

Die nachhaltige Verwahrung industrieller Absetzanlagen (IAA) des Uranbergbaus – eine geotechnische Herausforderung dargestellt am Beispiel der IAA Helmsdorf bei Zwickau

The sustainable management of industrial uranium tailing ponds - a geotechnical challenge: A case study of the Helmsdorf site

Hans Palme – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie - LfUG Dresden
Dr.-Ing. Manfred Wittig - Beratende Ingenieure für Umweltgeotechnik und
Grundbau - BIUG GmbH Freiberg

ZUSAMMENFASSUNG:

Ein besonderes Problem bei der Sanierung und Wiedernutzbarmachung der Betriebs- und sonstigen Flächen der Wismut GmbH stellt die optimale Verwahrung der Industriellen Absetzanlagen (IAA) für die Aufbereitungsrückstände aus der Uranproduktion, der so genannten Tailings dar. Die größten zu sanierende Anlagen in Sachsen sind die IAA Helmsdorf und Dänkriz I. Bei beiden Anlagen wurde entschieden, die „trockene Verwahrung“ für deren langzeitliche Sicherung durchzuführen. An die Sanierung wird von der Behörde der Anspruch auf Sicherheit bei den durchzuführenden Sanierungsaufgaben und für das sanierte Objekt auf Nachhaltigkeit gestellt. Bei der Sicherung bzw. Sanierung ergeben sich umfassende geotechnische Fragestellungen. Sie betreffen sowohl die „äußere Stabilität“ der Abschlussbauwerke, als auch die „innere Stabilität“ der Tailings und der Abdeckung in Bauzwischen- und im Endzustand. Für die Konturierung der Abdeckung ist für die gesicherte Planung der Vorflut die Prognose der durch deren Auflast verursachten Setzungen eines der Hauptprobleme. Durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren ergeben sich sehr komplexe geotechnische und genehmigungsrechtliche Fragestellungen.

ABSTRACT:

The effective reclamation of uranium mining tailings impoundments is a special problem for the rehabilitation and post-closure land use of the former operations area of Wismut. The largest tailings impoundments in Saxony that require rehabilitation are in Helmsdorf and Dänkriz I. In both cases engineers decided in favor of “dry cover” as a long-term solution. This paper discusses some of the geotechnical issues associated with the construction of dry covers on weak tailings in order to assist in future design and implementation. The interaction of multiple factors leads to complex geotechnical and regulatory problems, which must be solved.

Official regulatory agencies /i.e. LfUG) put a premium on safety and sustainability for all rehabilitation projects. The sustainable rehabilitation using dry covers requires complex geotechnical solutions, including “external stability” of the mining infrastructure and “internal stability” of the tailings as well as the covering of construction sites. The capping process is divided into four fundamental steps. These are the drawdown of the water table, the interim covering, the contouring to achieve a stable landform, and the final capping. One challenge is that impounded tailings may be fine, loose and extremely compressible resulting in stability problems and difficulty in predicting settlement. Careful planning and engineering design helps minimize costs and preserve long-term construction performance.

1 Beschreibung des Standortes

Im Tal der Zwickauer Mulde, etwa 2 km nördlich von Zwickau wurde 1951 durch die damalige SDAG Wismut (später einer der weltgrößten Uranproduzenten) der Aufbereitungsbetrieb Crossen fertiggestellt (Abb. 1).

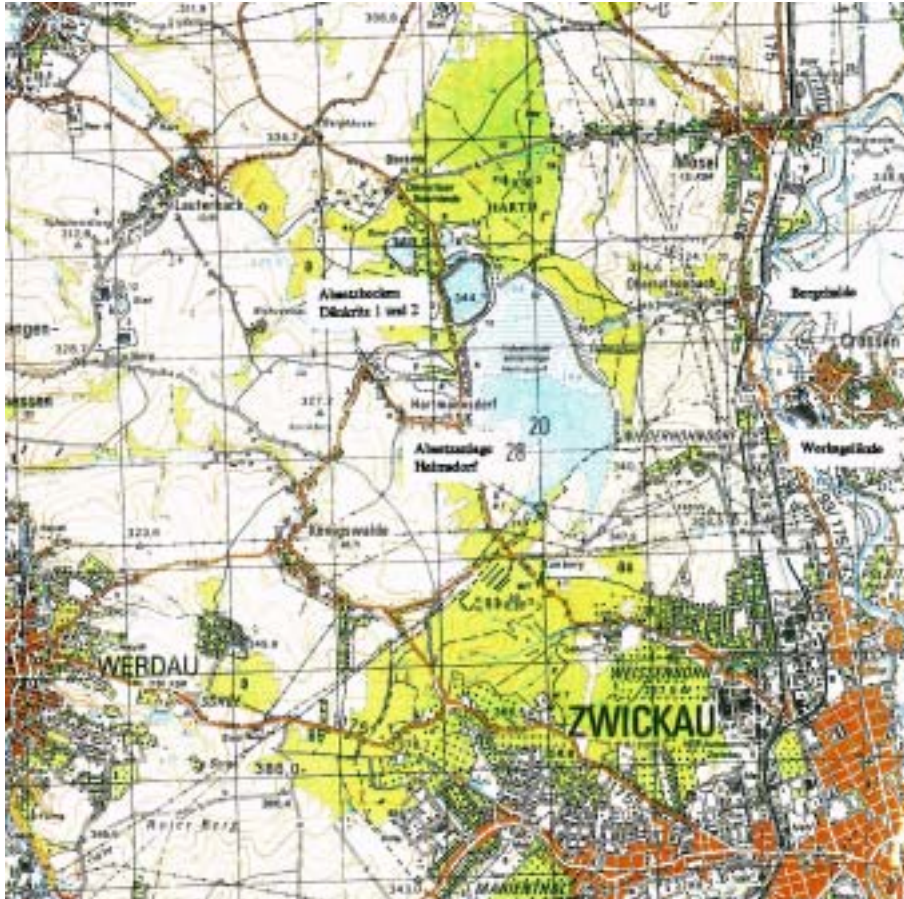


Abb. 1: Lage der IAA Helmsdorf

Das anfallende taube Nebengestein in den Korngrößen Schluff bis Steine gelangte auf die Bergehalde Crossen. Das erzführende Gestein wurde mechanisch und chemisch aufbereitet. Dabei verblieben schlammförmige Aufbereitungsrückstände, die sogenannten Tailings. Als Standort der erforderlichen Absetzanlage für die Tailings wurde ein Gelände ca. 2 km westlich von Crossen bestimmt, wobei dem Bauvorhaben die Ortslage Helmsdorf vollständig zum Opfer fiel. Ein dort vorhandenes Seitental der Zwickauer Mulde wurde durch einen Damm abgeriegelt (Abb. 2).



Abb. 2: Luftaufnahme Oktober 2001, rechts der Hauptdamm mit der unterhalb gelegenen Ortschaft Oberrothenbach

Dieser sogenannte Hauptdamm erreichte im Verlaufe der Einspülung von 1958 bis 1989 schrittweise die Endhöhe von etwa 50m. Die Tailings vor dem Hauptdamm weisen ähnliche Mächtigkeiten auf. Entsprechend den Geländehöhen nehmen die Mächtigkeiten der Tailings zu den Rändern der Anlage in den früheren Uferzonen auf dm- und cm-Beträge ab. In die IAA Helmsdorf wurden zusammen mit der kleineren IAA Dänkritz I mehr als 50 Mio. m³ Tailings abgelagert, die Absetzanlagen beanspruchte Fläche umfasst etwa 220 ha. Sie ist damit die größte IAA in Sachsen.

Sowohl die Tailings als auch das Bergematerial stellen radioaktive Stoffe dar. Die Umweltbeeinflussung erfolgt im Wesentlichen über den Wasser- und Luftpfad.

Aus den geltenden rechtlichen Bestimmungen ergeben sich die Notwendigkeit der Sanierung oder Verwahrung der Anlage sowie die Pflicht zur Genehmigung dieser Arbeiten durch die zuständige Strahlenschutzbehörde. Da die Anlagen nach 1962 in Betrieb waren, besteht die Sanierungsverpflichtung der Wismut GmbH in der Nachfolge der SDAG Wismut.

Die IAA ist als Gewässer definiert, demzufolge ergibt sich parallel zur Strahlenschutzbehörde die Zuständigkeit des Regierungspräsidium Chemnitz als höhere Wasserbehörde. Dem Bergrecht unterliegt die Anlage nicht. Der Standort befindet sich nach DIN 4149 in der Erdbebenzone 1.

2 Ziele und technische Anforderungen an die Verwahrung

Die Ziele der Verwahrung von außer Betrieb genommenen Sedimentationsbecken sind in den Grundsätzen und Empfehlungen des Regelwerkes „Grundlagen zur Überprüfung und Ertüchtigung von Sedimentationsbecken“ (Dezember 2001) dargestellt. Auch für die IAA Helmsdorf soll nach der 1995 auf der Basis einer umfassenden geotechnischen Untersuchung getroffenen Entscheidung zur „trockenen Verwahrung“ die in der Abb.3 dargestellte Entwicklung erreicht werden.

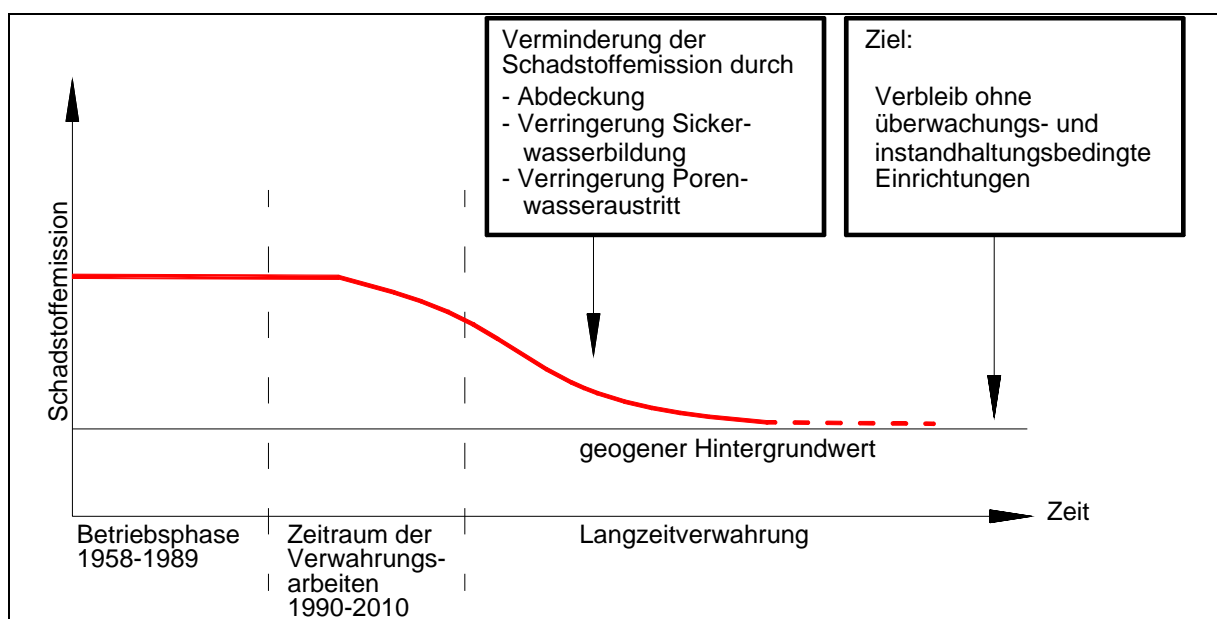


Abb. 3: Zielstellung der Verwahrung

Grundsätzlich ist zu fordern, dass auch unter Annahme des Auftretens von extremen Ereignissen unter Berücksichtigung eines Zeitraumes von 1 000 Jahren durch natürliche Prozesse

- kein radioaktives Material an die Erdoberfläche gelangt und
- die Bildung von Sickerwässern durch technische Maßnahmen auf ein Minimum reduziert ist.

Im Einzelnen ergeben sich daraus eine Reihe sicherheitstechnischer Anforderungen, von denen hier nur einige beispielhaft genannt werden können:

- Abflachung der Absperrbauwerke auf absolut sichere Böschungsneigungen unter Beachtung des sich im Endzustand einstellenden Sickerlinienverlaufs und einer dynamischen Erdbebenbelastung.
- Schadloسة Abführung des Niederschlagswassers durch Ausschluss von Erosion und dauerhafte Sicherstellung ausreichender Gefälleverhältnisse im System der Oberflächenentwässerung unter Beachtung der Setzungen.
- Herstellen einer Abdeckschicht, die die Bildung von kontaminierten Sickerwässern minimiert.
- Schaffung eines Systems das das Eintreten kontaminierter Sickerwässer in die Oberflächenwässer verhindert.
- Möglichst naturnahe Ableitung der Wässer ohne technische Einrichtungen, die einer späteren Wartung bedürfen.

3 Verwahrungskonzept

Aus der grundsätzlichen Entscheidung für die „trockene Verwahrung“ ergeben sich die folgenden Sanierungsschritte,

- die Entfernung des Freiwassers im Sedimentationsbecken,
- der Aufbau einer Zwischenabdeckung als Voraussetzung für spätere Arbeiten,
- die Herstellung einer endgültigen Geländekontur mit Schaffung der Voraussetzungen für eine Vorflut und
- der Abschluss der Anlage durch eine Endabdeckung.

Die Verwahrungsarbeiten sollen bis zum Jahr 2010 abgeschlossen sein. Um den Zeitplan einzuhalten, müssen einzelne Sanierungsschritte zeitgleich durchgeführt (Abb. 4) werden.



Abb. 4: Luftaufnahme April 2003, begonnene Dammanflachung und Plateaugestaltung bei gleichzeitiger Freiwasserentfernung und Zwischenabdeckung

3.1. Freiwasserentfernung

Das Wasser wird aus dem Sedimentationsbecken gepumpt, in einer Wasserbehandlungsanlage gereinigt und in die Zwickauer Mulde eingeleitet. Die Freiwasserfläche hat sich seit Beginn der Wasserentnahme, bei gleichzeitiger Abnahme der Wassertiefe von 15m auf 7 m, von 150 ha auf etwa 38 ha verringert. Eine Gefährdung der Sicherheit der Abschlussdämme durch einen hohen Freiwasserstand und deswegen hoch liegender Sickerlinie im Dammbereich kann schon jetzt ausgeschlossen werden. Beispielsweise führte der Starkniederschlag im August 2002 (am Standort mit etwa 50 l/m²) nur zu einem Anstieg des Freiwassers von etwa 80 cm. Auch der durch die zeitweilige Einstellung der Wasserentnahme (vor Umbau der WBA) zu Beginn dieses Jahres verursachte Wiederanstieg des Freiwasserspiegels um insgesamt 2m führte zwar zur Behinderung der Arbeiten für die Zwischenabdeckung jedoch zu keinerlei geotechnischer Gefährdung.

Bei normalem Witterungsverlauf wird 2005 das Freiwasser vollständig entfernt sein.

3.2. Zwischenabdeckung

Mit dem Begriff einer Zwischenabdeckung wird das Aufbringen einer Abdeckschicht auf die freigefallenen schlammförmigen Tailings zur Sicherung der Tailings gegen Staubverfrachtung und zur Herstellung der Grundbruchsicherheit für spätere Arbeiten bezeichnet.

Die geotechnischen Eigenschaften der Tailings verändern sich in Richtung des Zentrums der Anlage. Beim Einspülvorgang kam es in den Tailings zu einer Materialdifferenzierung (Abb. 5). In der Nähe der jeweiligen Einleitungsstelle setzten sich die sandigen Tailings (Spülstrandfazies) mit günstigeren geotechnischen Eigenschaften ab. In den inneren Beckenbereichen lagern die geotechnisch problematischen schluffig - tonigen Feintailings. Damit ergeben sich zum Beckeninneren hinsichtlich der Grenztragfähigkeit und des Konsolidationsverhaltens ungünstigere Bedingungen.

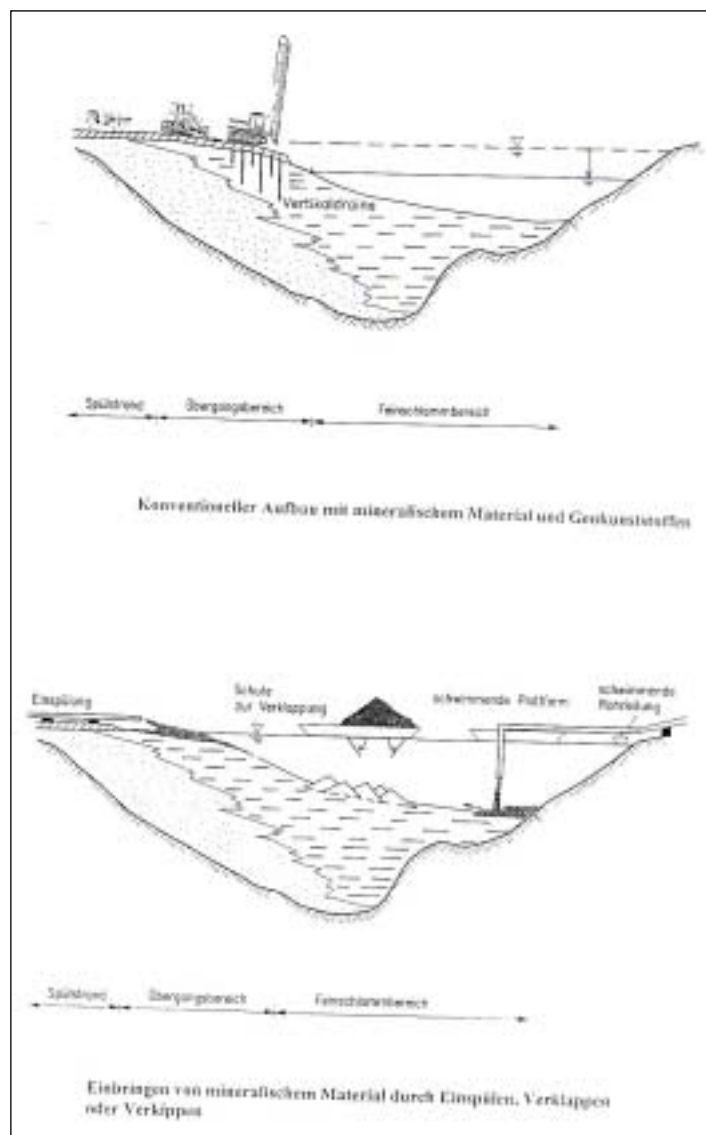


Abb. 5: Zwischenabdeckung, schematische Darstellung der Technologien

Als Material für die Zwischenabdeckung steht das aufgrund seiner Kornzusammensetzung gut geeignete Material der Bergehalde Crossen zur Verfügung. Es wird im Ergebnis von Standsicherheitsberechnungen als 1-2 m mächtige Schicht aufgetragen.

Grundsätzlich kommen zwei Möglichkeiten des Aufbringens der Zwischenabdeckung in Betracht,

- die „trockene“, oder auch konventionelle Abdeckung, nachfolgend der Freiwasserabsenkung (Raupen/Bagger-Technologie) von außen nach innen oder
- die „subaquatische“ Abdeckung, vom Wasser aus durch Einspülen, Verklappen, Verstürzen, generell von innen nach außen.

1997 wurde durch die Wismut GmbH entschieden, die in den Rand- und Übergangsbereichen begonnene konventionelle Abdeckung auch in den zentralen Beckenbereichen so fortzuführen.

Das Regelprofil für diese Arbeiten ist in Abb. 6 dargestellt.

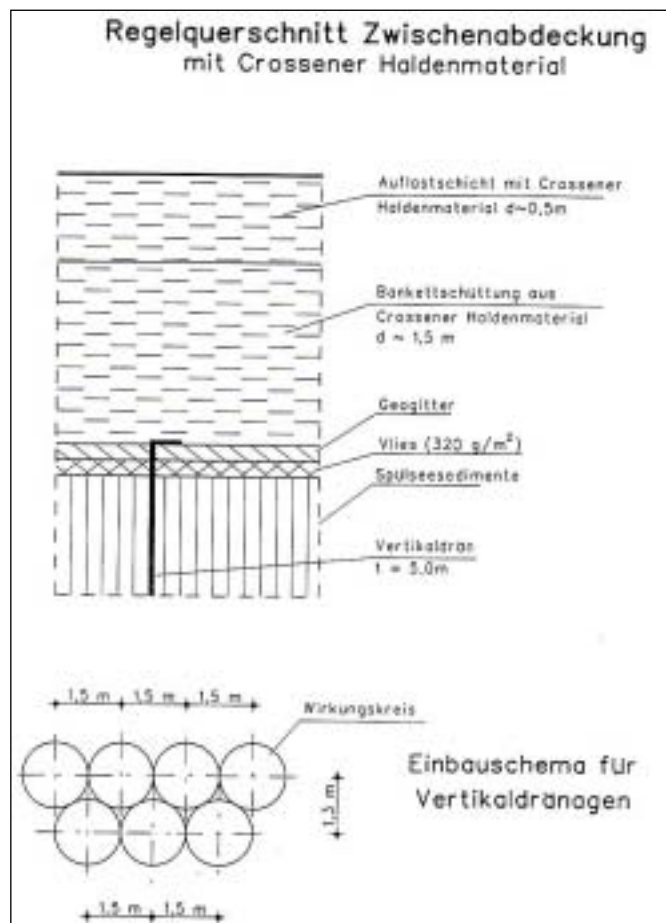


Abb. 6: Regelprofil für die Zwischenabdeckung

Das wesentliche geotechnische Problem bei der konventionellen Zwischenabdeckung dabei war und ist die Sicherheit der Arbeitsgeräte und Personen an der Vertriebsfront.

Mit dem Freifallen der Tailings tritt durch Wegfall des Auftriebs eine gewisse Eigenkonsolidierung mit Zunahme der Festigkeit ein. Dadurch wird es überhaupt erst möglich, unter Einsatz von Geokunststoffen, dem Einbringen von Dräns (zum Abbau des

Porenwasserdrucks) und bestimmten Wartezeiten das Abdeckmaterial aufzubringen (Abb. 7 und 8).



Abb. 7: Aufgebrachtes Geogitter



Abb. 8: Einbringen von Dräns

In Abb. 9 erkennt man am aufgewölbten Geogitter die, allerdings beherrschbaren, Bruchzustände und damit verbundenen Verformungen an der Verhiebslinie.



Abb. 9: Verformungen an der Verhiebslinie

Da wie bereits erwähnt, die geotechnischen Bedingungen zum Beckeninneren zunehmend ungünstiger werden, wurde unter wesentlicher Mitwirkung der Strahlenschutzbehörde entschieden, dass die becken tiefsten Bereiche mit den geringsten Neigungen subaquatisch abzudecken und die Zugängigkeit ebenfalls durch subaquatische Schüttungen herzustellen sind.

Diese Arbeiten liefen über etwa 1 Jahr bis zum Juli 2003.

Es kamen Klappschuten zum Einsatz (Abb. 10 und 11). Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass es möglich war, auf der festgelegten etwa 15 ha großen Fläche (in Einzelschichten von 15 cm) eine einheitlich mächtige Abdeckung von 1m bzw. auf den späteren Fahrstrecken bis zu 2m herzustellen.



Abb. 10: Subaquatische Arbeiten mit Bandanlage, Klappschute und Beiboot



Abb. 11: Verklappungsvorgang, Schutenhälften geöffnet

3.3. Konturierung und Endabdeckung

Mit der Dammanflachung und dem Einbau der Massen auf den Plateauflächen werden die endgültigen, langzeitstabilen Oberflächenformen geschaffen, da das abschließende Aufbringen der Schicht zur Endabdeckung aus nichtkontaminiertem fertilem Erdstoff in der Regel mit gleicher Mächtigkeit vorgesehen ist.

a) Dammanflachung

Die Dammböschungen weisen gegenwärtig Generalneigungen um 1:2,5 (ca. 22°) auf. Umfassende Standsicherheitsuntersuchungen unter Berücksichtigung einer extremen dynamischen Erdbebenbelastung und einem konservativen Ansatz der Sickerlinie ergaben, dass für den Endzustand eine Abflachung der Einzelböschungen auf 1:5 für Tailings und 1:4 für Bergematerial notwendig wird (Abb. 12).

Für den Hauptdamm ergibt sich danach eine Generalneigung von 1:5,4 (10,5°).

Mit dieser starken Abflachung kann auch ein Abgleiten der späteren Endabdeckung ausgeschlossen werden.

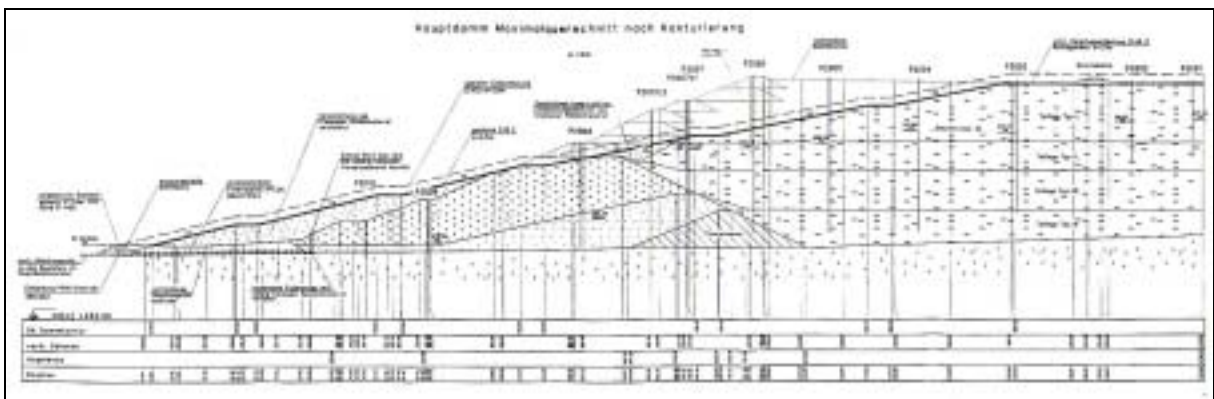


Abb. 12: Schnitt durch den Hauptdamm

b) Gestaltung Plateauflächen

Das eingangs erwähnte Regelwerk „Grundlagen zur Überprüfung und Ertüchtigung von Sedimentationsbecken“ (Dezember 2001) enthält in einem Schnitt (Abb. 13) den Idealzustand für eine langzeitverwahrte IAA. Zur durchgehenden Umsetzung der konvexen Oberflächenform mit stabilen Gefälleverhältnissen für die IAA Helmsdorf wären mehr als 10 Mio. m³ Auffüllungsmassen erforderlich gewesen. Die Beschaffung dieser Massen oder entsprechend umfangreiche Materialumlagerungen sind praktisch nicht realisierbar und vertretbar. Es war deshalb eine Oberflächengestaltung vorzusehen, die auch bei einer verbleibenden konkaven Form mit Durchbruch durch den Randbereich der IAA die Verwahrungsanforderungen erfüllt.

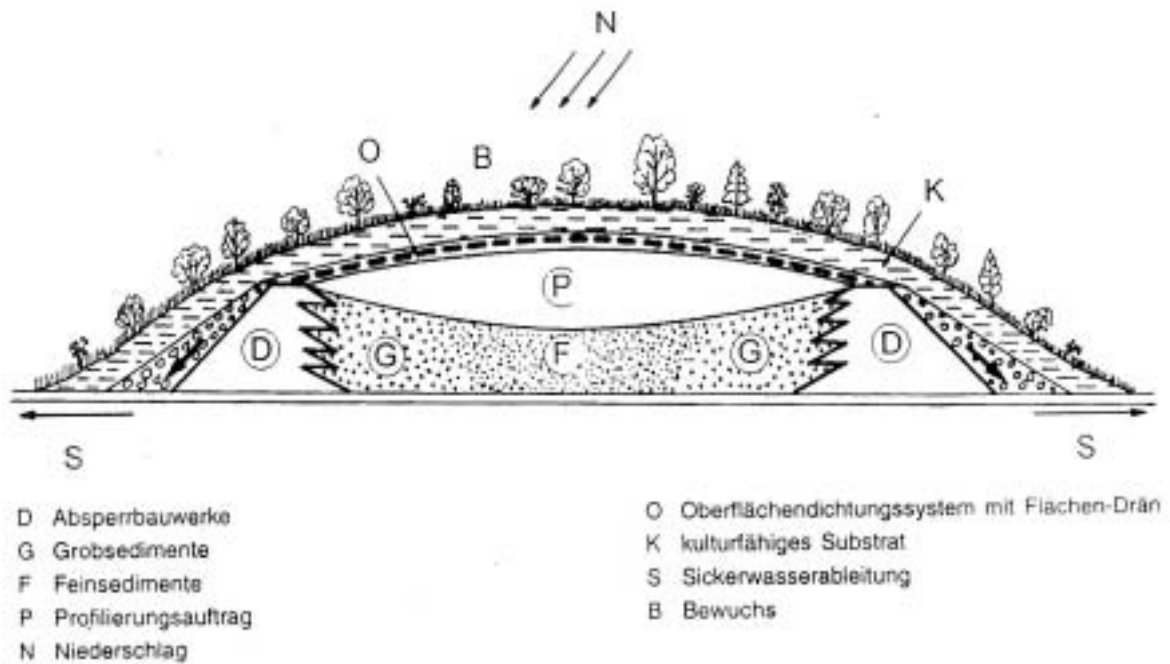


Abb. 13 Schematischer Schnitt durch die verwahrte Absetzanlage

Literatur:

1. Antragsunterlagen der Wismut GmbH
2. Merkblatt ATV-DVWK-M 503 Grundlagen zur Überprüfung und Ertüchtigung von Sedimentationsbecken (Dezember 2001)
3. Fach- und prüfgutachterlicher geotechnischer Bericht Ingenieurbüro Dr. Kast u.a., 06.05.2002)
4. Auswertungsbericht Horizontalverschiebung Zwischenabdeckung C&E Consulting und Engineering GmbH, Chemnitz, 21.09.1999

Nachweis der Fotos: Wismut GmbH (Luftbilder), BIUG GmbH