

# **Orientierende Altlastenuntersuchung am Standort der Talsperre Windischleuba**

THALIS-Kennziffer 03347



**Sakosta GmbH**  
**23. Februar 2026**  
**mit Ergänzung vom 26.03.2026**

---

Landratsamt Altenburger Land  
Talsperre Windischleuba  
Orientierende Altlastenuntersuchung

Projekt-Nr.:  
25ZH00004.1

23.02.2026  
Seite 2

**Prüfort/Projekt:** Talsperre Windischleuba  
**- Orientierende Altlastenuntersuchung -**

**Auftraggeber:** Landratsamt Altenburger Land  
Lindenaustraße 9  
04600 Altenburg

**Datum des Auftrags** 28.02.2025

**Inhalt des Auftrags:** Durchführung einer Orientierenden Untersuchung nach BBodSchG und BBodSchV

---

**Bearbeiter:** Dipl.-Geoökologe Dr. J. C. Forster  
Sakosta GmbH  
Schulgasse 18  
OT Ziegelheim  
04603 Nobitz  
Tel.: 034494 831-0  
Fax: 034494 831-17

**Seitenzahl des Berichtes:** 54

**Anlagenteile:** 7

**Übergabe:** Aushändigung in einfacher Ausfertigung digital  
an den Auftraggeber

---

*Die auszugsweise Wiedergabe dieses Untersuchungsberichts und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der SakostaSKB GmbH.*

## Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>6</b>
<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>14</b>
1.1 Veranlassung .....	14
1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	14
<b>2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets.....</b>	<b>17</b>
2.1 Allgemeine Angaben zum Standort .....	17
2.2 Lage und Abgrenzung des Altstandorts sowie Nutzung der Umgebung .....	18
2.3 Lage zu Schutz- und Vorranggebieten .....	18
2.4 Administrative Zugehörigkeit, Eigentumsverhältnisse.....	18
2.5 Geologie, Hydrogeologie und Klima .....	19
2.5.1 Geologie und Hydrogeologie.....	19
2.5.2 Klima.....	19
2.6 Bau- und Nutzungsgeschichte .....	19
2.6.1 Von der Inbetriebnahme bis zum Umbau 2001 .....	19
2.6.2 Hochwasserschutzgerechter Umbau.....	20
2.7 Gegenwärtige Nutzung und Zustand.....	21
2.8 Geplante Nutzung .....	21
2.9 Vorkommnisse/Havarien .....	21
2.10 Verlandungshistorie .....	21
<b>3 Quellen- und Literaturverzeichnis .....</b>	<b>23</b>
<b>4 Untersuchungsplan .....</b>	<b>24</b>
4.1 Relevante Schutzgüter.....	24
4.2 Inhaltliche Vorgaben .....	24
4.3 Durchgeführte Untersuchungen .....	25
4.3.1 Verlandungsbereich .....	25

4.3.2	Aufschüttungsbereich.....	27
4.3.3	Bestimmung von Radionukliden.....	30
4.4	Analysenparameter und Referenzwerte .....	30
<b>5</b>	<b>Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>33</b>
5.1	Untergrundverhältnisse (Geologie).....	33
5.1.1	Verlandungsbereich .....	33
5.1.2	Aufschüttungsbereich.....	33
5.2	Grundwasserverhältnisse (Hydrogeologie).....	33
5.2.1	Verlandungsbereich .....	33
5.2.2	Aufschüttungsbereich.....	34
5.3	Bodenuntersuchungen im Verlandungsbereich .....	35
5.3.1	Untersuchungen im Feststoff .....	35
5.3.2	Untersuchungen im Eluat.....	36
5.4	Bodenuntersuchungen im Aufschüttungsbereich .....	36
5.4.1	Untersuchungen im Feststoff .....	36
5.4.2	Untersuchungen im Eluat.....	37
5.4.3	Untersuchungen zum Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze .....	37
5.5	Bestimmung von Radionukliden.....	37
<b>6</b>	<b>Bewertung der Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>39</b>
6.1	Schadstoffeigenschaften.....	39
6.2	Darstellung der Kontaminationssituation .....	41
6.2.1	Verlandungsbereich .....	41
6.2.2	Aufschüttungsbereich.....	43
6.3	Ausbreitungspfade .....	46
6.4	Exposition von Schutzgütern.....	47
6.5	Nachweis akuter Gefahren.....	50
6.6	Bewertung der Gefährdung für Schutzgüter und des resultierenden Risikos.....	50
6.7	Lücken in der Datenlage und Unschärfen in der Bewertung.....	51
6.8	Radionuklide .....	51
<b>7</b>	<b>Empfehlungen zum weiteren Handlungsbedarf.....</b>	<b>54</b>

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Bohr- und Probenahmeumfang im Verlandungsbereich.....	25
Tabelle 2:	Bohr- und Probenahmeumfang im Verlandungsbereich.....	25
Tabelle 3:	Zusammensetzung der Mischproben aus dem Aufschüttungsbereich .....	27
Tabelle 4:	Messprogramm für Radionuklide in Bodenproben .....	31
Tabelle 5:	Grundwasserstände in den Bohrlöchern der Kleinrammbohrungen im Verlandungsbereich.....	33
Tabelle 6:	Physikalisch-chemische Kenngrößen und toxikologische Eigenschaften der untersuchten organischen und anorganischen Schadstoffe .....	38
Tabelle 7:	Messwertbereiche und Prüfwerte für Halb- und Schwermetalle im Eluat von 14 Einzelproben aus dem Verlandungsbereich .....	41
Tabelle 8:	Mittlere Schadstoffgehalte und Abschätzung der Schadstoffmengen in der Aufschüttung und im unterlagernden Auelehm .....	43
Tabelle 9:	Schadstoffkonzentrationen im Oberboden des Aufschüttungsbereichs und Überschreitungen von Referenzwerten im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze .....	44
Tabelle 10:	Anteile der mobilisierbaren Schwermetalle bezogen auf die Konzentration im Königswasser-Auszug .....	45

## **Abkürzungen**

BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung
Bq	Bequerel (Maßeinheit der Aktivität eines radioaktiven Stoffes)
BTEX	Benzol und alkylierte Benzole, im engeren Sinne Toluol, Ethylbenzol, Xylole
ET	Endteufe
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
GOK	Geländeoberkante
GWM	Grundwassermessstelle
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	Kohlenwasserstoffe mit 10 bis 40 Kohlenstoffatomen, Bestimmung mittels Gaschromatographie
KRB	Kleinrammbohrung
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe; veraltete Bestimmungsmethode mittels Infrarot-Spektroskopie
MW	Materialwert aus Anlage 1 Tabelle 4 der BBodSchV
NHN	Normalhöhennull
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
SM	Schwermetall(e)
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
THALIS	Thüringer Altlasteninformationssystem
TK	Topographische Karte
TLUBN	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
u. GOK	unter Geländeoberkante
uGOK	unter Geländeoberkante

## **Anlagenverzeichnis**

### **Anlage 1: Lage- und Übersichtspläne**

- Anlage 1.1: Auszug aus der topografischen Karte mit Lage des Untersuchungsgebiets; Maßstab 1 : 50.000 (1 Plan)
- Anlage 1.2: Auszug aus der topografischen Karte mit Kennzeichnung der an die Talsperre angrenzenden Gemarkungen und Fluren; Maßstab 1 : 10.000 (1 Plan)
- Anlage 1.3: Auszug aus der geologischen Karte mit Kennzeichnung des Untersuchungsgebiets; Maßstab 1 : 20.000 (1 Plan)
- Anlage 1.4: Auszug aus der hydrogeologischen Übersichtskarte mit Kennzeichnung des Untersuchungsgebiets; Maßstab 1 : 50:000 (1 Plan)
- Anlage 1.5: Übersichtsplan mit Abgrenzung von Untersuchungsteilbereichen, vorgeschlagenen Ansatzpunkten für Kleinrammbohrungen sowie im Vorfeld zu erkundender Zugangswege; Maßstab 1 : 7.500 (1 Plan)
- Anlage 1.6: Lageplan der Talsperre Windischleuba mit Aufschlusspunkten im Verlandungsbereich; Maßstab 1 : 5.000 (1 Plan)
- Anlage 1.7: Lageplan des Aufschüttungsbereiches an der Talsperre Windischleuba; Maßstab 1 : 1.000 (1 Plan)

### **Anlage 2: Dokumentation der Kleinrammbohrungen und Probenahmen**

- Anlage 2.1: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der Aufschlüsse K 1 bis K 9 im Verlandungsbereich (18 Seiten)
- Anlage 2.2: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der Aufschlüsse K 1 bis K 18 im Aufschüttungsbereich (36 Seiten)
- Anlage 2.3: Probenahmeprotokolle zum Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze im Aufschüttungsbereich (72 Seiten)

### **Anlage 3: Vermessungsprotokolle**

- Anlage 3.1: Vermessungsprotokoll der Kleinrammbohrungen im Verlandungsbereich (1 Seite)
- Anlage 3.2: Vermessungsprotokoll der Kleinrammbohrungen im Aufschüttungsbereich (1 Seite)

### **Anlage 4: Dokumentation der Laboruntersuchungen**

- Anlage 4.1: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000123-02 zu Auftrag 12548150 vom 13.01.2026 (7 Seiten)
- Anlage 4.2: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000124-03 zu Auftrag 12548150 vom 19.01.2026 (15 Seiten)
- Anlage 4.3: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000125-03 zu Auftrag 12548150 vom 19.01.2026 (15 Seiten)

- Anlage 4.4: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000126-03 zu Auftrag 12548150 vom 19.01.2026 (35 Seiten)
- Anlage 4.5: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000128-03 zu Auftrag 12550386 vom 06.02.2026 (34 Seiten)
- Anlage 4.6: Prüfbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH Nr. AR-26-JE-000129-03 zu Auftrag 12550130 vom 19.01.2026 (9 Seiten)
- Anlage 5: Zusammenstellung der Analysenergebnisse**
- Anlage 5.1: Übersichtstabelle zu den Bodenuntersuchungen im Verlandungsbereich (Feststoff und Eluat; nur digital)
- Anlage 5.2: Übersichtstabelle zu den Bodenuntersuchungen im Aufschüttungsbereich (Feststoff und Eluat; nur digital)
- Anlage 5.3: Übersichtstabelle zu den Oberbodenuntersuchungen, Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze/Grünland (Feststoff; nur digital)
- Anlage 5.4: Ergebniszusammenstellung der Radionuklidanalysen (Feststoff; nur digital)
- Anlage 6: Beurteilung der möglichen Remobilisierung von Sedimenten und deren Transport unter Berücksichtigung der hydraulischen Verhältnisse im Stausee Windischleuba und unterhalb im Rahmen der orientierenden Altlastenuntersuchung**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl  
Ingenieurbüro für Wasserbau, Wasserwirtschaft und Technische Hydromechanik; Dresden, März 2026
- Anlage 7: Ergebnisdarstellungen**
- Anlage 7.1: Lageplan des Verlandungsbereichs mit Konzentrationsangaben ausgewählter Schadstoffe im Boden (Feststoff); Maßstab 1 : 5.000 (1 Plan)
- Anlage 7.2: Lageplan des Verlandungsbereichs mit Konzentrationsangaben ausgewählter Schadstoffe im Boden (Eluat); Maßstab 1 : 5.000 (1 Plan)
- Anlage 7.3: Lageplan des Aufschüttungsbereichs mit Konzentrationsangaben ausgewählter Schadstoffe im Boden (Feststoff); Maßstab 1 : 1.000 (1 Plan)
- Anlage 7.4: Lageplan des Aufschüttungsbereichs mit Angaben zur Cadmiumbelastung im Oberboden (Feststoff); Maßstab 1 : 1.000 (1 Plan)
- Anlage 7.5: Lageplan des Aufschüttungsbereichs mit Konzentrationsangaben ausgewählter Schadstoffe im Boden (Eluat); Maßstab 1 : 1.000 (1 Plan)

## **Zusammenfassung**

Aufgrund der im Zuge der Historischen Erkundung /1/ gewonnenen Erkenntnisse war mit einer Orientierenden Altlastenuntersuchung (OU) zu überprüfen, ob am Standort der Talsperre Windischleuba eine schädliche Bodenveränderung im Sinne von § 2 Absatz 3 BBodSchG vorliegt.

Mit „Talsperre Windischleuba“ wird die Fläche bezeichnet, die durch den Aufstau der Pleiße ab 1953 von einem Stausee bedeckt war. Die derzeit noch freie Wasserfläche ist von der OU ausgeschlossen.

Der Untersuchungsplan aus der Aufgabenstellung des Landratsamtes Altenburger Land (Auftraggeber, AG) geht auf die Historische Erkundung von 2022 zurück. Dabei wird zwischen dem Verlandungsbereich (trocken gefallene und stark bewachsene Flächen im ehemaligen Stausee) und dem Aufschüttungsbereich (als Grünland genutzte Halde aus umgelagerten Stauseesedimenten im Südwesten des Verlandungsbereichs) unterschieden. Die beiden Teilflächen befinden sich fast vollständig im Eigentum der Talsperrenverwaltung des Freistaats Sachsen.

Im Verlandungsbereich waren sechs Aufschlüsse mittels Kleinrammbohrungen (KRB) herzustellen und daraus Bodenproben in (maximal) metrischen Intervallen für die Laboruntersuchung zu entnehmen. Im Nachgang der Ortsbegehung am 25.08.2025 wurde die Anzahl der KRB durch den AG auf neun erhöht. Daraus wurden 26 Feststoffproben auf die Parameter der Materialwerte in Anlage 1, Tabelle 4 der BBodSchV /9/ analysiert, um einen Überblick über die Gesamtbelastung mit Schadstoffen zu erhalten. Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser wurden von 14 Proben Eluate im Wasser:Boden-Verhältnis von 2:1 hergestellt und auf die Parameter der Anlage 2, Tabellen 1 und 3 der BBodSchV analysiert. Weiterhin wurden ausgewählte Misch- und Einzelproben auf Radionuklide untersucht.

Der Aufschüttungsbereich wurde mit 18 Kleinrammbohrungen erschlossen. Daraus wurden zunächst Einzelproben in (maximal) metrischen Intervallen entnommen. Zur Bildung von Sammelproben wurden Einzelproben des aufgeschütteten Materials (Entnahmetiefe ca. 0-2,1 m) und des unterlagernden Auelehms (Entnahmetiefe ca. 2.1-3,1 m) je KRB gebildet; die schichtbezogenen Mischproben aus jeweils drei benachbarten KRB wurden zu Sammelproben vereinigt, die zur Laboruntersuchung gebracht wurden. Alle 12 Sammelproben aus beiden Entnahmetiefen wurden auf die Parameter der o. g. Materialwerte im Feststoff untersucht. Von einer Teilmenge der 6 Sammelproben aus dem aufgeschütteten Material wurden Eluate hergestellt und auf die Prüfwerte zum Wirkungspfad Boden-Grundwasser analysiert. Eine weitere Teilmenge wurde zur Bestimmung der Radionuklide eingesetzt.

Weiterhin wurden im Aufschüttungsbereich auf 18 Teilflächen (jeweils im Umkreis der 18 KRB) Mischproben aus den Tiefen 0-10 cm und 10-30 cm gewonnen. Aus den insgesamt 36 Mischproben wurden je Bodentiefe 6 Sammelproben gebildet und nach dem Parameterspektrum der Anlage 2, Tabelle 7 der BBodSchV (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen) untersucht.

Alle Laboruntersuchungen wurden vom Landratsamt Altenburger Land an die Eurofins Umwelt Ost GmbH vergeben. Die Laboruntersuchung wurde aufgrund von Nachlieferungen am 16.03.2026 abgeschlossen.

Nachdem die Vorerkundungen ergeben hatten, dass die in der Verlandungszone geplanten

Bohrstellen mit vertretbaren Anpassungen auch ohne Befestigung erreichbar sein würden, wurden die Fahrtrassen für das Bohrgerät im Zeitraum vom 08.09. bis zum 10.09.2025 hergestellt. Die Ausführung aller KRB erfolgte im Zeitraum vom 27.10. bis zum 07.11.2025.

Im Zuwendungsbescheid der Thüringer Aufbaubank wurde unter Punkt 9. im 3. Anstrich gefordert „zu bewerten, ... ob und ggf. in welchem Umfang aufgrund der abgelagerten und zwischenzeitlich bewachsenen Sedimente und deren hydraulischer Belastung im Falle eines Hochwassers (HQ 100) tatsächlich eine Gefährdung des bebauten Innenbereichs der Ortslage Fockendorf zu erwarten ist.“ Diese Fragestellung wurde auf Grundlage eines Nachtragsangebots und im Nachauftrag der Sakosta GmbH durch Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl (Ingenieurbüro für Wasserbau, Wasserwirtschaft und Technische Hydromechanik) aus Dresden bearbeitet (siehe Anlage 6).

#### Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

In der Verlandungszone war das Verlandungssediment aus überwiegend feinsandigem Schluff zwischen 0,7 m und 4,0 m mächtig. Darunter folgten je nach Bohrtiefe Auelehm, kiesige Flusssande und verwittertes Festgestein (Sandstein, Porphy). Das gespannte Grundwasser stand im Bohrloch bei Ruhe zwischen 1,33 m unter GOK und der Geländeoberkante.

Die aufgeschütteten Sedimente aus feinsandigem Schluff waren im Mittel 2,1 m mächtig. Darunter wurde i. d. R. bis 5,0 m Tiefe Auelehm aus feinsandigem Schluff erbohrt. Die Grenze zwischen beiden war häufig nur schwer erkennbar; lediglich im Aufschluss K 18 wurde in 2,0-2,3 m Tiefe der überschüttete Ackerboden eindeutig erkannt. In drei Aufschlüssen wurden grundwasserführende Flusssande erreicht (K 8, K 13, K 18).

#### Ergebnisse der Bodenuntersuchungen in der Verlandungszone

Die Böden wiesen Verunreinigungen mit Halb- und Schwermetallen im Feststoff auf (vgl. Anlagen 5.1 und 7.1):

- Cadmium in 21 Proben, maximal 92,7 x Materialwert (MW);
- Chrom in 14 Proben, maximal 5,84 x MW;
- Zink in 11 Proben, maximal 1,73 x MW;
- Arsen in 7 Proben, maximal 2,22 x MW;
- Quecksilber in 3 Proben, maximal 1,4 x MW;
- Blei in 1 Probe, 1,21 x MW.

In jeweils einer Probe wurde der Materialwert für die PAK-Summe (+2,8 %) und für EOX (+10 %) übertroffen. Betroffen sind hauptsächlich Verlandungssedimente, in viel geringerem Maße auch einige Auelehmhorizonte.

Im Eluat mehrerer Sedimentproben wurden die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme überschritten (vgl. Anlagen 5.1 und 7.2):

- in einer Probe bezüglich Bor (+7 %);
- in zwei Proben bezüglich Cadmium (maximal +323 %);
- in einer Probe bezüglich Chrom-gesamt (+60 %);

- in vier Proben bezüglich Chrom-VI (maximal +225 %).

Hauptschadstoffe in der Verlandungszone sind demnach Cadmium und Chrom.

Die Ursache für die einzige Prüfwertüberschreitung bei Kohlenwasserstoffen im Aufschluss K 1 ist nicht gänzlich nachvollziehbar.

Die radiologischen Untersuchungen ergaben für Kalium-40 Aktivitäten im üblichen Rahmen (600-700 Bq/kg), z. T. auch darunter. Die Isotope der Uran-238-Reihe werden als leicht erhöht eingestuft. Im Bodenschutzrecht gibt es keine Referenzwerte.

### Ergebnisse der Bodenuntersuchungen in der Aufschüttungszone

Im Feststoff wurden Schadstoffbelastungen über dem Materialwert in Anlage 1, Tabelle 4 der BBodSchV festgestellt (vgl. Anlagen 5.2 und 7.3):

- Cadmium in allen 12 Sammelproben (maximal 39,3 x MW in der Sedimentaufschüttung und 19,8 x MW im Auelehm);
- Chrom in 8 Sammelproben (maximal 1,52 x MW), davon nur 2 Proben aus dem Auelehm;
- Zink in 1 Sammelprobe (3 % über dem MW).

Die PAK-Summe (16 Verbindungen) übertraf mit Messwerten von 1,07 bis 5,42 mg/kg den MW nicht.

In den nur von den aufgeschütteten Sedimenten erstellten Eluaten waren folgende Ergebnisse auffällig (vgl. Anlagen 5.2 und 7.4):

- Cadmium in 4 Sammelproben (max. 10,1 x Prüfwert);
- Chrom-VI in 2 Sammelproben (jeweils 1,1 x Prüfwert).

Die Untersuchungen zum Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ergaben Überschreitungen des Maßnahmenwerts in 4 Sammelproben aus der Tiefe 0-10 cm (maximal um 141,5 %) und in 3 Sammelproben aus der Bodentiefe 10-30 cm (maximal um 119 %).

Die radiologischen Untersuchungen ergaben eine einheitliche Verteilung der Radionuklide in den sechs untersuchten Mischproben der Sedimentaufschüttung. Im Gegensatz zur Verlandungszone wurden keine erhöhten Isotopenaktivitäten der Uran-238-Reihe gemessen.

### Wirkungspfade und Schadstoffexposition von Schutzgütern

In der Verlandungszone wurde zunächst der Wirkungspfad Boden-Mensch (Direktpfad) betrachtet, für den die Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen in Anlage 2, Tabelle 4 der BBodSchV herangezogen wurden, soweit die betreffenden Schadstoffe analysiert wurden. Im obersten Bodenmeter wurde der Prüfwert für Cadmium (50 mg/kg) in zwei Fällen und derjenige für Chrom (400 mg/kg) in vier Fällen überschritten.

Eine Schadstoffexposition von Personen ist unter Beachtung der konkreten Betretungssituation unwahrscheinlich.

Im Falle einer Verfrachtung von Sedimenten bei einem Hochwasser ist der Innenbereich der Gemeinde Fockendorf nicht betroffen (vgl. Anlage 6). Das Material würde auf den Grünlandflächen der Pleißenaue abgelagert werden, die als wenig sensibel in Bezug auf den Wirkungspfad

Boden-Mensch eingeschätzt werden.

Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser sind die o. g. Prüfwertüberschreitungen für Bor, Cadmium, Chrom-VI und Zink in Anzahl und Höhe als weniger gravierend zu bewerten, zumal ein Handlungsbedarf zumeist ab dem Fünf- bis Zehnfachen des Prüfwerts gesehen wird. Gegen eine relevante Schadstoffverfrachtung in das Grundwasser sprechen die klimatische Trockenheit des Standorts, die dichte Pflanzendecke und die Rückhaltefähigkeit des die Verlandungssedimente unterlagernden Auelehms. Die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Schadstoffexposition des Grundwassers wird somit als gering eingeschätzt.

In der Verlandungszone steht der Vorfluter Pleiße in unmittelbarem hydraulischem Kontakt mit dem oberflächennahen Grundwasserleiter. Eine Schadstoffexposition des Oberflächenwassers über das Grundwasser ist folglich ebenfalls unwahrscheinlich.

Im Aufschüttungsbereich ist der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze prioritär zu betrachten. Von einer Aufnahme von Cadmium durch den Grünlandbewuchs ist auszugehen. In der Nachfolge können Tiere und Menschen betroffen sein. Eine gefahrenrelevante Schadstoffexposition der genannten Schutzgüter liegt zumindest auf der Hälfte der Fläche vor.

Eine Schadstoffexposition von Personen ist auf der Grünlandfläche aufgrund deren Lage und Zugänglichkeit unwahrscheinlich, sodass der Wirkungspfad Boden-Mensch ausscheidet.

Für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser gelten die Argumente aus dem Verlandungsbereich gleichermaßen. Daraus wird gefolgert, dass keine relevante Schadstoffexposition des Grundwassers besteht.

### Gefährdungslage

Im dem von Überschreitungen des Maßnahmenwerts betroffenen Teil der Aufschüttungsfläche besteht eine akute Gefahrenlage in Bezug auf die pflanzliche Aufnahme von Cadmium. Somit liegt eine schädliche Bodenveränderung vor.

Hinsichtlich der Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Grundwasser(-Oberflächenwasser) wird keine Schutzgutgefährdung festgestellt.

Hinweis: Alle Ergebnisbeschreibungen und Bewertungen beziehen sich ausschließlich auf die durchgeführten Aufschlüsse und untersuchten Proben. In der Verlandungsfläche handelt es sich um wenige Stichproben mit eingeschränkter Repräsentativität.

Für eine bodenschutzrechtliche Bewertung der Untersuchung von Radionukliden besteht keine Grundlage. Die Ergebnisse der Aktivitätsmessungen der wichtigsten Radionuklide in Bodenproben aus dem Verlandungsbereich liegen laut TLUBN /10/ im Bereich der natürlichen Radioaktivität unserer Umgebung. Der Prüfwert gemäß § 161 StrlSchV (in Verbindung mit § 136 Absatz 1 StrlSchG) von 0,2 Bq/g (= 200 Bq/kg) für die Radionuklide der Zerfallsreihen von Thorium-232 und Uran-238 wurde nicht überschritten. Ein Bezug zur Uranerzbergbau-Sanierung über das StrlSchG kann nicht hergestellt werden.

### Handlungsempfehlungen

Die Nutzung der Grünlandfläche im Aufschüttungsbereich zur Gewinnung von Viehfutter muss flächenanteilig eingeschränkt bzw. beendet werden. Dies wurde bereits durch das Landratsamt Altenburger Land veranlasst.

Mit Verweis auf bestehende Kenntnisdefizite wird die Überwachung von Grund- und Oberflächenwasser im Einwirkungsbereich der Verlandungs- und Aufschüttungsflächen zur Absicherung der Bewertung hinsichtlich des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser-Oberflächenwasser empfohlen.

Hinsichtlich der Radionuklide besteht kein Handlungsbedarf.

## **1 Einleitung**

### **1.1 Veranlassung**

Der im Bereich des Stausees der Talsperre Windischleuba entstandene Verlandungsbereich ist im Thüringer Altlasteninformationssystem (THALIS) unter der Kennziffer 03347 registriert.

Aus den im Zuge der Historischen Recherche /1/ gewonnenen Erkenntnissen ergaben sich Anhaltspunkte für einen Altlastenverdacht. Im Zuge einer Orientierenden Altlastenerkundung war eine Gefährdungsabschätzung nach § 9 BBodSchG /2/ durchzuführen.

Das Landratsamt Altenburger Land beauftragte die Sakosta GmbH am 07.04.2025 mit den Ingenieurleistungen zur Erkundung, Untersuchung und Gefährdungsabschätzung der Talsperre Windischleuba. Dem Auftrag lagen die Angebotsanfrage vom 17.02.2025 /3/ und das Angebot vom 28.02.2025 zu Grunde.

### **1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Die Aufgabenstellung der Landratsamtes Altenburger Land wird nachstehend weitestgehend wörtlich mit einigen redaktionellen Änderungen wiedergegeben.

*Die OU besteht aus zwei Teilen. Zum einen die Erkundung der Verlandungszone (aufgeteilt in 3 Bereiche je nach Alter der Verlandung) sowie die Erkundung der alten Sedimentablagerung (ca. 300.000 m<sup>3</sup>) im Süden der Talsperre (siehe Karte Anhang).*

#### **Beschreibung der Vorgehensweise für die OU**

1. *Untersuchung der Verlandungszonen der Talsperre (siehe Karte Anlage)*
  - *Baufeldfreimachung (Baumfällung etc.)*
  - *Anlegen der Baustraßen und Bohrplätze mit Schotter oder Kies (kein Recyclingmaterial) auf einem Trennvlies für ein Bohrfahrzeug mit 1,2 m Breite und 1,5 t Gewicht. Baustraße maximal 2 Meter breit.*
  - *Abstecken der Bohrpunkte vor den Bohrarbeiten*
  - *Bohrarbeiten mit 6 Kleinrammbohrungen (KRB) bis 7 Meter Tiefe*
  - *Schichtbezogene Probenahme der KRB je 1 Meter Tiefe ggfls. Sonderproben bei Auffälligkeiten in Abstimmung mit dem AG*
  - *Transport der Proben ins Labor*
  - *Laboruntersuchung auf zuvor festgelegte Parameter*
  - *Abschlussvermessung der Bohrpunkte nach Lage und Höhe (1cm genau)*
  - *Verwahrung der Bohrlöcher mit nachweislich geeignetem Material.*
  - *Rückbau der Baustraßen nach Abschluss der Bohrarbeiten i. V.m. einer nachweislich ordnungsgemäßen Entsorgung (die Verwertung ist zu priorisieren).*
2. *Untersuchung der Sedimentablagerungsfläche außerhalb der Verlandungszone südlich der Talsperre (siehe Karte Anlage)*
  - *18 Kleinrammbohrungen auf der Sedimentablagerung südlich der Talsperre bis 5 Meter Tiefe*

- *Abstecken der Bohrpunkte vor den Bohrarbeiten*
- *Schichtbezogene Probenahme der KRB je 1 Meter Tiefe*
- *Probenahme (Mischproben mit 20 Einzelproben um jeden der 18 Bohrpunkte herum) in 0 – 10 und 10 – 30 cm Tiefe*
- *Transport der Proben ins Labor*
- *Laboruntersuchung auf zuvor festgelegte Parameter*
- *Laboruntersuchung der Mischproben je Bohrpunkt auf die Vorsorgewerte nach BBodSchV (in der aktuellen Fassung)*
- *Abschlussmessung der Bohrpunkte nach Lage und Höhe (1cm genau)*
- *Verwahrung der Bohrlöcher mit nachweislich geeignetem Material.*

*Alle Baumaßnahmen sind außerhalb der Brut- und Setzzeit durchzuführen, um den Eingriff in das Schutzgebiet so gering wie möglich zu halten. Die Auflagen aus der naturschutzfachlichen Bewertung sind einzuhalten.*

*Für die OU sind Ingenieur- und Gutachterleistungen zu erbringen, welche Bestandteil dieser Ausschreibung sind.*

**1. Tätigkeiten vor Umsetzung der Bau- und Bohrleistungen:**

- *Detailliertes Untersuchungskonzept mit Erstellung eines technischen Leistungsverzeichnisses sowie einer Leistungsbeschreibung zur Umsetzung aller Bau-, Bohr- und Rückbauleistungen incl. aktueller Kostenschätzung und Bauzeitenplan*
- *Konkretisierung des Parameterumfangs nach Verdachtsmomenten auf Grundlage der Historischen Erkundung incl. aktueller Kostenschätzung*
- *Erstellen eines Arbeits- und Sicherheitsplanes*

**2. Tätigkeiten während und nach der Umsetzung der Bau- und Bohrarbeiten:**

- *Koordinierung und Überwachung aller Bau- Bohr und Rückbauarbeiten im Verhandlungsbereich sowie auf der Sedimentaufschüttung im Süden*
- *Fachgerechte Probenahme während der Bohrarbeiten*
- *Fachgerechter Transport der Proben ins Labor (spätestens am Folgetag nach Probenahme), Veranlassung der Bodenanalysen*
- *Abstecken der Bohrpunkte*
- *Abschlussvermessung der Bohrpunkte nach Lage und Höhe (1cm genau)*

**3. Berichterstattung**

- *Erstellen eines Abschlussberichtes mit entsprechender Gefährdungsabschätzung und Handlungsempfehlung auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse*
- *Der Auftraggeber (AG) ist während des gesamten Ausführungsprozesses über alle Maßnahmen fortlaufend (mindestens einmal wöchentlich) zu informieren.*
- *Alle Abweichungen vom Untersuchungskonzept sind vorab mit der AG abzustimmen.*

Im Abschlussbericht war zu bewerten, ob ein hinreichender Verdacht auf Bestehen einer schäd-

lichen Bodenveränderung oder einer Altlast im Sinne von § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG /1/ vorliegt.

Im Zuwendungsbescheid des Fördermittelgebers an das Landratsamt Altenburger Land /4/ waren u. a. folgende Anforderungen enthalten:

9. *Der Antragsteller hat im Ergebnis der Untersuchungen eine umfassende Beurteilung vorzulegen, ob Gefahren von den Sedimenten der Talsperre ausgehen, die weitere eigenen Handlungen als Untere Bodenschutzbehörde erfordern. Dazu sind u. a. zu bewerten,*
- *die Ergebnisse der Historischen Recherche und der Orientierenden Untersuchung,*
  - *behördlich ggf. bekannte stoffliche Belastungen der Pleiße, des Grundwassers und des Bodens unterhalb der Talsperre durch Sedimente,*
  - *ob und ggf. in welchem Umfang aufgrund der abgelagerten und zwischenzeitlich bewachsenen Sedimente und deren hydraulischer Belastung im Falle eines Hochwassers (HQ 100) tatsächlich eine Gefährdung des bebauten Innenbereichs der Ortslage Fockendorf zu erwarten ist,*
  - *ob von einer vorhandenen Gefährdung des Grundwassers (z. B. durch eine defekte Dichtung der Talsperre) auszugehen ist,*
  - *ob das Grundwasser im Abstrom oder im direkten Umfeld der Talsperre für die Trinkwasserversorgung genutzt wird und*
  - *ob eine relevante gewerbliche Entnahme und Nutzung von Grund- und/oder Oberflächenwasser vorliegt.*

Am 16.09.2025 wurde die Anforderungen an die Sakosta GmbH mitgeteilt mit der Bitte, insbesondere die Anstriche 3 und 4 bei der Bearbeitung zu berücksichtigen. Da die hierzu erforderlichen Leistungen nicht im Auftrag enthalten waren, wurde von der Sakosta GmbH hierüber ein Nachtragsangebot erstellt und am 04.11.2025 an das Landratsamt Altenburger Land versandt. Die Bearbeitung der Aufgabenstellungen erfolgte in der Anlage 6.

## **2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets**

### **2.1 Allgemeine Angaben zum Standort**

<b>Landkreis</b>	Altenburger Land	
<b>Gemeinde/Stadt</b>	Fockendorf, Pähnitz, Borgishain, Zschaschelwitz (vertreten durch die Verwaltungsgemeinschaft Pleißenau)	
<b>Anschrift/Bezeichnung</b>	Stausee, 04617 Treben (Zugang Staumauer)	
<b>Altlastenkennziffer Thalís</b>	03347	
<b>Zuständige Vollzugsbehörde</b>	Landratsamt Altenburger Land Fachdienst Natur- und Umweltschutz Lindenaustraße 9 04600 Altenburg	
<b>Gemarkungen</b>	Borgishain, Fockendorf, Pahnna, Pähnitz, Zschaschelwitz	
<b>Fluren/Flurstücke</b>	3 (196/1, 201, 202, 203/2, 204/1), 7 (161/8), 8 (91/1), 10 (47/2, 47/3), 11 (91/5), 16 (101/1), 17 (168/1)	
<b>Eigentumsverhältnisse</b>	Freistaat Sachsen, Landestalsperrenverwaltung	
<b>Lagekoordinaten (EPSG:25832)</b>	Ostwert	Nordwert
Staumauer:	743140	5660130
ursprüngliche Pleißemündung:	743471	5658350
<b>Geländehöhe (DHHN2016)</b>	ca. 155 m NHN bis 160 m NHN	
<b>Geländeform</b>	schwach nach Norden hin abfallend, an den ehem. Ufern ansteigend	
<b>Fläche</b>	ca. 1,29 km <sup>2</sup> (davon ca. 1,11 km <sup>2</sup> verlandet)	
<b>Frühere Nutzung des Geländes</b>	Hochwasserschutz, Nutzwassergewinnung	
<b>Derzeitige Nutzung</b>	Hochwasserschutz (eingeschränkt), Naherholung, Naturschutz	
<b>Geplante Nutzung</b>	derzeit keine Änderung vorgesehen	
<b>Benachbarte Nutzungen</b>	N: gemischt Grünland/Landwirtschaft/Siedlung E: gemischt Landwirtschaft/Siedlung S: Landwirtschaft/Gewässer W: Landwirtschaft	
<b>Lage zu Verkehrswegen:</b>	Der Standort (Staumauer) ist im Norden an die B 93 angeschlossen.	
<b>Umweltrelevante Vorkommnisse</b> (Brände, Havarien, Störungen)	keine Vorkommnisse bekannt	

## **2.2 Lage und Abgrenzung des Altstandorts sowie Nutzung der Umgebung**

Die Talsperre Windischleuba liegt im Nordosten des Landkreises Altenburger Land im Freistaat Thüringen Nahe der Kreuzung der Bundesstraßen B 7 Frohburg-Altenburg und B 93 Altenburg-Borna und am Südrand der Leipziger Tieflandsbucht.

Im Osten grenzt die Ortslage Pähnitz unmittelbar an den verlandeten Teil der Talsperre an und wird großflächig von landwirtschaftlich genutzten Flächen eingerahmt. Im Nordosten grenzt ein forstwirtschaftlich genutztes Gebiet an, das im Bereich der nördlichen Staumauer in Grünland und die südlichen Ausläufer der Gemeinde Fockendorf übergeht. Im Westen der Talsperre sind überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen anzutreffen, welche die Gemeinde Zschaschelwitz in etwa 300 m Entfernung südwestlich der Talsperre einrahmen. Im Süden der Talsperre schließen sich die beiden teilverlandeten Vorbecken sowie die ebenfalls von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgebene Gemeinde Borgishain an. Diese liegt ca. 250 m vom ehemaligen Süden der Talsperre entfernt. Noch weiter südlich der Bundesstraße B 7 liegt die namensgebende Gemeinde Windischleuba.

Für die Betrachtung als Altstandort im Rahmen der vorliegenden HE sowie ggf. anschließend zu konzipierender und auszuführender technischer Untersuchungen ist nach Vorgaben des AG ausschließlich die vollständig verlandete Teilfläche der Talsperre relevant (vgl. Anlage 1.2).

## **2.3 Lage zu Schutz- und Vorranggebieten**

Weder im näheren noch im weiteren Umkreis der Talsperre sind Wasser- oder Heilquellenschutzgebiete ausgewiesen.

Die Talsperre liegt vollständig im südwestlichen Teil des Landschaftsschutzgebiets *Kohrener Land*.

Die Talsperre selbst ist Teil des EG-Vogelschutzgebiets *Nordöstliches Altenburger Land*, welches etwa 4 km südlich der Talsperre beginnt und sich entlang der Pleiße nach Norden bis nach Sachsen ausdehnt.

Ca. 2,4 km nordwestlich der Talsperre beginnt das FFH-Gebiet *Kammerforst*.

Unmittelbar südlich der Talsperre beginnt das FFH-Gebiet *Pleißewiesen Windischleuba* und etwa 3,7 km südöstlich der Talsperre das Naturschutz- und FFH-Gebiet *Leinawald*.

Etwa 1,3 km westlich der Talsperre liegt das Flächennaturdenkmal *Gerstenbachaue*.

## **2.4 Administrative Zugehörigkeit, Eigentumsverhältnisse**

Die Talsperre ist vollständig Eigentum der Landestalsperrenverwaltung und damit des Freistaats Sachsen. Bewirtschaftet wird die Talsperre von der Staumeisterei Regis.

Ansprechpartnerin für Belange der Talsperre ist

Landestalsperrenverwaltung Sachsen  
Betrieb: Elbaue/Mulde/Untere Weiße Elster  
Henriette Salewski  
Gartenstraße 34

04551 Rötha  
034206 588 336  
henriette.salewski@ltv-sachsen.de

## **2.5 Geologie, Hydrogeologie und Klima**

### **2.5.1 Geologie und Hydrogeologie**

Nach /4/ und /5/ liegt das Untersuchungsgebiet regionalgeologisch im Randbereich zwischen der Zeitz-Schmöllner Mulde (Zechstein, Terrestrischer Sandstein und Konglomerat) und dem Altenburger Vorsprung, einer Grundgebirgsauftragung, die aus Phänoandesit und Tuffen des Rotliegenden (Unterrotliegendes) gebildet wird.

Der Festgesteinsuntergrund wird von tertiären Sedimenten überdeckt, die stratigraphisch ins Eozän gestellt werden (Bornarer Folge). Die rechts und links des Talbereichs befindlichen Berg Rücken (Zellenberg/Quastenbergr) setzten sich überwiegend aus pleistozänen Bildungen zusammen (Geschiebemergel mit zwischengelagerten Sanden und Lößbedeckung).

Innerhalb der Pleißeniederung waren holozäne Sedimente (ca. 5 m Flussschotter, überdeckt von ca. 2 m bis 3 m Auelehm) vorhanden, wobei der Auelehm im Bereich des Dammbauwerks vermutlich entfernt wurde. In die Auelehmdecke können sandige und torfige Lagen eingeschaltet sein. Diese Auelehmdecke bildet den Untergrund des Stausees. Auf diesem Untergrund sedimentierte seit Errichtung des Staudamms der größte Teil der in der Pleiße mitgeführten Schwebstoffe.

Die im Zuge der Baugrunderkundung für die Errichtung der Talsperre abgeteufften Bohrungen weisen unter der Quartärbedeckung anstehenden Tertiärton aus. In westlicher Richtung folgen unterhalb des Tertiärtons ab ca. 141 m NHN die Sedimentgesteine des Zechsteins (Tonsteine/Letten).

Innerhalb des Pleißetals ist der Grundwasserleiter in Form von quartärem Flussschotter vollständig ausgebildet. Dieser lässt sich als GWL Typ I als silikatischer Porengrundwasserleiter im Lockergestein charakterisieren (vgl. Anlage 1.4). Der Grundwasserspiegel liegt in einem Bereich zwischen 155 m NHN und 160 m NHN, die Strömungsrichtung lässt sich östlich der Talsperre mit W und im Bereich der Talsperre selbst sowie westlich und nördlich davon mit N bis NW angeben (vgl. Anlage 1.5).

### **2.5.2 Klima**

Der Landkreis Altenburger Land gehört zum Klimabereich Südostdeutsche Becken und Hügel. Die Region ist verhältnismäßig warm und trocken. Im langjährigen Mittel (1990 – 2019) liegt die Jahresmitteltemperatur zwischen 9,0 °C und 10,1 °C und die jährliche Niederschlagssumme zwischen 650 mm und 700 mm /6, 7/.

## **2.6 Bau- und Nutzungsgeschichte**

### **2.6.1 Von der Inbetriebnahme bis zum Umbau 2001**

Die Stauanlage der Talsperre Windischleuba wurde zwischen 1951 und 1953 errichtet. Die Inbetriebnahme erfolgte am 02.04.1953. In den 1950er Jahren diente die Talsperre vor allem dem Hochwasserschutz und der Betriebswasserversorgung insbesondere der Papierfabrik Fockendorf

sowie der Industriebetriebe im Raum Borna. Daneben kam der Talsperre eine wichtige Rolle als Naherholungsgebiet zu. Außerdem wurde eine intensive Fischwirtschaft betrieben.

Das Absperrbauwerk der Talsperre wurde als 335 m langer Erddamm mit geneigter Innendichtung und wasserseitiger Steinschüttung errichtet. Die 6 m breite Dammkrone ist asphaltiert und diente als Betriebsstraße. Zu den Betriebseinrichtungen gehörten je drei Entnahme- und Hochwasserüberläufe mit gemeinsamem Tosbecken.

Nach einem extremen Hochwasserereignis im Jahr 1954 erfolgten die Erweiterung des Tosbeckens und der Flügelmauern sowie der Bau einer zusätzlichen Hochwasserentlastung, die jedoch erst von 1968 bis 1974 in insgesamt fünf Teilprojekten ausgeführt wurde.

Als Grundablass diente ein dreifeldriges, massives Absperrbauwerk mit lichten Öffnungen von je 3 m x 2 m. Über den Grundablass erfolgte die Speisung des Mühlgrabens und damit die Bereitstellung von Betriebswasser für die Fockendorfer Mühle und die Fockendorfer Papierfabrik. Die Regulierung der Wasserabgabe erfolgte durch Schütztafeln.

Die Orte Pähnitz, Borgishain und Windischleuba wurden jeweils durch einen Hochwasserschutzdamm geschützt, da ein Teil der Ortschaften tiefer liegt als der bei der Errichtung der Talsperre erreichbare Höchststau.

Nachfolgend sind die Ausbaudaten der Talsperre zusammengestellt:

- Kronenhöhe: 163,00 m ü. NN
- Kronenlänge: 400 m
- max. Höhe über Gründungssohle: 12,5 m
- Stauziele:
  - Vollstau: 161,2 m ü. NN
  - Oberer Betriebsstau: 161,0 m ü. NN
  - Unterer Betriebsstau: 158,75 m ü. NN
  - Normalstau: 161,0 m ü. NN
  - Höchststau: 161,5 m ü. NN
- Stauräume:
  - nichtbeherrschbarer HW-Schutzraum: 0,60 Mio. m<sup>3</sup>
  - beherrschbarer HW-Schutzraum: 0,26 Mio. m<sup>3</sup>
  - Gesamtstauraum: 3,14 Mio. m<sup>3</sup>
  - Betriebsstauraum: 1,96 Mio. m<sup>3</sup>
  - Notvorratsraum: 0,32 Mio. m<sup>3</sup>
  - Höchststauraum: 2,94 Mio. m<sup>3</sup>
  - max. Stauseefläche: 165 ha
- natürliches Einzugsgebiet: 590 km<sup>2</sup>

## 2.6.2 Hochwasserschutzgerechter Umbau

Im Rahmen von Sofortbaumaßnahmen zur Gefahrenabwehr wurden im Jahr 2001 die Schützen des Grundablasses ausgebaut, da diese nicht mehr funktionstüchtig waren und die Standsicherheit des Brückenüberbaus nicht mehr gegeben war. Gleichzeitig wurde oberwasserseitig ein Fangedamm mit Mittelwasserrinne zur Gewährleistung des unteren Betriebsstauziels von 158,75 m NHN errichtet. Mit dem Ausbau der Schützen war die Talsperre nicht mehr steuerbar. Der Wasserstand stellt sich seitdem in Abhängigkeit von der Wasserführung der Pleiße ein.

Nach /8/ besitzt die vom Freistaat Sachsen verwaltete Talsperre keine wasserwirtschaftliche Bedeutung mehr für Sachsen, so dass entschieden wurde, diese so umzubauen, dass sie den erwarteten Hochwässern mit geringsten Steueraufwand standhält. Dieser hochwasserschutzgerechte Umbau erfolgte in den Jahren 2006 bis 2009.

Anstelle des Grundablasses und der Hochwasserentlastung wurde im Dammbereich eine 54,5 m breite Wehrschwelle eingebaut, welche den Dauerstau der Talsperre gewährleisten und damit die Sediment-, Abfluss- und Grundwasserstandsverhältnisse stabilisieren soll /19/. Das Auslassbauwerk in den Mühlgraben wurde erneuert. Neben der Überlaufschwelle wurde eine Fischaufstiegsanlage eingebaut.

## **2.7 Gegenwärtige Nutzung und Zustand**

Seit der Einstellung des Betriebs der Papierfabrik Fockendorf im Jahr 1995 beschränkt sich der Nutzen der Talsperre Windischleuba auf den Hochwasserschutz sowie insbesondere im Bereich der Verlandungsfläche auf ihre Funktion als Naherholungs- bzw. Naturschutzgebiet.

Die Talsperre ist flächenmäßig zu etwa 80 % verlandet. Auf diesen Flächen hat sich eine Weichholzaue gebildet, die je nach Bodenfeuchte von unterschiedlich großen Schilfröhrenzonen oder Grasflächen unterbrochen wird. Im Zuge der Verlandung hat sich der Verlauf der Pleiße gegenüber dem Zeitraum vor 1953 verändert. Der Fluss verläuft jetzt weiter westlich. Die Talsperre wird mit Ausnahme des Staumauerbereichs fast überall von einem unterschiedlich breiten Waldstreifen aus vorwiegend Harthölzern umgeben, der die Talsperre bzw. die Verlandungsfläche von den umgebenden Grundstücken/Nutzflächen trennt.

Der Zugang zur Talsperre bzw. der Verlandungsbereiche ist einerseits aus rechtlichen Gründen (allgemeines Betretungsverbot aufgrund der Ausweisung als Naturschutzgebiet), andererseits aus praktischen Gründen (Bewuchs auf den und um die Verlandungsflächen, Standsicherheit insbesondere noch feuchter/nasser Teilflächen) extrem eingeschränkt.

## **2.8 Geplante Nutzung**

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist keine Änderung der gegenwärtigen Nutzung vorgesehen.

## **2.9 Vorkommnisse/Havarien**

Grundsätzlich sind hier Überschwemmungsereignisse zu betrachten, z. B. die Hochwasser von 1954, 2002 und 2013, in deren Folge Havarien im Oberlauf der Pleiße Stoffe in die Talsperre eingetragen haben können.

Die Recherchen lieferten jedoch keine konkreten Hinweise auf derartige Havarien oder sonstige Vorkommnisse im unmittelbaren und weiteren Umfeld der Talsperre.

## **2.10 Verlandungshistorie**

Die Verlandungshistorie ließ sich annähernd lückenlos anhand der über das Thüringer Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation verfügbaren Luftbilder rekonstruieren. Hierbei ist einschränkend anzumerken, dass bis auf die Jahre 2003 bis 2022 nicht bekannt ist, mit welcher Stauhöhe die Talsperre zum jeweiligen Zeitpunkt des Überflugs betrieben wurde. Die Luftbilder wurden unter der Annahme verglichen, dass zu jedem Zeitpunkt der jeweilige Maximalstau zu erkennen

ist. Eine Ausnahme stellt die Aufnahme aus dem Jahr 1983 dar. Bei dieser unterscheidet sich die Uferstruktur leicht von den restlichen Aufnahmen und im Osten sind südwestlich der Ortslage Pähnitz schwach Sedimente zu erkennen, welche 1988 nicht mehr sichtbar sind. Beide Beobachtungen sind Indizien, dass der Wasserspiegel während der Aufnahme 1983 niedriger lag. Der Unterschied in den genannten Verlandungserscheinungen zwischen 1983 und 1988 ist unter Berücksichtigung aller Kenntnisse also eher auf einen niedrigeren Wasserspiegel als auf eine Beräumung zurückzuführen.

Für den Zeitraum 1953 bis 1983 lagen keine Luftbilder vor. Daher ließ sich der Einfluss der 1966 bis 1968 nachgewiesenermaßen stattgefundenen Sedimentberäumung nicht nachvollziehen.

Im Jahr 2001 wurde der Überlauf im Zuge von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr umgebaut /8/. Ab diesem Zeitpunkt war die Stauhöhe der Talsperre nicht mehr steuerbar. Der Maximalstau beträgt seither nach Aktenlage konstant 158,75 m NHN und liegt damit 2,45 m unter dem ursprünglichen Vollstau von 161,20 m NHN. Insbesondere im Vergleich der Luftbilder der Jahre 1997 und 2003 lässt sich erkennen, dass die mittlere Verlandungszone primär auf das plötzliche Absinken des Wasserspiegels zurückzuführen ist und dass die Verlandung der nördlichen Bereiche beschleunigt wurde.

### **3 Quellen- und Literaturverzeichnis**

- /1/ Historische Erkundung Talsperre Windischleuba, Thalix-Nr. 03347. Sakosta GmbH; Ziegelheim, 28.10.2022
- /2/ Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist
- /3/ Leistungsbeschreibung. Landratsamt Altenburger Land, FD 44, 17.02.2025
- /4/ L. Voitke, TS Windischleuba - Hochwasserschutzgerechter Umbau, Baugrundgutachten 05-137, April 2006
- /5/ Schützenmeister, Bodengeologisches Gutachten zur Möglichkeit der Verwertung des bei der Räumung der Talsperre Windischleuba anfallenden Schlammes, Rat des Bezirks Leipzig, Abt. Geologie, Leipzig, Oktober 1983
- /6/ Landkreis Altenburg- Klima und Luft. [Online]. Verfügbar unter: <https://umweltinfo.thueringen.de/umweltregional/abg/abg09.html>
- /7/ Professur für Meteorologie der Technische Universität Dresden, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, und Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Regionales Klimainformationssystem für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (ReKIS). [Online]. Verfügbar unter: <https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/fdm/ReKISExpert.jsp>.
- /8/ Deter und Salewski, Talsperrenbuch Talsperre Windischleuba, Landestalsperrenverwaltung des Freistaats Sachsen, Betrieb Elbaue/Mulde/Untere Weiße Elster, Halle, April 2017
- /9/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716)
- /10/ E-Mails des TLUBN (Referat 86, Frau Heilmann) vom 25.03.2026, Betreff: Anfrage Bewertung radiologische Ergebnisse Bodenproben Talsperre Windischleuba

## **4 Untersuchungsplan**

Die Untersuchung und Bewertung schädlicher Bodenveränderungen und Altlasten richtet sich nach den §§ 10-15 und für die Probenahme nach den §§ 19, 23 und 24 der BBodSchV 2021 /9/ mit den Anlagen 1-4.

Die Gefährdungsabschätzung erfolgt nach § 9 Abs. 2 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) /2/ und auf der Grundlage der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV /9/).

### **4.1 Relevante Schutzgüter**

Verlandungsfläche:

- Boden-Grundwasser
- Im Falle einer Verlagerung: Boden-Mensch (keine entspr. Probenahme)

Aufschüttungsfläche

- Boden-Nutzpflanze
- Boden-Grundwasser

### **4.2 Inhaltliche Vorgaben**

Die Vorgehensweise bei den Bodenprobenahmen und Laboranalysen und der Untersuchungsumfang wurden in der Aufgabenstellung detailliert vorgegeben (s. Abschnitt 1.2).

Im Leistungsverzeichnis war unter Pos. 2.1.2 die „*Detaillierte Planung der Bau- Bohr- und Rückbaumaßnahmen und Erstellung eine technischen LV + Leistungsbeschreibung sowie einer aktuellen Kostenschätzung*“ vorgesehen.

Nachdem sich bei mehreren Vorbegehungen abzeichnete, dass eine Zuwegung zu den vorgesehenen Bohrpunkten auch ohne stabilisierende Maßnahmen (Schottertragschicht, Stahlplatten u. a.) möglich sein würde, wurde in der Ortsbegehung am 21.08.2025 mit Frau May und Frau Spann als Vertreterinnen der TAB festgelegt, dass keine Detailplanung zum Untersuchungsprogramm, insbesondere zur Herstellung von Zuwegungen zu den Bohrpunkten im Verlandungsbereich, erstellt werden sollte. Vielmehr sollte die Wegführung operativ mit möglichst wenig Aufwand und Materialeinsatz erfolgen (Vermeidung des Einsatzes und dann zwangsläufigen Rückbaus von Mineralgemisch und anderen Wegebefestigungen). Weiterhin wurde erörtert, die dadurch ermöglichten Einsparungen zu nutzen, um mit weiteren Aufschlüssen eine repräsentativere Erfassung der abgelagerten Sedimente zu realisieren. Vom Auftraggeber (vertreten durch Herrn Ingrisch) wurde daraufhin im Umfeld der ursprünglichen Bohrstellen 1, 2 und 4 jeweils ein zusätzlicher Aufschlusspunkt festgelegt, sodass sich deren Anzahl von 6 auf 9 erhöht hat.

Für die Ausführung der Bohrarbeiten war eine Detailplanung ebenfalls verzichtbar, da diese von der Sakosta GmbH bereits in /1/ vorgezeichnet waren und der Auftraggeber entschieden hatte, die Aufschlüsse als Kleinrammbohrungen herstellen zu lassen.

Die Entnahme von Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen war nach Aufgabenstellung „*schichtbezogen ... je 1 Meter Tiefe*“ durchzuführen. Im Verlandungsbereich waren „*ggfls. Sonderproben bei Auffälligkeiten in Abstimmung mit dem AG*“ zu entnehmen.

Zur analytischen Untersuchung der Bodenproben war in der Angebotsanfrage des Auftraggebers lediglich vorgesehen, dass diese „auf zuvor festgelegte Parameter“ erfolgen soll.

Im Aufschüttungsbereich war eine „Laboruntersuchung der Mischproben je Bohrpunkt auf die Vorsorgewerte nach BBodSchV (in der aktuellen Fassung)“ vorgesehen.

Die Entnahme von Mischproben mit 20 Einzelproben um jeden der 18 Bohrpunkte herum) in 0 – 10 und 10 – 30 cm Tiefe mündet zwangsläufig in eine Untersuchung nach Anlage 2 Tabelle 7 der BBodSchV (Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität).

Zur Konkretisierung der analytischen Bodenuntersuchungen wurden von der Sakosta GmbH eine Leistungsbeschreibung und ein Leistungsverzeichnis erstellt und mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Das Landratsamt Altenburger Land führte ein gesondertes Vergabeverfahren über die Laboruntersuchungen durch. Mit diesen wurde die Eurofins Umwelt Ost GmbH in Jena beauftragt.

### **4.3 Durchgeführte Untersuchungen**

#### **4.3.1 Verlandungsbereich**

Vom 08.09. bis 10.09.2026 wurden die Zufahrtswege zu den vorgesehenen Bohrpunkten im Verlandungsbereich durch die ER-TI GmbH unter Anleitung und Überwachung eines Technikers der Sakosta GmbH freigeschnitten. Die Einweisung des Baustellenpersonals war bereits am 04.09.2025 erfolgt.

Im Zeitraum vom 27.10. bis 29.10.2025 wurden an neun Aufschlusspunkten jeweils zwei Kleinrammbohrungen (jeweils als „a“ und „b“ bezeichnet, vgl. Anlage 1.6)) im Durchmesser von 80 mm hergestellt. Dadurch wurde i. d. R. eine ausreichende Probenmenge für die Laboruntersuchungen gewonnen. Auf Anforderung des Labors Eurofins wurde in der Folgewoche zusätzliches Material nachgeliefert, um auch die aufwändigen Eluatuntersuchungen abzusichern. Die Bohrdokumentation (Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile) ist in der Anlage 2.1 abgelegt. Dort wird keine Unterscheidung zwischen „a“ und „b“ getroffen.

Die Abbildung 1 vermittelt einen Eindruck von der Örtlichkeit und vom Bohrgerät.

Die Bohrtiefe wurde aufgrund der angetroffenen Schichtungsverhältnisse gegenüber der Vorgabe (7,0 m unter GOK) verkürzt, da laut Zuwendungsbescheid ein Durchteufen der geringdurchlässigen Schicht unter den Verlandungssedimenten vermieden werden sollte.

Die Bohransatzpunkte wurden taggleich mit einem Emlid Reach RX Multi-Band RTK GNSS Empfänger nach Lage und Höhe im Landessystem eingemessen (Vermessungsprotokoll s. Anlage 3.1).

Die Probenentnahme aus den Rammkernsonden erfolgte schichtspezifisch in Intervallen von maximal einem Meter. Eine Übersicht über den Umfang der KRB und Probenahmen befindet sich in Tabelle 1.



**Abbildung 1:** Bohrgerät auf dem Bohrplatz der Kleinrammbohrung K 1 (Aufnahme vom 27.10.2025)

**Tabelle 1:** Bohr- und Probenahmeumfang im Verlandungsbereich

Aufschluss Bezeichnung	Bohrendteufe [m unter GOK]	Anzahl Bodenproben	Endhorizont
K 1	3,0	4	Flusssande
K 2	5,0	5	Flusssande
K 3	2,5	3	Auelehm
K 4	2,3	3	Flusssande
K 5	3,0	4	Flusssande
K 6	5,3	5	Sandsteinersatz
K 7	6,5	6	Porphyrersatz
K 8	5,4	5	Flusssande
K 9	6,5	6	Flusssande

Zur Erfassung des Schadstoffbestands wurden alle Einzelproben auf die Parameter nach Anlage 1 Tabelle 4 der BBodSchV (Werte zur Beurteilung von Materialien für das Auf- oder Einbringen unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht) /9/ untersucht.

Zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser wurden Schüttel- bzw. Säuleneluate von definierten Mischproben hergestellt und auf die Parameter nach Anlage 2 Tabelle 1 (Prüfwerte für anorganische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme) und Tabelle 3 (Prüfwerte für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung) der BBodSchV analysiert.

#### 4.3.2 Aufschüttungsbereich

Im Vorfeld der Bohrarbeiten wurde ein Dreiecksraster aus 18 Aufschlusspunkten zur systematischen Erfassung der aufgeschütteten Sedimente festgelegt und im Gelände abgesteckt. Die Abbildung 2 vermittelt einen Eindruck vom Gelände.



**Abbildung 2:** Grünlandfläche auf der Sedimentaufschüttung (Aufnahme vom 30.10.2025)

Die Erkundung erfolgte vom 30.10. bis zum 05.11.2025 durch Kleinrammbohrungen mit einer Regeltiefe von 5,0 Metern. In Einzelfällen wurde eine geringere Bohrtiefe realisiert, z. B. bei zu hohem Bohrwiderstand. Die Bohrdokumentation (Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile) ist in der Anlage 2.2 enthalten. Die Bohransatzpunkte wurden nach Ausführung mit einem Emlid Reach RX Multi-Band RTK GNSS Empfänger nach Lage und Höhe im Landessystem eingemessen (Vermessungsprotokoll s. Anlage 3.2). Eine Übersicht über den Umfang der KRB und Probenahmen befindet sich in Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Bohr- und Probenahmeumfang im Verhandlungsbereich

Aufschluss Bezeichnung	Bohrendteufe [m unter GOK]	Anzahl Bodenproben	Endhorizont
K 1	5,0	6	Auelehm
K 2	5,0	6	Auelehm
K 3	4,0	6	Auelehm
K 4	5,0	5	Auelehm
K 5	5,0	5	Auelehm
K 6	5,0	6	Auelehm
K 7	5,0	5	Auelehm
K 8	5,0	6	Auelehm
K 9	5,0	5	Auelehm
K 10	5,0	5	Auelehm
K 11	5,0	6	Auelehm
K 12	5,0	6	Auelehm
K 13	5,0	6	Flusssande
K 14	5,0	5	Auelehm
K 15	5,0	5	Auelehm
K 16	2,8	3	Aufschüttung
K 17	3,0	3	Aufschüttung
K 18	4,0	5	Flusssande

Zur Erfassung des Schadstoffbestands wurden jeweils sechs Mischproben der Aufschüttung und des unterlagernden Bodens auf die Parameter nach Anlage 1 Tabelle 4 der BBodSchV (Werte zur Beurteilung von Materialien für das Auf- oder Einbringen unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht) /9/ untersucht. Jede Mischprobe wurde aus den korrespondierenden Bodenhorizonten von jeweils drei benachbarten Bohrungen zusammengestellt (vgl. Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Zusammensetzung der Mischproben aus dem Aufschüttungsbereich

Mischprobe Bezeichnung	Mischprobe Zusammensetzung (Einzelproben)
S1MP_1_2_3	BP 1/1 0,0-1,0 m, BP 1/2 1,0-2,0 m, BP 2/1 0,0-1,0 m, BP 2/2 1,0-2,0 m, BP 3/1 0,0-1,0 m, BP 3/2 1,0-2,0 m, BP 3/3 2,0-2,3 m
S2MP_1_2_3	BP 1/3 2,0-3,0 m, BP 2/3 2,0-3,0 m, BP 3/4 2,3-2,5 m, BP 3/5 2,5-3,5 m
S1MP_4_5_6	BP 4/1 0,0-1,0 m, BP 4/2 1,0-2,0 m, BP 4/3 2,0-3,0 m, BP 5/1 0,0-1,0 m, BP 5/2 1,0-2,0 m, BP 5/3 2,0-2,8 m, BP 6/1 0,0-1,0 m, BP 6/2 1,0-2,0 m
S2MP_4_5_6	BP 4/4 3,0-4,0 m, BP 5/4 2,8-3,9 m, BP 6/4 2,0-3,0 m

**Tabelle 3:** Zusammensetzung der Mischproben aus dem Aufschüttungsbereich (Forts.)

Mischprobe Bezeichnung	Mischprobe Zusammensetzung (Einzelproben)
S1MP_7_11_12	BP 7/1 0,0-1,0 m, BP 11/1 0,0-1,0 m, BP 11/2 1,0-2,0 m, BP 11/3 2,0-2,4 m, BP 12/1 0,0-1,0 m, BP 12/2 1,0-1,4 m, BP 12/3 1,4-2,5 m
S2MP_7_11_12	BP 7/2 1,0-2,0 m, BP 11/4 2,4-3,5 m, BP 12/4 2,5-3,6 m
S1MP_8_13_14	BP 8/1 0,0-1,0 m, BP 8/2 1,0-2,0 m, BP 13/1 0,0-1,0 m, BP 13/2 1,0-2,0 m, BP 14/1 0,0-1,0 m, BP 14/2 1,0-2,0 m
S2MP_8_13_14	BP 8/3 2,0-3,0 m, BP 13/3 2,0-3,0 m, BP 14/3 2,0-3,0 m
S1MP_9_10_15	BP 9/1 0,0-1,0 m, BP 9/2 1,0-2,0 m, BP 10/1 0,0-1,0 m, BP 10/2 1,0-2,0 m, BP 15/1 0,0-1,0 m, BP 15/2 1,0-2,0 m
S2MP_9_10_15	BP 9/2 2,0-3,0 m, BP 10/3 2,0-3,0 m, BP 15/3 2,0-3,0 m
S1MP_16_17_18	BP 16/1 0,0-1,0 m, BP 16/2 1,0-2,0 m, BP 17/1 0,0-1,0 m, BP 17/2 1,0-2,0 m, BP 18/1 0,0-1,0 m, BP 18/2 1,0-2,0 m
S2MP_16_17_18	BP 16/3 2,0-2,8 m, BP 17/3 2,0-3,0 m, BP 18/3 2,0-3,0 m

Zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser wurden Schüttel- bzw. Säuleneluate der aus dem aufgeschütteten Sediment hergestellten Sammelproben hergestellt und auf die Parameter nach Anlage 2 Tabellen 1 (Prüfwerte für anorganische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme) und Tabelle 3 (Prüfwerte für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung) analysiert.

Im Umfeld eines jeden Aufschlusspunkts wurden 25 Einzelproben aus den Bodentiefen 0-10 cm und 10-30 cm entnommen und zu insgesamt 36 Mischproben zusammengestellt. Aus jeweils drei Mischproben benachbarter Probenahmebereiche wurden insgesamt 12 Sammelproben hergestellt und auf die Prüf- und Maßnahmenwerte der Tabelle 7 in Anlage 2 der BBodSchV untersucht:

- MP\_1\_2\_3 0-10 cm = Mischprobe aus MP 1 0-10 cm, MP 2 0-10 cm, MP 3 0-10 cm
- MP\_1\_2\_3 10-30 cm = Mischprobe aus MP 1 10-30 cm, MP 2 1-30 cm, MP 3 10-30 cm
- MP\_4\_5\_6 0-10 cm = Mischprobe aus MP 4 0-10 cm, MP 5 0-10 cm, MP 6 0-10 cm
- MP\_4\_5\_6 10-30 cm = Mischprobe aus MP 4 10-30 cm, MP 5 1-30 cm, MP 6 10-30 cm 2 mm
- MP\_7\_11\_12 0-10 cm = Mischprobe aus MP 7 0-10 cm, MP 11 0-10 cm, MP 12 0-10 cm
- MP\_7\_11\_12 10-30 cm = Mischprobe aus MP 7 10-30 cm, MP 11 1-30 cm, MP 12 10-30 cm
- MP\_8\_13\_14 0-10 cm = Mischprobe aus MP 8 0-10 cm, MP 13 0-10 cm, MP 14 0-10 cm
- MP\_8\_13\_14 10-30 cm = Mischprobe aus MP 8 10-30 cm, MP 13 1-30 cm, MP 14 10-30 cm
- MP\_9\_10\_15 0-10 cm = Mischprobe aus MP 9 0-10 cm, MP 10 0-10 cm, MP 15 0-10 cm
- MP\_9\_10\_15 10-30 cm = Mischprobe aus MP 9 10-30 cm, MP 10 1-30 cm, MP 15 10-30 cm
- MP\_16\_17\_18 0-10 cm = Mischprobe aus MP 16 0-10 cm, MP 17 0-10 cm, MP 18 0-10 cm

– MP\_16\_17\_18 10-30 cm = Mischprobe aus MP 16 10-30 cm, MP 17 10-30 cm, MP 18 10-30 cm  
Dabei erfolgte die Bestimmung der PCDD/F nur an den sechs Sammelproben aus der Tiefe 0-10 cm.

#### 4.3.3 Bestimmung von Radionukliden

Aus dem Verlandungsbereich wurden 9 Einzelproben und 4 Mischproben der obersten Bodenschicht (Verlandungssediment) auf Radionuklide untersucht.

Aus dem Aufschüttungsbereich wurden Radionuklide an 6 Sammelproben von dem aufgeschütteten Sediment (Kennung S1MP, vgl. Tabelle 3) bestimmt.

#### 4.4 Analysenparameter und Referenzwerte

Alle Untersuchungen von Bodenproben auf chemische Parameter wurden nach den Material-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV /9/ als verbindlicher rechtlicher Grundlage für die Gefährdungsabschätzung ausgerichtet.

Vor der Analyse erfolgte grundsätzlich eine Separierung der Korngrößenfraktionen < 2 mm und ≥ 2 mm. Alle Untersuchungen wurden an der Fraktion < 2 mm durchgeführt.

Im Feststoff der Fraktion < 2 mm wurden die in der nachstehenden Tabelle 4 aus Anlage 1 der BBodSchV enthaltenen Parameter bestimmt. Dadurch sollen eine **Einschätzung der Gesamtbelastung mit Schadstoffen** ermöglicht werden.

Tabelle 4: Werte zur Beurteilung von Materialien für das Auf- oder Einbringen unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht

Hinweis: Die Eluatwerte sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Vorsorgewert nach Tabelle 1 oder 2 überschritten wird.

Stoff	Feststoffwert [mg/kg TM]	Eluatwert	
		bei TOC-Gehalt < 0,5 %	bei TOC-Gehalt ≥ 0,5 %
		[µg/l]	
<b>Anorganische Stoffe</b>			
Arsen	20	8	13
Blei	140	23	43
Cadmium	1	2	4
Chrom <sup>gesamt</sup>	120	10	19
Kupfer	80	20	41
Nickel	100	20	31
Quecksilber	0,6	0,1	0,1
Thallium	1	0,2	0,3
Zink	300	100	210
Sulfat <sup>1</sup>		250 000	250 000
<b>Organische Stoffe</b>			
Summe aus PCB <sub>6</sub> und PCB-118	0,1	0,01	0,01
PAK <sub>16</sub>	6		
PAK <sub>15</sub> <sup>2</sup>		0,2 <sup>3</sup>	0,2 <sup>3</sup>
Naphthalin und Methylnaphthaline		2 <sup>3</sup>	2 <sup>3</sup>
Extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX) <sup>4</sup>	1		

<sup>1</sup> Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall und in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zu entscheiden.

<sup>2</sup> PAK<sub>15</sub>: PAK<sub>16</sub> ohne Naphthalin und Methylnaphthaline.

<sup>3</sup> Eluatwert ist maßgeblich, wenn der Vorsorgewert von PAK<sub>16</sub> nach Anlage 1 Tabelle 2 überschritten wird.

<sup>4</sup> Bei Überschreitung des Wertes sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen hin zu untersuchen.

Zur Beurteilung des Wirkungspfades **Boden-Grundwasser** wurden die Parameter aus den Tabellen 1 (anorganische Schadstoffe) und 3 (organische Schadstoffe) in Anlage 2 der BBodSchV im Schüttel- bzw. Säuleneluat zzgl. des TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) im Feststoff bestimmt. Das tatsächlich eingesetzte Extraktionsverfahren richtete sich nach den Bodeneigenschaften.

Tabelle 1: Prüfwerte für anorganische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme

Stoff	Prüfwert bei TOC-Gehalt < 0,5%	Prüfwert bei TOC-Gehalt ≥ 0,5%
	[µg/l]	
Antimon	10	10
Arsen	15	25
Blei	45	85
Bor	1 000	1 000
Cadmium	4	7,5
Chrom <sub>gesamt</sub>	50	50
Chrom <sub>VI</sub>	8	8
Kobalt	50	125
Kupfer	50	80
Molybdän	70	70
Nickel	40	60
Quecksilber	1	1
Selen	10	10
Zink	600	600
Cyanid <sub>gesamt</sub>	50	50
Cyanid <sub>leicht löslich</sub>	10	10
Fluorid	1 500	1 500

Tabelle 3: Prüfwerte für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probenahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung

Stoff	Prüfwert [µg/l]
Aldrin	0,03
Summe alkylierte Benzole (BTEX) <sup>1</sup>	20
Benzol	1
Summe Chlorbenzole	2
Chlorethen (Vinylchlorid)	0,5
Summe Chlorphenole	2
Hexachlorbenzol (HCB)	0,1
Summe Kohlenwasserstoffe <sup>2</sup>	200
Summe leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) <sup>3</sup>	20
Summe Tri- und Tetrachlorethen	10
Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	10
Summe Nonylphenole (=4-Nonylphenol, verzweigt und Nonylphenol-Isomere)	3
Pentachlorphenol (PCP)	0,1
Phenol	80
Summe aus PCB <sub>8</sub> und PCB 118	0,01
PAK <sub>15</sub> <sup>4</sup>	0,2
Naphthalin und Methylnaphthaline	2
2,4-Dinitrotoluol	0,05
2,6-Dinitrotoluol	0,05
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	0,2
2,2', 4,4', 6,6'-Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)	2
1,3,5-Trinitro-hexahydro-1,3,5-triazin (Hexogen)	1
Nitropenta (Pentaerythrityltetranitrat (PETNI))	10
Perfluorbutansäure (PFBA)	10
Perfluorhexansäure (PFHxA)	6
Perfluoroktansäure (PFOA)	0,1
Perfluornonsäure (PFNA)	0,06
Stoff	Prüfwert [µg/l]
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,1

<sup>1</sup> Summe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole.

<sup>2</sup> Summe der Kohlenwasserstoffe, die zwischen n-Dekan (C 10) und n-Tetracontan (C 40) von der gaschromatographischen Säule eluieren.

<sup>3</sup> Summe leichtflüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW); Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe, einschließlich Trihalogenmethane. Der Prüfwert für Chlorethen ist zusätzlich einzuhalten.

<sup>4</sup> PAK<sub>15</sub>: PAK<sub>16</sub> ohne Naphthalin und Methylnaphthaline.

Die genannten Untersuchungen im Feststoff und Eluat wurden sowohl an Einzel- und Mischproben des Verlandungsbereichs als auch an Sammelproben des Aufschüttungsbereichs durchgeführt. Die eingesetzten Analyseverfahren und die hierfür gültigen Bestimmungsgrenzen sind in den Prüfberichten des Labors angegeben.

Da der Aufschüttungsbereich als Grünland zur Gewinnung von Viehfutter genutzt wird, erfolgte die Bodenuntersuchung an den entnommenen Mischproben auf die Parameter der Tabelle 7 in Anlage 2 der BBodSchV im Hinblick auf den Wirkungspfad **Boden-Nutzpflanze**.

Tabelle 7: Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität

Stoff	Extraktionsverfahren	Prüfwert	Maßnahmenwert
			[mg/kg TM]
Arsen	KW	50	–
Blei	KW	–	1 200
Cadmium	KW	–	20 <sup>1</sup>
Kupfer	KW	–	1 300 <sup>2</sup>
Nickel	KW	–	1 900
Quecksilber	KW	–	2
Thallium	KW	–	15
Hexachlorbenzol	siehe Anlage 3 Tabelle 5	0,5	–
Hexachlorcyclohexan, gesamt	siehe Anlage 3 Tabelle 5	0,05	–
PCB <sub>8</sub>	siehe Anlage 3 Tabelle 5	–	0,2
			[ng WHO-TEQ/kg TM]
PCDD/F <sup>3</sup>	siehe Anlage 3 Tabelle 5	15	–

<sup>1</sup> Bei Flächen mit pH-Werten unter pH 5 gilt ein Maßnahmenwert von 15 mg/kg.

<sup>2</sup> Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt ein Maßnahmenwert von 200 mg/kg.

<sup>3</sup> Summe der Dioxine, Furane (PCDD/F): polychlorierte Dibenzo-para-dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) ausgedrückt in WHO-TEQ (2005).

Nach Vorgabe des Auftraggebers waren in ausgewählten Einzel- und Mischproben die Radionuklide gemäß Tabelle 4 zu bestimmen. Die Radioaktivität unterliegt nicht dem Bodenschutzrecht, sodass die BBodSchV auch keine Bewertungsgrundlagen zur Verfügung stellt.

**Tabelle 4:** Messprogramm für Radionuklide in Bodenproben

Uran-238-Reihe	Uran-238
	Radium-226
	Blei-210
Uran-235-Reihe	Uran-235
Thorium-232-Reihe	Thorium-232
	Radium-228
	Thorium-228
Weitere Radionuklide	Kalium-40

## **5 Untersuchungsergebnisse**

### **5.1 Untergrundverhältnisse (Geologie)**

#### **5.1.1 Verlandungsbereich**

Die angetroffenen Verhältnisse sind in der Anlage 2.1 dokumentiert.

Die als Verlandungssediment ausgehaltene oberste Deckschicht bestand durchgehend aus einem feinsandigen Schluff von mindestens 1,0 m und maximal 2,0 Mächtigkeit und überwiegend weicher, z. T. bis zu steifer Konsistenz. Seine Färbung reichte von braun über dunkelbraun und dunkelgraubraun bis schwarz. In oder unter dem Schluff waren vereinzelt (K 1, K 2) sandigere Lagen eingeschaltet. Im Aufschluss K 3 trat ein schwach fauliger und teeriger Geruch auf, in K 4 ein sehr schwach fauliger und teeriger Geruch und in K 9 ein fauliger Geruch.

Zum Liegenden folgte in der Regel ein unterschiedlich mächtiger Auelehm; lokal traten auch Flusssande unmittelbar unter dem Verlandungssediment auf.

In jedem Fall wurden die mit der Bohrung geschaffenen Wegsamkeiten durch Verfüllen mit hochquellfähigen Tonpellets wieder unterbrochen.

Der angetroffene Schichtenaufbau zeugt von den wechselhaften Sedimentationsbedingungen in der Verlandungszone des Stausees.

#### **5.1.2 Aufschüttungsbereich**

Die angetroffenen Verhältnisse sind in der Anlage 2.2 dokumentiert.

Nach dem Feldbefund besteht hier eine im Mittel 2,0 m mächtige Deckschicht (Minimum: 1,0 m; Maximum: 3,0 m) aus dem aufgeschütteten Verlandungssediment. Es handelt sich um einen hellbraunen bis braunen, vereinzelt auch dunkelbraunen feinsandigen Schluff von steifer bis halbfester Konsistenz. Eine geringe Geröllführung trat häufig, organoleptische Auffälligkeiten dagegen traten nirgendwo auf. Ein humoser Oberboden ( $A_n$ -Horizont) war nicht eindeutig ausgebildet.

Zum Liegenden folgte ein als Auelehm (teilweise unsicher) angesprochener feinsandiger Schluff von steifer bis halbfester Konsistenz. Im Unterschied zur Deckschicht war hier die Färbung grau, dunkelgrau, dunkelgraubraun, dunkelbraun, schwarzbraun oder schwarz. Hervorzuheben sind ein hoher Anteil organischer Substanz in K 1 (10 %), K 3 (15 %) und K 6 (10 %) sowie ein schwach fauliger Geruch (K 1, K 3, K 5). Im Aufschluss K 18 konnte in 2,0-2,3 m Tiefe der überschüttete „Ackerboden“ (ehemaliger Pflughorizont) identifiziert werden.

Bis zur Endteufe lag überwiegend ein brauner bis grauer, steifer bis halbfester Auelehm (feinsandiger Schluff) vor. In den Aufschlüssen K 8 und K 11 waren sandige Schichten bis max. 0,5 m Mächtigkeit eingeschaltet. An der Basis von K 13 wurde von 4,5-5,0 m unter GOK eine Flusssandschicht erbohrt.

### **5.2 Grundwasserverhältnisse (Hydrogeologie)**

#### **5.2.1 Verlandungsbereich**

Das Bohrgut aus den Kleinrammbohrungen war überwiegend stark feucht (Bodenart Schluff) bis

nass (Bodenart Sand). Weniger feuchte Abschnitte waren auf den obersten Bohrabschnitt oder den Festgesteinszersatz bei Endteufe beschränkt.

In allen Bohrlöchern des Verlandungsbereichs konnte ein Ruhewasserspiegel eingemessen werden. Die Angaben hierzu sind in der Tabelle 5 zusammengestellt. Im Bohrloch von K 9 stand das Grundwasser an der Geländeoberkante, in weiteren 7 KRB im obersten Bohrmeter. Ein Grundwasseranschnitt ist nur für K 1 an der Schichtgrenze Auelehm/Flusssand dokumentiert

**Tabelle 5:** Grundwasserstände in den Bohrlöchern der Kleinrammbohrungen im Verlandungsbereich

Aufschluss	Ansatzpunkthöhe [m über NHN]	Ruhewasserspiegel [m unter Ansatzpunkt]	Ruhewasserspiegel [m über NHN]
K 1	161,633	1,33	160,30
K 2	160,964	0,81	160,15
K 3	161,153	0,78	160,37
K 4	160,810	0,74	160,07
K 5	160,341	0,53	159,81
K 6	160,095	0,14	159,96
K 7	159,829	0,42	159,41
K 8	159,937	0,41	159,53
K 9	158,845	0,00	158,85

### 5.2.2 Aufschüttungsbereich

Das Bohrgut aus den meisten Aufschlüssen war nur schwach feucht bis feucht.

Die von 4,0-4,4 m reichende Sandschicht in K8 war wasserführend. Grundwasser wurde bei 4,00 m unter GOK angeschnitten; der Ruhewasserspiegel stand im Bohrloch bei 3,80 m unter GOK. In K 13 wurde Grundwasser bei 4,5 m unter GOK an der Oberkante der Flusssandschicht angeschnitten. Die in K 11 angetroffene Sandschicht (3,5-4,0 m unter GOK) war nur feucht, der Flusssand an der Basis von K 18 (3,9-4,0 m unter GOK) war stark feucht (kein freies Wasser).

### **5.3 Bodenuntersuchungen im Verlandungsbereich**

Die Prüfberichte des Labors sind in den Anlagen 4.2 bis 4.4 enthalten. Diesen angehängt ist jeweils der Prüfbericht für die Radionuklide in Einzelproben. Anlage 4.1 enthält den Prüfbericht für Radionuklide in vier Mischproben aus dem Verlandungsbereich.

#### **5.3.1 Untersuchungen im Feststoff**

Untersucht wurden 26 Einzelproben. Die Anlage 5.1 enthält eine tabellarische Gegenüberstellung aller Analyseergebnisse mit den Materialwerten nach Anlage 1 Tabelle 4 der BBodSchV. Entsprechende Lagepläne sind in den Anlagen 7.1 und 7.2 enthalten.

##### **Beschreibung der Befunde:**

- Die Fraktion < 2 mm machte in 21 von 26 Proben mehr als 74 % der Gesamtfraktion aus. Ausnahmen waren die Proben BP 2/2 bis BP 2/5 (34,5-58,4 %) und BP 3/3 (66,8 %); darin besteht z. T. Übereinstimmung mit der Feldansprache (kiesige Flusssande).
- Der **pH-Wert** des Bodens lag zwischen 6,1 (BP 7/2) und 7,3 (BP 9/1).
- In 7 Proben wurde der Materialwert (MW) für **Arsen** von 20 mg/kg überschritten (Maximum 44,4 mg/kg in Probe BP 5/1, alle übrigen < 25 mg/kg).
- Der MW für **Blei** (140 mg/kg) wurde nur in einer Probe überschritten (BP 6/1 mit 170 mg/kg).
- In 20 von 26 Proben wurde der MW für **Cadmium** (1 mg/kg) überschritten. Der Höchstwert lag bei 92,7 mg/kg (BP 6/1).
- Von den 26 auf **Chrom** untersuchten Proben lagen 14 über dem MW von 120 mg/kg. Der Spitzenwert betrug 701 mg/kg.
- Der MW für **Kupfer** (120 mg/kg) wurde in 2 Proben überschritten (maximal 167 mg/kg in BP 6/1).
- Die **Nickel**-Konzentration war in allen Proben niedriger als der MW von 80 mg/kg.
- Das **Quecksilber**-Maximum trat mit 0,84 mg/kg in BP 6/3 auf. Zwei weitere Proben wiesen Quecksilbergehalte über dem MW (0,6 mg/kg) auf.
- Der MW für **Thallium** (1 mg/kg) wurde in keiner Probe überschritten.
- Für **Zink** wurden Werte bis 644 mg/kg gemessen. 11 von 26 Proben lagen über dem MW (300 mg/kg).
- Der MW für **EOX** (extrahierbare organische Halogenide) liegt bei 1 mg/kg und wurde in einer Probe (BP 9/1) um 10 % überschritten. Alle weiteren Befunde waren negativ.
- Die **PAK-Summe** (16 Einzelsubstanzen) übertraf allein in BP 1/3 mit 6,17 mg/kg den MW um 2,8 %.
- **PCB** waren in keiner Probe nachweisbar.

### 5.3.2 Untersuchungen im Eluat

Für die Herstellung von Eluaten und deren Untersuchung auf anorganische und organische Schadstoffe wurden 14 Einzelproben ausgewählt. Die Prüfergebnisse sind in den Anlagen 4.2 und 4.4 dokumentiert. Eine Zusammenstellung befindet sich in Anlage 5.1, eine planmäßige Darstellung in Anlage 7.2.

#### Beschreibung der Befunde:

- Im Eluat wurde **Fluorid** mit 0,25 bis 0,92 mg/l nachgewiesen. Der Prüfwert von 1,5 mg/l nach BBodSchV Anlage 2 Tabelle 1 wurde unterschritten.
- **Cyanide** waren weder in der Gesamtfraktion noch in der leicht freisetzbaren Fraktion nachweisbar.
- Für die Halb- und Schwermetalle **Antimon, Arsen, Blei, Cobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen und Zink** wurde der Prüfwert nach BBodSchV Anlage 2 Tabelle 1 nicht überschritten.
- In der Probe BP 2/1 wurde der Prüfwert für **Bor** um 7 % überschritten.
- In den Proben BP 6/1 und BP 7/1 war das **Cadmium** höher als der Prüfwert der BBodsSchV.
- Prüfwertüberschreitungen sind auch für **Chrom-gesamt** an BP 3/1 und für **Chrom-VI** an BP 2/1, BP 3/1, BP 6/1 und BP 7/1 festzustellen.
- Bei einem breiten Spektrum an organischen Schadstoffen lag keine einzige Prüfwertüberschreitung vor.

## 5.4 Bodenuntersuchungen im Aufschüttungsbereich

### 5.4.1 Untersuchungen im Feststoff

Untersucht wurden 12 Mischproben aus dem Bohrgut der Kleinrammbohrungen. Der Prüfbericht ist in der Anlage 4.5 enthalten. Die Anlage 5.2 enthält eine tabellarische Gegenüberstellung aller Analyseergebnisse mit den Materialwerten nach Anlage 1 Tabelle 4 der BBodSchV. Die wesentlichen Informationen sind in der Anlage 7.3 dargestellt.

#### Beschreibung der Befunde:

- In 11 von 12 Mischproben wurden **pH-Werte** zwischen 6,3 und 7,0 gemessen. Deutlich saurer war die Probe S1MP\_4\_5\_6 mit pH 5,9 (aufgeschüttetes Sediment).
- Für **Arsen, Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Thallium** wurde keine einzige Überschreitung des Materialwerts nach BBodSchV Anlage 1 Tabelle 4 (MW) ermittelt.
- Beim **Cadmium** wurde der MW von 1 mg/kg in allen Mischproben deutlich übertroffen, am stärksten in der Probe S1MP\_4\_5\_6 mit 39,3 mg/kg. In derselben Probe wurde auch der MW für **Zink** – wenn auch nur um 3 % - überschritten.
- 8 von 12 Mischproben wiesen eine **Chromkonzentration** über 120 mg/kg (= MW) auf; Der Höchstwert waren 182 mg/kg.

- Alle **PAK**-Summen lagen unter dem MW von 6 mg/kg. Für EOX und PCB waren alle Befunde negativ.

#### 5.4.2 Untersuchungen im Eluat

Die Herstellung von Eluaten und deren Untersuchung auf anorganische und organische Schadstoffe wurde auf die sechs Mischproben aus dem aufgeschütteten Sediment beschränkt. Die Prüfergebnisse sind in der Anlage 4.5 enthalten und in Tabelle 5.2 zusammengestellt (vgl. Plan-darstellung in Anlage 7.4).

##### Beschreibung der Befunde:

- Im Eluat wurde **Fluorid** mit 0,19 bis 0,56 mg/l nachgewiesen. Der Prüfwert von 1,5 mg/l nach BBodSchV Anlage 2 Tabelle 1 wurde unterschritten.
- **Cyanide** waren weder in der Gesamtfraktion noch in der leicht freisetzbaren Fraktion nachweisbar.
- Der Prüfwert für **Cadmium** wurde in 4 von 6 Fällen überschritten. Der Maximalwert trat mit 0,0760 mg/l in der Probe S1MP\_4\_5\_6 auf. Offenbar wirken hier die höchste Gesamtkonzentration und der saure pH-Wert zusammen.
- In zwei Mischproben war die **Chrom-VI**-Konzentration minimal höher als der Prüfwert. Chrom-gesamt war unkritisch.
- Weitere Überschreitungen von Prüfwerten traten weder bei den Halb- und Schwermetallen noch bei den organischen Schadstoffen auf. Einzelne Befunde für Toluol und Dichlormethan sind untypisch und der Höhe nach unkritisch.

#### 5.4.3 Untersuchungen zum Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Aus den auf 18 Teilflächen entnommenen Mischproben wurden jeweils 6 Sammelproben à 3 Mischproben aus den Bodentiefen 0-10 cm und 10-30 cm untersucht. Der Prüfbericht ist in Anlage 4.6 enthalten, die Auswertungstabelle in Anlage 5.3.

##### Beschreibung der Befunde:

- Die Mischproben wiesen **pH-Werte** zwischen 5,1 und 6,1 auf.
- In 7 der 12 Mischproben wurde der Maßnahmenwert in Anlage 2 Tabelle 7 der BBodSchV für **Cadmium** von 20 mg/kg überschritten, am stärksten mit 48,6 mg/kg in MP\_4\_5\_6 0-10 cm.
- Die Gehalte weiterer **Halb- und Schwermetalle, PAK, PCB und Organochlorpestizide** waren nicht nachweisbar oder weit unter den einschlägigen Prüf- und Maßnahmenwerten.
- In 4 von 6 Mischproben aus der Tiefe 0-10 cm wurde der Prüfwert für den Kennwert **WHO(2005)-PCDD/F TEQ** überschritten. Die betroffenen Mischproben sind gleichzeitig kritisch bezüglich Cadmium.

#### 5.5 Bestimmung von Radionukliden

Die Prüfberichte für die mit Gammaskopie untersuchten Bodenproben sind in den Anlagen 4.1 (4 Mischproben aus der Verlandungszone), 4.2 bis 4.4 (jeweils dieselben 9 Einzelproben

aus der Verlandungszone) und 4.5 (6 Mischproben von der Sedimentaufschüttung) enthalten. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich in der Anlage 5.4. Beschreibung der Befunde:

#### Kalium-40

- 8 von 13 Proben aus dem Verlandungsbereich wiesen spezifische Aktivitäten von 600-700 Bq/kg auf, eine Probe lag geringfügig darüber. Im Aufschüttungsbereich lagen alle Proben in diesem Intervall.
- In zwei Proben wurden knapp unter 300 Bq/kg bestimmt, zwei weitere lagen bei 480 bzw. 561 Bq/kg.
- Alle Messwerte liegen in dem Bereich natürlicher Aktivitäten.
- Die Ursache für die z. T. vereinzelt niedrigeren Messwerte ist unbekannt; ein Zusammenhang mit der Bodenart besteht jedenfalls nicht.

#### Uran-238-Reihe

- Innerhalb des Intervalls von 40 bis 80 Bq/kg liegen 6 von 13 Proben aus dem Verlandungsbereich und alle Proben aus dem Aufschüttungsbereich.
- 6 Proben weisen mit 95 bis maximal 136 Bq/kg erhöhte Messwerte auf. In denselben Proben wiesen auch Radium-226 und Blei-210 erhöhte Aktivitäten auf.
- Der niedrigste Messwert von nur 15 Bq/kg trat in der Deckschicht von K 2 auf (Tiefe bis 2,0 m). Hier wurde für alle weiteren Radionuklide der Minimalwert ermittelt.

#### Uran-235-Reihe

- Die Aktivität von Uran-235 betrug in 10 von 19 Fällen (darunter alle Proben aus dem Aufschüttungsbereich) zwischen 2,7 und 3,5 Bq/kg, dabei maximal 6,3 Bq/kg und minimal 0,69 Bq/kg.

#### Thorium-232

- Für die Radionuklide der Thorium-232-Reihe (Radium-228, Thorium-228) wurden jeweils Aktivitäten zwischen 44 und 53 Bq/kg an 8 Proben des Verlandungsbereichs und allen Proben des Aufschüttungsbereichs gemessen.
- Die Minimalwerte lagen bei 14 bzw. 15 Bq/kg in der Deckschicht von K 2.

## **6 Bewertung der Untersuchungsergebnisse**

### **6.1 Schadstoffeigenschaften**

Einige Stoffgruppen und Einzelstoffe werden in der Tabelle 6 hinsichtlich ihrer schädlichen Eigenschaften für Mensch und Umwelt gekennzeichnet.

Hervorzuheben sind die krebserzeugenden Eigenschaften von Benzol und einer Reihe von PAK-Verbindungen, darunter Benzo(a)pyren als typischem Vertreter.

**Tabelle 6:** Physikalisch-chemische Kenngrößen und toxikologische Eigenschaften der untersuchten organischen und anorganischen Schadstoffe

<b>Stoffbezeichnung</b>	<b>Physikalisch-chemische Kenngrößen<sup>1</sup></b>	<b>Humantoxikologie<sup>2</sup></b>	<b>Umweltrelevanz/Ökotoxikologie/Grenzwerte<sup>3</sup></b>
Benzol	p = 100 mbar L = 1,8 kg/m <sup>3</sup>	K. beim Menschen erwiesen; T. n. beob.	WGK 3; BCF = 19; im Boden relativ gut abbaubar
Mineralöl (aliphat. KW)	L = 5-20 mg/l und höher p gering	als Stoffgemisch unbekannt, im Vgl. zu Aromaten unbedeutend	als Stoffgemisch unbek., im Vgl. zu Aromaten unbedeutend
Naphthalin	L = 30 mg/l' p = 7,2 Pa	kanzerogene Wirkung nicht eindeutig belegt	akut toxisch gegenüber Wasserorganismen; WGK 2
PAK als Stoffgruppe	30 ≤ L ≤ 0,0003 mg/l 7,2 ≤ p ≤ 10 <sup>-8</sup> Pa	Verb. < MG 200 nicht, > MG 200 ± stark karzinogen	Verb. < MG 200 akut toxisch; > MG 200 keine akute Tox.; WGK 2-3
Toluol	p = 29 mbar bei 20 °C L = 0,53 g/l	letale Dosis 50-500 mg/kg; M, K, T nicht nachgewiesen; ab 100 ppm narkotische Wirkg.; reizt Haut und Schleimhäute; Akk. in Hirn, Niere, Knochenmark; Schäden des ZNS	WGK 2 MAK 375 mg/m <sup>3</sup>
Xylole	p = 7-9 mbar bei 20 °C L = 0,2 g/l bei 15 °C	letale Dosis 10 g/m <sup>3</sup> ; Dämpfe chron. gesundh.schädl.; Schädigung des ZNS; narkotische Wirkung	WGK 2 MAK 440 mg/m <sup>3</sup> BCF = 24
Tetrachlorethen	p = 19,4 mbar bei 20 °C L = 0,16 g/l bei 20 °C	Krebserzeugender Gefahrstoff Kategorie 3; Leber und Nierenschäden; Verdacht: reproduktionstoxisch und karzinogen	WGK 3 MAK 69 mg/m <sup>3</sup>
Trichlorethen	p = 77,6 mbar bei 20 °C L = 1 g/l bei 20 °C	gesundheitsschädlich und stark narkotisierend: Akute Vergiftungen führen zu Hirnschäden, Erblindung und zur Aufhebung der Geruchs- und Geschmacksempfindung Krebserzeugender Gefahrstoff Kategorie 1	WGK 3 MAK 54,7 mg/m <sup>3</sup>
Vinylchlorid	p = 3,3 bar bei 20 °C L = 1,1 g/l bei 20 °C	Schädigung der Leber, Speiseröhre, Milz, Handdurchblutung, Handknochen und Haut; krebserzeugend	WGK 2 MAK: aufgrund Karzinogenität kein Grenzwert

**Tabelle 6:** Physikalisch-chemische Kenngrößen und toxikologische Eigenschaften der untersuchten organischen und anorganischen Schadstoffe (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Physikalisch-chemische Kenngrößen <sup>1</sup>	Humantoxikologie <sup>2</sup>	Umweltrelevanz/Ökotoxikologie/Grenzwerte <sup>3</sup>
Chrom-VI	p = 18,4 mbar bei 20 °C	krebserzeugend (Gefahrstoff Kategorie 1) und mutagen; beim Verschlucken sind Verdauungsstörungen, Nierenschäden, Krämpfe und Lähmungen die Folge, stark ätzend	WGK 2 AK-Wert 1,0 µg/m <sup>3</sup>
Arsen	praktisch unlöslich in Wasser	Krebserzeugend; akute Vergiftungen führen zu Verdauungsstörungen, neurologische Störungen chronische Vergiftungen führen zu Hautveränderungen, Nervenschäden, Herz-Kreislauferkrankungen	WGK 2 AK-Wert 0,83 µg/m <sup>3</sup> für organische Arsenverbindungen (einschließlich Arsensäure und deren Salze)
Blei	schlecht bis sehr schlecht löslich	Vergiftungen führen zu Schäden des Nervensystems, der Nieren, Herz-Kreislauferkrankungen wahrscheinlich krebserregend	WGK 1 MAK 0,004 mg/m <sup>3</sup> (Blei und anorganische Bleiverbindungen)
Cadmium	praktisch unlöslich in Wasser	Akute Vergiftungen führen zu Reizungen der Atemwege und Lungenschädigung durch Metallrauche Chronische Vergiftungen führen zu Lungenfunktionsstörung/ Lungenschädigung, Schädigung von Niere und Knochen Verdacht: reproduktionstoxisch, mutagen und karzinogen	WGK 3 MAK 0,001 mg/m <sup>3</sup> (Cadmium und seine organischen Verbindungen)
Kupfer	praktisch unlöslich in Wasser	akute Vergiftungen führen zu Verdauungsstörungen, Reizungen der Atemwege chronische Vergiftungen führen zu Leberschäden	WGK 2 MAK 0,01 mg/m <sup>3</sup>
Quecksilber	praktisch unlöslich in Wasser p = 7,57 * 10 <sup>-3</sup> mbar bei 20 °C	akut: Reizung der Atemwege durch Dämpfe, Lungen- und Nierenschädigung chronische Vergiftungen führen zu Störungen des Zentralen Nervensystems Verdacht: reproduktionstoxisch und karzinogen	WGK 3 MAK 0,02 mg/m <sup>3</sup> (Quecksilber und anorganische Quecksilberverb. einschl. Quecksilberoxid und Quecksilberchlorid)
Nickel	praktisch unlöslich in Wasser	akute Vergiftungen führen zu Irritation der Atemwege; chronische Vergiftungen führen zu Hautschäden; Verdacht auf kanzerogenes Potential	WGK 2 AK-Wert 0,006 mg/m <sup>3</sup> (Nickelverbindungen)
Zink	Löslichkeit hängt vom pH-Wert ab	akute Vergiftungen führen zu Verdauungsstörungen	nicht wassergefährdend MAK 2 mg/m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> p = Dampfdruck; L = Wasserlöslichkeit;

<sup>2</sup> K = Kanzerogenität; MG = Molekulargewicht; M = Mutagenität; T = Teratogenität;

<sup>3</sup> WGK = Wassergefährdungsklasse; MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentration; BCF = Biokonzentrationsfaktor  
AK = Akzeptanzkonzentration

## **6.2 Darstellung der Kontaminationssituation**

### **6.2.1 Verlandungsbereich**

Die Orientierende Untersuchung des Verlandungsbereichs der Talsperre Windischleuba umfasste neun Bodenaufschlüsse mittels Kleinrammbohrungen (KRB) auf einer Fläche von etwa 1,11 km<sup>2</sup>. Die daraus gewonnenen Ergebnisse können somit nicht als repräsentativ für den gesamten Verlandungsbereich gelten, sondern haben nur orientierenden Charakter. Dies gilt auch in Bezug auf die einzelnen in /1/ unterschiedenen Verlandungsphasen (vgl. Anlage 1.5).

Die Feststoffuntersuchung von Einzelproben aus allen neun KRB ergab eine verbreitete Cadmiumbelastung mit Schwerpunkten in den Aufschlüssen BP 4, BP 6, BP 7 und BP 9, wobei das Belastungsmaximum jeweils in der obersten, 1,0 m mächtigen Bodenschicht auftrat. Dort wurde jeweils mehr als das 20fache des Materialwerts (MW) aus Tabelle 4 in Anlage 1 der BBodSchV nachgewiesen. Cadmiumgehalte unter dem MW (also < 1 mg/kg) wurden ausschließlich in einer Bodentiefe > 1,0 m angetroffen.

In allen Verlandungssedimenten („Aufschüttung“) wurde auch der sehr viel höhere MW von 120 mg/kg für das Chrom überschritten, am stärksten um 484 % in BP 3/2 (1,0-1,7 m). Analog zum Cadmium wurde eine Anreicherung gegenüber dem unterlagernden Auelehm festgestellt.

Die Cadmiumverunreinigungen gingen mehrfach mit erhöhten Arsen-, Blei-, Quecksilber- und Zinkgehalten in der Aufschüttung einher, aber auch andere als die oben genannten Aufschlüsse waren betroffen. Die maximalen Überschreitungen des MW waren vergleichsweise unbedeutend (Arsen: 122 %; Blei: 21 %; Quecksilber: 40 %; Zink: 115 %).

Im Gegensatz zu den Aufschüttungen wurden in den Auelehmhorizonten nur vereinzelte Schwermetallkonzentrationen oberhalb des MW nachgewiesen (Cadmium bis 3,7 mg/kg in BP 1/4, BP 4/3, BP 5/2, BP 7/2 und BP 9/2; Quecksilber mit 0,84 mg/kg in BP 6/3).

Im Falle einer (z. B. durch ein Hochwasser verursachten) Verfrachtung des Bodens und eines möglichen Materialkontakts von Personen wird eine potenzielle Gefährdung bei Überschreitung von Prüfwerten gemäß Anlage 2 Tabelle 4 der BBodSchV (Wirkungspfad Boden-Mensch) angezeigt. In Wohngebieten liegt der Prüfwert für Cadmium bei 20 mg/kg und wird in den o. g. Fällen überschritten. Der Prüfwert in Park- und Freizeitanlagen (50 mg/kg) wird eingehalten. Die Prüfwerte beziehen sich allerdings auf die obersten 10 cm, während hier i. d. R. der oberste Meter untersucht wurde. Weitere Halb- und Schwermetalle sind für den Wirkungspfad Boden-Mensch ohne Bedeutung.

Die organischen Verbindungen EOX, PAK und PCB waren insgesamt nicht auffällig erhöht; geringe Überschreitungen des MW sind vernachlässigbar.

Angaben zu durchschnittlichen Schadstoffkonzentrationen und Schadstoffmengen sind aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht sinnvoll.

Zur Prüfung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers wurden je Aufschluss vom obersten und z. T. auch von einem tieferen Bodenhorizont Wasserextrakte (Eluate) nach BBodSchV hergestellt und analysiert. Der Prüfwert für Cadmium (s. Anlage 2 Tabelle 1 der BBodSchV) wurde nur im obersten Meter der Aufschlüsse K 6 (+323 %) und K 7 (+87 %) überschritten. Dies ist insofern plausibel, als dort bereits die höchsten Cadmium-Gehalte im Feststoff gefunden wurden.

In tieferen Bodenhorizonten wurden maximal 0,0003 mg Cadmium/l nachgewiesen und der Prüfwert der BBodSchV damit deutlich unterschritten.

Beim Chrom-gesamt trat nur eine Prüfwertüberschreitung auf (+60 % in BP 3/1 0,0-1,0 m). Der wesentlich niedrigere Prüfwert für das Chrom-VI wurde in 4 Fällen überschritten (maximal um 225 % in BP 7/1 0,0-1,0 m). In den tieferen Bodenhorizonten waren Chrom-gesamt mit maximal 0,003 mg/l und Chrom-VI in keinem Fall nachweisbar. Zwischen Chrom im Feststoff und im Eluat ist kein eindeutiger Zusammenhang erkennbar.

Das Halbmetall Bor war häufig in Konzentrationen um 1 mg/l nachweisbar und übertraf diesen Prüfwert der BBodSchV nur in einem Fall um 7 %.

Bei allen weiteren im Eluat bestimmten Halb- und Schwermetallen wurde der Prüfwert der BBodSchV zum Wirkungspfad Boden-Grundwasser nicht überschritten (vgl. Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Messwertbereiche und Prüfwerte für Halb- und Schwermetalle im Eluat von 14 Einzelproben aus dem Verlandungsbereich

Element	Messwertbereich [mg/l]	davon Proben < BG	Prüfwert < 0,5 % TOC [mg/l]	Prüfwert ≥ 0,5 % TOC [mg/l]
Antimon	< 0,001 - 0,006	2	0,010	0,010
Arsen	0,0002 - 0,0020	0	0,015	0,025
Blei	<0,001 – 0,009	9	0,045	0,085
Cobalt	0,0002 – 0,0289	0	0,050	0,125
Kupfer	< 0,001 – 0,043	1	0,050	0,080
Molybdän	0,0010 – 0,0242	0	0,070	0,070
Nickel	0,004 – 0,051*	0	0,040	0,060
Quecksilber	< 0,0002	14	0,001	0,001
Selen	< 0,001 – 0,002	6	0,010	0,010

BG = Bestimmungsgrenze

\* keine Prüfwertüberschreitung, da Probe ≥ 0,5 % TOC

Der Parameter TOC kennzeichnet die Summe aller (i. d. R. organischen) Kohlenstoffverbindungen; der übliche Wertebereich lag hier bei 10-17 mg/l. Der TOC von 33 mg/l in der Probe BP 9/1 (0,0-1,0 m) war auffällig erhöht. Damit werden auch natürlich vorkommende Substanzen erfasst, sodass es sich nicht zwangsläufig um (anthropogene) Schadstoffe handeln muss.

Mit den Kohlenwasserstoffen C10 bis C40 (KW) werden üblicherweise Mineralölprodukte erfasst; es kann sich aber auch hier um natürliche organische Substanzen handeln. Befunde wurden für die Proben BP 1/3 (2,0-2,3 m; 2,65 x Prüfwert) und BP 7/1 (0,0-1,0 m; < Prüfwert) ermittelt. In BP 1/3 traten gleichzeitig ein schwach fauliger Geruch und ein geringer PAK-Befund (0,09 µg/l < Prüfwert) auf, sodass der KW-Befund nicht völlig unplausibel ist. In BP 7/1 liegt mit 0,05 µg/l ebenfalls ein geringer PAK-Befund vor, ebenso in zwei weiteren Bodenproben. Es handelte sich um die Verbindungen Pyren, Fluoranthen und Benzo(b)fluoranthen.

In vier Eluaten wurde Chloroform bis maximal 3,1 µg/l nachgewiesen. Andere LHKW-Spezies kamen nicht vor. Der Prüfwert für Summe LHKW (20 µg/l) wird nicht überschritten.

Die Untersuchung auf 10 Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) erbrachte Befunde unterhalb einschlägiger Prüfwerte für folgende Verbindungen:

- Perfluorbutansäure in 2 Proben;
- Perfluorpentansäure in 2 Proben;
- Perfluorhexansäure in 4 Proben;
- Perfluorhexansulfonsäure in 1 Probe;
- Perfluorheptansäure in 3 Proben;
- Perfluoroctansäure in 8 Proben;
- Perfluoroctansulfonsäure in 9 Proben;

Im Eluat nicht nachweisbar waren Einzelstoffe folgender Stoffgruppen:

- Benzol und Alkylbenzole (BTEX);
- PCB;
- Chlorbenzole;
- Phenol/Alkylphenole/Chlorphenole.

Die Ergebnisse der Aktivitätsmessungen der wichtigsten Radionuklide in Bodenproben aus dem Verlandungsbereich (vgl. Abschnitt 5.5 und Anlage 5.4) liegen laut TLUBN /10/ im Bereich der natürlichen Radioaktivität unserer Umgebung. Der Prüfwert gemäß § 161 StrlSchV (in Verbindung mit § 136 Absatz 1 StrlSchG) von 0,2 Bq/g (= 200 Bq/kg) für die Radionuklide der Zerfallsreihen von Thorium-232 und Uran-238 wurde nicht überschritten. Ein Bezug zur Uranerzbergbau-Sanierung über das StrlSchG kann nicht hergestellt werden.

### 6.2.2 Aufschüttungsbereich

Im Gegensatz zur Verlandungsfläche wurde der Aufschüttungsbereich mit 18 Aufschlüssen auf einer Fläche von rund 6 ha systematisch und engmaschig erkundet.

Die Untersuchungen im Feststoff haben in allen 12 Sammelproben erhöhte **Cadmium**-Gehalte ergeben (vgl. Übersichtstabelle in Anlage 5.2). Diese betragen in der ca. 2 m mächtigen Aufschüttung im Mittel 23,9 mg/kg und im darunter liegenden „gewachsenen“ Auelehm im Mittel 13,1 mg/kg (vgl. Tabelle 8). Die Einzelwerte reichten vom 5,8fachen bis zum 39,3fachen des Materialwerts der Tabelle 4 in Anlage 1 der BBodSchV (1 mg/kg).

Beim **Chrom** wurde der MW in 8 von 12 Proben um maximal rund 52 % überschritten. Betroffen waren alle Aufschüttungen und in zwei Fällen auch die unterlagernde natürliche Bodenbildung.

Schließlich wurde noch in einer Probe der MW für das Zink (300 mg/kg) um 3 % überschritten.

Bei Arsen und weiteren Schwermetallen liegen die höheren Gehalte ebenfalls in der Aufschüttung vor (vgl. Tabelle 8), jedoch wurde kein Materialwert überschritten.

**Tabelle 8:** Mittlere Schadstoffgehalte und Abschätzung der Schadstoffmengen in der Aufschüttung und im unterlagernden Auelehm

Element	Schicht	mittlere Schichtdicke [m]	Mittlere Konzentration [mg/kg]	Schadstoffmenge* [t]
Arsen	Aufschüttung	2,11	14,9	3,77
	Auelehm	1,03	13,2	1,63
Blei	Aufschüttung	2,11	79,8	20,2
	Auelehm	1,03	55,0	6,80
Cadmium	Aufschüttung	2,11	23,9	6,05
	Auelehm	1,03	13,1	1,62
Chrom	Aufschüttung	2,11	153	38,7
	Auelehm	1,03	103	6,37
Kupfer	Aufschüttung	2,11	73,2	18,5
	Auelehm	1,03	55,5	6,86
Nickel	Aufschüttung	2,11	36,0	9,12
	Auelehm	1,03	28,7	3,55
Quecksilber	Aufschüttung	2,11	0,31	0,078
	Auelehm	1,03	0,22	0,027
Thallium	Aufschüttung	2,11	0,22	0,056
	Auelehm	1,03	0,20	0,025
Zink	Aufschüttung	2,11	232	58,7
	Auelehm	1,03	165	20,4

\* Annahmen: Aufschüttungsfläche A = 60.000 m<sup>2</sup>; Lagerungsdichte d<sub>B</sub> = 2,0 t/m<sup>3</sup>

Während vorstehend Schichtpakete von rund 2,0 m (Aufschüttung) bzw. 1,0 m (i. W. Auelehm) betrachtet wurden, wurden zur Bewertung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze (Grünland) jeweils 18 Mischproben aus den Bodentiefen 0-10 cm und 10-30 cm entnommen und zu jeweils 6 Sammelproben aus drei Mischproben benachbarter Teilflächen vereinigt. In der Tabelle 9 sind die gemessenen Konzentrationsbereiche den Prüf- und Maßnahmenwerten der Tabelle 7 in Anlage 2 der BBodSchV gegenübergestellt.

Der Maßnahmenwert für Cadmium (20 mg/kg) wurde auf drei Teilflächen sowohl in 0-10 cm Tiefe als auch in 10-30 cm Tiefe um 59 % bis 143 % überschritten. Auf einer weiteren Teilfläche betrug die Überschreitung in 0-10 cm Tiefe nur 2 %. In fünf Sammelproben wurden zwischen 11,3 und 18,7 mg Cadmium pro kg nachgewiesen. In der Größenordnung besteht Übereinstimmung mit den in der gesamten Aufschüttung ermittelten Cadmium-Gehalten.

Der TEQ-Wert für die polychlorierten Dibenzodioxine und -fuarane (PCDD/F) lag in 4 von 6 Sammelproben der Bodentiefe 0-10 cm über dem Prüfwert der Tabelle 7 in Anlage 2 der BBodSchV. Die Überschreitung betrug maximal rund 67 %. Betroffen sind diejenigen Sammelproben, in denen auch der Maßnahmenwert für das Cadmium überschritten wurde.

**Tabelle 9:** Schadstoffkonzentrationen im Oberboden des Aufschüttungsbereichs und Überschreitungen von Referenzwerten im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Element	Prüfwert [mg/kg]	Maßnahmenwert [mg/kg]	Bodentiefe	gemessene Konzentration [mg/kg]	Anzahl Überschreitungen
Arsen	50	-	0-10 cm	13,6-17,4	0
			10-30 cm	13,5-18,2	0
Blei	-	1.200	0-10 cm	56-142	0
			10-30 cm	63-125	0
Cadmium	-	20	0-10 cm	11,3-48,6	<b>4</b>
			10-30 cm	12,3-43,8	<b>3</b>
Kupfer	-	1.300	0-10 cm	55-120	0
			10-30 cm	65-120	0
Nickel	-	1.900	0-10 cm	30-46	0
			10-30 cm	30-41	0
Quecksilber	-	2	0-10 cm	0,22-0,50	0
			10-30 cm	0,24-0,51	0
Thallium	-	15	0-10 cm	0,2-0,3	0
			10-30 cm	<0,2-0,3	0
Summe PCB (7)	-	0,2	0-10 cm	n. b.	0
			10-30 cm	n. b.	0
Summe HCH a-e	0,05	-	0-10 cm	n. b.	0
			10-30 cm	n. b.	0
Hexachlorbenzol	0,5	-	0-10 cm	< 0,1	0
			10-30 cm	< 0,1	0
WHO(2005)-PCDD/F TEQ inkl. BG	15	-	0-10 cm	9-25	<b>4</b>

n. b. = nicht berechenbar (alle Einzelstoffe unter der Nachweis- oder Bestimmungsgrenze)

Die mit Wasser mobilisierbaren Schadstoffanteile wurden ausschließlich an den aufgeschütteten Sedimenten ermittelt, jedoch nicht im darunter anstehenden Auelehm. In vier von sechs Eluaten wurde Cadmium oberhalb des Prüfwerts nach Tabelle 1 in Anlage 2 der BBodschV ermittelt. Zwei davon wiesen gleichzeitig eine minimale Überschreitung des Prüfwerts für Chrom-VI auf, während der Prüfwert für das Cadmium um maximal 913 % übertroffen wurde. Zur Orientierung wurden in Tabelle 10 die prozentualen Anteile der mobilisierbaren Schwermetalle ermittelt. Diese sind mit < 1 % bis z. T. < 0,1 % äußerst gering und schwanken dabei stark.

Andere anorganische oder organische Schadstoffe wiesen nur geringe Konzentrationen im Eluat auf oder waren nicht nachweisbar.

**Tabelle 10:** Anteile der mobilisierbaren Schwermetalle bezogen auf die Konzentration im Königswasser-Auszug

Element	Messwertbereich im Eluat [mg/l]	mobilisierbarer Anteil [%]
Cadmium	0,0023-0,0760	0,026-0,387
Chrom, gesamt	0,003-0,11	0,003-0,017
Kupfer	0,011-0,019	0,028-0,051
Nickel	0,003-0,024	0,018-0,137
Zink	0,03-0,30	0,031-0,194

Für die Aktivitätsmessungen der wichtigsten Radionuklide in Bodenproben aus dem Aufschüttungsbereich gelten die Aussagen des TLUBN /10/ analog (vgl. Abschnitt 6.2.1).

### **6.3 Ausbreitungspfade**

#### **Material- und Schadstoffquellen**

In der Verlandungszone der Talsperre Windischleuba wurden nach der Errichtung des Staubauwerks Sedimente aus dem Einzugsgebiet der Pleiße und ihrer Zuflüsse abgelagert. Dieser Effekt hat sich nach dem Umbau von 2001 verstärkt, als der Grundablass beseitigt wurde. Seitdem werden keine (gröberen) Sedimente mehr in das Unterwasser weitertransportiert.

Die Sedimente stammen z. T. aus dem Erzgebirge südlich von Zwickau, werden aber auch über die Sprotte aus dem Ronneburger Revier der Pleiße zugeführt. Durch industrielle und bergbauliche Quellen wurden sowohl das Wasser der Flüsse als auch die Sedimente mit Schadstoffen befrachtet, z. B.

- Radionuklide aus dem Uranbergbau,
- Schwermetalle, Mineralölprodukte und Lösungsmittel aus der Metallverarbeitung,
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole und Cyanide aus der Gaserzeugung und Teerverarbeitung.

Einzelheiten zu den Schadstoffemittenten sind in /1/ beschrieben.

Somit kam eine potenziell schadstoffbelastete Sedimentfracht in der Talsperre an, und das abgelagerte Material konnte durch die im Flusswasser transportierten Schadstoffe weiter kontaminiert werden.

Der Transport von Schadstoffen über Grundwasser und Oberflächengewässer erfolgte aber nicht erst seit 1953, sondern bereits seit der Industrialisierung in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Damals herrschten in der Pleiße noch freie Abflussbedingungen, sodass es zu keiner lokalen Anreicherung von Schadstoffen kam.

### Wirkungspfade

In der Verlandungszone bestehen i. W. zwei Wege eines möglichen Schadstofftransfers aus den Ablagerungen in die Gewässer:

- 1) über den Sickerwasserpfad in den Talgrundwasserleiter der Pleiße und weiter in den Vorfluter;
- 2) Abspülung von Sedimenten in den Vorfluter bei Hochwasser.

Aus bodenschutzrechtlicher Sicht ist der Fall 1) zu betrachten. Daher wurden von Bodenproben aus der Verlandungszone Eluate hergestellt, um zu überprüfen, ob Schadstoffe durch Sickerwasser mobilisiert werden können (vgl. Abschnitt 7.3.2).

Grundsätzlich kann auch ein Schadstofftransfer über den Wirkungspfad Boden-Mensch (Direktpfad) stattfinden (Fall 3). Gezielte Untersuchungen hierzu waren nicht vorgesehen. Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund der zahlreichen Warnungen vor dem Versinken eine Betretung der Verlandungszone i. d. R. unterbleibt. Eine Einzäunung besteht lediglich an der Südwestseite und soll dort vorzugsweise der Verkehrssicherung dienen (Absturzgefahr durch steile Böschung). Es ist jedoch möglich, Hinweise auf relevante Schadstoffbelastungen aus der Feststoffuntersuchung an der obersten zumeist einen Meter mächtigen Bodenschicht zu erhalten. Bei der Einordnung nach Anlage 2 Tabelle 5 der BBodSchV wird auf das Nutzungsszenario „Park- und Freizeitanlagen“ abgestellt. Der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze scheidet hier aus, da in der Verlandungszone weder ein Nutzpflanzenanbau noch eine Beweidung stattfinden.

Im Hochwasserfall kann ein verstärkter Transport insbesondere von feinkörnigem Bodenmaterial ausgelöst werden (vgl. Betrachtung der Auswirkungen eines HQ<sub>100</sub> in der Anlage 6), das dann in die unterstromig gelegene Pleißenaue verfrachtet und dort sedimentiert werden kann. Auch für diesen Fall können die Feststoffuntersuchungen der obersten Bodenschicht orientierend herangezogen werden.

Die ca. 6 Hektar große Aufschüttungsfläche wird als Grünland zur Gewinnung von Viehfutter bewirtschaftet. Hier steht der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze im Vordergrund. Da das in den 1960er Jahren vor der Stauanlage ausgehobene Material besonders kontaminationsverdächtig war, war auch der Wirkungspfad Boden-Grundwasser zu überprüfen (siehe Abschnitt 7.4.2). Der Wirkungspfad Boden-Mensch kann vernachlässigt werden, da es nahezu ausgeschlossen ist, dass sich Personen auf der Grünlandfläche aufhalten und mit dem Boden Kontakt haben.

## **6.4 Exposition von Schutzgütern**

### Wirkungspfad Boden-Mensch

Ein Betreten der Verlandungszone abseits der vorhandenen Wirtschafts- und Wanderwege ist

verboten bzw. wird vor diesem mit zahlreichen Schildern gewarnt (siehe Abbildung 1). Gerade das Verbot könnte aber dazu verleiten, die Verlandungszone insbesondere dort zu erkunden, wo der Zugang nicht durch dichte Vegetation oder die nur teilweise vorhandene Einzäunung erschwert oder verhindert wird. Weniger wahrscheinlich ist dagegen, dass dabei ein unmittelbarer Bodenkontakt z. B. durch Aufgraben stattfindet (typisches Expositionsszenario von spielenden Kindern). Eine dadurch ermöglichte Schadstoffaufnahme durch Verschlucken oder über die Haut erscheint nahezu ausgeschlossen. Bestenfalls werden Anhaftungen an den Schuhen verschleppt, was aber zu keiner relevanten Schadstoffaufnahme führt.

Der Vollständigkeit halber sind einzelne Überschreitungen der Prüfwerte für das Nutzungsszenario „Park- und Freizeitflächen“ im obersten Meter festzuhalten (> 50 mg Cadmium/kg an den Aufschlusspunkten K 6 und K 7; > 400 mg Chrom/kg an den Aufschlusspunkten K 3 bis K 6).



**Abbildung 1:** Warnschild am südlichen Rand der Verlandungszone

Für den Aufschüttungsbereich wurde ein menschlicher Kontakt mit dem Boden und eine damit einhergehende Schadstoffexposition bereits im Abschnitt 8.3 verneint.

#### Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Unmittelbares Schutzgut ist hier die Qualität der auf der Sedimentaufschüttung wachsenden Gras- und Krautvegetation, die als Futter für Nutztiere eingesetzt wird. Diese und weiter gehend auch der Mensch sollen mittelbar geschützt werden.

Der einschlägige Maßnahmenwert der BBodSchV für Cadmium wird auf einer Teilfläche in der Bodentiefe 0-10 cm nur knapp, auf drei weiteren Teilflächen und in beiden Beprobungstiefen (0-10 cm und 10-30 cm) jedoch deutlich überschritten. Daraus kann geschlossen werden, dass

auf den betroffenen Teilflächen eine Schadstoffexposition des pflanzlichen Aufwuchses besteht, d. h. dass das Cadmium von den Gräsern und Kräutern in einem für die nachfolgenden Konsumenten bzw. Schutzgüter relevanten Maß aufgenommen wird.

### Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Die mögliche Schadstoffexposition des Grundwassers über den Sickerwasserpfad unterliegt einer ganzen Reihe von Einflussgrößen:

- 1) den Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag, Abfluss und Verdunstung;
- 2) dem Vorhandensein eines Bewuchses;
- 3) dem Vorhandensein von mit Wasser mobilisierbaren Schadstoffen;
- 4) der Rückhaltung und dem Abbau von Schadstoffen auf der Sickerstrecke

zu 1)

Das Altenburger Land ist gekennzeichnet durch relativ geringe Niederschläge (Jahressumme 580-650 mm), hohe Verdunstung (450-500 mm) und wenig Abfluss (100-150 mm), der nur teilweise zur Grundwasserneubildung beiträgt. Der Mangel an Transportmedium wirkt sich günstig auf die Schadstoffverfrachtung in das Grundwasser aus.

zu 2)

Die Verlandungszone ist insgesamt dicht bewachsen, wobei sich Waldflächen, Hochstaudenfluren und Mischformen abwechseln. Dadurch kommt es zur Interzeption von Niederschlagswasser an der Pflanzenoberfläche, von wo ein Großteil wieder verdunstet. Das in den Boden gelangende Wasser wird in jahreszeitlicher Abhängigkeit über die Pflanzenwurzeln aufgenommen.

Im Bereich der Sedimentaufschüttung ist der Boden von einer Gras-Kraut-Vegetation bedeckt. Hier herrschen ebenfalls Interzeption und Wurzelaufnahme von (versickerndem) Niederschlagswasser vor, welche aber im Winter reduziert sind.

zu 3) und 4)

In der Verlandungszone wurden Metalle nur in Einzelfällen oberhalb des einschlägigen Prüfwerts der BBodSchV nachgewiesen; betroffen waren ausnahmslos Bodenproben aus dem obersten Meter der Aufschlüsse K 2, K 3, K 6 und K 7. Prüfwertüberschreitungen über 100 % waren auf Cadmium an K 6 und K 7 und Chrom-VI an K 7 beschränkt.

Unter den Verlandungssedimenten folgt i. d. R. ein feinsandig-schluffiger Auelehm mit schwach saurem pH-Wert und bis zu 1,3 % TOC, der über ein gutes Puffervermögen für anorganische und organische Schadstoffe verfügt. Dies zeigt sich anhand der Metallgehalte im Eluat aus dem Auelehm, die weit niedriger als im obersten Meter und auch im Vergleich zu den Prüfwerten der BBodSchV sind.

In einigen Eluaten wurden auch organische Schadstoffe (PAK, PFAS, Chloroform) nachgewiesen, jedoch ohne Prüfwertüberschreitung. Ein erhöhter Kohlenwasserstoffindex im Aufschluss K 1 stellt offenbar einen Ausnahmefall dar.

Auf der Aufschüttungsfläche wurde in 4 von 6 Fällen (= Sammelproben aus drei Mischproben der obersten ca. 2-3 m) der Prüfwert für Cadmium im Eluat überschritten, davon einmal nur sehr knapp. Die höchste Überschreitung von über 900 % betraf eine Sammelprobe mit mäßig saurem

pH-Wert von 5,9 und der höchsten Cadmiumbelastung im Feststoff.

Von dem unter den Aufschüttungen folgenden Auelehm wurden keine Eluate untersucht. Dieser war zwar im Feststoff ebenfalls mit Cadmium belastet, jedoch ist dort aufgrund der feinsandig-schluffigen Körnung und des annähernd neutralen pH-Werts von einer durch das Puffervermögen reduzierten Cadmium-Mobilität auszugehen.

Die beiden Prüfwertüberschreitungen beim Chrom-VI sind vernachlässigbar gering.

In der Gesamtschau sind die Standortbedingungen wegen der geringen Sickerwassermenge und des unter den Verlandungssedimenten anstehenden Auelehms günstig für den Grundwasserschutz. Eine Schadstoffexposition des Grundwassers – vorzugsweise mit Cadmium, weniger mit Chrom – kann aber aufgrund der Prüfwertüberschreitungen derzeit nicht ausgeschlossen werden.

#### Wirkungspfad Boden-Grundwasser-Oberflächenwasser

Der rezente Pleißenlauf mäandriert durch die Verlandungszone und verläuft im Abstand von ca. 70 m nordöstlich des Aufschüttungsbereichs. Der Vorfluter steht in hydraulischer Verbindung mit dem sandig-kiesigen Talgrundwasserleiter, der im Untergrund der gesamten Verlandungszone und z. T. auch des Aufschüttungsbereichs (Aufschlüsse K 8, K 13 und K 18) aufgeschlossen wurde. Das Grundwasser entlastet bei niedriger bis mittlerer Wasserführung in die Pleiße, sodass eine ggf. vorhandene Schadstofffracht zu einer Schadstoffexposition des Oberflächenwassers führen kann.

#### **6.5 Nachweis akuter Gefahren**

Die Überschreitungen des Maßnahmenwerts für Cadmium im Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze stellen eine akute Gefährdung der Pflanzenqualität mit möglichen Auswirkungen auf Menschen und Tiere dar.

Weitere akute Gefährdungen sind aus den vorstehenden Untersuchungsergebnissen und Bewertungen bisher nicht abzuleiten.

#### **6.6 Bewertung der Gefährdung für Schutzgüter und des resultierenden Risikos**

Für das Schutzgut Mensch (menschliche Gesundheit) wird über die mittelbare Gefährdung hinaus (siehe Abschnitt 8.5) keine weitere gefahrenrelevante Schadstoffexposition abgeleitet. Dies gilt für den Direktpfad in der Verlandungszone trotz einer stellenweise festgestellten Überschreitung des Prüfwerts der BBodSchV für Cadmium und Chrom (Nutzungsszenario: Park- und Freizeitflächen in /9/, Anlage 2, Tabelle 4). Im Aufschüttungsbereich wurden dieselben Prüfwerte an keiner Stelle überschritten.

Im Falle einer (wenig wahrscheinlichen) Mobilisation und Verlagerung des Sedimentmaterials aus der Verlandungszone in das Gelände unterhalb des Stauwehrs als Folge eines Hochwassers wird eine Ablagerung in der Pleißenau außerhalb der Ortslage Fockendorf erwartet (vgl. Anlage 6). Das Risiko einer gefahrenrelevanten Schadstoffexposition wird dort als gering eingeschätzt (Nutzungsszenarien „Kinderspielflächen“ und „Wohngebiete“ nicht zutreffend).

Hinsichtlich des Schutzgutes Grundwasser liegen im Verlandungsbereich Anhaltspunkte aus Eluatuntersuchungen vor, wonach die im ca. 1 m mächtigen Verlandungssediment stellenweise

mobilisierbaren Schadstoffe (hier wiederum Cadmium und Chrom) im darunter liegenden Auelehm gepuffert werden können, sodass die einschlägigen Prüfwerte am Ort der Beurteilung wahrscheinlich nicht übertroffen werden.

Im Aufschüttungsbereich lassen Gesamtgehalte und pH-Werte von Cadmium und Chrom im Vergleich zum unterlagernden Auelehm darauf schließen, dass auch dort eine Pufferung stattfindet und das Grundwasser nicht gefährdet ist.

Die vorstehenden Einschätzungen zum Grundwasser gelten für eine lückenlose Verbreitung des Auelehms als Deckstauer des oberflächennahen Grundwasserleiters (sandig-kiesige Pleißen-schotter). Hierin besteht Übereinstimmung mit den Bewertungen in Anlage 6.

Ausgehend von einem hydraulischen Kontakt zwischen dem Grundwasserleiter und dem Vorfluter Pleiße wird eine Gefährdung des Oberflächenwassers als wenig wahrscheinlich eingeschätzt,

Die Ergebnisse der Aktivitätsbestimmung von Radionukliden im Verlandungs- und im Aufschüttungsbereich sind aus Sicht des Bodenschutzes nicht bewertbar.

## **6.7 Lücken in der Datenlage und Unschärfen in der Bewertung**

In Bezug auf die Verlandungszone besteht das größte Defizit in der geringen Zahl an punktuellen Aufschlüssen (9 Stück) im Verhältnis zur Fläche von rund 1,11 km<sup>2</sup>, das entspricht einem Aufschluss auf 123.333 m<sup>2</sup>. Dies ist einerseits der schlechten Zugänglichkeit des Gebiets geschuldet, andererseits aber auch den erwarteten Kosten für die Schaffung von Zuwegungen. Dennoch ergibt sich ein überwiegend konsistentes Bild von den wesentlichen Schadstoffbelastungen und den möglichen Auswirkungen auf Schutzgüter.

Eine vergleichsweise intensive Erkundung war auf der gut zugänglichen Aufschüttungsfläche von rund 60.000 m<sup>2</sup> mit 18 Aufschlüssen (dies entspricht einem Aufschluss je 3.333 m<sup>2</sup>) möglich. Noch engmaschiger war die Oberbodenuntersuchung an 12 Sammelproben aus jeweils 75 Einzelproben. Dadurch ist die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze am besten abgesichert. Eine zuverlässige Beurteilung ist hier auch zum erfassten Parameterspektrum im Direktpfad Boden-Mensch möglich. Es fehlen jedoch einige Schadstoffparameter, z. B. das Antimon oder die Cyanide.

Die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser stützt sich i. W. auf den Stand der Wissenschaft im Bereich der Bodenkunde und des Bodenchemismus. Zur Absicherung der Bewertung wären hier direkte Grundwasseruntersuchungen an eigens errichteten Messstellen wünschenswert. Dies war in der Verlandungszone nicht möglich, da diese unter Naturschutz steht und eine Störung der Tierwelt vermieden werden sollte.

Trotz der unstrittigen Einschränkungen ist festzustellen, dass die Anforderungen an eine Orientierende Altlastenerkundung erfüllt werden konnten.

## **6.8 Radionuklide**

Auf das Fehlen einer bodenschutzrechtlichen Bewertungsgrundlage wurde bereits hingewiesen. Daher hat sich der Fachdienst Umwelt- und Naturschutz mit E-Mail vom 19.03.2025 an das TLUBN gewandt. Hierzu hat das TLUBN (Referat 86) am 25.03.2025 mitgeteilt (/10/, wörtliches Zitat):

*Zuständige Obere Strahlenschutzbehörde des Freistaates Thüringen für Materialien/Rückstände, Uranerzbergbau-Sanierung und radioaktive Altlasten ist das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz gemäß Zuständigkeitsverordnung (AtSchuaZustV TH 2020). Innerhalb des TLUBN ist das Referat 86 zuständig.*

*Um den Kern Ihrer Frage vorweg zu beantworten, die Ihnen übergebenen Messwerte liegen alle im Bereich der natürlichen Radioaktivität unserer Umgebung. Im Anhang finden Sie eine Informationen vom Fachverbandes für Strahlenschutz über die natürlich vorkommende Radioaktivität im Boden.*

*Nun zur Beantwortung im Detail:*

*Mit Ihren übermittelten Radionuklidanalysen von vier Bodenproben wurden Nuklide der drei natürlich vorkommenden Radionuklidzerfallsreihen und zusätzlich Kalium-40 nachgewiesen.*

*Grundsätzlich handelt es sich bei Stoffen mit natürlichen Radionukliden um Materialien im Sinne des Strahlenschutzgesetzes (§ 5 Abs. 22 StrlSchG). Allerdings trifft das Strahlenschutzgesetz keine Regelungen für „die oberirdische Exposition durch Radionuklide, die natürlicherweise in der nicht durch Eingriffe beeinträchtigten Erdrinde vorhanden sind“ gemäß § 1 Abs. 2 Nr. 2 StrlSchG.*

*Als Herkunft des Sedimentbodens in der Talsperre werden die über Jahrzehnte mit der Pleiße (und Sprotte) transportierte Radionuklide des ehemaligen Uranerzbergbau der Wismut GmbH vermutet.*

*Es war zu prüfen, ob ein Bezug zur Uranerzbergbau-Sanierung über das StrlSchG hergestellt werden kann. Dies ist zu verneinen.*

*Die übermittelten Ergebnisse der vier Radionuklidanalysen zeigen spezifische Aktivitäten der U-238 und Th-232 Zerfallsreihen mit maximal 0,103 Bq/g für Uran-238 und 0,05 Bq/g für Thorium-232 (Probe Nr. 1).*

*Gemäß § 161 StrlSchV (in Verbindung mit § 136 Absatz 1 StrlSchG) gilt für radioaktive Altlasten ein Prüfwert von 0,2 Bq/g für künstlich beeinflusste (anthropogen überprägte) natürliche Radionuklide aus den Zerfallsreihen von Thorium-232 und Uran-238. Spezifische Aktivitäten unterhalb des Prüfwertes werden dem natürlichen geogenen Hintergrund zugeordnet. Die von Ihnen übermittelten Prüfergebnisse liegen unterhalb dieses Prüfwertes zur Einordnung als radioaktive Altlast, damit ist sicher davon auszugehen, dass ein Millisievert pro Jahr für Arbeitnehmer bzw. die Bevölkerung nicht erreicht werden kann.*

*Damit bleibt noch eine spezielle Unterklasse der Materialien übrig, sogenannte Rückstände (§ 5 Abs. 32 StrlSchG) zu prüfen. Diese sind in Anlage 1 des Gesetzes aufgezählt. Bezüglich Uranerz ist folgender Punkt zutreffend: „Nr. 4 Nebengestein, Schlämme, Sande, Schlacken und Stäube a) aus der Gewinnung und Aufbereitung von [...] Uranerzen und b) aus der Weiterverarbeitung von Konzentraten und Rückständen, die bei der Gewinnung und Aufbereitung dieser Erze und Mineralien anfallen;“.*

*Allerdings sind im Satz 2 der Anlage 1 Ausschlusskriterien genannt, die hier zutreffen: „Keine Rückstände im Sinne dieses Gesetzes sind Materialien nach Satz 1, [...] deren spezifische Aktivität für jedes Radionuklid der U-238-Zerfallsreihe und der Th-232-Zerfallsreihe unter 0,2 Becquerel durch Gramm (Bq/g) liegt und die nicht als Bauprodukte verwertet werden“. Damit sind*

*die untersuchten Bodensedimentproben keine Rückstände im Sinne des Strahlenschutzgesetzes.*

*Aus Sicht der oberen Strahlenschutzbehörde geht von diesen Schlämmen hinsichtlich der enthaltenen Radionuklide keine Gefahr aus und es besteht kein Regelungsbedarf im Sinne des StrlSchG und der StrlschV.*

Die Anfrage und deren Beantwortung beziehen sich offensichtlich auf den Prüfbericht in der Anlage 4.1 über vier Mischproben aus dem Verlandungsbereich. Weitere Prüfberichte sind in den Anlagen 4.2 und 4.5 dokumentiert. Eine Zusammenstellung der Prüfergebnisse aller untersuchter Bodenproben befindet sich in der Anlage 5.4. Dort ist ersichtlich, dass der Prüfwert von 0,2 Bq/g (= 200 Bq/kg) für jedes Radionuklid der U-238-Zerfallsreihe und der Th-232-Zerfallsreihe weder in den Proben des Verlandungsbereichs noch in denjenigen aus dem Aufschüttungsbereich überschritten wurde. Für die untersuchten Bodenproben gilt damit ausnahmslos, dass von diesen hinsichtlich der enthaltenen Radionuklide keine Gefahr ausgeht.

## **7 Empfehlungen zum weiteren Handlungsbedarf**

Aufgrund der akuten Gefahrenlage in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze im Aufschüttungsbereich müssen die Beweidung oder Verfütterung des Grünschnitts an das Vieh unterbunden werden. Entsprechende Schritte wurden bereits durch das Landratsamt Altenburger Land veranlasst.

Da in der Verlandungszone vergleichbar hohe Cadmiumbelastungen des Oberbodens nachgewiesen sind, ist auch dort von einer Beweidung abzugehen.

Hinsichtlich der Radionuklide besteht kein Handlungsbedarf (vgl. Bewertung durch das TLUBN in Abschnitt 6.8).

Mit Verweis auf bestehende Kenntnisdefizite wird die Überwachung von Grund- und Oberflächenwasser im Einwirkungsbereich der Verlandungs- und Aufschüttungsflächen zur Absicherung der Bewertung hinsichtlich des Wirkungspfad Boden-Grundwasser-Oberflächenwasser empfohlen.

### **Sakosta GmbH**



ppa. Dr. J. C. Forster  
Standortleiter