

Technische Universität Bergakademie Freiberg
Institut für Geologie
Lehrstuhl für Hydrogeologie

THESEN

zur

Dissertation

Hydrogeochemische Untersuchungen von müllüberlagerten Uran-Tailings unter dem Aspekt
einer effektiven Langzeitüberwachung

Bearbeitet von: Dipl.-Geol. Claudia Helling

Tag der Einreichung: 2.2.1999

Freiberg, den 30.1.99

1. Die vorliegende Dissertation wurde am Lehrstuhl für Hydrogeologie des Institutes für Geologie der TU Bergakademie Freiberg erarbeitet.
2. Es wurden als Mülldeponie nachgenutzte Uran-Tailings am Beispiel der Industriellen Absetzanlage Dresden-Coschütz/Gittersee hydrogeologisch untersucht und anschließend die Ergebnisse mit den Standorten. IAA Johanngeorgenstadt-Steinsee (als Mülldeponie nachgenutzt) und IAA Schneckenstein (renaturiert) verglichen.
3. Gegenstand der Untersuchungen war es, Methoden zu entwickeln und zu evaluieren, die geeignet sind, verschiedenen Sickerströme zu differenzieren und das Langzeitverhalten der Altablagerungen zu beschreiben, um somit die Grundlage einer effizienten Überwachung des Wasserpfades zu schaffen. Dazu wurde eine Wasserhaushaltsbilanz erstellt. Bei der Untersuchung der Wasserbeschaffenheit der verschiedenen Deponie- und Grundwässer wurden zusätzlich zur konventionellen Wasserchemie die Umweltisotope Tritium (^3H), Deuterium ($\delta^2\text{H}$), $\delta^{13}\text{C}$, Radiokohlenstoff (^{14}C), $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{34}\text{S}$ hinzugezogen.
4. Das Untersuchungsgebiet liegt im Grenzbereich des Döhlener Rotliegendbeckens und des Dresdner Kreidebeckens.
5. In Dresden-Coschütz/Gittersee wurde von 1950 bis 1962 durch die SAG/SDAG Wismut Uranerz aufbereitet. Die Rückstände der Erzaufbereitung (Tailings) wurden ohne Schutzvorkehrungen in 2 industriellen Absetzanlagen (IAA) abgelagert (Halde A und Halde B). Anschließend wurde die Anlage der Stadt Dresden rückübertragen, die auf der Halde A von 1974 bis 1988 Müll und anschließend Aschen und Bauschutt deponierte.
6. Die Simulation des Haldenwasserhaushaltes erfolgte mit Programm BOWAHALD-2D.
7. Dabei erwies sich sowohl die Einteilung der Halde in verschiedene Hydrotope als auch der Einsatz lokaler Klimadaten von einer benachbarten Wismut-Halde als sinnvoll.
8. Die lokalen Klimadaten induzieren einen geringeren Niederschlagsinput sowie eine höhere Verdunstung und damit einen geringeren Abfluß als die Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stationen Grumbach und Dresden-Klotzsche).
9. Für die Halde A wurde bei Wasserhaushaltsbetrachtungen ein unterirdischer Abfluß von 0,14 l/s berechnet. Der niedrige berechnete unterirdische Abfluß wird durch die hohen Tritiumwerte der Tailings- und Dammwässer und der daraus resultierenden Verweilzeiten bestätigt. Ein hypodermischer Abfluß findet nicht statt, wie die fehlenden Sickerwasseraustritte an den Dammfüßen bestätigen. Berechnungen mit unterschiedlichen meteorologischen Eingangsdaten

(verschiedene Wetterstationen, Tages- bzw. Monatsmittelwerte) lieferten z.T. stark von einander abweichende Ergebnisse, die die Notwendigkeit einer Meßstation am Standort belegen.

10. Die mit Hilfe der lokalen meteorologischen Daten berechnete Grundwasserneubildungsrate ist wesentlich geringer und beträgt nur etwa 15 % der GWN des unterirdischen Einzugsgebietes der Halden A und B.
11. Innerhalb der betrachteten 2 Jahre (1996-1997) ist kein typischer Jahreszeiten-abhängiger Gang zu erkennen. Es ist jedoch eine gewisse (zeitlich verschobene) Abhängigkeit zum Niederschlagsgang zu erkennen (time lag ca. 4-6 Monate).
12. Bei der Wertung der Simulationsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß für die Haldenparameter Vereinfachungen aufgrund der Inhomogenität des Haldenkörpers sowie Schätzungen von pedologischen Parametern in Ermangelung von Meßwerten vorgenommen werden mußten.
13. Die Uranfracht in den Sickerwässern der Halde A ergibt sich auf der Grundlage der Wasserhaushaltsberechnung zu 2,8 kg/a.
14. Eine Beeinflussung des Abstromes der IAA durch Müll- und Tailingsickerwässer kann in unmittelbarer Nähe der IAA sowohl mittels der konventionellen chemischen Analytik als auch mit Hilfe von Isotopenmethoden nachgewiesen werden. Die Ursache einer lokalen Versauerung im Kreide-Grundwasserleiter im Nordteil der Halde A („reaktiver Randbereich“) wird Verwendung von Isotopenmethoden als Infiltration von Prozeßwasser aus der Zeit der Uranerzaufbereitung interpretiert. Der Vergleich der beprobten Tailingswässer mit dem Feststoffpotential der Halde A sowie den stark kontaminierten Wässern im reaktiven Randbereich läßt die Schlußfolgerung zu, daß die alkalischen, reduzierenden Müllsickerwässer einen positiven Einfluß auf den Stoffaustrag des Urans sowie der meisten Schwermetalle hat. Ein bevorzugter Transport des Uran durch Huminstoffe konnte nicht nachgewiesen werden.
15. Eine hydrochemische Modellierung mit dem Programm PHREEQC unter der Verwendung der Datenbank WATEQ4F belegt, daß das Uran in den sauren Wässern des reaktiven Randbereiches vorrangig in Form von Uranyl-Sulfat-Komplexen, Uranyl-Ionen und untergeordnet Uranyl-Carbonat-Komplexen vorliegt. In den reduzierenden Tailingswässern dominieren die Uranyl-Carbonat-Komplexe.
16. Methodische Untersuchungen zur Konservierung der Wasserproben belegen, daß Zeitpunkt und verwendete Filtergrößen einer Filtration einen Einfluß auf die gemessene Urankonzentration haben. Im untersuchten Beispiel waren ca. 25 – 50 % des Urans an Kolloide bzw. Feststoffpartikel > 45 µm gebunden.

17. Filtrationsversuche bis 0,5 nm belegen, daß eine Filtration bis 0,2 µm für die Urananalytik sinnvoll ist. Bei 0,2 µm (200 nm) waren bereits ca. 84 % des insgesamt adsorbierten Urans von den Filtern zurückgehalten worden.
18. Die Auswertung der Tritiummessungen lieferte mittlere Verweilzeiten für die Grundwässer und bestätigte die bereits vermuteten hydraulischen Kontakte im Kaitzbachtal. Für die Haldenwässer wird eine permanente Verdünnung durch Niederschlag bestätigt. Aufgrund hoher Tritiumwerte konnte der Einfluß von Haldenwässern im nahen Abstrom nachgewiesen werden.
19. Die ¹⁴C-Werte legen unter Berücksichtigung der Tritiumalter die Vermutung nahe, daß es sich bei den untersuchten Kreidegrundwässern im Umfeld der IAA Dresden-Coschütz/Gittersee um Wässer mit einem hohen Anteil einer jungen Komponenten mit einem rezenten ¹⁴C handelt. Dabei findet ggf. eine Verdünnung mit mineralischem Kohlenstoff (Calcit aus kalkhaltigen Sandsteinen bzw. Pläner) statt.
20. Die Auswertung von radioaktiven und stabilen Isotopendaten ermöglicht eine Datierung der Wässer sowie eine Abschätzung von Sickerwasser- und/oder Niederschlagsanteilen.
21. Die beobachteten unterschiedlichen Isotopensignaturen des δ¹⁸O und *D (Lage der Meßwerte zur MWL) beruhen hauptsächlich auf Fraktionierungsvorgängen durch die Aufheizung infolge von Verrottungsprozessen im Müllkörper.
22. Die Schwefel- und Kohlenstoffisotopenverhältnisse (δ³⁴S und δ¹³C) werden außer von bakteriellen Abbauprozessen (Sulfatreduktion, Methanbildung) im Deponiekörper vom Einfluß der Resterze (Pyritverwitterung, AMD) bzw. Mineralisation der Tailings geprägt. Das Schwefelisotopenverhältnis ist dabei nützlich, um sowohl bei sehr niedrigen Sulfatgehalten als auch bei ähnlichen Sulfatkonzentration Unterscheidungen der Schwefelgenese und damit der Herkunft der Wässer vorzunehmen.
23. Das δ¹³C-Isotopenverhältnisse belegt sowohl den bakteriellen Abbau von Organika und DIC durch eine Anreicherung des schweren Kohlenstoffisotopes als auch eine Methanbildung durch Bakterien (Anreicherung des leichten Kohlenstoffisotopes).
24. In allen untersuchten hydrochemischen Bestandteilen incl. der stabilen Isotope kommt der inhomogene Aufbau der Halde A und die daraus resultierende inhomogene chemische Zusammensetzung und hydraulischen Eigenschaften durch kleinräumig variierende Meßwerte zum Ausdruck.

25. Vergleiche mit anderen Standorten der Uranerzaufbereitung (IAA „Steinsee“ Johanngeorgenstadt, IAA Schneckenstein) machen deutlich, daß vor allem die klimatischen Standortbedingungen bestimmend für die Abflußmenge der Tailings sind.
26. Sowohl die Art der Uranerzaufbereitung und der Nachnutzung als auch die klimatischen Standortbedingungen haben einen entscheidenden Einfluß auf die Sickerwasserzusammensetzung. So ist in Dresden-Coschütz/Gittersee trotz des vergleichsweise hohen Schadstoffpotentials die Uranfracht am niedrigstens.
27. Die Anwendung der Isotopenmethoden ist nur sinnvoll, wenn eine signifikante Fraktionierung durch entsprechende Prozesse gegeben ist (z.B. bakterielle Abbauprozesse, Temperaturunterschiede etc.).
28. Abschließend werden Vorschläge für den Aufbau und die Realisierung einer effektiven Langzeitüberwachung des Wasserpfades von müllüberlagerten Uran-Tailings gegeben. Entsprechend muß für jede IAA nach komplexer Auswertung der Altlastenerkundung (Systemanalyse) ein eigenes Überwachungsprogramm entwickelt werden, in dem auch der geogene Background berücksichtigt wird. Parameterumfang und Überwachungsintervall des Monitorings sollten nach einer Anfangsphase der intensiven Grundwasserbeobachtung verifiziert werden.