SAL GW 022	Hallesche/Koethener Moränenl.				2
DESN_SAL GW 058	Eulagebiet			1	1,5
DESN_SE 1-1	Hoyerswerda		1	10	3
DESN_VM 1-1	Lober-Leine		1	3	3
DESN_ZM 1-2	Aue-Schlema			2	3
DESN_SAL GW 060	Parthegebiet			3	1,5
DESN_SP 3-1	Lohsa-Nochten		1	3	3
DESN_SAL GW 059	Weisselsterbecken		2	10	10
DEBB_SE 4-1	Schwarze Elster		3	10	10
DESN_VM 2-2	Strengbach		2	5	5
DESN_FM 1	Obere Freiburger Mulde	3	10	100	2
DESN_ZM 1-1	Zwickau	5		10	3
DESN_FM 4-3	Obere Zschopau	5		5	
DESN_EL 1-9	Weisseritz	2	3	3	
DESN_ZM 1-3	Schwarzwasser	1,5		5	
DESN_FM 4-2	Mittlere Zschopau			5	
DESN_FM 3-2	Obere Floeha			3	
DESN_SP 2-1	Niesky		1	3	1
DESN_ZM 3-2	Chemnitz-1	3			1
DESN_EL 1-1+2	Elbe	2		1,5	1
DESN_EL 2-4	Jahna				1
DESN_ZM 1-4	Eibenstock		1	1	
DETH_SAL GW 054	Ronneburger Horst				

Ein vergleichbares Bild, zeigt sich auch für die Oberflächenwasserkörper, wie in Abbildung 3 erkennbar. Aufgrund der Kleinräumigkeit und Differenziertheit der Belastungen ergaben sich über 50 Belastungsgruppen. Aus diesem Grund wurden Stoffe mit ähnlichen dominierenden Immobilisierungspfaden in einer Einheit zusammengefasst. Es ergibt sich die Einheit Metalle, die aus Cadmium, Kupfer, Nickel, Blei und Zink besteht. Dabei weist Cadmium die am weitesten verbreitete Überschreitung auf. Es resultieren elf Belastungsgruppen für die Oberflächenwasserkörper. Während Sulfat überwiegend in den Braunkohlegebieten anzutreffen ist, ist die Arsenbelastung besonders im Erzbergbaugeprägten Muldeinzugebiet zu finden. In Tabelle 2 sind die Oberflächenwasserkörper den Belastungsgruppen namentlich zugeordnet.

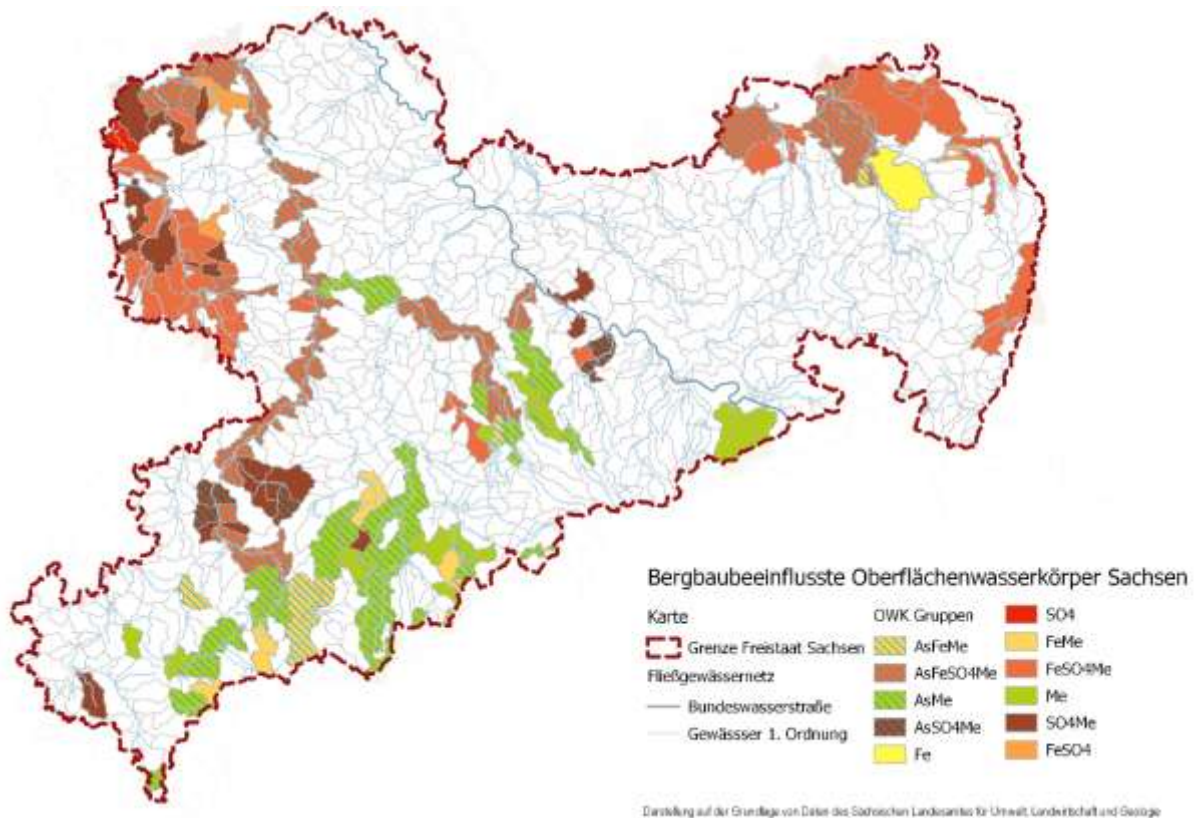


Abbildung 3: Belastungsgruppen bergbaubeeinflusster Oberflächenwasserkörper (OWK)

Tabelle 2: Belastungsgruppen für die Oberflächenwasserkörper (OWK) entsprechend Schadstoffen

OWK- Belastungsgruppe	Anzahl OWK in Gruppe	OWK
As-Fe-Me	7	Schwarzwasser-1 Schwarzwasser-2 Oswaldbach Münzbach-1 Schwarze Pockau-1a Plohnbach Rokotschingraben
As-Fe-SO ₄ -Me	15	Triebisch-2 Schleichgraben Mulde-4 Mulde-6 Mulde-7 Freiburger Mulde-3 Freiburger Mulde-4 Münzbach-2 Graben aus Tiefensee Lober-3 Lober-Leine-Kanal Sprödaer Bach Eula-4 Spree-4 Kleine Spree-2
As-Me	24	Fleißenbach Zwota Weißeritz-2 Triebisch-1 Mulde-2 Mulde-3 Kleine Pyra Bockauer Dorfbach Zschorlaubach Schlema Zwönitz-1 Gornsdorfer Bach Freiburger Mulde-2 Freiburger Mulde-5 Kleinwaltersdorfer Bach Sohrbach Zschopau-1 Zschopau-2 Sehma Pöhla-1 Jöhstädter Schwarzwasser Wilisch Seiffener Bach Schwarze Pockau-1b
As-SO ₄ -Me	4	Weißeritz-3b Mulde-5 Marienthaler Bach Hegebach
Fe	1	Weigersdorfer Fließ-2
Fe-Me	4	Brunndöbra Große Bockau Zwönitz-2 Rote Pockau
Fe-SO ₄	4	Leine-2 Schadebach-2 Pösgraben Weißer Schöps-4
Fe-SO ₄ -Me	28	Wiederitz Schwarze Elster-4 Vincenzgraben Kohlbach Große Striegis-1 Strengbach Weiße Elster-11 Weiße Elster-8 Weiße Elster-9 Schnauder-1 Profener Elstermühlgraben Pleiße-4a Pleiße-4b Wyhra-2 Bürschgraben Saubach Fipper Kleine Pleiße Markkleeberg Neue Luppe Neugraben Raklitza Struga-1 Struga-2 Lausitzer Neiße-6 Pließnitz-2 Gaule Legnitzka Braunsteichgraben
SO ₄	2	Strengbach Strickgraben
SO ₄ -Me	16	Lotzebach Lockwitzbach Reinsdorfer Bach Planitzbach Lungwitzbach-1 Lungwitzbach-2 Rödlitzbach Jahnsbach Lober-2 Rohrgraben Gienickenbach Triebel Krebsgraben Göselbach-2 Floßgraben Zschampert
Me	17	Krippenbach Biela Cunnersdorfer Bach Colmnitzbach Rodelandbach Erbisdorfer Wasser Geyerbach Greifenbach-1 Greifenbach-2 Haselbach Hüttenbach Rungstockbach Schwarze Pockau-2 Schlettenbach Trieb-1 Rabenbach Göltzsch-1

Im nächsten Schritt wurde eine Übersicht zum aktuellen Stand der Technik (mikro-)biologischer Reinigungsverfahren erstellt sowie deren Praxistauglichkeit in Sachsen und Wirtschaftlichkeit geprüft. Die in Sachsen einsetzbaren Verfahren wurden in Steckbriefen kurz charakterisiert. Folgende Reinigungsverfahren sind entsprechend der Schadstoffbelastung in sächsischen Gewässerkörpern potenziell einsetzbar:

- Aerobe konstruierte Feuchtgebiete
- Anaerobe konstruierte Feuchtgebiete
- in-situ reaktive Barrieren
- in-situ Reaktionszonen (heterotrophe Sulfatreduktion)
- Technischer Reaktor – autotrophe Sulfatreduktion
- Technischer Reaktor – heterotrophe Sulfatreduktion
- Technischer Reaktor – Schwertmannitverfahren

Derzeit ist in Sachsen keine behördlich genehmigte biologische Anlage zur Reinigung bergbaubelasteter Wässer in Betrieb. Alle bekannten Anlagen sind über eine Pilotanlage nicht hinausgekommen und eine Fortführung der Technologie bis zum Anwendungsmaßstab ist nicht vorgesehen. Detaillierte

Angaben zu den Kosten der jeweiligen Verfahren konnten nur für einige wenige Anlagen recherchiert werden. Der Informationsgehalt war kaum vergleichbar.

Die vorgenommene Zuordnung der Geeignetheit der Verfahren für die spezifischen Verhältnisse der Wasserkörper ist keine allgemeingültige Aussage dafür, dass ein Verfahren an einem konkreten Standort des Wasserkörpers die gewünschte Reinigungsleistung erbringen kann. Es ist immer zuerst eine detaillierte Einzelfallbetrachtung durchzuführen. Tabelle 3 und Tabelle 4 schätzen die Geeignetheit der Verfahren für die jeweiligen Belastungsgruppen für die Grund- und Oberflächenwasserkörper ein.

Tabelle 3: Prinzipiell geeignete (mikro-)biologische Verfahren für die jeweilige Belastungssituation in den Grundwasserkörpern (GWK)

Grundwasserkörper: Zuordnung Belastungsgruppen – Verfahren
 Synopse aus der Bewertung der Verfahren für die Beschaffenheit der GWK-Belastungsgruppen

Anzahl GWK Belastungsgruppe (Untergruppe)	in-situ reaktive Barrieren	in-situ reaktive Zonen	Reaktoren autotrophe Sulfatreduktion	Reaktoren heterotrophe Sulfatreduktion	Reaktoren Schwertmannitverfahren
3 Sulfat	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	- zu wenig Fe pH zu hoch
2 Sulfat – Cadmium (anoxisch)	+	+	o T limitierend	o T limitierend	O ggf. zu wenig Fe, pH hoch
3 Sulfat – Cadmium (aerob)	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	- zu wenig Fe pH zu hoch
2 Sulfat – Cadmium – Blei (teilweise anoxisch)	+ Blei?	+ Blei?	o T limitierend Blei?	o T limitierend Blei?	- zu wenig Fe pH zu hoch
1 Sulfat – Cadmium – Blei (aerob)	o O ₂ , NO ₃ stören Blei?	o O ₂ , NO ₃ stören Blei?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend Blei?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend Blei?	- zu wenig Fe pH zu hoch
1 Cadmium überprägt	o O ₂ , NO ₃ stören Cd, Pb?	o O ₂ , NO ₃ stören Cd, Pb?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend Cd, Pb?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend Cd, Pb?	- zu wenig Fe pH zu hoch
3 Cadmium – Arsen (teilweise Blei, Sulfat)	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören Arsen?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	- zu wenig Fe pH zu hoch
4 Cadmium	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	- zu wenig Fe pH zu hoch
2 Arsen	o O ₂ , NO ₃ stören	o O ₂ , NO ₃ stören Arsen?	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	o O ₂ , NO ₃ stören T limitierend	- zu wenig Fe pH zu hoch

Symbole: „o“ unter bestimmten Bedingungen geeignet; „?“ Reinigungsleistung unbekannt; „-“ nicht geeignet; „+“ geeignet; „T“ - Temperatur

Tabelle 4: prinzipiell geeignete (mikro-)biologische Verfahren die jeweilige Belastungssituation in den Oberflächenwasserkörpern (OWK)

Oberflächenwasserkörper: Zuordnung Belastungsgruppen – Verfahren
Synopse aus der Bewertung der Verfahren für die Beschaffenheit der OWK-Belastungsgruppen

Anzahl Belastungsgruppe (Untergruppe)	aerobe konstruierte Feuchtgebiete	anaerobe konstruierte Feuchtgebiete	Reaktoren autotrophe Sulfatreduktion	Reaktoren heterotrophe Sulfatreduktion	Reaktoren Schwertmannverfahren
7 Arsen – Eisen – Metalle	+	o SO ₄ zu niedrig	- O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	o O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
15 Arsen – Eisen – Sulfat – Metalle	- keine Sulfatreinigung	+	o O ₂ stört Schwebstoffe?	o O ₂ stört Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
24 Arsen – Metalle	o Fe zu niedrig	o SO ₄ zu niedrig	- O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	o O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
4 Arsen – Sulfat – Metalle	o Fe zu niedrig	+	o O ₂ stört Schwebstoffe?	o O ₂ stört Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
1 Eisen	+	o SO ₄ zu niedrig	- O ₂ stört SO ₄ zu niedrig	o O ₂ stört SO ₄ zu niedrig	- zu wenig Fe pH zu hoch
4 Eisen – Metalle	+	o SO ₄ zu niedrig	- O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	o O ₂ stört SO ₄ zu niedrig Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
4 Eisen – Sulfat	- keine Sulfatreinigung	+	o O ₂ stört	o O ₂ stört	- zu wenig Fe pH zu hoch
24 Eisen – Sulfat – Metalle	- keine Sulfatreinigung	+	o O ₂ stört Schwebstoffe?	o O ₂ stört Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch
17 Metalle	o Fe zu niedrig	o SO ₄ zu niedrig	- O ₂ stört SO ₄ zu niedrig	o O ₂ stört SO ₄ zu niedrig	- zu wenig Fe pH zu hoch
2 Sulfat	- keine Sulfatreinigung	+	o O ₂ stört	o O ₂ stört	- zu wenig Fe pH zu hoch
16 Sulfat – Metalle	- keine Sulfatreinigung	+	o O ₂ stört Schwebstoffe?	o O ₂ stört Schwebstoffe?	- zu wenig Fe pH zu hoch

Symbole: „o“ unter bestimmtem Bedingungen geeignet; „?“ Reinigungsleistung unbekannt; „-“ nicht geeignet; „+“ geeignet

Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt der Studie sind die durch den Bergbau hervorgerufenen Verunreinigungen der Gewässer in Sachsen und die Forderung nach einem guten Zustand der Gewässer entsprechend europäischer Wasserrahmenrichtlinie. Entsprechend der Belastungssituation der Grund- und Oberflächenwasser, konnten geeignete Reinigungsverfahren recherchiert, auf Wirtschaftlichkeit und ihre Anwendbarkeit auf sächsische Verhältnisse geprüft werden.

Die Belastungen der Gewässer sind durch den Braunkohleabbau im Norden und den Erzabbau in den Mittelgebirgen gekennzeichnet. Dementsprechend sind die 24 bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper und die 122 Oberflächenwasserkörper vorwiegend durch Cadmium-, Arsen- und Sulfatbelastungen geprägt.

Die sieben für Sachsen geeigneten Verfahren wurden mittels der Belastungssituation zweier Gebiete spezifiziert und die Wirtschaftlichkeit für konkrete Anwendungsfälle bewertet. Daraus konnten folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Der Einsatz mikrobiell basierter Verfahren ist nur für lokale Einsätze und die Behandlung kleiner Volumenströme geeignet.
- Aufgrund der geringen Stoffumsatzraten ist mit einem großen Flächenverbrauch zu rechnen.
- Die Abscheidung von (nicht abbaubaren) Metall(oid-)en aus der Wasserphase produziert immer auch geologische Körper, Sedimente oder Schlämme, die mit den abgeschiedenen Stoffen angereichert sind und für die ein Verwertungs-, Nutzungs- oder Entsorgungspfad gefunden werden muss.
- Durch Einsatz der genannten Verfahren ist nicht per se mit einer Senkung des Betreuungsaufwandes und der Betriebskosten zu rechnen.

Aufgrund dieser Aussagen erscheinen (mikro-)biologische Verfahren für stark belastete und flächenmäßig große bzw. abflussstarke Gebiete derzeit nicht wirtschaftlich.

Impressum

Herausgabe:

Dieser Steckbrief wurde im Rahmen des Projekts Vita-Min erstellt. Das Projekt Vita-Min wurde aus Mitteln des europäischen Fonds für regionale Entwicklung im Kooperationsprogramm SN-CZ 2014-2020 finanziert. Die Projektpartner sind das sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Leadpartner), die Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb. und die Verwaltungsbehörde des Bezirks Ústecký kraj.

Alle Teilprojekte des LfULG tragen zum Leitprojekt „Für saubere Gewässer in Sachsen“ bei.

Für Fragen und weitere Informationen zu diesem Teilprojekt kontaktieren Sie:

Ansprechpartner

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Ansprechpartner: Frau Kathleen Lünich

Telefon: + 49 351 88928 4420

E-Mail: Kathleen.Luenich@smul.sachsen.de

Bearbeitung:

Die Ergebnisse dieses Teilprojekts wurden im Rahmen einer Vergabe vom LfULG durch die Firma Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. (DGFZ e.V.) erarbeitet.

Titelfoto:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2018): durch Bergbau belastetes Gewässer am Dubringer Moor

Redaktionsschluss:

22.03.2019

Weitere Informationen finden Sie unter
www.vitamin-projekt.eu