

Rainer WERTHMANN

Kali und Salz Entsorgung GmbH, Königstor 35, 34117 Kassel, Deutschland

DIE BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN IN DER UNTERTAGE- DEPONIE HERFA-NEURODE

1. EINLEITUNG

Die Untertage-Deponie Herfa-Neurode wurde 1972 in Betrieb genommen als erste Untertage-Deponie der Welt für gefährliche Abfälle. Sie liegt im hessischen Kalirevier im Zentrum Deutschlands. Die hier vorliegende geologische Situation, zusätzliche technische Sicherungsmaßnahmen und eine sorgfältige Überwachung des Betriebs machen sie zu einem der sichersten Orte, an dem man chemisch-toxische Abfälle aufbewahren kann, ohne sich Sorgen über eine Umweltgefährdung zu machen.

2. BARRIEREN

Die Untertage-Deponie Herfa-Neurode befindet sich in einem besonders abgetrennten und gesicherten Bereich des Kalibergwerks Wintershall bei Heringen an der Werra. Die Hohlräume, in denen heute Abfälle eingelagert werden wie in einem riesigen Lagerhaus, sind durch die Gewinnung von Kalirohsalzen entstanden. Sie liegen in einer Tiefe von ca. 700 m und haben eine Raumhöhe von etwa 3 Metern. Sie sind standsicher und nicht einsturzgefährdet. Dies wird dadurch bewirkt, dass bei der Salzgewinnung nicht die ganze Schicht an Kalirohsalz entfernt wurde, sondern riesenhafte Säulen stehengelassen wurden, die so berechnet sind, dass sie das Dreifache der darüber lastenden Gesteinsmasse tragen können, ohne einzustürzen. Die Deponie ähnelt damit einem überdimensionalen Schachbrett, nur mit dem Unterschied, dass die freien Felder, in denen das Salz entfernt wurde, etwas größer, und die Felder, in denen das wertvolle Kalirohsalz aus Sicherheitsgründen als Pfeiler stehenbleiben mußte, etwas kleiner sind, etwa im Verhältnis 60 : 40.

Diese Hohlräume haben über und unter sich noch je etwa 150 m Salzgestein meist unreines Steinsalz. Nach oben hin schließt sich eine Wechselfolge von Ton- und Dolomitschichten an, von denen die vier mächtigsten Tonschichten zusammen eine Dicke von etwa 100 m haben. Darüber wiederum lagern ca 500 m Buntsandstein. Der Buntsandstein schützt die Deponie vor den Einflüssen der Erdoberfläche, die Tonschichten sind wasserdicht, und das darunter lagernde Salzgestein ist sogar gasdicht. Dementsprechend ist das Bergwerk völlig trocken, Wasser von der Erdoberfläche oder aus dem Grundwasserhorizont kann nicht an die Abfälle herankommen.

Deponiesickerwasser oder Deponiegas, wie bei Deponien an der Erdoberfläche üblich, gibt es nicht. Ebenso ist eine Nachsorge nicht erforderlich.

Zusätzlich zu diesen naturgegebenen geologischen Barrieren, die die strikte Trennung der Abfälle von der Biosphäre bewirken, wird eine Anzahl von künstlichen Barrieren errichtet, die die Wirksamkeit der Trennung noch erhöhen. Da ist zunächst die Verpackung des Abfalls, die einen Kontakt verschiedener Abfallarten und damit mögliche unvorhersehbare Reaktionen verhindert. Es werden nur verpackte Abfälle eingelagert. Die Abfälle stehen nach Gruppen geordnet in den unterirdischen Ablagerungskammern. Ist eine Kammer gefüllt, wird sie durch eine Ziegelsteinmauer verschlossen. Viele Kammern ergeben ein Deponiefeld und dieses Deponiefeld ist wiederum durch gewachsenes Salzgestein sowie breite Dammbauwerke vom übrigen Bergwerk abgetrennt, so dass nur ein Zugang und ein Notweg in die Deponie hinein existieren. Schließlich ist die letzte und wirksamste technische Barriere die endgültige dichte Verfüllung der Schächte nach Beendigung des Betriebes. Die behördliche Auflage hierzu schreibt vor, dass das hierfür eingesetzte Verfahren dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der endgültigen Schachtverfüllung zu entsprechen hat.

Natürliche und technische Barrieren zusammen leisten einen dauerhaft sicheren und nachsorgefreien Abschluß der eingelagerten Abfälle von der Biosphäre.

3. EINLAGERUNGSBESCHRÄNKUNGEN

Nach dem bisher Gesagten ist klar, dass für die einzulagernden Stoffe keinerlei Beschränkung bezüglich Giftigkeit, Schwermetallgehalt oder Wasserlöslichkeit bzw. Eluierbarkeit besteht. Dies alles spielt nur eine Rolle im Hinblick auf den Transport des Abfalls vom Erzeuger zur Deponie bzw. den Umgang des Deponiepersonals mit den Abfallgebinden. Je nach Art des Abfalls sind durch die Genehmigungsbehörden verschiedene Verpackungsarten vorgeschrieben, um den Arbeits- und Gesundheitsschutz in der Untertage-Deponie zu gewährleisten. Einige Abfälle dürfen in Big-Bags angeliefert werden, andere müssen in Stahlblechcontainer oder 200 l-Stahlfässer verpackt sein. Auch für die Verpackung des Abfalls im Inneren der Fässer gibt es Vorschriften. Die Auflagen reichen hier von einem einfachen Polyäthyleninnensack bis hin zur Faß-in-Faß Doppelverpackung: Hier ist der Abfall in 100- bis 150 l-Fässer gefüllt, die wiederum in 200 l-Stahlblechfässer eingestellt sind und deren Zwischenraum mit Anhydrit vergossen ist. In besonderen Fällen ist es auch möglich, die Abfälle in Form pneumatisch förderbarer Massengüter lose im Silofahrzeug an der Untertage-Deponie Herfa-Neurode anzuliefern. Sie werden dann vor der Einlagerung in den Vorschriften entsprechende Gebinde abgefüllt.

Alle Abfallbehälter müssen natürlich für den Transport vom Kunden zur Untertage-Deponie den Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) bzw. auf der Schiene (RID) entsprechen.

Es gibt jedoch Begrenzungen, die nichts mit der Toxizität zu tun haben, sondern mit den speziellen, in einem Bergwerk wie der Untertage-Deponie Herfa-Neurode herrschenden Bedingungen. Die wichtigsten sind die folgenden:

1. Die Abfälle dürfen nicht radioaktiv sein. Es gibt zwar Endlagerbergwerke für radioaktive Stoffe, doch diese sind speziell für diese Aufgabe hergerichtet und unterliegen auch besonderen Kontrollmaßnahmen. Daher sind die in Herfa-Neurode einzulagernden Abfälle auf chemisch-toxische Stoffe beschränkt.
2. Die Abfälle dürfen nicht selbstentzündlich oder explosiv sein. Da Bergwerke nur eine begrenzte Luftmenge zur Verfügung haben und meist künstlich belüftet („bewettert“) werden, sind alle Prozesse, die mit Explosion, Brand und Gasentwicklung zu tun haben, in einem Bergwerk schwieriger zu beherrschen als an der Erdoberfläche. Aus Sicherheitsgründen verbietet sich daher die Einlagerung von explosiven oder selbstentzündlichen Stoffen.
3. Aus dem gleichen Grunde ist es nicht zulässig, Abfälle einzulagern, die brennbare oder toxische Gase entwickeln oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten.
4. Selbstgänglich brennbare, aber nicht selbstentzündliche Abfälle sind nicht prinzipiell von einer Einlagerung ausgeschlossen. Es gilt jedoch die Auflage, dass bei Heizwerten > 7000 kJ/kg eine Einlagerung nur erlaubt wird, wenn der Ablehnungsbescheid einer Sonderabfallverbrennungsanlage vorliegt.
5. Der Abfall darf nicht flüssig sein und auch keine Flüssigkeit freisetzen. Es kommt dabei nicht auf den absoluten Wassergehalt des Abfalls an, der zum Beispiel bei Filterkuchen aus Kammerfilterpressen durchaus Werte über 50 % annehmen kann, sondern darauf, ob freie Flüssigkeit vorhanden ist, die eventuell das Faß verlassen kann. Um nasse Abfälle einlagerfähig zu machen, ist es daher nicht unbedingt notwendig, sie zu trocknen, sondern es ist auch möglich, die freie Flüssigkeit mit anorganischen Aufsaugmitteln, zum Beispiel Kieselgur oder Gips, zu binden.

Typische Beispiele der eingelagerten Abfälle sind:

- Abfälle, die Cyanide, Arsen, Quecksilber oder andere Schwermetalle enthalten
- chlorierte Kohlenwasserstoffe wie HCH, PCB, PCDD/PCDF
- Pestizide
- Produktionsrückstände aus der Chemischen Industrie oder der Metallindustrie
- PCB-haltige Transformatoren, Kondensatoren etc.
- Rauchgasreinigungsrückstände aus Hausmüllverbrennungsanlagen, Sonderabfallverbrennungsanlagen sowie thermischen Prozessen aller Art
- Schlämme aus industrieller Abwasserbehandlung
- Kontaminierte Böden aus Standortsanierungen

4. GENEHMIGUNGSVERFAHREN

Es ist nicht möglich, ohne vorherige behördliche Genehmigung Abfälle in der Untertage-Deponie Herfa-Neurode zu entsorgen. Um die erforderliche Genehmigung zu erhalten, ist für deutsche Abfälle das behördlich vorgeschriebene Entsorgungsnachweis-

und das Begleitscheinverfahren anzuwenden. Für Abfälle aus Ländern außerhalb Deutschlands ist es das Notifizierungsverfahren nach der Baseler Konvention über den grenzüberschreitenden Verkehr von Abfällen.

In das Notifizierungsverfahren sind die fünf beteiligten Parteien eingebunden: Der Abfallerzeuger, die für den Abfallerzeuger zuständige Behörde, der Abfallentsorger, die für den Abfallentsorger zuständige Behörde, sowie das den Transport ausführende Transportunternehmen. Erzeuger, Entsorger und Transporteur müssen mit genauer Anschrift und verantwortlicher Ansprechperson bekannt sein. Aussehen, Zusammensetzung und Anfallort bzw. das Verfahren, in dem der Abfall entsteht, müssen beschrieben werden. Häufig wird eine Deklarationsanalyse beigelegt, die auf Wunsch auch anhand einer repräsentativen Probe in unserem eigenen akkreditierten Labor angefertigt werden kann. Die Deklaration der Zusammensetzung des Abfalls ist so abzufassen, dass der Abfall zu 100 % bestimmt ist und dass natürliche Konzentrationsschwankungen der Inhaltsstoffe zwischen dem Doppelten und der Hälfte der angegebenen Werte liegen.

Der Abfallerzeuger erklärt auf dem Papier verbindlich, dass der angelieferte Abfall wirklich den angegebenen Daten entspricht. Der Entsorger erklärt, dass er die Genehmigung hat, auch gerade diesen Abfall anzunehmen, dass er technisch und organisatorisch etc. dazu in der Lage ist und dass er auch bereit ist, dies unter den vorliegenden (z.B. den kaufmännisch ausgehandelten) Bedingungen zu tun. Der Transporteur erklärt, dass er die erforderlichen Genehmigungen und Versicherungen besitzt und dass er den Abfall nach den geltenden ADR-Regeln transportiert. Die Behörde des Erzeugers und die Behörde des Entsorgers müssen die Rechtmäßigkeit des ganzen Vorganges prüfen und ihre Zustimmung geben. Geht der Transport zwischen Ursprungs- und Zielland noch durch eines oder mehrere dazwischen liegende Länder, müssen auch deren Behörden dem Transport zustimmen. Ist der Abfall ordnungsgemäß entsorgt, müssen der Erzeuger und auch die zuständigen Behörden innerhalb einer bestimmten Frist davon unterrichtet werden.

Durch dieses Notifizierungsverfahren wird sichergestellt, dass genau der zwischen Erzeuger und Entsorger vereinbarte und von den zuständigen Behörden genehmigte Abfall am vorgesehenen Entsorgungsort ankommt und dort auch in der vereinbarten und genehmigten Weise beseitigt bzw. verwertet wird.

Mehr als 20 % der in der Untertage-Deponie Herfa-Neurode eingelagerten Abfälle stammen aus europäischen Ländern außerhalb Deutschlands. Darunter sind Finnland, Schweden, Dänemark, Belgien, Niederlande, Luxemburg, Frankreich, Schweiz, Österreich, Tschechien und Slowenien.

5. ANLIEFERUNG

Die Anlieferung in der Untertage-Deponie Herfa-Neurode ist möglich über die Straße und über die Schiene. Der Kunde führt – gegebenenfalls mit unserer Hilfe – das

Notifizierungsverfahren durch und packt die Abfälle in die vorgeschriebenen Behältnisse. Jede Verpackungseinheit, sei es Big Bag, Container oder eine Gruppe von vier Fässern, muß auf einer Palette mit den Maßen 1,10 m x 1,20 m stehen. Diese Abmessungen ergeben sich aus den Maßen des Förderkorbes, mit dem die Abfälle durch den Schacht ins Bergwerk transportiert werden.

Mit der Dispositionsabteilung der Untertage-Deponie wird ein fester Anlieferungszeitpunkt vereinbart. Die LKW müssen von der Längsseite her per Gabelstapler entladbar sein. Bei Bahnanlieferung müssen die Bahnwaggons verschiebbare Seitenwände haben, so daß auch hier die Entladung von der Längsseite per Gabelstapler erfolgen kann. Bestimmte, pneumatisch förderbare Massenabfälle wie Rauchgasreinigungsrückstände von Verbrennungsanlagen werden, wie erwähnt, lose in Silofahrzeugen angeliefert.

Im folgenden sei die Annahmekontrolle einer Sendung von abfallgefüllten 200 l-Fässern erläutert. Bei anderen Verpackungsarten wird analog verfahren.

Aus jeder LKW- oder Waggonladung werden zur Annahmekontrolle vier Paletten beliebig ausgewählt. Von diesen werden sechs Fässer herausgegriffen. Bei jedem dieser Fässer wird in den Deckel ein Loch gebohrt und der Gasraum des Fasses mittels Multimeßgerät und Prüfröhrchen auf brennbare bzw. schädliche Gase untersucht. Nach der Messung wird das Loch mit einer Spezialschraube mit Gummidichtung wieder verschlossen. Wird durch die Messung festgestellt, daß brennbare oder gesundheitsschädliche Gase in erheblichem Umfang vorhanden sind, bedeutet dies, daß die oben erwähnten Einlagerungsbedingungen vom Abfallerzeuger nicht eingehalten wurden, obwohl er dies im Rahmen der Notifizierung schriftlich zugesichert hatte. Der Abfall darf in diesem Fall nicht eingelagert werden. Der Abfallerzeuger wird informiert, und weitere Maßnahmen werden mit ihm besprochen, gegebenenfalls die Rücksendung der gesamten Ladung zur weiteren Behandlung in seinem eigenen Betrieb.

Zeigen die Gasmessungen, daß weder brennbare noch gefährliche Gase oder Dämpfe entwickelt wurden, können die erwähnten sechs Fässer aus jeder Ladung geöffnet werden. Nun wird geprüft, ob die Verpackung im Inneren des Fasses den Vorschriften entspricht, ob freie Flüssigkeit vorliegt und ob der Abfall der in der Notifizierung enthaltenen Beschreibung durch den Kunden entspricht. Aus drei der sechs Fässer wird eine Probe entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Diese Probe wird im Labor der Annahmekontrolle mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse sowie mit Schnelltests auf die wesentlichen in der Deklaration erwähnten Bestandteile untersucht. Die Fässer werden wieder ordnungsgemäß verschlossen. Zeigt sich bei dieser Art der Überprüfung, daß der Abfall nicht den Angaben in der Notifizierung entspricht, wird der Kunde benachrichtigt und der Abfall gegebenenfalls wieder zurückgeschickt. Wird Übereinstimmung zwischen den Eigenschaften des Abfalls und den Angaben in der Deklaration festgestellt, kann der Abfall eingelagert werden. Die im Labor untersuchten Mischproben aus jeder einzelnen LKW- bzw. Waggonladung werden in einem untertägigen Probenraum in der Nähe des Einlagerungsfeldes auf unbegrenzte Zeit aufbewahrt.

Mit dem Förderkorb, einer Art Fahrstuhl, wird der Abfall in das Bergwerk in ca. 700 m Tiefe gebracht. Hier geht es zu wie in einem riesenhaften Lagerhaus, geordnet nach über 20 Stoffgruppen. Die Abfälle werden mit Tiefladern zur vorgesehenen Ablagerungsstelle gefahren und dort mit Gabelstaplern sorgfältig nebeneinander und übereinander gestapelt.

Täglich wird dokumentiert, wo welcher Abfall eingelagert wurde, so dass eine bestimmte Sendung auch nach Jahren noch wiederzufinden ist. Mit erfolgter Einlagerung geht der Abfall in das Eigentum des Bergwerkbetreibers K+S Aktiengesellschaft über. Sollte der Kunde aber in späterer Zeit das eine oder andere Faß zurück haben wollen, vielleicht um die darin enthaltenen Stoffe mit neu entwickelten Methoden wiederzugewinnen, ist dies gegen Erstattung der dann anfallenden Auslagerungskosten möglich.

Die Untertage-Deponie Herfa-Neurode ist also keineswegs ein "dunkles Loch", sondern ein streng geordneter und vielfach überwachter Betrieb. Unsere Kunden sind eingeladen, die Anlage zu besichtigen und sich von unserer Arbeitsweise zu überzeugen.

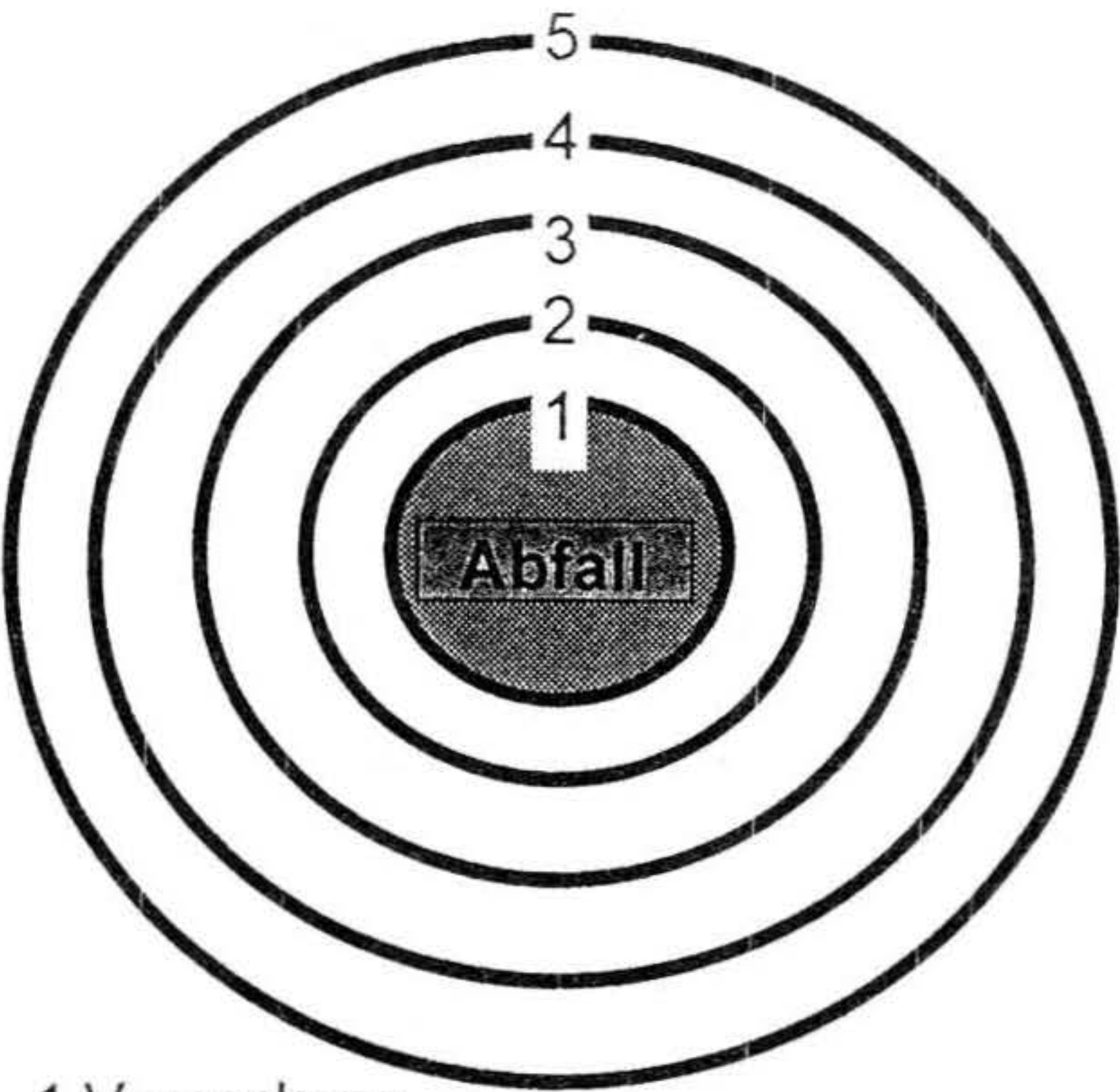
Alle diese Verfahrensweisen entsprechen nicht nur den behördlichen Auflagen, sondern sind auch in einem Qualitätsmanagement-Handbuch niedergelegt. Die Untertage-Deponie Herfa-Neurode – wie auch die anderen Anlagen aus der Firmengruppe K+S, in denen Abfälle entsorgt werden - ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9002 sowie nach der deutschen Entsorgungsfachbetriebsverordnung.

Mit Abfällen muß man verantwortungsbewußt umgehen. Die Untertage-Deponie Herfa-Neurode sowie die anderen Entsorgungseinrichtungen in der K+S Gruppe leisten ihren Beitrag dazu.

- Langzeitsicherheit
- Dauerhafter Abschluß von der Biosphäre
- Keine Niederschläge => keine Auslaugung
=> kein Sickerwasser
- keine Nachsorge
- Vermeidung zukünftiger Altlasten

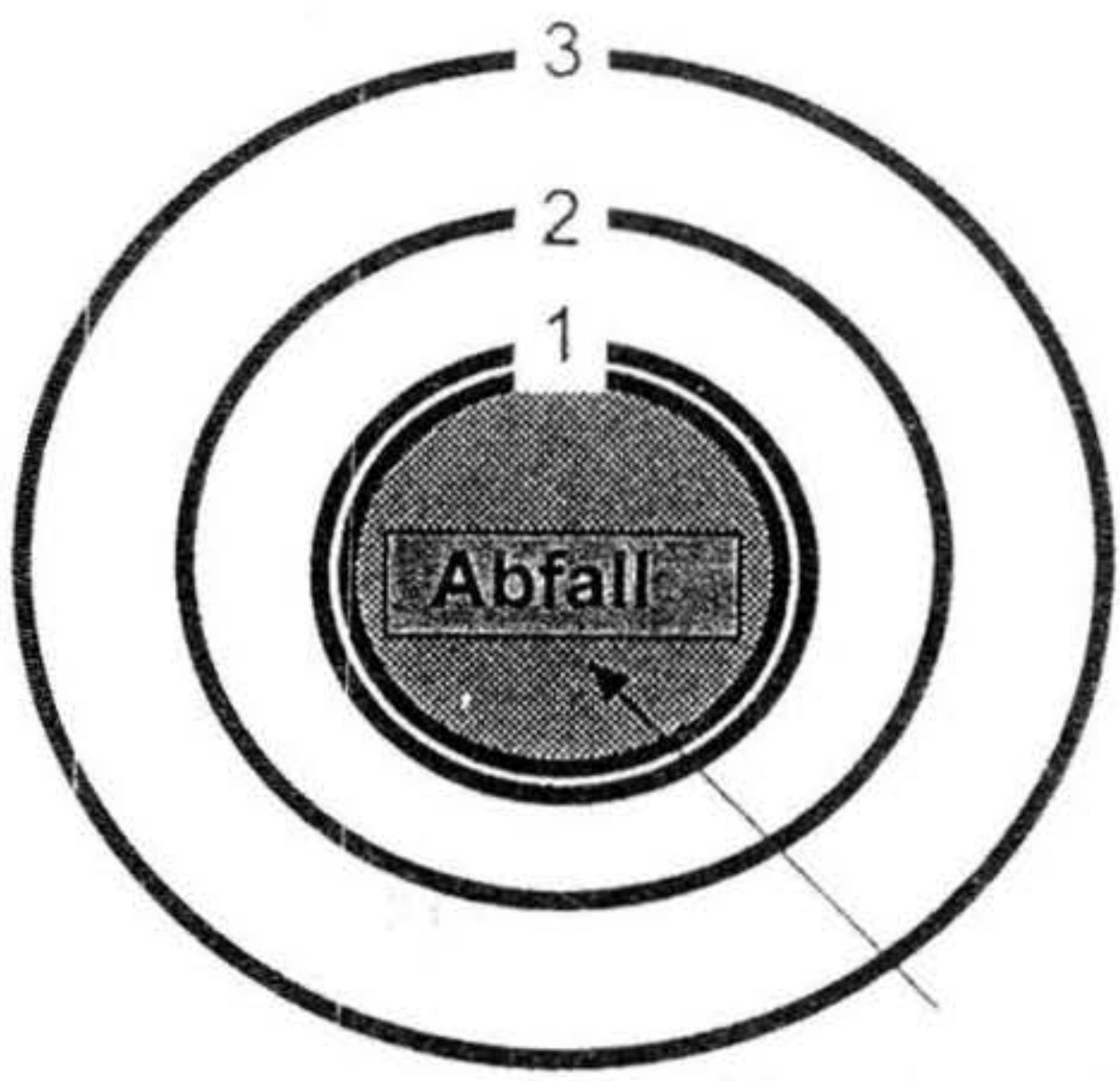


Technische Barrieren



- 1 Verpackung
- 2 Ziegelsteinmauern
- 3 Teilfeld-Dämme
- 4 Wasserdichter Damm
- 5 Dichter Schachtverschluß

Natürliche Barrieren



Eingekapselt durch Technische Barrieren

- 1 Gasundurchlässiges Salzgestein
- 2 Tonschichten
- 3 Deckgebirge

SKŁADOWANIE ODPADÓW W KOPALNI HERFA-NEURODE

Streszczenie

1. WPROWADZENIE

W Hesji, w rejonie wydobywania soli potasowych Herfa-Neurode, otwarto w roku 1972 pierwsze w świecie podziemne składowisko odpadów niebezpiecznych. Takie rozwiązanie umożliwił bardzo korzystny układ geologiczny góro-tworu. Poprzedzono je bardzo wnikliwymi badaniami górotworu określając techniczne zasady bezpieczeństwa. Po tylu latach eksploatacji można z całą odpowiedzialnością twierdzić, że jest to najbardziej bezpieczne miejsce składowania toksycznych odpadów chemicznych zagrażających naturalnemu środowisku..

2. BARIERY ZABEZPIECZAJĄCE

Składowisko podziemne Herfa-Neurode leży w specjalnie odizolowanym i bezpiecznym obszarze kopalni soli potasowych Wintershall k/Heringen nad rzeką Werrą. Kawerny do składowania odpadów to komory niczym w olbrzymim magazynie, powstałe po wydobyciu surowych soli potasowych. Są one usytuowane na głębokości około 700 m po powierzchnią terenu i mają wysokość około trzech metrów. Są one statycznie pewne i nie zagraża im zapadnięcie (zawał). Olbrzymie filary ochronne mogą unieść 3-krotnie większą masę nadkładu. Całe składowisko wygląda niczym olbrzymia szachownica, przy czym stosunek powierzchni wyrobisk do powierzchni filarów ma się jak 60 : 40.

Nad i pod kawernami jest jeszcze około 150-metrowa warstwa soli kamiennej. W górnej warstwie występują przewarstwienia czterech potężnych warstw iłu i 500 m piaskowca. Piaskowiec chroni składowisko przed wpływami z zewnątrz. Warstwy iłu są nieprzepuszczalne dla wody, a warstwy soli nie przepuszczają nawet gazów. Tak, więc omawiane wyrobisko kopalniane jest całkowicie suche i ani wody powierzchniowe, ani gruntowe nie mają do odpadów dostępu. Nie ma, zatem ani przecieków, ani gazów.

Do tego dochodzą bariery i zabezpieczenia sztuczne. Są to: restrykcyjny rozdział różnych rodzajów odpadów w poszczególnych komorach składowiska (bez możliwości reakcji z innymi rodzajami odpadów), zróżnicowane opakowania, mury oddzielające z cegieł, tamy w części pól, tamy wodoszczelne i wreszcie szczelne zamknięcia poszczególnych komór. Suma obydwu rodzajów barier daje w pełni bezpieczne składowanie na wieki całe, absolutnie nieszkodliwe dla biosfery.

3. OGRANICZENIE SKŁADOWANIA

Poważniejszych ograniczeń prawie nie ma; nie ogranicza składowania ani toksyczność, ani zawartość metali ciężkich czy wysoki wskaźnik rozpuszczalności w wodzie. To raczej tylko kwestia rodzaju zabezpieczenia transportu od producenta do składowiska. I oczywiście ściśle przestrzeganie zasad BHP. Urzędy udzielające pozwoleń na warunki transportu, określają również rodzaje opakowań jak np. worki z tworzyw sztucznych typu *Big-Bag*, pojemniki stalowe i także zbiorniki o pojemności 200 litrów. Ale są też ograniczenia. Nie przyjmuje się odpadów radioaktywnych, samozapalnych lub eksplodujących, wytwarzających palne lub toksyczne gazy, a także zawierające mikroorganizmy chorób zakaźnych. Z ograniczeniami przyjmuje się odpady palne, ale nie samozapalne. Nie przyjmuje się odpadów w postaci ciekłej, ani takich, które uwalniają ciecze.

4. PROCEDURA UZYSKIWANIA POZWOLEŃ

Artykuł wymienia następnie szereg najbardziej charakterystycznych grup przyjmowanych odpadów, a następnie opisuje **procedurę uzyskiwania pozwoleń** na składowanie, i to zarówno wewnątrz krajowych (niemieckich) jak i - w przypadku dowozu odpadów z zagranicy - wg zasad Konwencji Bazylejskiej. Bowiem nieco ponad 20% odpadów składowanych w Herfa-Neurode pochodzi z zagranicy.

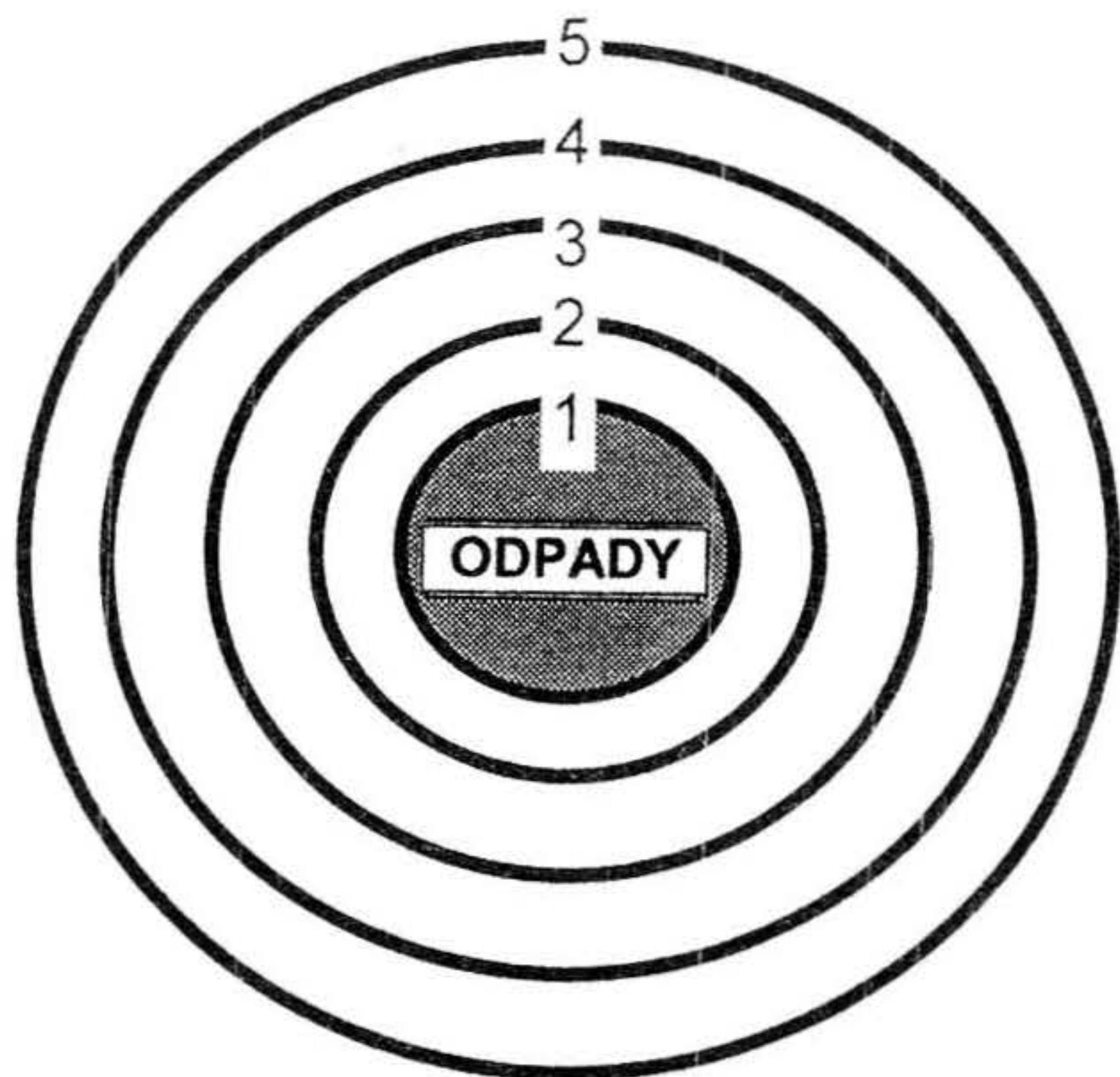
5. SPOSOBY DOSTAWY ODPADÓW

Autor opisuje szerzej **procedurę przyjmowania odpadów**: dostawę samochodami lub koleją, w różnych opakowaniach, czynności laboratoryjno-kontrolne, transport pionowy do kopalni, gdzie następuje podział na więcej niż 20 grup odpadów, super dokładną dokumentację z sumiennym i wielorakim nadzorem.

Zakład jest zdaniem Autora wzorowy nie tylko ze względu na zarządzanie (EN ISO 9002), ale również z uwagi na odpowiedzialnie zagospodarowanie niebezpiecznych odpadów. W przyszłości nie będzie zatem problemów z zastarzającymi pozostałościami minionych lat.

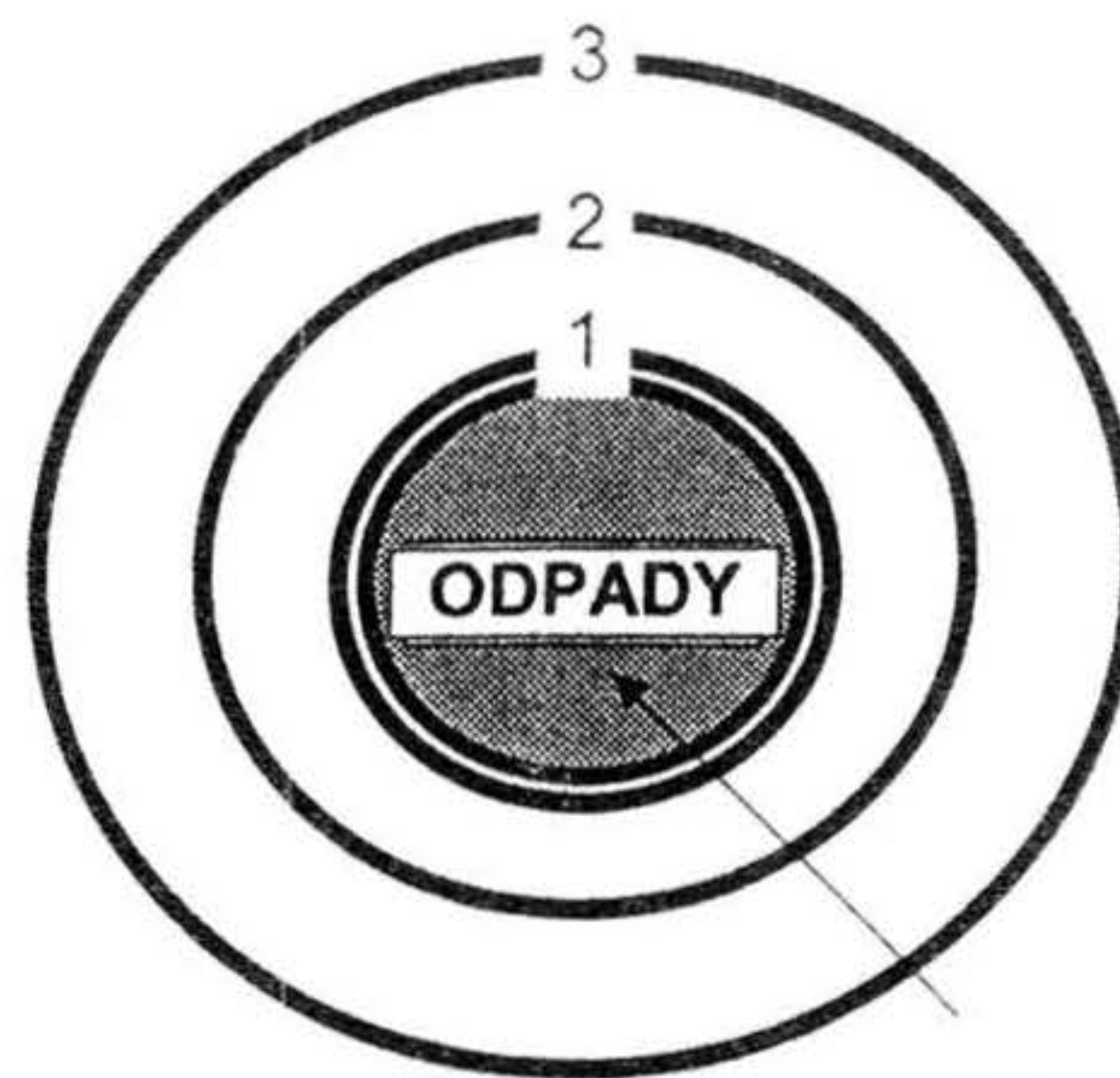
- Długoterminowe bezpieczeństwo
- Trwałe odcięcie od biosfery
- Brak opadów, a więc nie ma wyługowywania ani przecieków
- nie występują późniejsze ujemne skutki
- nie powstają zastarzałe odpady

Zabezpieczenia techniczne



- 1 Opakowania
- 2 Mur z cegieł
- 3 Tamy (zamurowania) części komory
- 4 Tama wodoszczelna
- 5 Szczelne zamknięcie szybu

Bariery naturalne



zamknięte technicznymi
zabezpieczeniami

- 1 Wodoszczelne pokłady soli
- 2 Warstwy iłu
- 3 Warstwy nadkładu