

2020

Steckbriefliche Zusammenfassung von
Projektergebnissen im Rahmen des
Projektes Vita-Min

**Kompendium wirtschaftlicher und
umweltgerechter Best-Praxis
Lösungen für
Bergbaufolgemanagement sowie
aktiven Bergbau (TP 2.6)
Teil 2: Instrumente zur Ermittlung
geeigneter umweltgerechter
Verfahren**



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg VA / 2014–2020



Einführung, Hintergrund und Zielstellung

In dem durch die europäische Union geförderten Projekt „Vita-Min“ wurden in zahlreichen Teilprojekten Reinigungs- und Sanierungsverfahren für die sächsischen Erz- und Braunkohlenbergbaugebiete recherchiert, charakterisiert und bewertet. Für die meisten der Verfahren wurden Steckbriefe mit deren wesentlichen Eigenschaften erstellt. Da diese Ergebnisse aber in unterschiedlichen Berichten dokumentiert wurden, war es notwendig, alle recherchierten Reinigungsverfahren in einem Bericht zusammenzutragen. Deshalb wurden die Best-Praxis-Verfahren in einem Kompendium gebündelt, das den Behörden, Ingenieur- und Planungsbüros sowie Bergbautreibenden eine Handlungsunterstützung bietet.

Um den Nutzern die Suche nach möglichen Reinigungs- und Sanierungsverfahren zu erleichtern, wurde das online-Recherchetool „BEAST“ entwickelt. BEAST ist das Akronym für **B**ergbau-**A**ltaglastens**A**nsanierung**S**technologien. Dies ermöglicht eine Suche für Verfahren nach bestimmten Kriterien oder eine Freitextsuche.

Aufgrund der komplexen chemischen und physikalischen Prozesse in den bergbaugestörten Gebieten ist es mitunter nicht auf den ersten Blick offensichtlich, welche Verfahren für die Aufbereitung des Bergbauwassers geeignet sind. Als Entscheidungshilfe wurden für diese Fälle sogenannte Entscheidungsbäume entwickelt. Diese Entscheidungsbäume sollen dem Anwender eine Orientierungshilfe zur Auswahl eines zielführenden Sanierungsverfahrens geben. Allerdings können sie immer nur erste Anhaltspunkte für eine mögliche Auswahl von Verfahren liefern, da Planungen und Umsetzungen von Behandlungsverfahren jeweils immer stark standortabhängig sind und von weiteren spezifischen Randbedingungen mit bestimmt werden.

Methodik

Im ersten Schritt wurden alle bereits recherchierten Bergbausanierungsverfahren des Projekts Vita-Min und dessen Vorgängerprojekt VODAMIN aus den jeweiligen Berichten ermittelt. Weitere internationale Literaturquellen wurden ergänzend hinzugezogen. Die jeweiligen Informationen eines Verfahrens wurden anschließend für die Implementierung in die Datenbank des Recherchetools in ein einheitliches Schema überführt. Dieses orientiert sich an der Struktur der Datenbank, ist schutzgutbezogen und in vier Ebenen gegliedert, wie in Abbildung 1 beispielhaft verdeutlicht. Bis auf Ebene eins, Strategie, sind die Inhalte der Ebenen in der Abbildung aufgrund des Umfangs nicht vollständig dargestellt. Es lassen sich ebenfalls keine Rückschlüsse auf die Beziehungen der Inhalte zwischen den Ebenen ableiten.

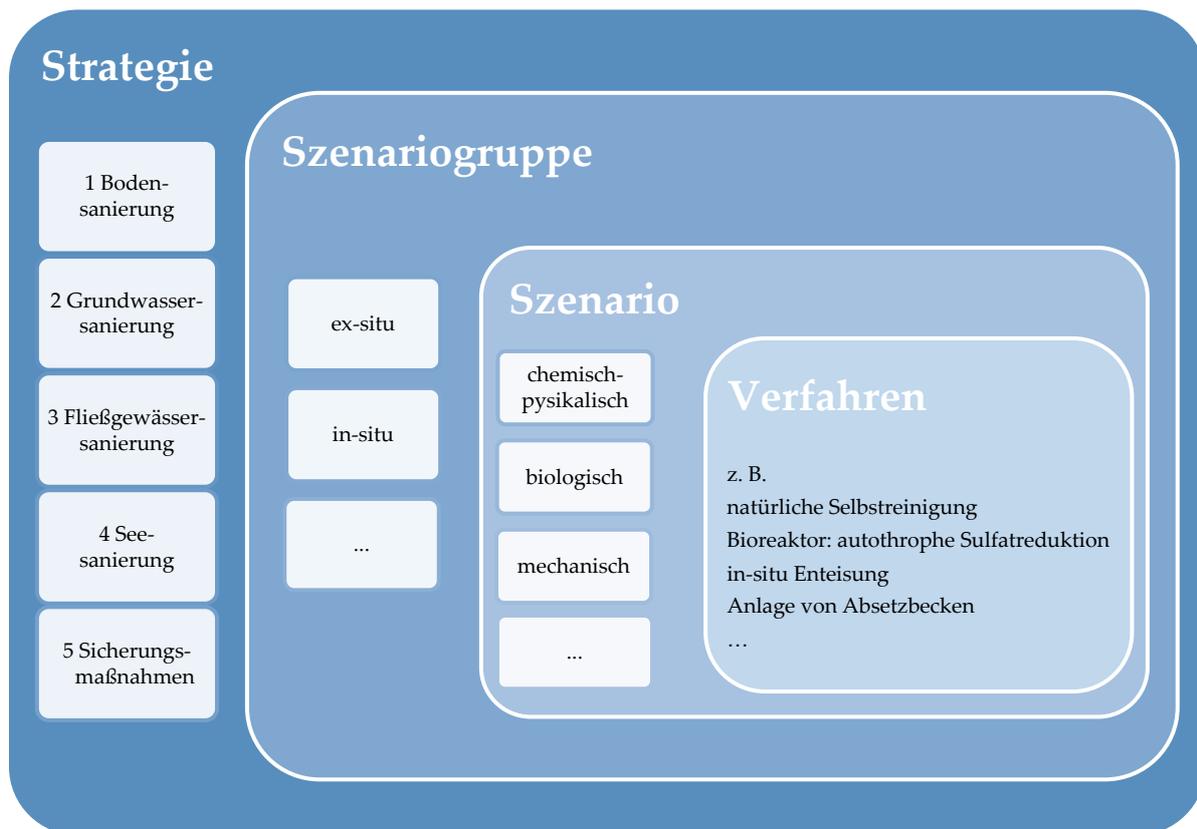


Abbildung 1: Schutzgutbezogene Gliederung der Verfahren (beispielhaft) in der BEAST-Anwendung

Die Datenbank bildet die Grundlage für das online-Recherchesystem BEAST, dessen Struktur Abbildung 1 zu entnehmen ist. Ausgehend von der Altdatenbank ATRIUM (Altlasten-Technologie Recherche im Umweltmanagement), die 2004 für die Recherche von Altlastentechnologien entwickelt wurde, erfolgte eine Erweiterung und Aktualisierung der Datenbasis um die Bergbauverfahren. Damit einhergehend wurde die Anwendung auf den Stand der Technik und Design nach Vorgaben des Freistaat Sachsen gebracht. Im Ergebnis steht eine moderne Rechercheanwendung für die freie Suche nach Altlasten- und Bergbausanierungsverfahren für die breite Öffentlichkeit zur Verfügung.

Im Anschluss an die Gliederung der Verfahren in die schutzgutbezogenen Kategorien wurden Entscheidungshilfen für die Auswahl möglicher Verfahren zur Aufbereitung bergbaubeeinflusster Wässer entwickelt. Diese sogenannten Entscheidungsbäume wurden in Form von Baumdiagrammen realisiert. Über die einzelnen Strategien gelangt der Nutzer über verschiedene jeweils relevante Entscheidungen zu den möglichen geeigneten Verfahren. Die Entscheidungen sind in den Entscheidungsbäumen bewusst nicht an Konzentrationen, Durchflüsse und andere Zahlen (wenn größer als...) geknüpft, da die jeweiligen Größen immer von anderen Größen abhängig sind (z. B. behandelbare Konzentration abhängig von vorhandener Fläche bzw. Aufenthaltszeit...). Nach jeder „Entscheidung“ am

Ende des Baumes muss im Rahmen einer ordnungsgemäßen Planung eine fundierte Einzelfallprüfung aufgrund konkreter Zahlen und Standortfaktoren erfolgen, da folgende Kriterien bei der Festlegung des endgültigen Verfahrens einzubeziehen sind:

- Eigentumsverhältnisse,
- weitere Kontaminationen in Wasser und Boden, die eine „Mit“-Behandlung ermöglichen oder ein bestimmtes Verfahren ausschließen,
- behördliche Vorgaben zu Ablaufwerten, die andere Grenzwerte festlegen als die, die mit dem gewählten Verfahren normalerweise erreichbar sind,
- lokal oder regional besonders gute oder schlechte Bezugsmöglichkeiten für einen benötigten Zuschlagstoff ein Verbrauchsmittel oder Energie,
- lokal oder regional besonders gute oder schlechte Entsorgungsmöglichkeiten für einen anfallenden Reststoff,
- bereits vorhandene Infrastruktur („Altanlagen“), die zu verhältnismäßig geringen Kosten und mit geringem Aufwand wieder in Betrieb genommen werden können (Beispiel: alte Grubenwasserreinigungsanlagen oder Ockerteiche) und
- der Wille der „Beteiligten“ einem bestimmten Verfahren zu Untersuchungs- oder Demonstrationszwecken den Vorzug zu geben.

Dennoch bieten die Entscheidungsbäume gemeinsam mit dem BEAST-Recherchetool ein unterstützendes Werkzeug für die Planung und Wissensbildung im Bereich der Bergbausanierung.

Ergebnisse und Diskussion

Die Behandlung von bergbaubeeinflussten Wässern ist meist eine Kombination eines oder mehrerer sich gegenseitig beeinflussender Teilprozesse. Abbildung 2 zeigt beispielhaft wie physikalische, chemische und biologische Verfahrensschritte bei den einzelnen Aufbereitungsverfahren zusammenwirken. Bei der Neutralisation von Grubenwässern werden Eisen (Fe) und Aluminium (Al) im Normalfall durch chemische Fällung bei einem pH von 8,5 abgeschieden. Erst bei höheren pH-Werten werden die hydroxidbildenden Metalle wie Mangan (Mn), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Nickel (Ni) und Cadmium (Cd) abgeschieden, indem sie durch Sorptionsprozesse an die Hydroxid-Schlämme von Eisen und Aluminium gebunden werden. Die gravitative Abscheidung der durch Fällung gebildeten Schwebstoffe aus der Wasserphase ist dagegen ein rein physikalischer Prozess.

*Die **Abscheidung** ist ein mechanisches Trennverfahren und trennt Stoffgemische (z. B. Emulsionen, Suspensionen oder Aerosole). Ziel ist die vollständige Entfernung eines oder mehrerer Bestandteile des Stoffgemisches (in der Praxis oft nicht zu erreichen).*

Insofern ist eine Strukturierung möglicher Verfahren lediglich nach dem Wirkmechanismus oder nach dem Schadstoff nicht immer zielführend.

Alle recherchierten Bergbausanierungsverfahren wurden entsprechend Abbildung 1 in die jeweiligen Ebenen eingeordnet. Diese Zuordnung bildet die Ausgangsbasis sowohl für das Kompendium als auch die Datenbank. Im Ergebnis entstand im ersten Schritt ein Kompendium mit wirtschaftlichen und umweltgerechten Best-Praxis Lösungen für das Bergbaufolgemanagement sowie für den aktiven Bergbau.

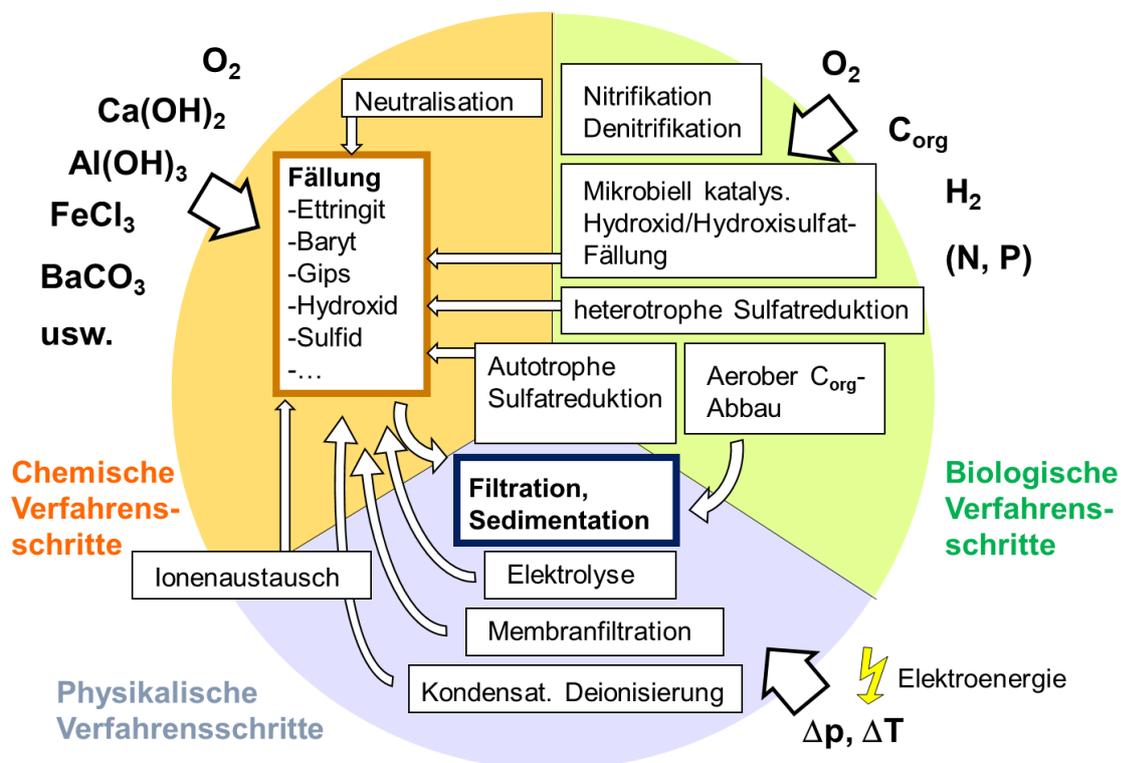


Abbildung 2: Zusammenwirken verschiedener Verfahrensschritte bei der Aufbereitung von bergbaubeeinflussten Wässern

Die recherchierten bergbauspezifischen Reinigungsverfahren wurden anschließend entsprechend der Zuordnung in die neu aufgesetzte Datenbank integriert. Die Datenbank enthält alle für das online-Recherchesystem BEAST notwendigen Inhalte für eine schnelle und komfortable Suche nach Altlasten- und Bergbausanierungsverfahren. Die Anwendung zeichnet sich durch kurze Ladezeiten, eine einfache und intuitive Bedienbarkeit, übersichtlich und gut strukturierte Navigation, Plattformunabhängigkeit (lauffähig in allen modernen Browsern) und die Einhaltung etablierter Standards (Verlinken des Logos mit der Startseite, Schriftarten & -größen, Linkkennzeichnung usw.) aus, wodurch eine hohe Benutzerfreundlichkeit gegeben ist.

Kompendium wirtschaftlicher und umweltgerechter Best-Praxis Lösungen für Bergbaufolgemanagement sowie aktiven Bergbau (TP 2.6)

Teil 2: Instrumente zur Ermittlung geeigneter umweltgerechter Verfahren

Ausgehend von der Startseite startet die Anwendung mit einer Basissuche, die eine Volltext- und Hierarchiesuche anbietet. Auf den weiteren Seiten, ist die Basissuche immer präsent. Über die Filterfunktion können die Ergebnisse weiter spezifiziert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Filtermöglichkeiten abhängig vom Datenbestand des Verfahrens sind. Das bedeutet, wenn keine Informationen zu einem Thema hinterlegt sind, wie z. B. Eignungen für bestimmte Böden und Materialien, kann nach diesem Aspekt nicht gefiltert werden. Nutzer, die wissen was sie suchen oder einen Einblick in die Datentiefe (welche Schadstoffe, welche Materialien/Böden, ...) erhalten möchten, können die Suche spezifischer über die erweiterte Suche durchführen (vgl. Abbildung 3). Über die alphabetische Liste werden alle Verfahren sortiert nach dem Alphabet aufgeführt. Damit kann sich der Nutzer einen Überblick über die gesamte Ergebnisliste verschaffen. Ein Aufruf des Links unterhalb der Verfahren führt zu den hinterlegten Detailinformationen des jeweiligen Verfahrens. Die Funktion "Exportieren als PDF" speichert die Verfahrensinformationen in einer PDF-Datei, die der Nutzer auf seinem PC ablegen kann.

The screenshot shows the BEAST application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'sachsen.de' and menu items: 'Sachsen', 'Politik und Verwaltung', 'Themen', 'Service', and a search box 'Wonach suchen Sie?'. Below the navigation bar, the page title is 'BEAST Bergbau-Altlasten-Sanierungstechnologien'. On the left side, there is a sidebar with a menu: 'Portal Wasser, Wasserwirtschaft', 'BEAST Anwendung', 'Verfahren anmelden', and 'Ansprechpartner'. The main content area is titled 'Einfache Suche' and 'Alphabetische Liste'. It contains three columns of search filters: 'Organika', 'Schwermetalle', and 'sonstige Anorganika'. Each column has a list of checkboxes for various substances. Below these columns, there is a section 'Anwendungsstand in der Praxis' with radio buttons for different stages: 'Alle', 'Stand der Technik', 'Entwicklungsphase', 'Pilotanlage', 'Referenzanlage', 'veraltet, nicht Stand der Technik', 'großtechnischer Einsatz, Entwicklung stagniert', and 'keine Angabe'.

Abbildung 3: Ausschnitt der erweiterten Suche

Die Datenbank ist prinzipiell mit weiteren Verfahren durch das LfULG erweiterbar. Jeder Nutzer, der weitere Verfahren kennt, hat die Möglichkeit über den Menüpunkt „Verfahren melden“ ein neues Verfahren mit den Detailinformationen an das LfULG zu melden.

Kompendium wirtschaftlicher und umweltgerechter Best-Praxis Lösungen für Bergbaufolgemangement sowie aktiven Bergbau (TP 2.6)

Teil 2: Instrumente zur Ermittlung geeigneter umweltgerechter Verfahren

Darüber hinaus wurden die Entscheidungsbäume für alle fünf Punkte der Ebene 1 „Strategie“ erarbeitet. Verfahren, die noch nicht großtechnisch eingesetzt wurden oder noch erheblichen Entwicklungen bedürfen, wurden nicht in die Entscheidungsbäume aufgenommen, wie:

- autotrophe Sulfatreduktion
- Membranelektrolyseverfahren
- Bariumsulfatfällung.

Das Prinzip der Entscheidungsbäume wird im Folgenden anhand der Strategie „Fließgewässersanierung“ verdeutlicht. Abbildung 4 stellt zunächst alle Verfahren zur Fließgewässersanierung untergliedert nach dem Schadstoffspektrum dar. Daraus kann entnommen werden, welches Verfahren in Abhängigkeit des Platzangebotes, Volumenstromes bzw. Flusswasser- und Energiedargebotes in Frage kommt. Neben dem Schadstoffspektrum ist das Gewässerdurchflussvolumen das Hauptkriterium für die Auswahl eines aktiven oder passiven In-situ-Verfahrens. Erst danach werden die pH-Bedingungen im Wasser und dessen Sauerstoffgehalt relevant. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen den Entscheidungsbaum konkret für den Schadstoff Sulfat sowie Schwermetalle und Arsen. Durch Beantwortung der Fragen im Flussdiagramm gelangt der Nutzer zu einem für das Problem geeigneten Reinigungsverfahren. Die Verfahrensnummern, z. B. Verf. 3.2, verweisen auf die im Kompendium beschriebenen Verfahren.

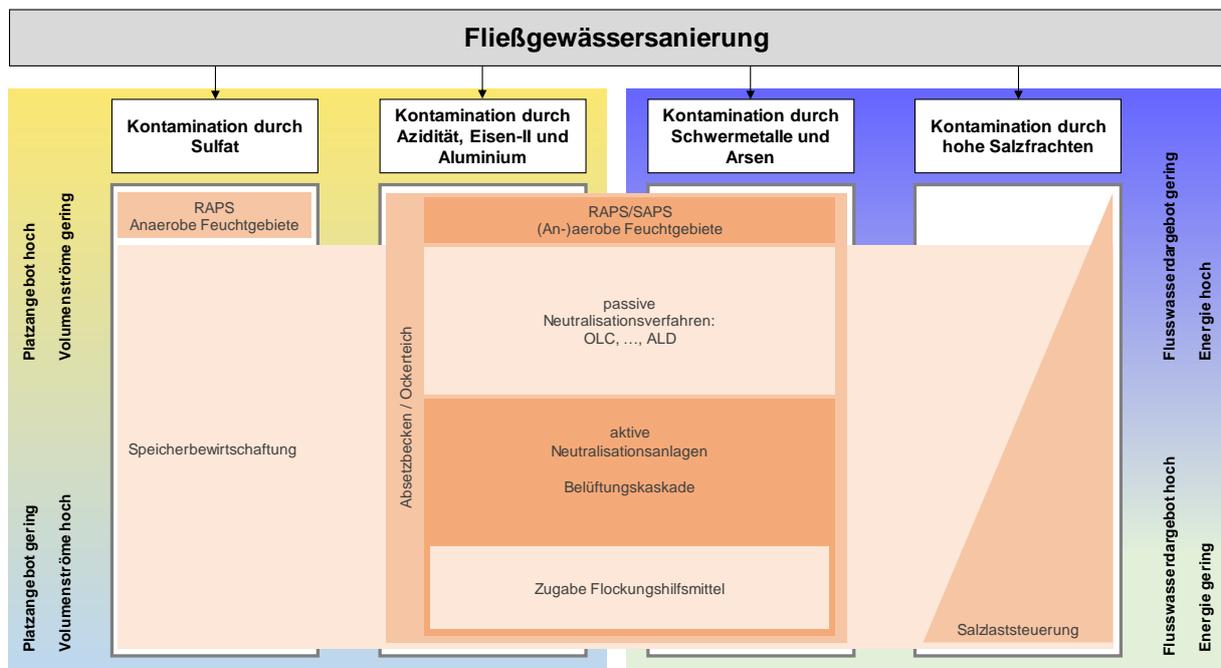


Abbildung 4: Zusammenstellung von Verfahren zur Behandlung bergbaubeeinflusster Fließgewässer in Abhängigkeit des Schadstoffspektrums, des Platzangebotes, des Volumenstromes bzw. im Falle hoher Salzfrachten vom Wasser- und Energieangebot.

Kompendium wirtschaftlicher und umweltgerechter Best-Praxis Lösungen für Bergbaufolgemanagement sowie aktiven Bergbau (TP 2.6)

Teil 2: Instrumente zur Ermittlung geeigneter umweltgerechter Verfahren

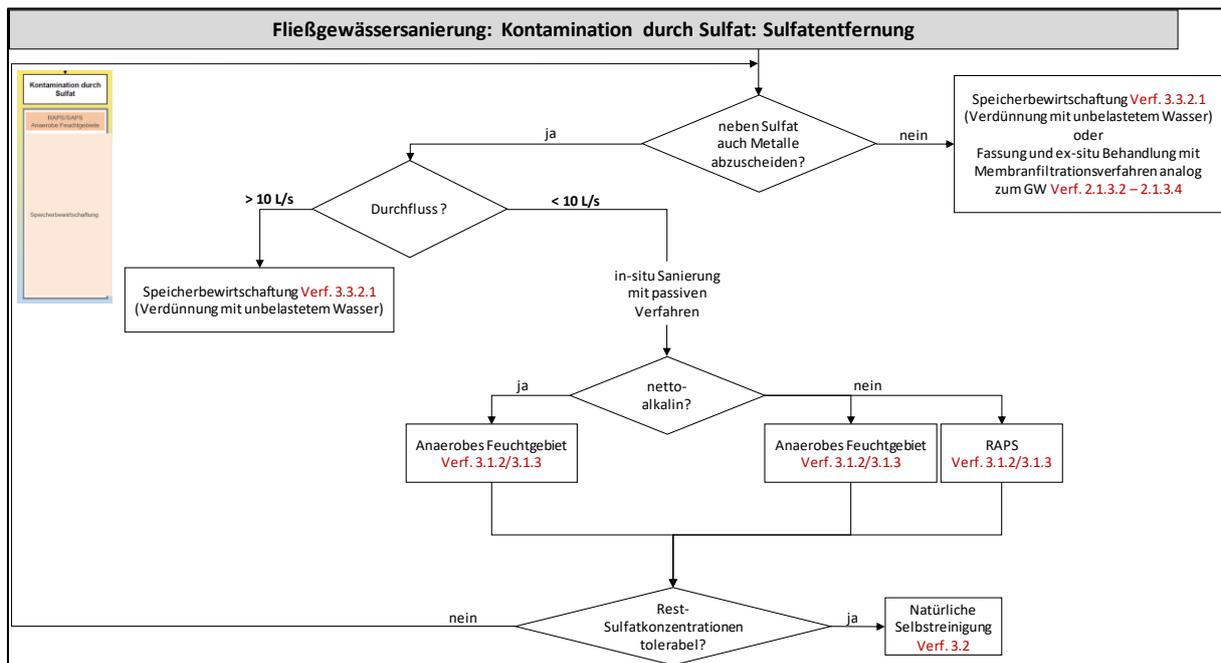


Abbildung 5: Entscheidungsbaum zur Auswahl von Verfahren zur Fließgewässersanierung bei hohen Sulfatfrachten

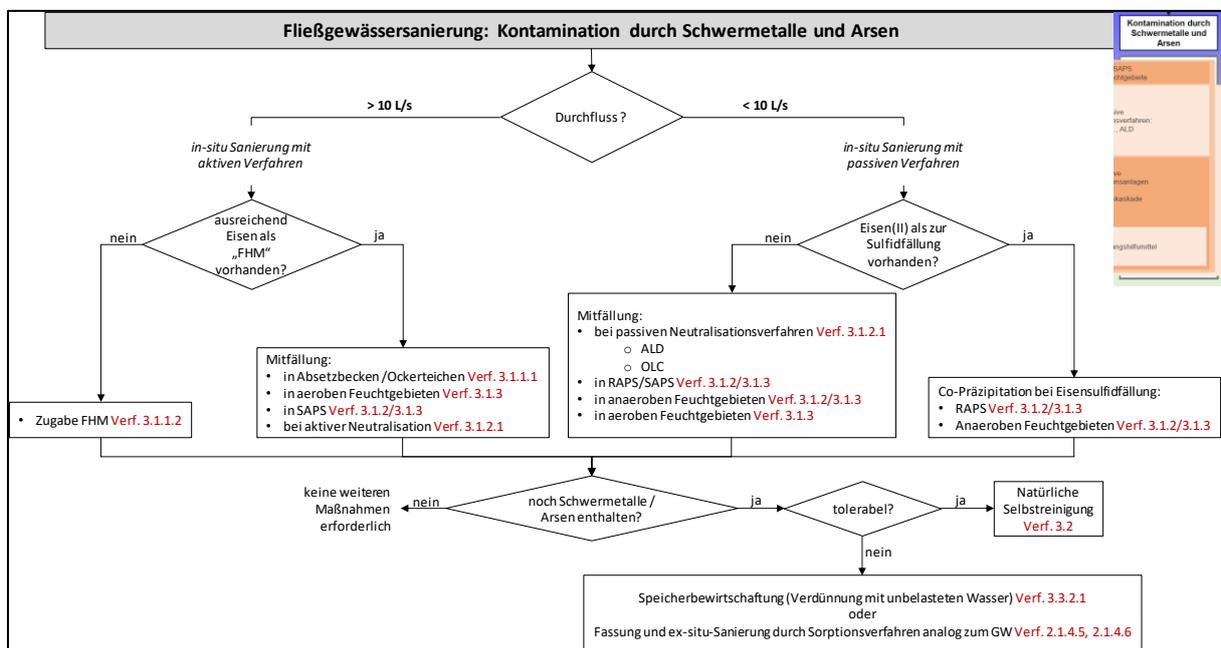


Abbildung 6: Entscheidungsbaum zur Auswahl von Verfahren zur Fließgewässersanierung bei Kontamination durch Schwermetalle und Arsen

Die Entscheidungsbäume für die vier weiteren Strategien sowie das Kompendium können dem Abschlussbericht zum Teilprojekt entnommen werden. Es sei

nochmal darauf hingewiesen, dass die Entscheidungsbäume eine Detailplanung und -einschätzung vor Ort nicht ersetzen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das erarbeitete Kompendium fasst den Großteil der in Sachsen gängigen Bergbausanierungsverfahren zusammen. Es bietet Planern, Behörden, Ingenieurbüros, etc. eine Übersicht der Verfahren mit einer kurzen Beschreibung und den wichtigsten Fakten. Diese Informationen wurden in einer Datenbank digital zusammengefasst, um dem Nutzer eine komfortable Suche der Verfahren zu ermöglichen. Umgesetzt wurde die Datenbank in der BEAST-Anwendung. Dieses Online-Recherchesystem ist unter www.vitamin-projekt.eu für die Nutzer erreichbar. Die erarbeiteten Entscheidungsbäume für alle Strategien sind im Abschlussbericht, der unter der oben genannten Adresse abrufbar ist, einsehbar.

Sofern Ihnen neue, einsatzbereite Verfahren bekannt sind, können Sie uns gerne über die BEAST-Anwendung eine Mitteilung mit den entsprechenden Informationen zukommen lassen.

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 Kooperationsprogramms 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

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Ansprechpartner: Kathleen Lünich

Telefon: 0351/ 89284420

E-Mail: kathleen.luenich@smul.sachsen.de

Bearbeitung:

Die Ergebnisse dieses Teilprojekts wurden im Rahmen einer Vergabe des LfULG federführend durch die Firma Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. erarbeitet. Als Nachauftragnehmer waren das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. und die VisDat geodatentechnologie GmbH tätig.

Titelfoto:

LfULG (2020): Grundwasserhebung im Braunkohletagebau Nochten

Redaktionsschluss:

30.04.2020

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