

Beendigung der Nachsorge von Deponien gezeigt am Beispiel der Sicherung der Deponie Weiden West

Dr. Ing. Klemens Finsterwalder
Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG

1. Einführung

Seit Einführung der Deponieverordnung (DepV) [4] sind die Schließungskriterien für Deponien vorgegeben. § 13 DepV beschreibt die Forderungen, die ein Deponiebesitzer zu erfüllen hat, damit die Deponie aus der Nachsorge entlassen werden kann. Rechtlich gesehen, bedeutet die Entlassung aus der Nachsorge, dass mögliche Gefahren aus der Deponie, die danach auftreten, auf die Allgemeinheit, also den Steuerzahler, übergehen. Dem Deponiebesitzer obliegt es als Voraussetzung für die Entlassung aus der Nachsorge, den Beweis zu führen, dass in Zukunft keine Gefahren für die Umwelt zu erwarten sind. Gelingt ihm das, kann er die Beendigung der Nachsorge beantragen.

Im Prinzip ist die Beendigung der Nachsorge ein ähnlicher Vorgang, wie die Abnahme eines Bauwerks, bei der der Gefahrenübergang vom Bauunternehmer auf den Bauherrn erfolgt. Diese Abnahme kann nur dann gelingen, wenn der Bauunternehmer nachweist, dass das Bauwerk die vertraglich vereinbarten Eigenschaften aufweist. Erbringt er diese Nachweise, kann ihm die Abnahme nicht verweigert werden. Um dies zu erreichen werden als Teil der Planung des Bauvorhabens, neben der Gestaltung, zwingend die für den Gebrauch erforderlichen Nachweise, wie Auswahl und Güte der Baustoffe, Tragverhalten, Stabilität der Struktur gegenüber Umwelteinflüssen oder zeitabhängige Einflüsse erbracht, in der Konstruktion während der Errichtung berücksichtigt, und dokumentiert.

Bei der Errichtung einer Deponie war bis zur Einführung der Deponieverordnung (DepV) lediglich die Erfüllung von Maßnahmen gefordert, die in der TASI und TAA beschrieben waren. Alternative Maßnahmen mussten zu den Standardmaßnahmen „gleichwertig“ sein. Seit der Einführung der DepV müssen aber dazu noch Werte eingehalten werden, die von den Behörden standortbezogen vorgegeben werden. Die Sicherung der Deponie muss so konzipiert sein, dass diese Werte auch nach dem Ende der Nachsorge (Schlussabnahme) auf Dauer ohne Wartung von Sicherheitselementen eingehalten werden.

Um den Übergang vom „alten“ Recht zum „neuem“ Recht verwaltungstechnisch zu lösen, haben die Verfasser der DepV bei der Abfassung des § 13 „Deponieschließung“ zwei Optionen zur Nachweisführung in die DepV aufgenommen.

- a) nach §13.2 DepV: Bauen einer Regelabdichtung nach Anhang 1 DepV oder gleichwertig, messen und dokumentieren der Umwelteinflüsse mindestens 30 Jahre oder länger, bis ein Nachweis für die Einhaltung der Werte nach §13 Abs. 5 vorgelegt wird.
- b) nach §13 Abs. 5 DepV: Regelabdichtung oder gleichwertig, mit der Bemessung der Sicherung auf Basis der vorgegebenen Werte, Definition der Kriterien zur Beendigung der Nachsorge. Bauen der Sicherung. Nach Erfüllung der Kriterien erfolgt die Beantragung der Abnahme oder das Ende der Nachsorge.

Da die Vorgaben des Ordnungsgebers nach Anhang 1 DepV vorbehaltlich des Eignungsnachweises für den Standort gelten, werden im §19 DepV Rückstellungen im Vermögenshaushalt der Deponiebetreiber für Nachbesserungen gefordert, die erst nach Beendigung der Nachsorge aufgelöst werden können.

Die Vorgehensweise nach a) liefert nur Informationen zum Zeitpunkt der Messung und keine für die Zukunft. Eine Entlassung aus der Nachsorge ist deshalb nur möglich, wenn ein Nachweis nach § 13.5 DepV zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt wird (Bild 1). Das Vorgehen nach a) stellt also nur eine Möglichkeit zur Zeitgewinnung dar, weil die Mindestanforderungen der Behörden, die Früherkennung eines Umweltproblems durch Messung, erfüllt werden. Die Vorstellung, dass die Standardsicherung nach Anhang 1 die Einhaltung der in §13 Abs. 5 geforderten Werte sicherstellt, trifft nur in sehr seltenen Fällen zu. Das bedeutet, dass im Regelfall die Sicherung in mehr oder weniger großem Umfang nachgebessert werden muss. Es ist deshalb ein Vorgehen nach b) anzustreben, bei dem die erforderlichen Maßnahmen zur Erfüllung der Kriterien nach §13 Abs. 5 vor der Errichtung festgelegt, ihre Erfüllung während der Bauphase und danach dokumentiert werden.

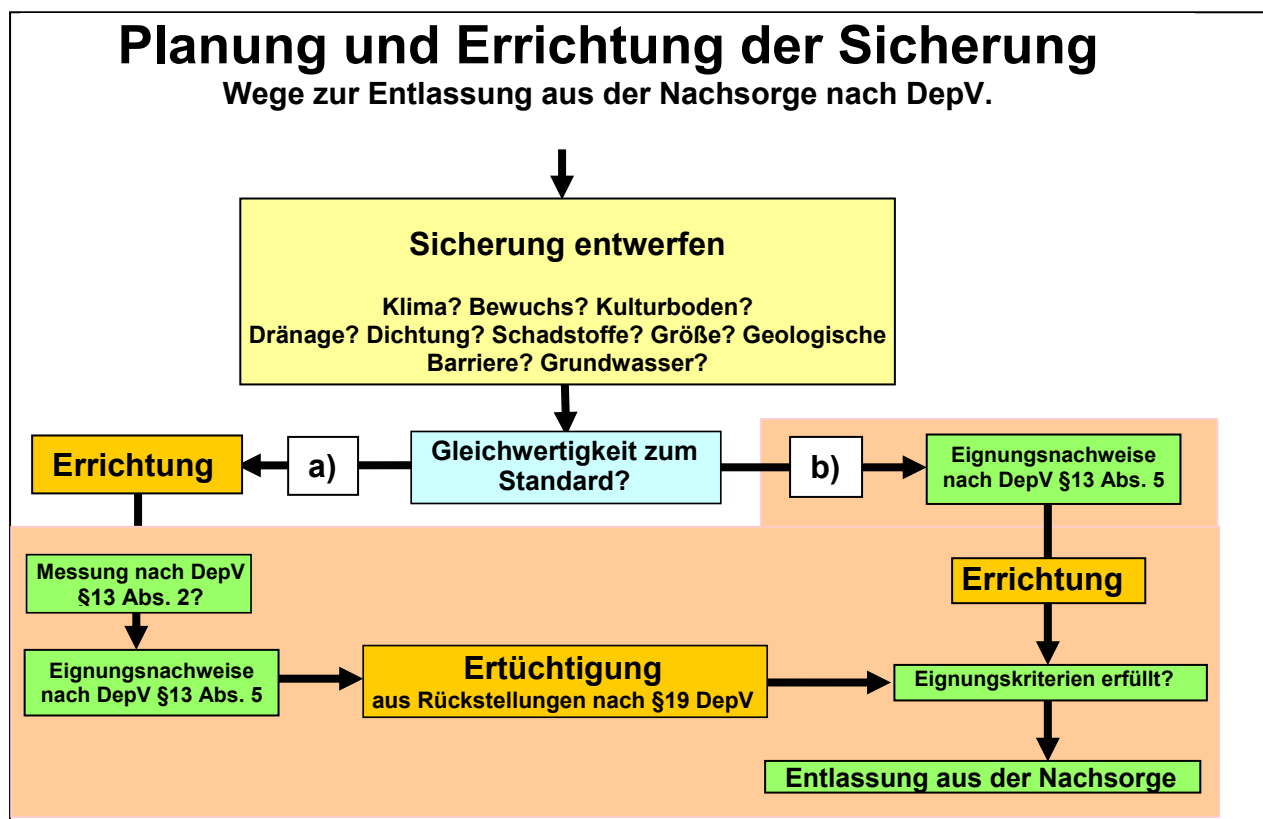


Bild 1: Wege zur Beendigung der Nachsorge

Ein Vorgehen nach b) fordert den Nachweis der Einhaltung der Kriterien und Werte, auch für die Zeit nach Beendigung der Nachsorge vor der Errichtung der Sicherung. Dies erfordert eine Dimensionierung der Sicherungsmaßnahmen auf Basis einer Langzeituntersuchung. Unter Langzeituntersuchung ist ein Zeitraum von >150 Jahren zu

verstehen. Wie dieser Nachweis durchgeführt wird und auf welchen Grundlagen er aufbaut, wird in den folgenden Kapiteln am Beispiel der Deponie Weiden West beschrieben, die auf der Basis der Vorgehensweise b) genehmigt wurde [8] und bei der die Bauarbeiten mit den Pflanzungen im Frühjahr 2007 beendet werden.

2. Grundlagen

2.1 Vorgaben der Behörden zur Begrenzung der Emissionen in der DepV

Die Vorgaben der Behörden enthält der §13 DepV, der im Abschnitt 5 die Kriterien auflistet, die vor dem Antrag auf Beendigung der Nachsorge zu erfüllen sind. Die 9 Kriterien lauten:

- 1 *Biologische Abbauprozesse, sonstige Umsetzungs- oder Reaktionsvorgänge sind weitgehend abgeklungen,*
- 2 *eine Gasbildung ist soweit zum Erliegen gekommen, dass keine aktive Entgasung erforderlich ist, schädliche Auswirkungen auf die Umgebung durch Gasmigration ausgeschlossen werden können,*
- 3 *Setzungen sind soweit abgeklungen, dass verformungsbedingte Beschädigungen des Oberflächenabdichtungssystems für die Zukunft ausgeschlossen werden können,*
- 4 *die Oberflächenabdichtung und die Rekultivierungsschicht sind in einem funktionstüchtigen und stabilen Zustand, der durch die derzeitige und die geplante Nutzung nicht beeinträchtigt werden kann; es ist sicherzustellen, dass dies auch bei Nutzungsänderungen gewährleistet ist,*
- 5 *Oberflächenwasser wird von der Deponie sicher abgeleitet,*
- 6 *die Deponie ist insgesamt standsicher,*
- 7 *die Unterhaltung baulicher und technischer Einrichtungen ist nicht mehr erforderlich; ein Rückbau ist gegebenenfalls erfolgt,*
- 8 *gegebenenfalls anfallendes Sickerwasser kann entsprechend den wasserrechtlichen Vorschriften eingeleitet werden und*
- 9 *die Deponie verursacht keine Grundwasserbelastungen, die eine weitere Beobachtung oder Sanierungsmaßnahmen erforderlich machen.*

Vor allem die Punkte 7, 8 und 9 stellen an den Entwurf und die Nachweisführung sehr hohe Anforderungen, weil die dort genannten Anforderungen das zukünftige Verhalten der Deponie zusammen mit der Sicherung betreffen. Die allgemein formulierten Anforderungen, die für alle Deponiestandorte gelten, können mit den in der DepV enthaltenen Informationen für den betrachteten Standort konkretisiert werden, so dass eine standortbezogene Betrachtung mit einer Anpassung der Sicherungssysteme an die örtlichen Vorgaben möglich wird. Diese örtlichen Vorgaben werden mit Werten beschrieben, die einzuhalten sind und nicht mehr, wie in der TAsi [1], durch vorgegebene Maßnahmen. Es ist nach wie vor erlaubt, die im Anhang 1 der DepV vorgegebenen Maßnahmen umzusetzen. Dies ist aber mit der Einschränkung verbunden, den Eignungsnachweis nach §13.5 über die Einhaltung der Werte zu führen. Diese grundsätzliche Änderung der Rechtslage ist vielen nicht bewusst.

Die Umstellung der Beurteilungsmethode von Maßnahmen auf Werte bedeutet für alle Beteiligten eine große Herausforderung, weil man sich im Gegensatz zu früher, mit der Wirkung des Deponieinhalts auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft beschäftigen muss.

2.2 Emissionen

Eine Deponie emittiert in die Atmosphäre CO_2 und CH_4 , Gase die durch mikrobielle Umwandlung von organischen Stoffen unter Luftabschluss entstehen. Dieser Prozess läuft gehemmt ab, weil in der Deponie nur eine sehr schlechte Zufuhr von den zur Vermehrung der Mikroorganismen erforderlichen Stoffen gegeben ist. Man kann diese Situation verbessern, indem man den Wasserdurchsatz erhöht, z.B. durch eine Sickerwasserrückführung. Oder man schafft aerobe Bedingungen und oxidiert den Kohlenstoff der organischen Substanzen zu CO_2 und den Stickstoff der Proteine zu Nitrat. Diese Müllbehandlung kann den zeitlichen Ablauf der gasförmigen Emissionen, die sonst 30 bis 50 Jahre dauert, deutlich verkürzen. Die Höhe der Emissionen kann durch andere Maßnahmen, z.B. durch Limitierung der Feuchtigkeitszufuhr soweit verringert werden, dass eine Oxidation des Methans z.B. im Wurzelraum der Rekultivierung erfolgt.

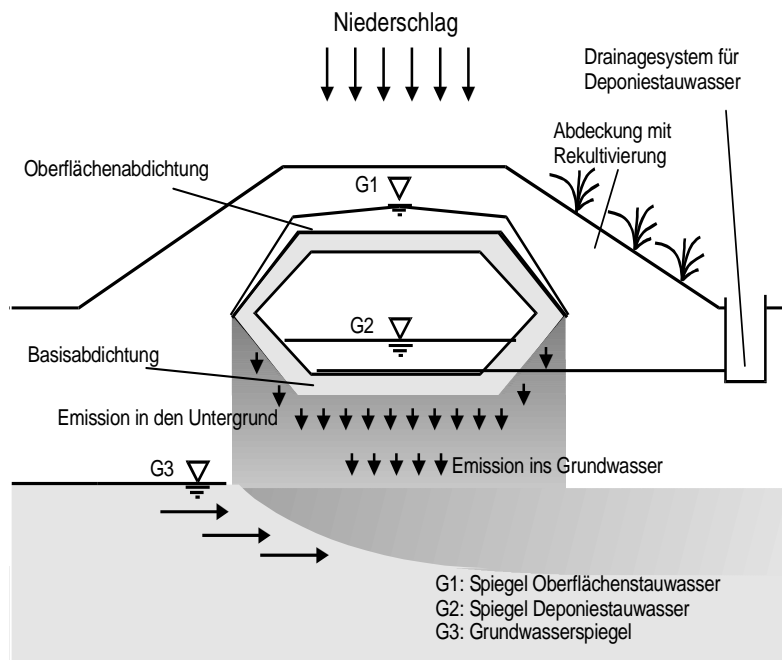


Bild 2: Schnitt durch eine Deponie

Die Emissionen in den Grundwasserleiter sind im Vergleich zu den gasförmigen Emissionen langfristiger Natur. Sie hängen von der Größe der Deponie, von den löslichen, mobilen Inhaltstoffen, von der Art der Sicherung und von den geologischen und klimatischen Randbedingungen ab. Der Emissionszeitraum beträgt, je nach Größe der Deponie, ein paar hundert bis einige tausend Jahre. Auch die Stoffpalette, die betrachtet werden muss, besteht aus einer Vielzahl von Stoffen, die in Bezug auf die Beeinflussung des Grundwassers untersucht werden müssen. Die

Wanderung der einzelnen Deponieinhalstoffe muss durch die ungesättigte Deponiebasis bis in den Grundwasserleiter und dann bis zum Rand der Deponie verfolgt werden (Bild 2). Die naturwissenschaftliche Voraussetzung für eine Bemessung bildet das Stofftransportgesetz, das erstmals 1952 [2] in Form einer Differentialgleichung für Anwendungen in der Chromatographie formuliert wurde.

$$D \frac{d^2c}{dx^2} + k \frac{l}{n} \frac{dc}{dx} - S \frac{dc}{dt} = A$$

Gl. 1

D	Diffusionskoeffizient nach Fick	k	Durchlässigkeitsbeiwert nach Darcy
S	Sorptionsanteil	l	hydraulischer Gradient
c	Porenwasserkonzentration	n	Porenanteil des Bodens
x	Koordinate x der Transportachse	t	Zeit
A	Ausfällung durch Reaktion der Sickerwasserinhaltsstoffe		

Es beschreibt den Zusammenhang zwischen Diffusion, Konvektion und Sorption in Abhängigkeit vom betrachteten Ort und der Zeit. Die Theorie des Stofftransports ist validiert [5]. Aber kann dieses Gesetz auch auf eine Deponie angewendet werden und wenn, welche Bedingungen sind zu beachten? Im Gegensatz zum eingangs gebrachten Beispiel aus dem konstruktiven Ingenieurbau fehlen präzise Angaben zu den Materialeigenschaften, die die Voraussetzung zu einer Lösung auf einer deterministischen Basis wären. Sie können auch mit großem Aufwand nicht beschafft werden. Weder der Abfall kann für eine deterministische Betrachtungsweise ausreichend genau beschrieben werden, noch der Untergrund, der Teil des Systems ist. Deshalb bleibt als einziger Weg, die Lösung der Differentialgleichung unter Berücksichtigung der probabilistischen Natur der Daten zu entwickeln. Die Lösung enthält eine Aussage über den zu erwartenden Streubereich der zukünftigen Belastung des Grundwassers. In der Datenauswertung werden alle Maßnahmen berücksichtigt, die der Planer sich zur Lösung der ihm gestellten Aufgabe überlegt. Dies können Maßnahmen zur Veränderung des Schadstoffpotentials im Deponiekörper, ebenso wie Ausbildungen der Oberflächensicherung sein. Die einzige Bedingung die die Maßnahmen erfüllen müssen, ist die Unterschreitung der vorgegebenen Belastungsschwellenwerte über die Lebensdauer der Deponie gemäß Kapitel 2.1.

Die Auswertung der Differentialgleichung in Form eines Risikoprofils erfolgt für jeden grundwasserschädlichen Deponieinhaltsstoff. Das zur Auswertung der Stofftransportgleichung entwickelte Programm DESI (**D**eponie **E**mission **S**imulation) ist validiert [5] und verifiziert [6, 7]. Unter Berücksichtigung der Vorgängerversionen ist es seit 1989 im Einsatz [3].

Die für die Auswertung erforderlichen Daten können aus den vorhandenen Daten abgeleitet werden, sodass in der Regel keine neuen Datenerhebungen erforderlich sind. Dazu gehören z.B. Unterlagen über

- die langfristigen Nutzung,
- Klimadaten,
- die Sicherung,
- den Deponiekörper und –Inhalt,
- die Geologie der Deponiebasis und die Hydrogeologie des Standorts
- Messungen

Aus diesen Daten ermittelt DESi Risikoprofile, beginnend mit der Inbetriebnahme der Deponie, über einen Zeitraum von 150 Jahren und mehr. Bei Altdeponien besteht die Möglichkeit einer Rechenkontrolle über Messwerte der Grundwasserbelastung aus

vergangenen Jahren. Die Ergebnisse stellen Risikoprofile dar, in denen sich die probabilistische Natur der Eingangsdaten widerspiegelt. Die Begrenzungen der Risikoprofile geben die Werte an, die sich aus der Überlagerung der ungünstigsten oder der günstigsten Konstellationen ergeben. Die unteren Prognosegrenzwerte sind die günstigsten Werte (best case), die erwartet werden können. Die oberen Prognosegrenzwerte sind Bruchkriterien (worst case) gleichzusetzen. Sie sind mit den Auslöseschwellen zu vergleichen, die von den Behörden für jeden Standort vorgegeben werden. Sie sind die Kriterien, die langfristig unterschritten werden müssen. Die Prognosegrenzwerte sind mit den Auslöseschwellen durch die Beziehung

$$\text{Auslöseschwelle} \geq \text{Prognosegrenzwert}$$

Gl.2

verknüpft. Genügt eine Sicherung dieser Bedingung, sind die Schließungskriterien 8 und 9 nach § 13 Abs. 5 DepV erfüllt. Von den geeigneten Sicherungen wird die gebaut, die die Bedingungen der DepV erfüllt und das beste Preis-Leistungsverhältnis aufweist.

2.3 Vorgehen bei der Bemessung von Deponiesicherungssystemen unter Berücksichtigung der DepV

Berücksichtigt man die Vorgaben des § 13 Abs. 5 DepV, ergibt sich das in Bild 3 gezeigte Ablaufschema für Planung und Bearbeitung bis zur Entlassung aus der Nachsorge. Folgt man dem Ablauf der Nachweisführung nach Bild 3, muss zunächst die „Gleichwertigkeit“ nachgewiesen werden, um die Baufreigabe zu erreichen. Dieser Nachweis orientiert sich an einer Maßnahme, der Standardsicherung nach DepV.

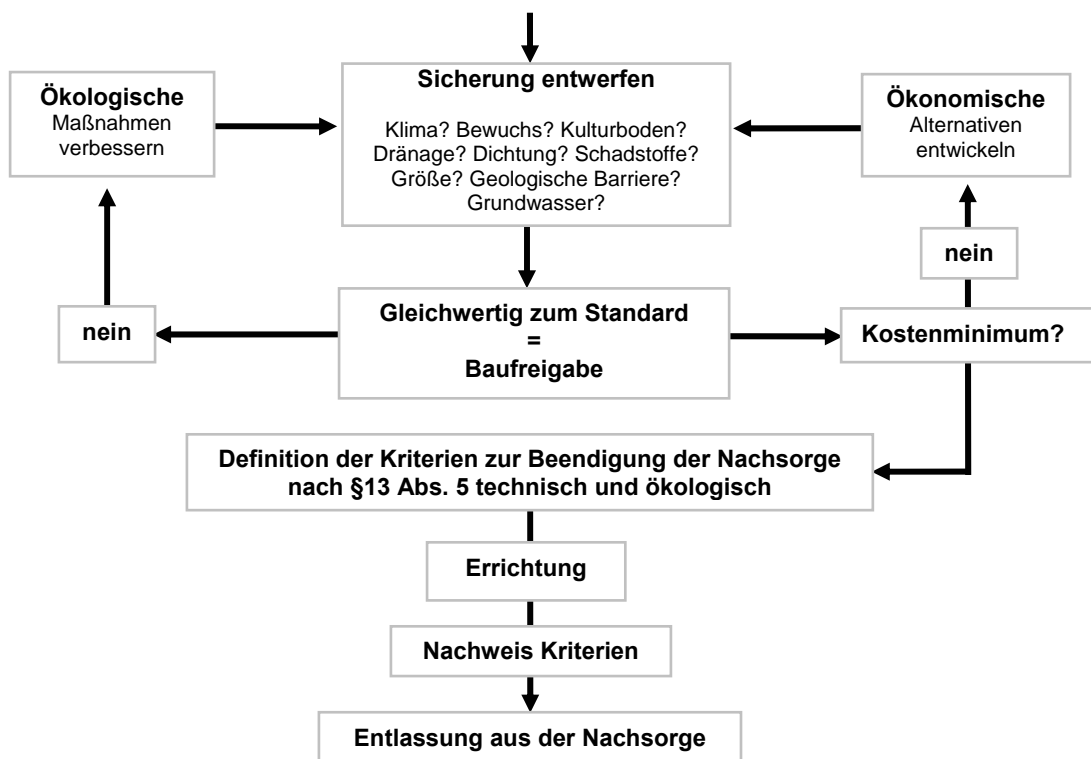


Bild 3: Planung und Realisierung der Sicherung nach DepV § 13 Abs. 5 mit Bestimmung der Kriterien zur Entlassung aus der Nachsorge

der Messwerte auch der Tendenz der Risikoveränderung entspricht. Das Maximum der Risiken ist zum Betrachtungszeitpunkt schon überschritten, die Auslöseschwelle liegt unterhalb der Grenze „niedrige Wahrscheinlichkeit“. Der Vergleich von Bild 6 mit Bild 5 zeigt den Fortschritt der Entwicklung zum alten Stand der Technik.

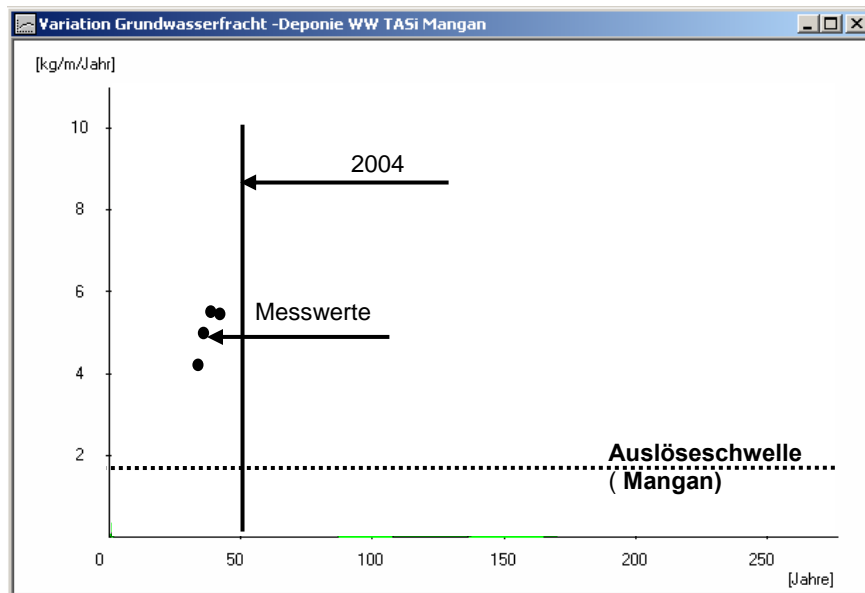


Bild 5: Messwerte Mangan und Grenzfracht

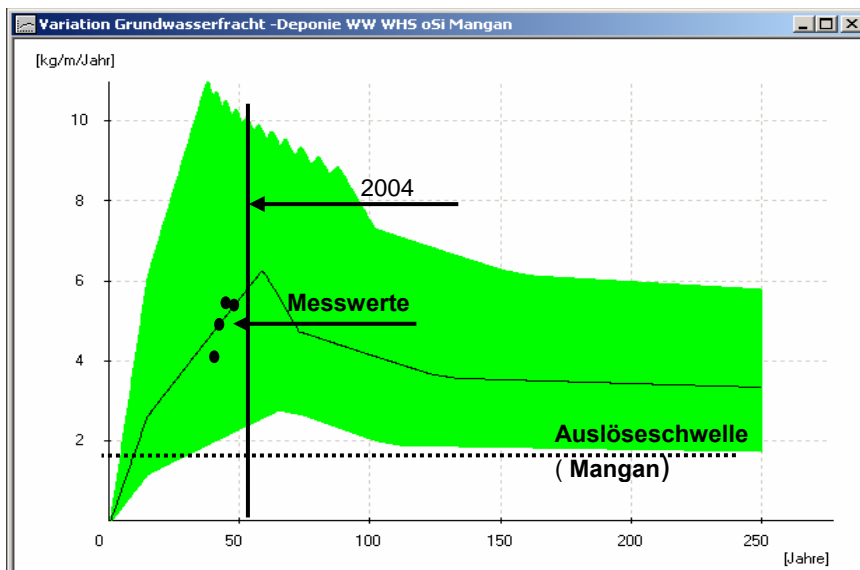


Bild 6: Risikofeld Mangan; Fortschreibung des Istzustandes

Es wird nunmehr eine klare Bewertung der Risiken unter der Einbeziehung der Messungen aus der Vergangenheit ermöglicht. So wird es auch möglich, den zukünftigen Nutzen einer Sanierungsmaßnahme objektiv zu beurteilen, wenn diese in die Prognose integriert wird. Gemäß dem Handlungsschema Bild 3 müssen als erstes die Voraussetzungen für die Erstellung eines Gleichwertigkeitsnachweises erarbeitet werden. Dazu werden von allen Deponieinhaltsstoffen, die das Grundwasser beeinträchtigen können, Risikoprofile für das Standard-sicherungssystem erstellt. Von den untersuchten Stoffen war Mangan in Relation zu den Auslösewerten der ungünstigste Stoff. Bild 7 zeigt den Risikoverlauf der Grundwasserbelastung. Eine Alternative ist gleichwertig, wenn sie mindestens dem Risikofeld Bild 7 entspricht.

Allerdings besagt die Risikoanalyse auch, dass für den Standort Weiden West bei der Anwendung der Standardsicherung mit hoher Wahrscheinlichkeit der vorgegebene Wert der Auslöseschwelle überschritten wird. Die Standardsicherung nach Anhang 1 DepV ist auf Grund des Alterungsverhaltens der Komponenten für diesen Standort nicht geeignet, die Schließungsbedingungen des § 13 Abs. 5 DepV zu erfüllen. Die Eignung ist auf die Lebensdauer der Kunststoffdichtungsbahn beschränkt. Es musste deshalb

eine Alternative gefunden werden, die sowohl die Gleichwertigkeit, wie auch die Eignung nach Werten erfüllt.

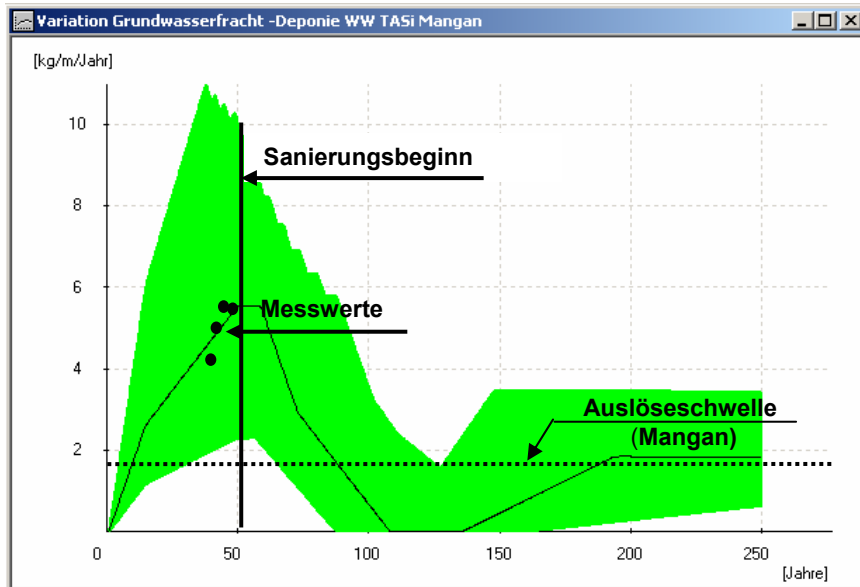


Bild 7: Risikofeld für Mangan; Oberflächenabdichtung nach Standard DepV DK II

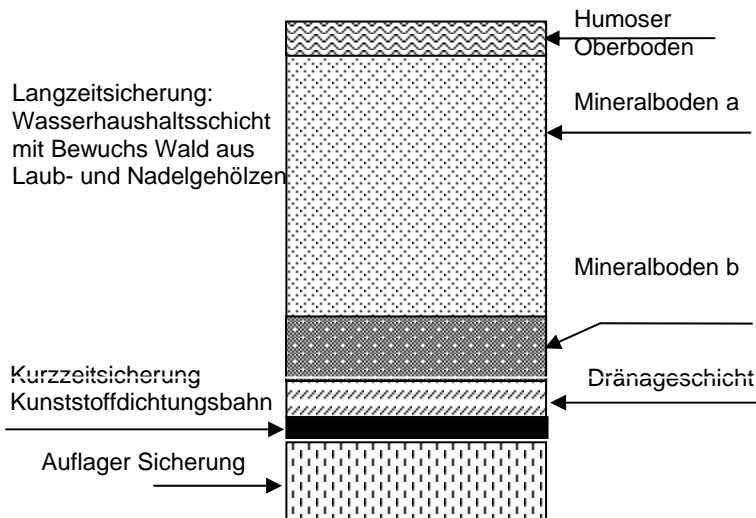


Bild 8: Aufbau der zur Ausführung ausgewählten Sicherung

Bild 8 zeigt den Aufbau der ausgewählten Sicherung. Sie besteht aus einer Kurzzeitsicherung, der Kunststoffdichtungsbahn mit darüber liegender Dränmatte, die mindestens für die ersten 30 Jahre nach der Herstellung wirksam bleiben muss, sowie der Langzeitsicherung, der Wasserhaushaltsschicht von insgesamt 2m Dicke und entsprechender Bepflanzung aus Laub- und Nadelgehölzen, abgestimmt auf die klimatischen Gegebenheiten des Standortes.

Die Qualität der Kunststoffdichtungsbahn und der Böden der Wasserhaushaltsschicht werden bei der Herstellung im Rahmen der Qualitätssicherung dokumentiert.

Neben dem Aufbau der Sicherung selbst haben die Lage und die Kontur der Deponie, und die Art der Bepflanzung deutlichen Einfluss auf die Funktion der Wasserhaushaltsschicht.

Im Rahmen der Bemessung wurden diese Parameter so lange variiert, bis das unter den gegebenen Umständen mögliche Optimum der Schadstoffrückhaltung erreicht wurde.

Bild 9 zeigt die Kontur der Deponie. Sie wurde in Bezug auf Exposition und Standsicherheit (Kriterium 6 § 13 Abs. 5 DepV) der Böschungen optimiert. Die Langzeit-sicherung in Form des Waldes ist ein sich selbst erneuerndes biologisches

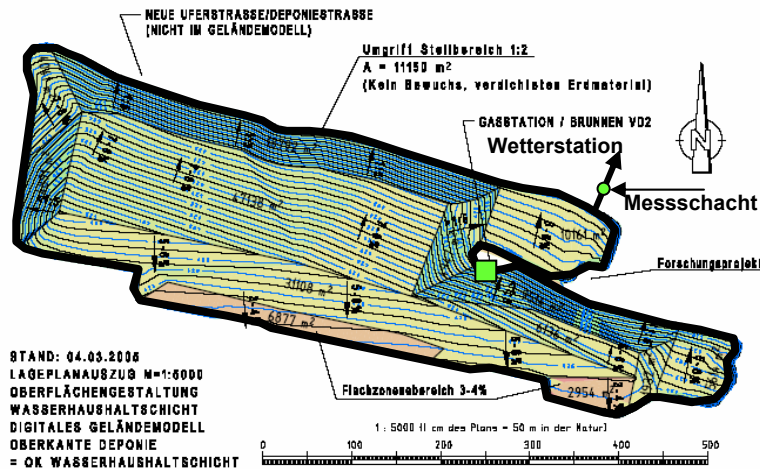


Bild 9: Gestaltung der Deponiekontur

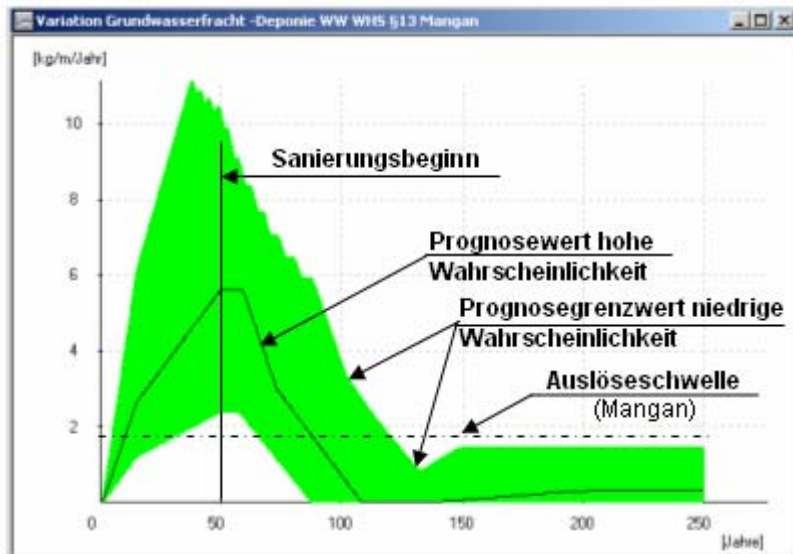


Bild 10: Risikofeld für Mangan; alternative Oberflächensicherung

hoher und niedriger Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Der Vergleich der Bilder 7 und 10 zeigt, dass die alternative Sicherung erhebliche Vorteile gegenüber dem Standard aufweist.

Die Bedingung der „Gleichwertigkeit“ gemäß DepV ist also erfüllt. Die Auslöseschwelle der Alternative liegt über dem Prognosegrenzwert und erfüllt deshalb die Schließungskriterien des § 13 Abs. 5 Nr. 8 und 9 DepV. Auch die Kriterien 1 bis 5 und 7 sind erfüllt, weil sich die ohnehin schon niedrige biologische Aktivität infolge des Wassermangels nochmals reduzieren wird, und die Wasserhaushaltschicht als Dichtung keine technischen Einrichtungen enthält und setzungsunempfindlich ist.

System, dessen Leistungsfähigkeit sich im Laufe der Zeit durch die Ausbreitung der Wurzeln und Humusbildung erhöhen wird.

Die Kurzzeitsicherung in Form der Kunststoffdichtungsbahn wird nach heutigem Wissensstand eine Lebensdauer von mindestens 75 Jahre haben. Diese Zeitspanne ist mehr als ausreichend, um im Zeitraum der Aufwuchsphase der Vegetation die abdichtende Funktion zu übernehmen.

Nach dem Ablaufschema Bild 3 erfolgt dann die Nachweisführung, die sich in den Gleichwertigkeitsnachweis und den Nachweis der „Werte“ gemäß §13 DepV, als Voraussetzung zur Beendigung der Nachsorge, gliedert. Der Nachweis der Gleichwertigkeit wird anhand des Stoffeintrags in den Grundwasserleiter geführt. Unter denselben Bedingungen, wie bei der Standardisierung (Bild 7), wird die alternative Sicherung untersucht. Bild 10 zeigt die entsprechenden Emissionswerte der Risikoprognose, die mit

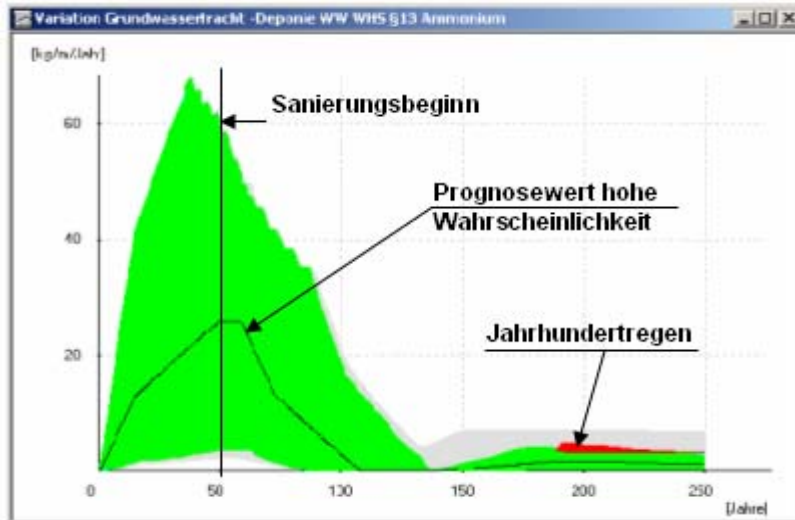


Bild 11 zeigt schließlich den Einfluss eines Jahrhundertregenjahres auf das Risikofeld für Ammonium, nachdem die Kunststoffdichtungsbahn durch Alterung ausgefallen ist. Die Auswirkungen liegen im prognostizierten Risikofeld, wirken über einen Zeitraum von ca. 50 Jahre nach.

Bild 11: Auswirkungen eines Jahrhundertregenjahres

3.3 Kriterien zur Beendigung der Nachsorge

Die Kriterien zur Entlassung aus der Nachsorge beziehen sich auf die Wirksamkeit der Wasserhaushaltschicht als

Langzeitdichtung und der Wirksamkeit der KDB. Letztere wird über die Gütenachweise im Zuge der Fremdüberwachung nachgewiesen und der Erfahrung, dass die Beständigkeit der KDB größer 75 Jahre ist. Der Nachweis der Wirksamkeit der Wasserhaushaltschicht setzt sich aus den Nachweisen der Wasserspeicherkapazität des verwendeten Bodens, der Schichtabmessung und der Verdunstungsleistung des Bewuchses zusammen. Die Wasserspeicherkapazität des Bodens ist eine Materialeigenschaft, die von der Bodenzusammensetzung und der Einbaudichte abhängt. Die genannten Daten waren im Zuge der Bemessung der Wasserhaushaltschicht festgelegt worden.

Während der gesamten Bauzeit wurden die Schichtdicken und die nutzbare Feldkapazität der eingebauten Böden gemessen und dokumentiert. Damit wurde nachgewiesen, dass die physikalischen Voraussetzungen gemäß der Planung erfüllt wurden. Die erforderliche Wirkung der Wasserhaushaltschicht als Ganzes ergibt sich aus ihrer Bemessung. Um die Risiken in Bezug auf den Grundwasserleiter unter das vorgegebene Maß zu begrenzen muss die Grundwasserneubildung im Bereich der Deponie, abhängig vom Jahresniederschlag begrenzt werden. Bild 12 zeigt die Grenzen der Grundwasserneubildung auf der Deponie, die erreicht oder unterschritten werden müssen als Voraussetzung zur Beantragung des Nachsorgeendes.

Die Dauer der Nachsorgezeit und die Kriterien zu ihrer Beendigung werden also aus den Eigenschaften der Sicherung abgeleitet. Um die Mindestwerte der Stofffrachten im Grundwasserleiter einzuhalten, muss die Wasserhaushaltschicht eine Mindestdichtwirkung entfalten, die über die Grundwasserneubildung definiert wurde. Die Kunststoffdichtung als zeitlich begrenzte Abdichtung der Deponie bildet zusammen mit

den Dränmatten und einer Ringleitung rund um die Deponie das Auffangsystem für das Wasser, das den Wurzelraum der Wasserhaushaltschicht verlässt. Über einen Messschacht wird die ablaufende Wassermenge gemessen. Ein Regenschirm auf der Deponie misst den Niederschlag (Bild 9).

Die Wirksamkeit der Wasserhaushaltschicht entfaltet sich erst mit der Entwicklung der Vegetation, die maßgebend für die Verdunstungsleistung ist. Das Ende der Nachsorge ist erreicht, wenn die Verdunstungsleistung der Vegetation im Zusammenwirken mit der Wasserhaushaltschicht so groß ist, dass die Messwerte aus Niederschlag und Grundwasserneubildung in der Zielfläche der Graphik Bild 12 zu liegen kommen.

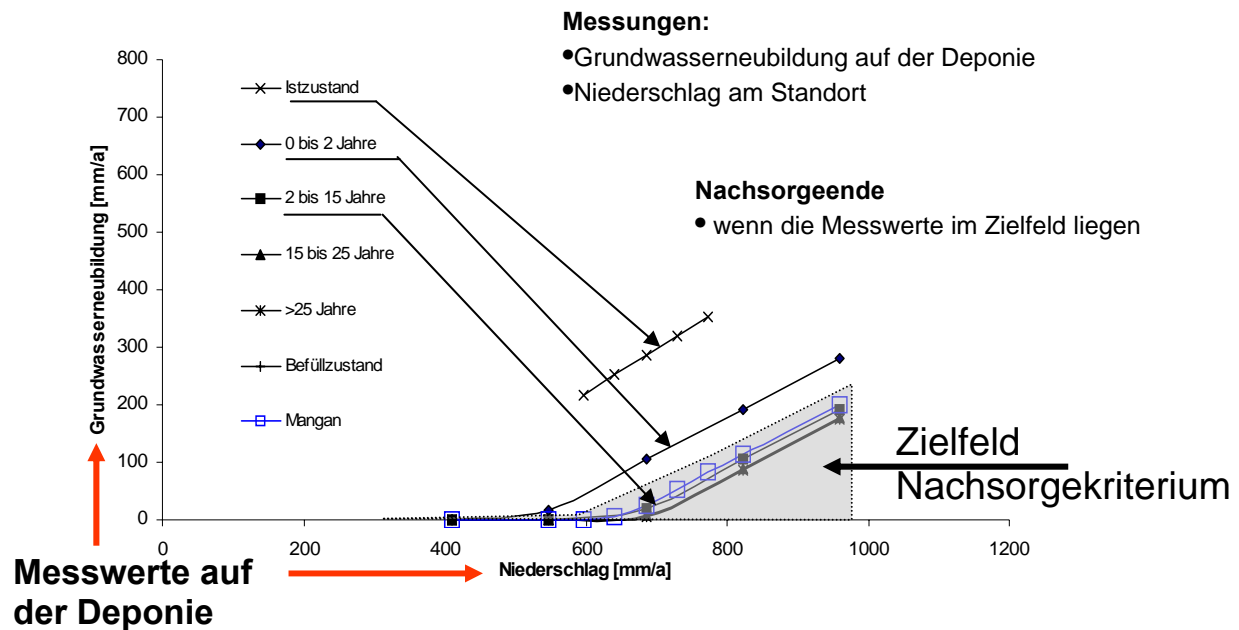


Bild 12: Wasserhaushaltschicht; Kriterium zur Beendigung der Nachsorge, Zielfeld Grundwasserneubildung als Funktion des Niederschlags

Die hierfür erforderliche Zeitspanne kann man eingrenzen. Dazu trägt man die wahrscheinliche und die ungünstigste Entwicklung der Vegetation in Abhängigkeit der Grundwasserneubildung auf. In dieses Diagramm trägt man die charakteristische Grundwasserbildung für Mangan ein, bei deren Unterschreitung die Bedingungen der DepV eingehalten werden. In den Schnittpunkten kann man den Zeitpunkt ablesen, ab dem das das Ende der Nachsorge beantragt werden kann. Nach Bild 13 wird dies etwa in der Zeitspanne von 7 bis 15 Jahren nach Fertigstellung der Bepflanzung der Sicherung zu erwarten sein. Erst dann ist die Langzeitsicherung voll funktionsfähig.

Der Eignungsnachweis der Sicherung in Form einer Risikoanalyse über die Lebenszeit der Deponie, die Gestaltung der Sicherung auf der Grundlage von Werten erlaubt eine solide Planung der Sicherungskosten mit Einschluss der Nachsorgekosten. Da die Sicherung so aufgebaut wird, dass keine Risiken im Vergleich zur Vorgehensweise nach § 13 Abs. 2 DepV bestehen, müssen nicht mehr vorsorglich Rückstellungen im Vermögenshaushalt der betroffenen Unternehmen gebildet werden, wie im § 19 DepV für den Fall einer nicht ausreichenden Wirksamkeit der Sicherung berechtigt verlangt

wird. Als erfreulicher Nebeneffekt reduzieren sich auch die Investitionskosten erheblich. Sie verringern sich für die Deponie Weiden West um ca. 35% gegenüber der Ursprungsplanung auf Basis der TAsi bei einem erheblich verbesserten Schadstoffrückhaltevermögen.

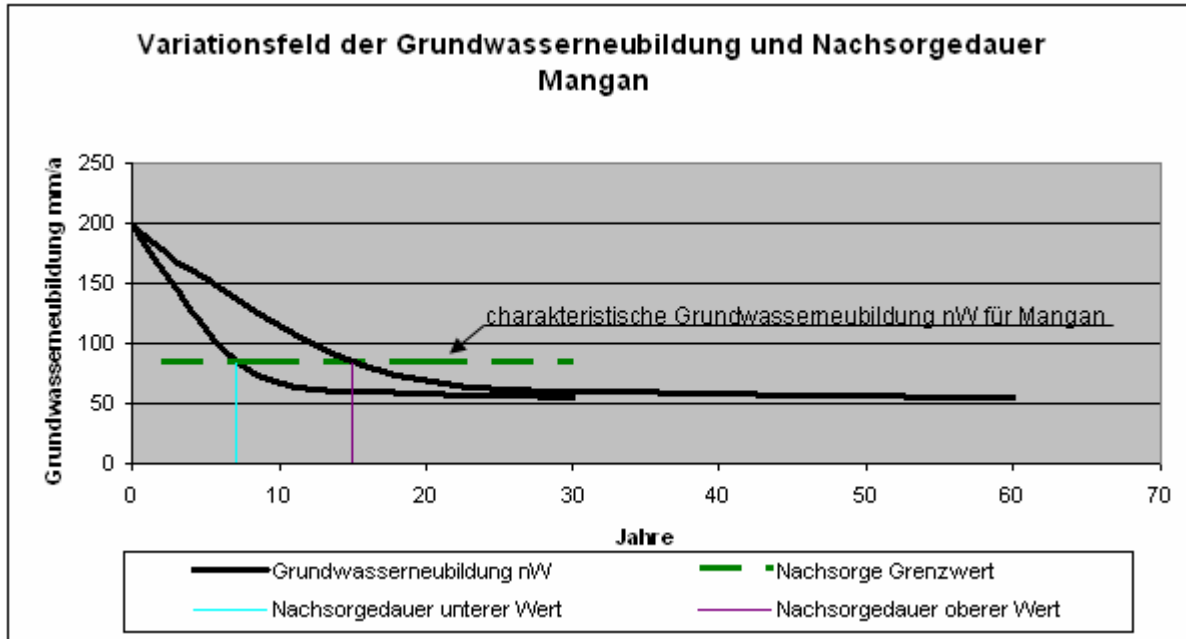


Bild 13: Abschätzung der Nachsorgedauer bezogen auf den Leitstoff Mangan

3.4 Herstellung der Sicherung

Der Mineralboden für das Sicherungssystem mit vorgegebenen Eigenschaften in Bezug auf seine Zusammensetzung und seine Eigenschaften nach dem Einbau ist kein gehandelter Baustoff. Deshalb wurde er vor der Ausschreibung nach bodenkundlichen Vorgaben ausgesucht, beprobt und danach die Ausführungsplanung erstellt. Nachdem die Leistungsdaten der Genehmigungsplanung erfüllt werden konnten, wurde der Boden von der Stadt Weiden erworben. Erst danach erfolgte die Ausschreibung durch die Fa. COPLAN AG. Durch dieses Vorgehen wurde sichergestellt, dass die Sicherung nach der Herstellung mit den geprüften Materialien die geplanten Eigenschaften aus der Genehmigungsplanung aufweist.

Die Bauarbeiten der Sicherung, durchgeführt von der Firma Max Bögel, wurden Ende November 2006 fertig gestellt. Das Verlegen der Kunststoffdichtungsbahn, der Dränmatten und der Einbau der Schutzschicht aus Mineralboden, bereiteten keine Schwierigkeiten. Der Einbau des Mineralbodens der Wasserhaushaltsschicht bedeutete dagegen eine besondere Herausforderung, weil 360.000m³ Mineralboden unter Einhaltung vorgegebener bodenkundlicher Kenndaten eingebaut werden musste. Hier zeigte sich beim Bau des Testfeldes, dass beim Einbau von Schluffböden hoher nutzbarer Feldkapazität mit einer Baggerschaufel nicht die erforderlichen geringen Einbaudichten von 2 bis 3 zu erzielen waren. Je nach Feuchtigkeitsgehalt und Transportbeanspruchung streuten die Dichtewerte in einem nicht tolerierbaren Maß. Es

wurde deshalb der Baubetrieb umgestellt und der Boden unmittelbar vor dem Einbau grundsätzlich aufbereitet und in einem rieselfähigen Zustand eingebaut. So konnte die geforderte Einbauqualität weitgehend unabhängig von der Witterung und der Gewinnung erreicht werden. Eine detaillierte Beschreibung enthält Literatur [9].

Die fertig gestellten Flächen wurden mit Gräsern und Kräutern bepflanzt, die nach kurzer Zeit Wurzeltiefen von bis zu 80cm erreichten. Ein Teil der Bepflanzung mit einheimischen Gehölzen wurde bereits 2006 begonnen und wird im Frühjahr 2007 abgeschlossen.

Die Auswertung der Ergebnisse der Fremdüberwachung zeigen auch unter Berücksichtigung von zeitabhängigen Setzungen der Wasserhaushaltschicht bessere Bodeneigenschaften als in der Planungsphase angesetzt, sodass zusammen mit der Vegetation bessere Rückhalteeigenschaften der Sicherung im Vergleich zur Planung erwartet werden. Für Mangan, den Leitstoff für die Bemessung, erhält man das in Bild 14 dargestellte Risikoprofil, welches für den Endzustand um 30% geringere Emissionen gegenüber der Planung (Bild 10) erwarten lässt. Damit erfüllen die Bodeneigenschaften die Kriterien zur Entlassung aus der Nachsorge. Der Nachweis der Verdunstungskapazität der Vegetation erfolgt über die jährliche Messung der Grundwasserneubildung über die gesamte Deponiefläche in Abhängigkeit vom Jahresniederschlag (Bild 12).

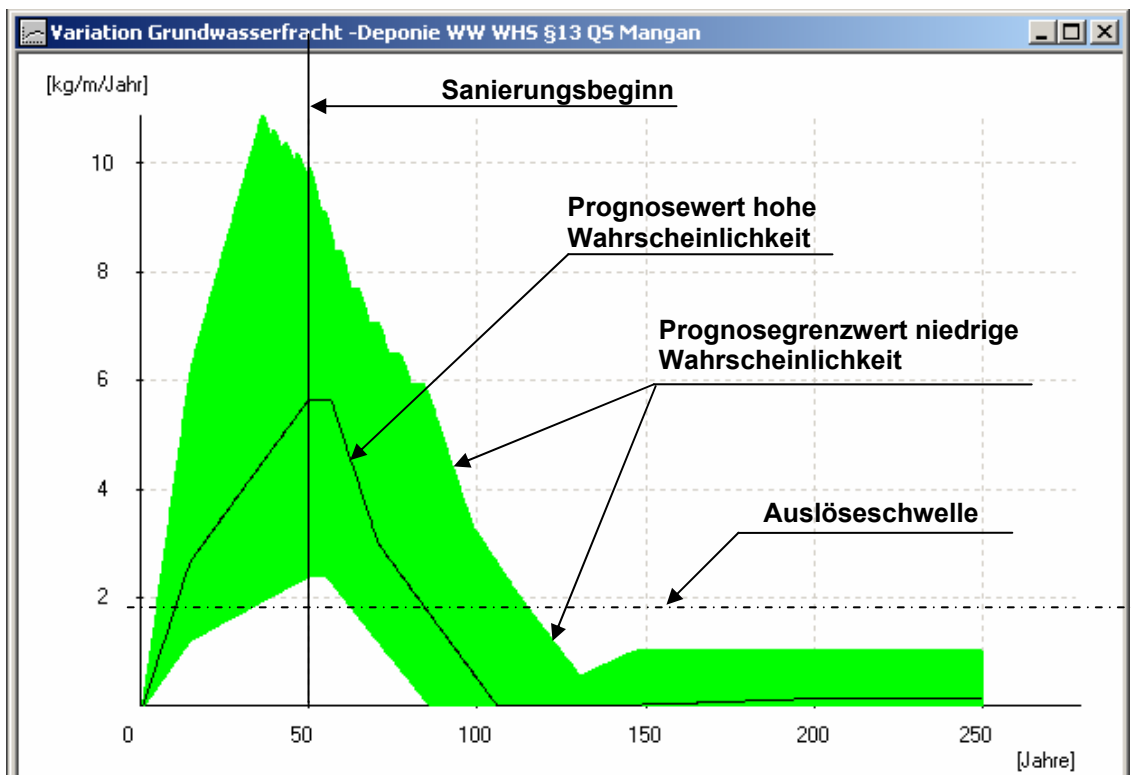


Bild 14: Risikofeld für Mangan unter Berücksichtigung der gemessenen Bodeneigenschaften aus der Fremdüberwachung.

4. Zusammenfassung

Die Deponie Weiden West ist die erste Deponie in Bayern, deren Sicherungssystem vor der Errichtung auf Basis von den Werten bemessen wurde, die der Entlassung aus der Nachsorge zugrunde liegen werden. Dazu wurde das Emissionsverhalten der Deponie über einen Zeitraum von 250 Jahren unter Berücksichtigung der Streuungen der Eingangsdaten und der alterungsbedingten Veränderungen der Sicherung untersucht. Als für den Standort aus ökologischer und ökonomischer Sicht beste Lösung wurde eine Kombinationsdichtung aus einer Kunststoffdichtungsbahn und einer Langzeitdichtung, einer Wasserhaushaltsschicht, bepflanzt mit Laub- und Nadelgehölzen, entwickelt und gebaut.

Das in Anhang 1 der DepV vorgegebene Standardsicherungssystem für die Deponiekategorie II konnte auch nicht annähernd die vorgegebenen Werte für den Standort dauerhaft einhalten. Es wurde als ökologisch ungeeignet verworfen.

Die Kriterien für die Güte der Kunststoffdichtungsbahn und die Bodeneigenschaften der Wasserhaushaltsschicht wurden über eine Fremdüberwachung nachgewiesen. Der Eignungsnachweis der Bepflanzung, abhängig von ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit, wird über die Messung der Grundwasserneubildung und der Niederschläge erbracht. Der hierfür erforderliche Zeitraum wird mit 7 bis 15 Jahre prognostiziert.

5. Literaturzusammenstellung

- [1] Technische Anleitung Siedlungsabfall; Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz: Technische Anleitung zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Carl-Heymanns-Verlag Köln.
- [2] Lapidus and Amundson (1952): Mathematics of adsorption in beds VI. The effects of longitudinal diffusion in exchange and chromatographic columns. Journal of Physical Chemistry, 56, S.984-988
- [3] Jessberger H.-J., Onnich K., Finsterwalder K., Beyer S. (1995): Versuche und Berechnungen zum Stofftransport durch mineralische Abdichtungen und daraus resultierenden Materialentwicklungen. In: 3. Arbeitstagung zum Verbundforschungsvorhaben Deponieabdichtungssysteme. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin 21.-23.3.1995
- [4] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV); BGBl, I 2002, 2807
- [5] Mann U (1993); Stofftransport durch mineralische Deponieabdichtungen: Versuchsmethodik und Berechnungsverfahren. Januar 1993 Heft 19 Ruhruniversität, Schriftenreihe des Instituts für Grundbau.
- [6] Schulz H. Schmid J. Finsterwalder K. (2003): Prognose des Variationsbereiches der Emissionen und Frachten auf Boden- und Grundwasserpfad am Altstandort „UK“ unter Einbeziehung von Frachtmessungen am Deponierand der zur Validierung der Systeme BLACE und DESi Variation. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
- [7] Schulz H. Schmid J. Finsterwalder K. (2003): Prognose des Variationsbereiches der Emissionen und Frachten auf Boden- und Grundwasserpfad am Altstandort „UU“

unter Einbeziehung von Frachtmessungen am Deponierand der zur Validierung der Systeme BLACE und DESi Variation. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz

- [8] Finsterwalder K., Legat H. (2006), Sicherung der Deponie Weiden West unter Berücksichtigung der Schließungskriterien des §13(5) DepV. 17. Nürnberger Deponieseminar Abdichtung, Stilllegung und Nachsorge von Deponien
- [9] Reiter T., Müller J. (2007) Kombinationsdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen und qualifizierter Wasserhaushaltsschicht. Ein Pilotprojekt in Bayern zur Sicherung der Deponie Weiden West. Fachtagung, Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen CCW, Congress Centrum Würzburg.

Dr. Ing. Klemens Finsterwalder
Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG
Mailing Weg 5;
D-83233 Bernau
Telefon +498051 65390
Email k.finsterwalder@fitec.com
Webseite: www.Fitec.com