

**"Überlegungen zur Langzeitsicherheit von Abfalldeponien
aus geologischer Sicht"**

Dr. Otmar SCHERMANN
Geologische Bundesanstalt, Wien

Zusammenfassung:

Beispiele aus der Natur zeigen, daß Ton durchlässig ist für Ionen. Im Falle von Abfalldeponien würde sich daraus auf längere Sicht eine Beeinträchtigung der Umwelt ergeben, durch die tonige Basisabdichtung hindurch. Um die Langzeitsicherheit von Deponien zu verbessern wird vorgeschlagen, eine Lage von Kalk einzubringen, damit einfache und komplexe Ionen an der Basis des Abfalles ausgefällt werden in Form von stabilen Mineralphasen.

Abstract:

Examples from Nature indicate clay to be permeable for ions. In the case of waste repositories this would in the long range result into a contamination of the environment right through the assumed sealing clay layer on the bottom. To improve the long-term safety it is proposed to insert a layer of limestone with the purpose to precipitate simple and complex ions on the bottom of the waste in the form of stable mineral phases.

Von Abfalldeponien wird erwartet, daß sie nicht nur für einige Jahre dicht und damit sicher sind, es wird vielmehr zu fordern sein, daß sie "auf ewige Zeiten" keinerlei schädliche Stoffe an die Umgebung abgeben. Diesen Erwartungen entsprechend werden weitgehend undurchlässige Trennschichten zum geologischen Untergrund vorgeschrieben, die aus einer Lage tonigen Materials und gegebenenfalls Kunststoff-Folien bestehen. Ähnliches gilt für die Abdichtung nach oben, um den Zutritt meteorischer Wässer und damit ein Überlaufen zu verhindern.

Unter Berücksichtigung der im Vergleich zu geologischen Zeiträumen kurzen Funktionsdauer der Folien (z.B. infolge weitgehender Polymerisierung) trägt die Abdichtung mittels tonigen Materials die Hauptlast des Schutzes der Umwelt gegen einen eventuellen Schadstoffeintrag. Dieses Material ist anorganischen Ursprungs und wird damit als unverwitterbar und infolge seines Kornaufbaues als weitgehend undurchlässig angesehen. Genaugenommen gilt letzteres nicht für die ersten Jahre nach dem Auftragen der Tonschicht, in denen sie nicht konsolidiert ist, gleichzeitig Oberflächenwasser ungehindert zutreten und das bereits deponierte Gut durchdringen kann; in dieser Zeit kommen die Oberflächen- und Grenzflächeneigenschaften der Tonminerale voll zum Tragen.

Auch beim konsolidierten Ton ist allerdings die Sicherheit nur eingeschränkt gegeben. Beispiele aus der Natur, die als eine Art Langzeitversuch anzusehen sind, zeigen, daß impermeable Materialien für Ionen sehr wohl durchlässig sein können.

Ein entsprechendes Beispiel stellt die Sandgrube in Winzing, NÖ, dar. Tonig-schluffige Tertiärsedimente verwittern hier bis in eine Tiefe von 2 m. Fein disperse Sulfide oxidieren unter Rotfärbung der sonst dunkelgrauen Gesteine. Dabei wird Schwefelsäure frei, die mit dem Kalkgehalt der Mergels reagiert. Dieses Reaktionsprodukt wird etwa 2 m tiefer in den ungestört erscheinenden Gesteinen in Form von wenige Zentimeter großen Gipsrosetten ausgefällt in einer Zone, die parallel zur ursprünglichen Geländeoberfläche verläuft. Aus einem nicht bekannten Grund wurde dieser Gips wieder mobilisiert und weitere 2-3 m tiefer abgesetzt in einem überaus tonreichem Material, das beim technischen Eingriff in den Abbau sehr rutschanfällig ist. Eine Bevorzugung des

Lösungstransportes etwa entlang von Klüften oder sandigen Lagen war über die gesamte Aufschlußlänge von rund 70 m nicht zu beobachten.

Ein anderes Beispiel zeigt der Oligozänschlier der niederösterreichischen Molassezone. Es handelt sich um ein schwach schluffiges, kalkarmes Tongestein, das im bergfrischen Zustand undurchlässig ist und nur sehr geringe Porosität besitzt. Im gestörten Zustand ist es kriecheudig, die natürlichen Böschungswinkel betragen nur wenige Grade. In diesem Gestein finden sich im Abstand von 100 und mehr Metern Kalkkonkretionen (Fachausdruck "Septarien"), in welchen sich der Spurengehalt an Kalzit in zumindest sechs Generationen gesammelt hat. Dieser Vorgang ist ersichtlich nicht an die heutige Landoberfläche und auch nicht allein an die Diagenese gebunden; das heißt, die Ionen sind durch den bereits konsolidierten Ton migriert.

Ein weiteres bemerkenswertes Beispiel stellen die Kaolinlagerstätten dar, die bekannterweise undurchlässig sind. Nach heute allgemeingültiger Ansicht erfolgte die Bildung, zumindest der österreichischen Lagerstätten, von der Oberfläche aus und hat ihre Ursache in klimatischen Faktoren. Trotz der Impermeabilität mußten die Lösungsumsätze in Tiefen von mehr als 20 m gereicht haben. Analog dazu ist die Bildung der oft mehrere Zehnermeter mächtigen Latentschwarte der tropischen Gebiete anzusehen.

Es ließe sich eine Anzahl weiterer Beispiele aus dem Gebiet der Erzlagerstättenbildung bringen, die ebenfalls Ionenwanderung in undurchlässigen Gesteinen belegen. Welche Gründe immer für Lösung oder Ausfällung verantwortlich sind, allen Beispielen liegt der Ausgleich eines Konzentrationsgefälles zugrunde in Gesteinsarten mit nicht meßbarer Durchlässigkeit. Ein Ausgleich also, der über die Intergranulare erfolgt sein muß mit dem Wasser der Bergfeuchtigkeit als Transportmedium.

Aufkeimenden Bedenken bezüglich der Sicherheit von Deponien zeigt die Natur eine Möglichkeit, die Kontamination zumindest mit Schwermetallen hintanzuhalten, und zwar über geologische Zeiträume hinweg: durch Fixierung in Form stabiler Mineralphasen.

Bekannt aus der Praxis der geochemischen Erzprospektion sind sogenannte "geochemische Fallen", d.s. kleinräumige Veränderungen des Redox-Potentials bzw. des pH-Wertes, sodaß charakteristische Elemente angereichert werden können.

Eine solche "Falle" stellen beispielsweise Knochen dar, die, wie in den prähistorischen Abteilungen der Museen zu beobachten ist, durch Verwitterung kupferhaltiger Grabbeigaben grün gefärbt sind. Vergleichbares zeigt sich in einem Bach mit zusitzenden Grubenwässern: die Gerölle silikatischer Gesteine sind mit Limonit umkrustet, die Kalkgerölle ausschließlich mit Kupferkarbonaten. Der Gehalt an gelöstem Kupfer scheint dabei quantitativ entfernt zu sein, da eine stromab gezogene Bachsedimentprobe Kupfer nur in Bruchteilen des Durchschnittswertes dieser Region enthält, somit allein durch beigemengtes Gesteinsmehl erklärt werden kann. Auch der B-Horizont mancher Bodentypen bildet eine Falle und zeigt Anreicherung von Buntmetallen. Durch das geringe Löslichkeitsprodukt von Schwermetallkarbonaten (z.B. $\text{PbCO}_3 = 3,3 \cdot 10^{-14}$, $\text{ZnCO}_3 = 6 \cdot 10^{-11}$) können bereits durch den CO_2 Gehalt der Luft stabile Mineralien gebildet werden, etwa in der Oxidationszone von Lagerstätten.

Grundsätzlich hängt die Löslichkeit einfacher oder komplexer Schwermetallionen - abgesehen von Redox-Potential - weitgehend vom pH-Wert der Lösung ab. Die Ausfällung an einem geeigneten Medium bewirkt ihrerseits ein Konzentrationsgefälle und damit weiteren Transport zu diesem Medium hin; bei entsprechender Auswahl können sich an diesem stabile Mineralphasen ausscheiden und somit eine weitere Migration der Schwermetalle verhindern, etwa durch die Ummantelung einer Deponie hindurch.

Als Schlußfolgerung dieser aus der Natur gewonnenen Erkenntnisse wird deshalb zur Erzielung einer langfristigen Kontaminationssicherheit von Abfalldeponien vorgeschlagen, zwischen der unteren Abdichtung der Deponie und dem deponierten Gut eine Schicht von grobem Kalkgrus einzubringen. Zweck dieser Maßnahme ist die Anhebung des pH-Wertes und die Ausfällung der Schwermetalle in Form von Karbonaten oder noch stabileren Phasen, etwa Hydroxiden. Der Kalk hat gleichzeitig auch die Eigenschaft, Anionen, beispielsweise SO_4^{2-} in Form von Gips, zu binden.

Die Dimensionierung des Kalkeintrages hängt natürlich von Art und Menge des Abfalles ab; so wird etwa Hausmüll eine geringere Menge an Kalk erfordern als Haldenmaterial des Sulfidbergbaues. Wichtig ist nur, daß genügend Kalk im Überschuß verbleibt.

Das Einbringen von Kalk ausschließlich an der Basis verfolgt noch einen anderen Zweck: Zersetzungsprozesse und damit Senkungen in der Deponie sowie zunehmende Versprödung der Folien bewirken eine zunehmende Durchlässigkeit in der Abdichtung. Jahrzehnte nach Beendigung der Deponierung läßt sich sicher auch deren Beaufsichtigung nach; es ist also nur eine Frage der Zeit, bis tiefere Wurzeln des Bewuchses den Abfall erreichen. Metallkonzentrationen an der Basis werden schwerer erreicht, es kommen demnach geringere Metallmengen über das Biosystem an der Oberfläche zuerst in die Humusaufgabe, von wo sie dann weiter ispergiert werden können.

Ein Durchpausen der Deponie nach oben ist mit ökonomischen Mitteln sicherlich nicht "auf ewige Zeiten" zu verhindern; mit den vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich aber sehr wohl die Zeit und die Konzentration der Problemelemente günstig beeinflussen.