# Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus in Ostdeutschland

In Sachsen und Thüringen befinden sich umfangreiche Bergbauhinterlassenschaften, die aus der Gewinnung und Aufbereitung von Uran-Erzen im Zeitraum von 1946 bis 1990 stammen. Das zunächst als Sowjetische Aktiengesellschaft (SAG) Wismut gegründete Bergbauunternehmen wurde 1954 in die Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut umgewandelt, die bis 1991 bestand. Die jährliche Uran-Produktion erreichte mit 7.100 Tonnen im Jahr 1967 ihren Höhepunkt und lag 1990 noch bei etwa 3.000 Tonnen. Bis zur Einstellung des Uranerzbergbaus am 31. Dezember 1990 wurden von Wismut-Betrieben insgesamt etwa 216.350 Tonnen Uran geliefert. Damit war die DDR hinter der UdSSR, den USA und Kanada der viertgrößte Uran-Produzent der Welt [1].

## Sanierung der bergbaulichen Hinterlassenschaften

**Was saniert werden musste.**

Die Umweltsituation in den Bergbauregionen war im Jahr 1990 durch erhebliche Umweltschäden auf einer vom Bergbau in Anspruch genommenen Fläche von rund 37 km² geprägt. Die 1991 gegründete Wismut GmbH ist verantwortlich für die Sanierung der bergbaulichen Hinterlassenschaften an den Bergbau- und Aufbereitungsstandorten in Ronneburg, Seelingstädt, Crossen (OT von Zwickau), Aue – Bad Schlema, Pöhla, Königstein und Dresden/Gittersee. 1991 umfassten die bergbaulichen Hinterlassenschaften 48 Halden, über 300 Millionen Kubikmeter gefördertes Bergematerial und über 160 Millionen Kubikmeter schlammförmige Rückstände aus der Erzaufbereitung, sogenannte Tailings. Durch den Uranerzbergbau wurden radioaktive Stoffe in die Atmosphäre, in Böden und in die Hydrosphäre freigesetzt.

**Ziel der Sanierungskonzepte**

Unmittelbar nach der Einstellung des Bergbaus und der Erzaufbereitung wurden zunächst umfangreiche Erstmaßnahmen zur Sicherung der Tagesoberfläche und zur Gefahrenabwehr (z. B. zur Verhinderung der Abwehung kontaminierter Stäube von Flächen mit offen liegenden Tailings) getroffen.

Umfassende Umweltuntersuchungen waren erforderlich, um den weiteren Sanierungs- bzw. Handlungsbedarf zu ermitteln und darauf basierend die ersten Sanierungskonzepte zu erstellen. Dabei galt es, ökologisch wirksame und nachhaltige Lösungen für die Verwahrung von Gruben, Halden und industriellen Absetzanlagen (IAA) sowie für die Behandlung der während und nach der Sanierung anfallenden kontaminierten Wässer zu entwickeln.

**Maßnahmen zur Gefahrenabwehr**

Weiterhin war zu entscheiden, was mit den Betriebsgebäuden, Produktionsanlagen und Betriebsflächen geschehen sollte.

Eine wesentliche Besonderheit der Uran-Bergbausanierung ist die Berücksichtigung des Strahlenschutzes bei nahezu allen Entscheidungen. In Bezug auf den Strahlenschutz besteht das Sanierungsziel darin, den vom Uranerz-Bergbau und von dessen Hinterlassenschaften verursachten zusätzlichen Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung auf den Referenzwert von 1 mSv/a entsprechend [2] zu begrenzen.

**Strahlenexposition der Bevölkerung**

**Verwahrung der Gruben**

Das Verwahrkonzept für die untertägigen Grubengebäude in Ronneburg, Schlema-Alberoda, Pöhla, Königstein und Dresden-Gittersee sah deren Flutung bei Verwahrung oberflächennaher Grubenhohlräume vor. Nach Abschalten der Pumpen, welche die Grube während des Betriebes entwässerten, vollzog sich der Flutungsvorgang durch natürlichen Zulauf von Grundwasser in die Grube.

Vor der Flutung wurden in der Grube Dämme errichtet und z. T. Strecken verfüllt. Anlagen und Ausrüstungen einschließlich vorhandener Öle, Fette und Chemikalien wurden aus der Grube entfernt, um einen späteren Schadstoffaustrag über den Wasserpfad zu minimieren.

Das aufsteigende Flutungswasser wird gezielt gefasst und vor der Einleitung in die Bäche bzw. Flüsse in Wasserbehandlungsanlagen gereinigt. Um eine Ausbreitung von Kontaminationen in Grundwasserleitern zu verhindern, erfolgt beispielsweise in der Grube Königstein ein aufwendiger Steuerungsprozess der Grubenflutung.

Das Verfüllen von oberflächennahen Hohlräumen u. a. mit Betonbaustoffen stellte eine weitere Schwerpunktaufgabe der untertägigen Sanierung dar. Ziel war es, Verformungen der Tagesoberfläche und damit eventuelle Bergschäden zu vermeiden. Auch Tagesschächte und Stollenmundlöcher mussten sicher verwahrt werden.

**Besonders relevant für den Strahlenschutz** ist die Situation der Grube Schlema-Alberoda. Nach der Flutung

der Grube verbleibt ein luftgefüllter Resthohlraum von etwa 1,3 Millionen m³. Über einem Teil dieses oberflächennahen Resthohlraumes befindet sich die Ortslage von Bad Schlema. Zur Verhinderung einer Migration von Radon aus den Grubenbauen in die darüberliegenden Häuser ist es erforderlich, dass das gesamte Grubengebäude ständig unter Unterdruck steht. Dazu wird ein saugend wirkender Hauptgrubenlüfter oberhalb der Tallage der Ortschaft Aue-Bad Schlema unter günstigen atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen betrieben. Die aus dem vertikalen Ableitbauwerk des Hauptgrubenlüfters austretende radonhaltige Luft wird so stark verdünnt, dass keine messbaren Erhöhungen der Radon-Aktivitätskonzentration an den in mindestens 650 m Entfernung gelegenen Wohngrundstücken feststellbar sind. Die durch den Lüfterbetrieb gleichzeitig erreichte Durchlüftung der Grube (sog. Bewetterung) hat auch die Aufgabe, hinreichende arbeitshygienische Bedingungen für die Untertage-Beschäftigten, die zur Rekonstruktion und Unterhaltung von Grubenbauen im Bergwerk tätig sind, sicherzustellen.

**Radon aus den Grubenbauen**

### Verwahrung von Halden

Die auf den Halden lagernden Abraum- und Nebengesteinsmassen stammen aus der Erschließung der verschiedenen Lagerstätten. Wegen ihrer Gehalte an natürlichen Radionukliden liegt ihre spezifische Aktivität in der Regel in einem Bereich, der aus Strahlenschutzgründen eine Verwahrung erfordert. Die Gesteine enthalten zudem vielfach noch relativ leicht mobilisierbare Schadstoffe wie z. B. Arsen, Eisen, Nickel und Kupfer, deren ungehinderter Eintritt in Grund- und Oberflächengewässer so weit wie möglich unterbunden werden muss. Haldenböschungen waren vielfach zu steil, sodass die Gefahr von Rutschungen bestand.

**Schadstoffe wie z. B. As, Fe, Ni und Cu**

**Die sichere Verwahrung der Halden war deshalb aus berg-, strahlenschutz- und wasserrechtlichen Gründen geboten.**

Bei der Sanierung der Halden wurden 2 unterschiedliche Strategien angewandt:

Bei der **Umlagerung** wurde das Haldenmaterial an einen anderen Ort verbracht, bei der **In-situ-Verwahrung** wurden die Halden an Ort und Stelle verwahrt.

Welcher dieser Ansätze verfolgt wurde, hing von den örtlichen Gegebenheiten, von Kosten-Nutzen-Überlegungen und der öffentlichen Akzeptanz ab.

Am Standort Ronneburg wurden fast alle Halden umgelagert.

An den sächsischen Standorten hingegen sind die Halden aufgrund von Platzmangel und aus wirtschaftlichen Gründen mit wenigen Ausnahmen an Ort und Stelle verwahrt worden.

Eine Sonderstellung nehmen Halden ein, deren Berge- und Abraummaterial für die Abdeckung von IAA verwendet werden kann und die deshalb teilweise oder komplett auf die Absetzanlagen umgelagert wurden bzw. werden.

**Sanierungskonzept der Halden**

Das für alle Halden gültige Sanierungskonzept sieht vor, die Böschungen der Halden langfristig standsicher zu gestalten sowie die Halden mit Mineral- und Kulturböden abzudecken.

Die Abdeckungen erfüllen mehrere Aufgaben:

- Sie sollen z. B. ein Eindringen von Niederschlag in den Haldenkörper reduzieren, um so das Volumen schadstoffbelasteter Haldensickerwässer zu minimieren.
- Die Abdeckung soll außerdem die Freisetzung von Radon in die Atmosphäre reduzieren.

Um die genannten Ziele zu erreichen, hat die Wismut GmbH je nach Standort und Zweck verschiedene Abdecksysteme aus unterschiedlichen Bodenschichten entwickelt. Diese können aus Kulturboden, lehmigen Böden, tonigen Böden bzw. aus Kies-Sand-Gemischen (Drainagematerialien) bestehen.

**Aufgrund ihrer Radon-Freisetzung haben die Halden am Standort Schlema/ Alberoda eine besondere Bedeutung.**

Konvektive Luftströmungen in den Schüttkörpern der Halden führen lokal zu hohen Radon-Freisetzungen. Davon sind insbesondere unter sommerlichen Bedingungen Haldenfußbereiche betroffen, in deren unmittelbarer Umgebung Wohngrundstücke liegen. Hier waren Situationen zu beherrschen, in

**Hohe Radon-Freisetzungen**

**Abb. 1: Halde und Betriebsfläche Schacht 366 im Zustand vor der Sanierung 1992**

**Abb. 2: Sanierte Halde Schacht 366 mit Autobahnzubringer und Gewerbegebiet im Jahr 2016**

denen durch den Haldeneinfluss Radon-Aktivitätskonzentrationen im Freien von bis zu 1.200 Bq/m³ auftraten.
Das Konzept zur Reduzierung der Radon-Emissionen besteht darin, durch die Abdeckung der Haldenoberfläche die Geschwindigkeit der Radon-Migration so weit zu verringern, dass das Radon innerhalb der Abdeckung zerfällt, bevor es in die freie Atmosphäre austreten kann. Die Halden am Standort Schlema/Alberoda wurden mit einem 1,0 bis 1,5 m mächtigen mineralischen Schichtaufbau abgedeckt. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen als Beispiel die erfolgreiche Sanierung und Wiedernutzbarmachung der Halde Schacht 366 am Standort Schlema-Alberoda.

**„Trockene" Vor-Ort-Verwahrung**

### Verwahrung der industriellen Absetzanlagen

Die bei der Uranerz-Aufbereitung in Seelingstädt bzw. in Crossen angefallenen Rückstände (Tailings) wurden in die industriellen Absetzanlagen (IAA) Culmitzsch, Trünzig bzw. in die IAA Helmsdorf/Dänkritz I und in die IAA Dänkritz II eingespült.
Die Entwicklung einer geeigneten Verwahrungsstrategie stellte eine besondere ingenieurtechnische Herausforderung dar.
Als Vorzugsvariante wurde die „trockene" Vor-Ort-Verwahrung mit technischer Teilentwässerung der Tailings ermittelt. Dabei wird zuerst das Wasser über den Schlämmen schrittweise aus den Absetzbecken entfernt und in Wasserbehandlungsanlagen gereinigt. Die frei fallenden Schlämme werden schließlich weiter mittels Vertikaldrains technisch teilentwässert, stabilisiert und letztendlich abgedeckt. Die Entwässerung der Tailings wird durch gezielte Auflastschüttung in Form einer Zwischenabdeckung erreicht. Darauf folgt die Konturierung des IAA-Körpers. Für die Stand- und Erosionssicherheit ist es notwendig, die Böschungen der Dämme abzuflachen. Das Profil des Beckens wird so gestaltet, dass das Oberflächenwasser natürlich abfließen kann. Die konturierte Oberfläche wird, je nach den Anforderungen an ihre Funktion, mit einer 1,0 bis zu 3,8 m mächtigen Erdstoffabdeckung versehen. In erster Linie hat diese die Aufgabe, das Eindringen von Niederschlag in die Tailings zu reduzieren, um so die Neubildung schadstoffbelasteter Sickerwässer zu minimieren. Bei den IAA liegt der Schwerpunkt der langfristigen Umweltbeeinflussung auf dem Grundwasserpfad. Zur Verhinderung der Schadstoffausbreitung werden teilweise Brunnen betrieben, in denen schadstoffbelastetes Grundwasser abgepumpt wird. Aus den Grundwasserbelastungen resultieren teilweise Nutzungseinschränkungen des Grundwassers an den IAA-Standorten.

### Betrieb von Wasserbehandlungsanlagen

Sowohl während als auch nach Abschluss der gesteuerten Flutung der Bergwerke fallen Flutungswässer an, die mit Uran, Radium, Schwermetallen und Arsen belastet sein können.
Das Gleiche gilt für die Frei- und Porenwässer, die zur Trockenlegung der Tailings abgepumpt werden, sowie für austretende Sickerwässer aus den abgedeckten Absetzanlagen und Halden.
Die radioaktiv und chemisch kontaminierten Wässer müssen in Wasserbehandlungsanlagen gereinigt werden, bevor sie in die Vorfluter abgegeben werden dürfen.
Wismut betreibt 6 Wasserbehandlungsanlagen. 4 davon arbeiten nach dem technischen Verfahrenskonzept der Kalkfällung, die Anlage in Pöhla nutzt ein modifiziertes Kalkfällverfahren. Durch Zugabe von im Wesentlichen Kalkmilch, Bariumchlorid und Eisenchlorid werden Uran, Radium und Arsen als schwer lösliche Niederschläge aus den zu reinigenden Wässern entfernt. Diese Rückstände werden unter Zugabe von Kalk und Zement immobilisiert und anschließend in gesonderten Einlagerungsbereichen auf Halden bzw. IAA verwahrt. Ein weiteres Verfahren, welches in der neuen Wasserbehandlungsanlage Helmsdorf angewendet wird, basiert auf dem Prinzip des Ionenaustausches und der Adsorption. Hier werden Wasserschad-

**Radioaktiv und chemisch kontaminierte Wässer**

stoffe mittels bestimmter Ionenaustauscherharze entfernt. Der am Harz angelagerte Schadstoff kann von diesem wieder entfernt und in den dafür vorgesehenen Bereichen sicher verwahrt werden.

### Umweltüberwachung

**Messungen**

Die Auswirkungen der Sanierung werden mit einem umfassenden Monitoringsystem erfasst. Aktuell werden ca. 1.000 **Grundwassermessstellen** und fast 400 **Oberflächenwassermessstellen** betrieben, die die Belastung des Grundwassers und der Vorfluter durch Radionuklide, Schwermetalle und andere Schadstoffe überwachen.

Des Weiteren werden Messungen von Radionukliden und Umweltbelastungen an rund **400 Luftmessstellen** sowie im **Boden** und in Proben von **Biomasse** durchgeführt.

Messnetze zur Erfassung von Bewegungen an der Tagesoberfläche, welche durch Verformung untertägiger Hohlräume und die Flutung von Gruben verursacht werden können, vervollständigen das Monitoringprogramm.

**Ergebnisberichte**

Anhand der Ergebnisse werden die Veränderungen der Umweltbelastungen erfasst. Die gewonnenen Daten werden in Datenbanken gespeichert und in Form von Berichten an Behörden und die Öffentlichkeit übergeben [3].

So kann die Einhaltung der gesetzlichen und behördlichen Grenzwerte nachgewiesen und der Sanierungserfolg beurteilt werden.

**Uran- und Radium-Emissionen**

Als Beispiele dienen die Darstellungen der zeitlichen Entwicklung der Radon-Emissionen der Abwetterschächte sowie der Uran- und Radium-Emissionen über den Wasserpfad für die gesamte Wismut in den Abbildungen 3 und 4. Mit Fortschreiten der Sanierungsarbeiten und dem Übergang sanierter Objekte in die Nachsorge wird die Anzahl benötigter Messstellen zurückgehen.

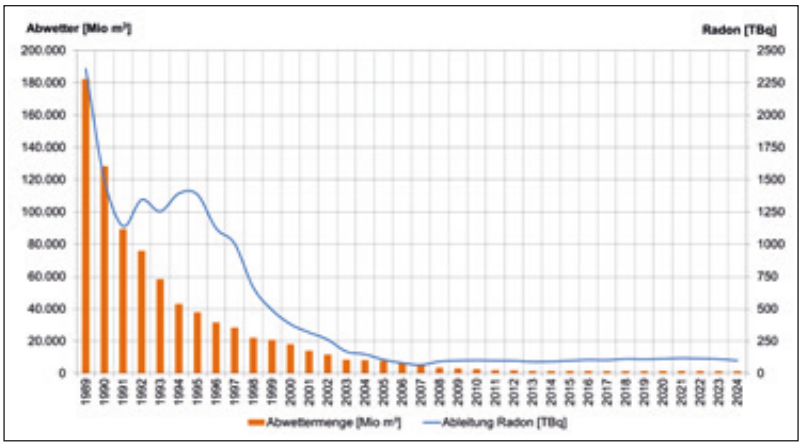


**Abb. 3: Entwicklung der Radon-Emissionen mit der Abluft an Abwetterschächten**

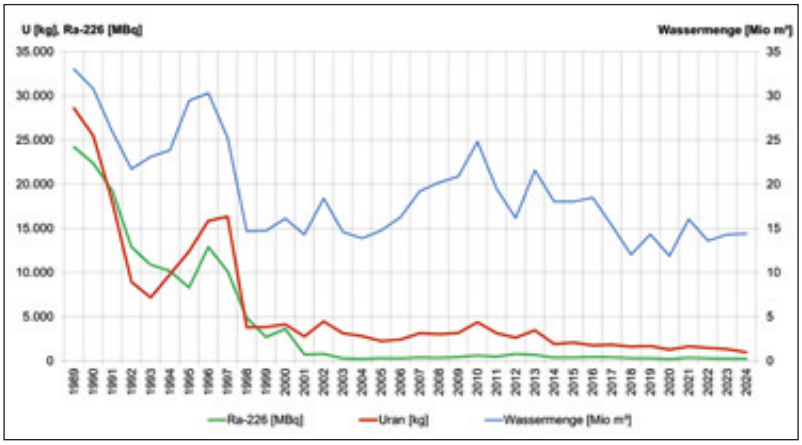


**Abb. 4: Entwicklung der radioaktiven Emissionen über den Wasserpfad**

### Stand der Sanierung und Übergang zur Nachsorge

Die Sanierung ist nach fast 35 Jahren Sanierungstätigkeit weit fortgeschritten, an 4 von insgesamt 7 Standorten konnte die Kernsanierung bereits abgeschlossen werden. Dies betrifft die Standorte Dresden-Gittersee, Pöhla, Ronneburg und Crossen. An den Standorten Seelingstädt, Schlema-Alberoda und Königstein endet die Kernsanierung voraussichtlich 2028. Danach wird noch verbliebene Infrastruktur zurückgebaut.

Nach der Sanierung verbleiben im Rahmen der Nachsorge die Langzeitaufgaben. Diese werden den Schwerpunkt der Arbeit der kommenden Jahrzehnte, weit über das Jahr 2028 hinaus, bilden.

**Langzeitaufgaben**

Das Sanierungsprogramm der Wismut betrachtet Langzeitaufgaben für einen Zeitraum von 30 Jahren und unterscheidet diese Aufgaben in:

- Sicherung und Instandhaltung offener Grubenbaue,
- Wasserfassung und -behandlung,
- Umweltüberwachung,
- Kontrolle, Pflege und Instandhaltung von Flächen, Objekten und Anlagen,
- Informations- und Wissensmanagement.

**Die Sanierung war hinsichtlich der Strahlenschutzsituation sehr erfolgreich.**

Bis auf eine Ausnahme wurde an allen wichtigen Hinterlassenschaften des Uran-Bergbaus die zusätzliche effek-

tive Dosis der Bevölkerung unter den Referenzwert von 1 mSv/a gesenkt.
Die Ausnahme betrifft die lokale Radon-Situation in Haldenfußbereichen am Standort Schlema-Alberoda, bei der es nach einer zwischenzeitlich erfolgreichen Reduzierung der Radon-Emissionen zu einem Wiederanstieg der Radon-Aktivitätskonzentration an den nächstgelegenen Expositionsorten der Bevölkerung auf Werte oberhalb des Referenzwertes von 80 Bq/m³ [4] kam.
Diese Situation ist aktuell Gegenstand intensiver ingenieurtechnischer Untersuchungen, um Lösungsansätze zur Reduzierung der Radon-Immissionen zu identifizieren.

**Jens Regner** ❑

## Radioaktive Altlasten Stadt Oranienburg – eine besondere Herausforderung

Bei dem Thema radioaktive Altlasten denkt man üblicherweise an die Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus der Wismut GmbH in Sachsen und Thüringen oder an einzelne ehemalige Industrieflächen.
In Brandenburg liegt mit dem nördlich von Berlin gelegenen Altlaststandort Oranienburg, einer lebendigen Stadt mit ca. 50.000 Einwohnern/Einwohnerinnen [1], eine eher ungewöhnliche Situation vor. Der Ursprung der heute dort vorhandenen radioaktiven Altlasten ist nur 3 ehemaligen Industrieanlagen – den Auerwerken I und II sowie den Berliner Gasglühlichtwerken (s. Abbildung 1) – zuzuordnen. Die von den radioaktiven Verunreinigungen betroffenen Flächen befinden sich aber weit darüber hinaus auch auf Grundstücken, die nicht annähernd einen räumlichen Bezug zu den einstigen Industrieanlagen haben.

**Abb. 1: Stadt Oranienburg, Standorte der radiologisch relevanten Industrieanlagen (Karte: LAVG BB, Kartengrundlage: BrandenburgViewer)**

### Entstehung der radioaktiven Altlasten in Oranienburg

Die Entstehung der radioaktiven Altlasten ist verbunden mit dem im Jahr 1885 von dem Österreicher ***Carl Freiherr Auer von Welsbach*** erfundenen Gasglühlicht, welches einen deutlichen Fortschritt in der Beleuchtungsindustrie bedeutete und schnell weit verbreitet Anwendung fand. In Berlin wurde dieses sogenannte „Auerlicht" bereits im Jahr 1895 als Straßenbeleuchtung eingesetzt.

**„Auerlicht" 1895 als Straßenbeleuchtung**

Der Glühkörper (Gasglühstrumpf) besteht aus Cer- und Thorium-Verbindungen, die aus dem Mineral Monazitsand gewonnen wurden.
In Oranienburg begann man im Jahr 1903 in der damaligen Firma „Chemische Fabrik Germania GmbH" mit der Herstellung der für die Gasglühstrümpfe, und auch für andere Produkte, benötigten Thorium-Verbindungen. Nach einer Unterbrechung durch den 1. Weltkrieg wurden die Arbeiten dann Anfang der 1920er-Jahre als neu firmierte „Deutsche Gasglüh-Auer-Gesellschaft" fortgesetzt (Werkstandorte I beiderseits der heutigen Lehnitzstraße). [2], [3]
Ein zweiter Oranienburger Standort zur Gewinnung von Thorium-Verbindungen befand sich mit der Firma „Berliner Gasglühlichtwerke Richard Goetschke A. G. Berlin" seit Anfang