

Anwendererfahrungen mit Wasserhaushaltsschichten in Sachsen

Dipl.-Geol. Petra Schneider, Dipl.-Ing. Dieter Klein,
C & E Consulting und Engineering GmbH, Jagdschänkenstr. 52, D-09117 Chemnitz

1 Einleitung

Die Diskussion langfristig sicherer Oberflächenabdichtungen wird seit mehr als 15 Jahren in den verschiedensten Fachgebieten unter bautechnischen, naturwissenschaftlichen sowie ökonomischen Gesichtspunkten geführt. Vor dem Hintergrund zu gewährleistenden Langzeitstabilität von Abdichtungssystemen wird in der Deponiestillegung die Entwicklung alternativer Konzepte vorangetrieben.

Hauptziel der Abdichtung von Deponien ist die Reduzierung der Sickerwasserbildung. Eine Reduzierung der Niederschlagsinfiltration bewirkt im allgemeinen auch eine Verringerung des Schadstoffaustrages. Dadurch wird eine Grundwasser- und Oberflächenverschmutzung verhindert oder bestehende Umweltbeeinflussungen reduziert. Weiterhin sollen Abdichtungssysteme folgende Anforderungen erfüllen:

- geringe Setzungsempfindlichkeit,
- Erosionsschutz,
- lange Nutzungsdauer mit geringen Folgekosten,
- Schutz vor tiefreichender Bioturbation,
- Wiedereingliederung des Standortes in das natürliche Umfeld.

Oberflächenabdichtungen bestehen in der Regel aus zwei Komponenten: einer Rekultivierungsschicht mit Vegetationsdecke und dem Dichtungselement. Trotz der vielfältigen Anforderungen und der Bedeutung der Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht für die Funktionsfähigkeit einer Oberflächenabdichtung fehlen weitgehend systematische Grundlagenuntersuchungen insbesondere zu den Fließprozessen in Rekultivierungsschichten. Die gültigen technischen Regelwerke in der Deponietechnik spiegeln unzureichende Kenntnisse der Möglichkeiten wasserhaushaltlich ausgewogener Langzeitkonzepte mit Hilfe der Rekultivierungsschicht wider.

2 Aufbau von Wasserhaushaltsschichten

2.1 Funktion des Wasserhaushaltes von Wasserhaushaltsschichten

Der Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungssystemen wird durch dessen Schichtaufbau und die Standortfaktoren bestimmt. Welche Sickerwasserbildung langfristig das Abdichtungssystem bestimmt, hängt im wesentlichen von ökologischen Faktoren ab, da die bautechnischen Randbedingungen (z.B. Verdichtungsgrad, Permeabilität) wegen der natürlichen Alterung des Abdichtungssystems langfristig an

Wirkungskraft verlieren. Insbesondere die Vegetation hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt einer Abdichtung. Umgekehrt beeinflussen das gewählte Substrat und der sich daraus ergebende Wasserhaushalt die Entwicklung des Bewuchses. Über lange Zeiträume kann es zu Veränderungen im Abdichtungssystem kommen, da beispielsweise die Durchwurzelung von Schichten zu einer Veränderung der Sickerwasserbildung gegenüber dem Einbauzustand führt. Durch diese veränderten bodenphysikalischen Bedingungen oder/und die Anreicherung bzw. Bildung von Nährstoffen durch den Bewuchs kann es auch zu einer Umbildung des Bestandes auf der Abdichtung kommen. Aus der Nutzung und dem Bewuchs ergeben sich weiterhin Konsequenzen für die Erosionsanfälligkeit des Abdichtungssystems und die Bildung von Mikro- und Makrogefügen, die ebenfalls zu berücksichtigen sind.

Somit bildet die langzeitliche Sickerwasserprognose einen wesentlichen Bestandteil der wirtschaftlichen Bewertung und Optimierung von standortbezogenen geeigneten Abdichtungssystemen, und hier insbesondere beim Einsatz von Wasserhaushaltsschichten als Deponieabdichtungssysteme (HÜBNER et. al. 2005).

Bei der Sickerwasserprognose von Abdichtungssystemen wird die Bilanzierung der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag, Verdunstung, Abfluss, Speicherung und Versickerung in den tieferen Untergrund unter Berücksichtigung des Systems Boden - Pflanze vorgenommen (vgl. Abbildung 1). Bestimmende Kennwerte des Wasser- und Lufthaushaltes sind nutzbare Feldkapazität und Gesamtporenvolumen. Ob sich ein Abdichtsystem wie ein natürlicher Boden verhält und welche Absickerungsraten aus dem Abdichtsystem sich ausbilden, ist stark von der Korngrößenverteilung (insbesondere auch Korngrößenunterschieden zwischen den Schichten) und der Lagerungsdichte abhängig.

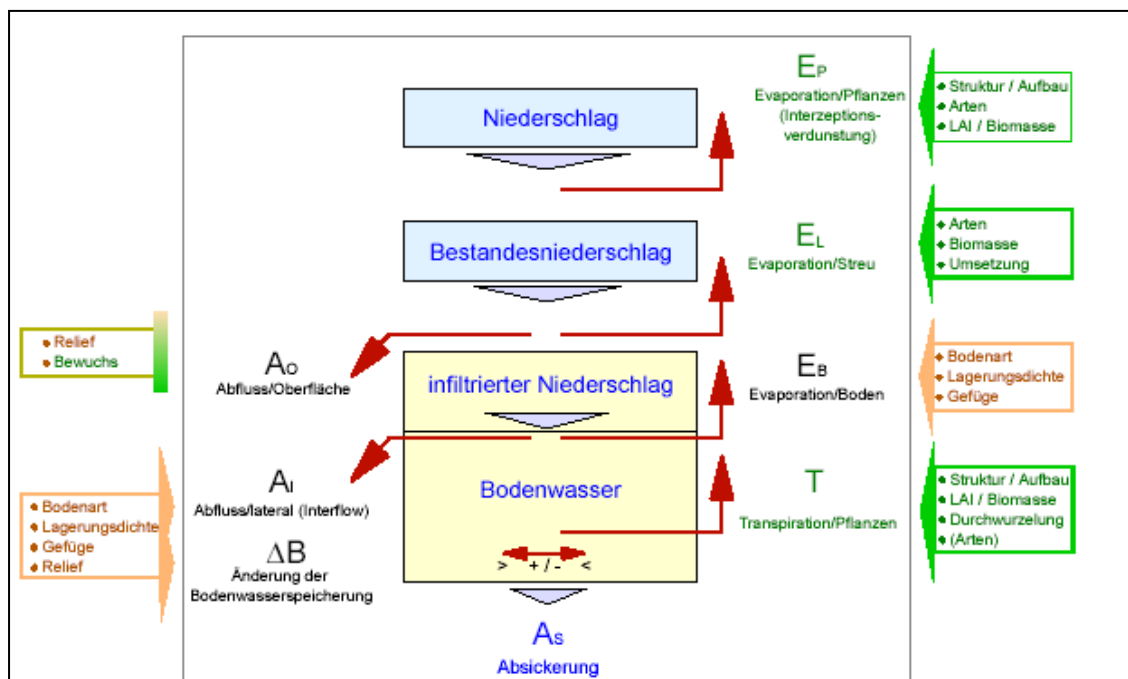


Abbildung 2.1: Komponenten des Wasserhaushalts eines Abdecksystems und Einfluss der Vegetations- und Bodeneigenschaften, LAI = Blattflächenindex (Leaf Area Index), nach HAUBRICH & WATTENDORF (2002).

In mineralischen Abdichtschichten wirken ähnliche physikalische Prozesse wie in der ungesättigten Bodenzone. Welche realen hydraulischen Leitfähigkeiten ein Abdichtsystem mittelfristig erreichen kann, hängt vom Feinbodenanteil und der sich daraufhin

einstellenden Feldkapazität des Bodens ab. Bei gleichkörnigen Schichtabfolgen wird die Versickerung von dem im Porenraum wirkenden Kapillarkräften (Matrixpotenzial) geprägt, d.h. dass sich aufgrund fehlender Korngrößenunterschiede kein lateraler Abfluss auf Schichtflächen ausbilden kann. Die Intensität der Saugspannungskräfte im Boden hängt von Porengröße, Lagerungsdichte, Vegetation und Durchwurzelung ab. Wie von HEINZE et al. (1995) ermittelt wurde, endet die Durchwurzelung in Abdeckschichten an Erdstoff-Schichten mit Lagerungsdichten von $> 1,8 \text{ g/cm}^3$.

2.2 Einflussfaktoren der Sickerwasserbildung

Einflussfaktoren, die die Sickerwasserbildung aus dem Abdichtsystem in den Deponiekörper bestimmen, sind

- die zur Verfügung stehende Wassermenge (Niederschlagssumme),
- die Evapotranspirationskapazität des Abdichtsystems und des Bewuchses,
- die Gefügestruktur und Lagerungsdichte der Schichten (k-Wert, Schichten für Bildung von lateralem Abfluss, Drainageschichten, Vorhandensein von Makroporen/Rissen in den Abdeckschichten auf Grund von Bio- oder Kryoturbationerscheinungen; Austrocknungerscheinungen in der obersten Bodenzone),
- das Gefälle der Schichten bzw. des Gesamtabdichtungssystems.

Die Einflussfaktoren wirken unterschiedlich stark auf die Sickerwasserbildung. Prinzipiell muss zwischen den hydrologischen Randbedingungen, die auf Standortfaktoren (Klima, Exposition, Art und Aufbau des Abdichtungssystems, Bewuchs usw.) zurück gehen und biologisch-pedologischen Randbedingungen (Bioturbationerscheinungen, Alterung durch pedologische Veränderung des Abdichtmaterials usw.), die eine Alterung des Abdichtsystems verursachen, unterschieden werden.

2.3 Schichtaufbau von Wasserhaushaltsschichten

Für die Reduzierung der Sickerwasserrate mit Hilfe von Wasserhaushaltsschichten kommen prinzipiell zwei Klassen von Aufbauten in Betracht:

- einlagig aufgebaute Wasserhaushaltsschichten
- mehrlagig aufgebaute Wasserhaushaltsschichten

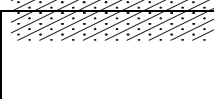
Beispiele für den Aufbau und die Sickerwasserprognose der oben genannten Klassen von Wasserhaushaltsschichten in Sachsen werden im Folgenden an Hand der Standorte Deponie Falkenstein/Vogtland, Deponie Schneidenbach, Industrielle Absetzanlage Lengenfeld im Vogtland, Industrielle Absetzanlage Trünzig und der Halden im Raum Aue vorgestellt. Die Wasserhaushaltberechnung erfolgte mit dem HELP-Modell.

Die Nutzung von Wasserhaushaltsschichten zur Abdichtung von Halden und Industriellen Absetzanlagen des ehemaligen Uranerzbergbaues ist seit mehreren Jahren gängige Praxis, so dass eine Reihe von Erfahrungen bei der Sickerwasserprognose und der bautechnischen Umsetzung vorliegen. Die wasserhaushaltliche Langzeitbetrachtung bei der Sanierung der Halden und industriellen Absetzanlagen wird wegen des langzeitwirksamen radioaktiven Schadstoffinventars in der Regel für einen Zeitraum von > 200 Jahren durchgeführt (SCHNEIDER et al, 2004).

2.3.1 Einlagig aufgebaute Wasserhaushaltsschichten

Deponie Falkenstein/Vogtland

Der Aufbau und die Sickerwasserprognose der einlagig aufgebauten Wasserhaushaltsschicht für die Deponie Falkenstein/Vogtland sind im Folgenden dargestellt. Es handelt sich um eine Deponie der Deponieklasse II.

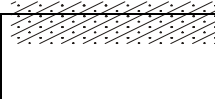
	1,5 m Wasserhaushaltsschicht, davon 0,20 m als Oberboden	k_f 5E-06 m/s
---	--	-----------------

Vegetation	Niederschlag [mm/a]	Evapotranspiration [% P]	Oberflächenabfluss [% P]	lateraler Abfluss [% P]	Infiltration [% P]
Gras	818	73	5	0	22
Wald	818	85	0	0	9

Der Wasserhaushalt wird durch einen hohen mittleren Niederschlag von ca. 800 mm bestimmt. Die Permeabilität der 1,5 m mächtigen Rekultivierungsschicht lässt keine Bildung von lateralem Abfluss zu. Die Versickerung unter Gras liegt im Mittel bei 22 % des Niederschlages. Eine weitere Reduzierung der Versickerung wird durch eine forstliche Nutzung erreicht.

Deponie Schneidenbach

Der Aufbau und die Sickerwasserprognose der einlagig aufgebauten Wasserhaushaltsschicht für die Deponie Schneidenbach sind im Folgenden dargestellt. Es handelt sich ebenfalls um eine Deponie der Deponieklasse II.

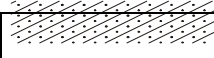
	1,5 m Wasserhaushaltsschicht, davon 0,20 m Oberboden	k_f 5E-06 m/s bis k_f 1E-08 m/s
---	--	--

Vegetation	Niederschlag [mm/a]	Evapotranspiration [% P]	Oberflächenabfluss [% P]	lateraler Abfluss [% P]	Infiltration [% P]
Gras	648	86	1	0	13
Wald	648	96	0	0	4

Der Wasserhaushalt am Standort Schneidenbach wird durch die mittleren klimatischen Verhältnissen mit einer mittleren jährlichen Niederschlagssumme von 648 mm bestimmt. Die Permeabilität der 1,5 m mächtigen Wasserhaushaltsschicht mit Oberboden ist geringer als die am Standort Falkenstein, was sich in entsprechend niedrigeren Versickerungsraten widerspiegelt (13 % des Niederschlages unter Gras).

Industrielle Absetzanlage (IAA) Lengelfeld/Vogtland

Die einlagig aufgebaute Rekultivierungsschicht, welche nach HÄHNE et al 2002 für die Industrielle Absetzanlage (IAA) Lengelfeld im Vogtland konzipiert war, und die zugehörige Sickerwasserprognose sind im Folgenden dargestellt. Die Böschungsneigung der Anlage beträgt 34 %, sie ist ostexponiert.

	1,0 m Rekultivierungsschicht	k_f 5E-06 m/s
---	------------------------------	-----------------

Vegetation	Niederschlag [mm/a]	Evapotranspiration [% P]	Oberflächenabfluss [% P]	lateraler Abfluss [% P]	Infiltration [% P]
Gras	913	60	5	2	33

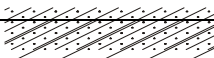

Der Wasserhaushalt am Standort der IAA Lengelfeld wird von hohen mittleren jährlichen Niederschlagssummen um 900 mm geprägt. Somit ist naturgemäß eine höhere Versickerung zu erwarten.

2.3.2 Mehrlagig aufgebaute Wasserhaushaltsschichten

Beispielhaft werden im Folgenden Aufbau und Sickerwasserprognosen für mehrlagig aufgebaute Wasserhaushaltsschichten vorgestellt, welche teilweise bereits realisiert wurden.

Industrielle Absetzanlage (IAA) Trünzig

Der Aufbau und die Sickerwasserprognose (nach Hähne et al 2002) der mehrlagig aufgebauten Wasserhaushaltsschicht auf dem Plateau der Industriellen Absetzanlage Trünzig sind im Folgenden dargestellt (Neigung des Plateaus ≤ 5 %).

	0,3 m Rekultivierungsschicht	k_f 1E-06 m/s
	1,2 m Speicherschicht	k_f 5E-07 m/s
		k_f 1E-08 m/s

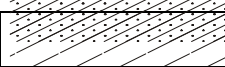
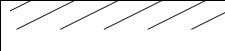
Vegetation	Niederschlag [mm/a]	Evapotranspiration [% P]	Oberflächenabfluss [% P]	lateraler Abfluss [% P]	Infiltration [% P]
Gras	680	68	5	0	27
Wald	680	82	4	0	14

Der Wasserhaushalt wird von einem mittleren Niederschlag von 680 mm bestimmt. Die Permeabilität der in Summe 1,5 m mächtigen Wasserhaushaltsschicht und die geringen Plateauneigungen lassen trotz der unterlagernden gering permeablen Industrieschlämme keine Bildung von lateralem Abfluss zu. Die Versickerung unter

Gras liegt im Mittel bei 27 % des Niederschlages. Eine weitere Reduzierung der Versickerung wird durch eine forstliche Nutzung erreicht.

Halden im Raum Aue

Der Aufbau und die Sickerwasserprognose (nach Hähne et al 2002) der mehrlagig aufgebauten Wasserhaushaltsschichten auf den Halden im Raum Aue sind im Folgenden dargestellt.

	0,2 m Oberboden	k_f 1E-05 m/s
	0,8 m Unterboden	k_f 1E-06 m/s

Vegetation	Niederschlag [mm/a]	Evapotranspiration [% P]	Oberflächenabfluss [% P]	lateraler Abfluss [% P]	Infiltration [% P]
Gras	865	62	4	9	31
Wald	865	70	0	0	30

Der Wasserhaushalt im Raum Aue wird von hohen mittleren jährlichen Niederschlagssummen um 870 mm bestimmt. Die Halden sind insgesamt gut durchlässig, ein permanenter Schadstoffaustrag ist daher zu erwarten, wird aber durch das unterlagernde Festgestein an der Ausbreitung gehindert. Diese Abdichtlösung stellt eine standortbezogene Variante dar, die den speziellen Gegebenheiten Rechnung trägt.

3 Nachnutzungsszenarien von Wasserhaushaltsschichten

3.1 Wasserhaushaltliche Wirkung der Vegetation

Nachnutzungsszenarien von Wasserhaushaltsschichten, bei denen die Vegetationsentwicklung im Mittelpunkt steht, stellen Graslandnutzung, forstliche Nutzung und die natürliche Sukzession dar.

Der Bodenwasserhaushalt einer Oberflächenabdichtung wird durch die Tatsache geprägt, dass in den Wintermonaten mehr Wasser versickern kann, da die Verdunstung gering ist, während sich im Sommer die Verhältnisse umkehren. Der Boden wirkt bei diesen hydrologischen Vorgängen als ausgleichende Komponente. Im Zusammenwirken mit der Vegetation kann bei einem geeigneten Aufbau und geeigneter Substratauswahl das Bodenwasser in den Sommermonaten durch Evapotranspiration weitgehend aufgebraucht werden. Der Bodenwasserspeicher füllt sich mit den Herbstniederschlägen bis in die Wintermonate hinein wieder auf. Da dieser Zeitraum der Nichtvegetationsperiode mit erheblich geringerer Evapotranspiration entspricht nimmt die Versickerung zu. Der Aufsättigungsprozess wird dabei maßgeblich über zwei Einflussgrößen gesteuert: die Tiefe der durchwurzelten Bodenzone und das in diesem Speicherraum pflanzenverfügbare Bodenwasser.

Das Speichervermögen und die Verdunstungskapazität sind von multivariat verknüpften Randbedingungen abhängig, die sich nur überschlägig in Modellen pauschalisieren lassen. Die wasserhaushaltliche Modellierung zur langzeitlichen Vorhersage stellt das entscheidende Problem bei der Konzeption von Wasserhaushaltsschichten dar.

3.2 Szenario Offenland - Grünlandnutzung

Bei der Grünlandnutzung erfolgt im Rahmen der Erstbegrünung eine Grünlandeinsaat mit einer für extensive Nutzungen geeigneten Gräser-/Leguminosen-/Kräutermischung auf der Wasserhaushaltsschicht. Gegebenenfalls kann auch die Einsaat in eine bereits vorhandene Grasnarbe erfolgen. Der Offenlandcharakter kann langfristig nur bei regelmäßiger Zurückdrängung von aufkommenden Gehölzen erhalten bleiben und erfordert somit eine ständige Unterhaltung. Die hierzu erforderlichen zusätzlichen Pflegemaßnahmen entfallen nur für den Fall einer extensiven Bewirtschaftung der Flächen als Mähweide.

3.3 Forstliche Nutzung

Eine weiteres Nachnutzungsszenario besteht in der Aufforstung. Der Sukzession wird damit vorgegriffen, es besteht die Möglichkeit der Steuerung der Artenzusammensetzung und der Bestandesstruktur.

Der Prozess der Wiederbewaldung wird beschleunigt. Die Bestandsbegründung erfolgt hierbei mit heimischen standortgerechten Baum- und Straucharten. Bei rohbodenähnlichem Substrat sollten Gehölzansaatverfahren in Betracht gezogen werden. Dies setzt jedoch den Verzicht auf Beimischungen nährstoffreicher organischer Substrate, wie z.B. Klärschlammkompost etc., mit hohem Diasporenanteil von Ruderalpflanzen voraus. Entwicklungsziel der Waldflächen ist ein artenreicher, vielschichtig aufgebauter naturnaher Mischwald mit Sträuchern als Unterwuchs. Für die Herstellung einer funktionsfähigen Anpflanzung ist eine mindestens 3-jährige Fertigstellungs- und Entwicklungspflege erforderlich.

Der langfristige Unterhaltungsaufwand der angelegten Vegetationsstrukturen ist abhängig von den Anforderungen an die technische Sicherheit der Abdichtung. Für den Fall, dass keine Gefährdung dichtender Schichten zu erwarten ist, kann auf Pflegeeingriffe weitgehend verzichtet werden. Soll jedoch Windwurf und das Aufkommen bestimmter Gehölzarten vermieden werden, sind langfristig forstliche Pflegeeingriffe vorzusehen. Diese können sich auf Standraumregulierungen bei zu dichtem Aufwuchs und das Fällen windwurfgefährdeter und unerwünschter Bäume beschränken.

3.4 Szenario Offenland – natürliche Sukzession

Welche Gesellschaften sich auf einem Standort entwickeln, wie und in welchen Zeiträumen sich Sukzessionsvorgänge vollziehen und wie durch Pflege- und Pflanzungsmaßnahmen sowie unterschiedliche Flächennutzungen die Sukzessionsfolgen gelenkt werden, hat einen erheblichen Einfluss auf die Erreichung der technischen Sanierungsziele und die entstehenden Kosten.

Der Verzicht auf eine Initialbepflanzung führt jedoch zu einer Verzögerung des Sukzessionsprozesses. Ruderale Gras- und Hochstaudenfluren werden zunächst das Erscheinungsbild der Vegetation beherrschen. Je nährstoffreicher der Standort ist, um so länger dominieren Phasen mit nitrophilen Hochstaudenfluren. Die Sukzession

läuft allmählich weiter über Gebüsch- und Vorwaldstadien bis hin zum Schlusswald. Erfahrungsgemäß kann eine nahezu vollständige Verbuschung/Bewaldung einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten benötigen. Dabei ist zu keiner Zeit ein einheitliches Vegetationsbild anzutreffen. Vielmehr werden die unterschiedlichsten Sukzessionsstufen mosaikartig nebeneinander vorkommen.

Auch nach Erreichen des Schlusswaldstadiums bleibt diese Dynamik erhalten, da durch das punktuelle Verschwinden alternder Bäume der Zyklus der Sukzessionsstadien erhalten bleibt. Sollen Windwurf oder bestimmte Gehölzarten vermieden werden, sind langfristig forstliche Pflegeeingriffe notwendig. Diese können sich jedoch auf Standraumregulierungen bei zu dichtem Aufwuchs und das Fällen windwurfgefährdeter und unerwünschter Bäume beschränken.

Durch umfangreiche Untersuchungen der Sukzessionsfolgen konnten Gesetzmäßigkeiten beobachtet werden, die verallgemeinerungsfähig sind und sich deshalb in mathematischen und rechnergestützten Modellen praxisnah formalisieren lassen (KUNZE et al. 2002). Die wasserhaushaltliche Modellierung von Sukzessionsgesellschaften hat gezeigt, dass insbesondere das Schlusswaldstadium einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Sickerwasserbildung leisten kann.

4 Anwendererfahrungen mit Wasserhaushaltsschichten

4.1 Deponie Falkenstein/Vogtland

Die Durchführung der Maßnahme erfolgte im Jahre 1999/2000. Die exponierte Lage der Altdeponie unmittelbar neben dem Bahnhof in Falkenstein, die bereits z.T. durch eine Spedition genutzte Altfläche und der ehemalige Standort des Stadtbades unter der Deponie kennzeichnen die Besonderheit der Anlage. Akute Brandherde und übersteilte Schüttböschungen erforderten eine umfangreiche Profilierung und Müllumlagerung zur Herstellung standsicherer Böschungen. Als Zwischenlösung war eine temporäre Abdeckung mit einer Mächtigkeit von 0,5 m aus bindigen Erdstoffen vorgesehen.

Die temporäre Abdeckung wurde in die endgültige Sicherungslösung in Form einer 1,5 m mächtigen Wasserhaushaltsschicht überführt. Die Nachweisführung erfolgte mit HELP und DESI[®] in enger Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden. Schwierigkeiten bei der Bauausführung waren die konsequente Einhaltung der Lagerungsdichte Ld 2-3 (z.B. Aufreißen von Fahrspiegeln, Vorkopfschüttung) und die durchgängige Sicherung der Qualität des Bodenmaterials (Steinanteil, Schluffanteil, Feldkapazität).

Der Deponiekörper wurde begrünt und nach einem landschaftspflegerischen Ausführungsplan unter Beachtung der Standortflora bepflanzt (Pioniervegetation, Hecken, Sträucher, Bäume). Die notwendigen Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen wurden in den ersten 2 Jahren durch den Gartenbaufachbetrieb und nachfolgend durch den Betreiber durchgeführt. Abbildung 4.1 zeigt ein Luftbild der Deponie Falkenstein nach der Anpflanzung. Die Abbildungen 4.2 und 4.3 zeigen ein Luftbild der Deponie Falkenstein mit animierter voller Vegetationsentwicklung und geben einen Überblick über den Einbau der Wasserhaushaltsschicht.



Abbildung 4.1: Luftbild Deponie Falkenstein nach Anpflanzung
(Quelle: Luftbildservice Schlema GmbH 07/02)

Die Altdeponie besitzt keine Zwischenbermen und ist mit Neigungen zwischen 1:3 und 1:5 ausgebildet. Am Deponiefuß ist ein kombinierter Oberflächenwasser-/Sickerwassergraben mit getrennter Fassung und Beprobungsstellen ausgebildet. Das „Schachbrettmuster“ stellt die Pflegemaßnahmen um die Pflanzstellen dar. Die Einbindung in die umgebende Landschaft ist gut erkennbar.



Abbildung 4.2: Luftbild Deponie Falkenstein mit animierter voller Vegetationsentwicklung

Das Ziel war die Entwicklung einer Ökozelle in Verbindung und im Einklang mit den angrenzenden Nutzungen (Wertstoffhof, Speditionsfläche, Bahngelände).

Durch entsprechende Aktivitäten und intensive Abstimmungen mit den beteiligten Fachgremien konnte aus einer ursprünglich temporären Maßnahme eine endgültige, langzeitwirksame und kostengünstige Sicherungslösung erreicht werden. Die Kosten für das endgültig ausgeführte Sicherungssystem betragen ca. 29,- €/m².



Abbildung 4.3: Deponie Falkenstein – Einbau der Wasserhaushaltsschicht

4.2 Deponie Schneidenbach

Für die Deponie Schneidenbach wurde im März 2003 auf der Grundlage des Pkt. 2.4 der TA Siedlungsabfall und gemäß § 14 Abs. 6 der Deponieverordnung ein standortbezogenes endgültiges Oberflächensicherungssystem als gleichwertige Alternative zum Regelsystem zur Genehmigung durch den Bauherrn eingereicht. Die Deponie wurde von 1978 bis zur Schließung am 28.02.2000 betrieben. Die mit Abfall belegte Fläche beträgt ca. 6,0 ha.

Angeordnet wurden im Bescheid des Regierungspräsidiums Chemnitz aus dem Jahr 1999 Maßnahmen gemäß § 35 Abs. 2 KrW/AbfG zur Sicherung, Sanierung und zum Abschluss der Deponie. Das Oberflächenabdichtungssystem war gemäß Nr. 10.4.1.4B) TA Siedlungsabfall oder als gleichwertiges System auszuführen. In einer ersten Konzeption wurde daraufhin die Abdichtung mit folgendem Schichtenaufbau vorgesehen:

Bewuchs	
Kulturboden	0,30 m
Wasserhaushaltsschicht	1,00 m
Trennvlies	
Drainageschicht	0,25 m
Mineralische Dichtschicht $k_f \leq 1E-09$ m/s	0,25 m
Nachverdichtete vorh. Abdeckschicht $k_f \leq 1E-09$ m/s	0,25 m

Dieses konzeptionell vorgeschlagene Deponieoberflächenabdichtungssystem konnte nicht die Anforderungen an eine Kombinationsabdichtung oder gleichwertiges System erfüllen.

Im Ergebnis der Überarbeitung wurde durch den Bauherrn unter Berücksichtigung des Nachweises der Einhaltung der Schutzziele eine Planung zur Errichtung einer qualifizierten Wasserhaushaltsschicht in einer Mächtigkeit von 1,5 m eingereicht. Zur Prüffähigkeit des Antrages wurden Fachgutachten zum Entgasungsverhalten, zur geologisch- hydrogeologischen Standortbewertung, zum Simulationsnachweis von Emissionen und zu rechtlichen Anforderungen zur behördlichen und fachlichen Auslegbarkeit der gerade in Kraft getretenen Deponieverordnung erstellt.

In einer ergänzenden abschließenden geologisch- hydrogeologischen Standortbewertung war der Nachweis zu führen, dass durch die Komplexwirkung der vorhandenen und geplanten Komponenten die Schutzziele der TASI eingehalten werden. Dies ist weitestgehend gelungen, wobei der Einbau einer zusätzlichen Dichtungskomponente unter der Maßgabe eines kurzfristigen Wirksamkeitseffektes vor dem Ausbilden der als Ökozelle sich entwickelnden Vegetation empfohlen wurde.

Das Genehmigungsverfahren läuft seit dem 01.04.2003 und ist noch nicht abgeschlossen. Parallel zum Genehmigungsverfahren wurde bereits Material für die qualifizierte Wasserhaushaltsschicht gemäß dem vorläufigen Qualitätssicherungsplan ausgeschrieben und in einer Menge von 45.000 m³ fachgerecht zwischengelagert. Wesentliches Kriterium zur Qualitätssicherung war die Forderung der Sicherstellung der nutzbaren Feldkapazität von mindestens 20 Vol.% im zu verwendenden Boden. Seitens des Bauherren wurde das Risiko getragen, dass bei Nichtbestätigung des eingereichten Systems in Form einer qualifizierten Wasserhaushaltsschicht das Material in jedem Fall in der Rekultivierungsschicht eingebaut werden kann.

Die Betrachtungen zur Nachweisführung bzw. Allgemeinwohlverträglichkeit sind Anfang 2005 seitens der Genehmigungsbehörde als noch nicht ausreichend und abschließend bewertet worden. Dazu werden gegenwärtig im Auftrag des Regierungspräsidiums Chemnitz nochmalige Wasserhaushaltsuntersuchungen für den Ist- und den Verwahrungszustand der Deponie durch einen bestellten und unabhängigen Gutachter durchgeführt.

Schwerpunkte dabei sind die Plausibilitätsprüfung der Parameteransätze der bisherigen Nachweisführungen für die Modellierung der Wasserbilanz nach HELP und BO-WAHALD, die Interpretation und der Abgleich der durch die unterschiedlichen Modelle abgebildeten Ergebnisse. Zur Erreichung der Sanierungsziele wird dabei in Anlehnung an das LAGA-Eckpunktepapier 2004 [LAGA 04] für eine zulässige mittlere Restdurchsickerung von bis zu ca. 50 mm/a als akzeptabler Schwellenwert für den spezifischen Standort und seine vorhandenen und bisher errichteten Sicherungs- und Kontrolleinrichtungen in Erwägung gezogen. Der Entscheidungsfindungsprozess ist noch nicht abgeschlossen.

Die Abbildungen 4.4 und 4.5 zeigen einen bereits bis 1999 fertiggestellten Böschungsbereich (Regelabdichtung) mit Bewuchs und das Erdstoff-Zwischenlager für die Wasserhaushaltsschicht.



Abbildung 4.4: Deponie Schneidenbach – fertiggestellter Böschungsbereich mit Bewuchs



Abbildung 4.5: Deponie Schneidenbach – Zwischenlager für Material der Wasserhaushaltsschicht

4.3 Industrielle Absetzanlage Lengenfeld/Vogtland

Für die IAA Lengenfeld wurde zu Beginn der Planungsphase eine Rekultivierungsschicht von 1 m Mächtigkeit vorgesehen. Unterstützt wurde diese Konzeption durch die Tatsache, dass der obere Teil der Anlage von bis zu mehreren Meter mächtigen Flussspatsanden aufgebaut ist, welche keine Schadstoffe freisetzen. Diese Schichten liegen auf mehrere Meter mächtigen kompaktierten Uranschlämmen. Im Zuge der Sanierung des Betriebsgeländes des Standortes Lengenfeld waren radioaktive Boden- und Baureststoffe zu deponieren, welche gemäß der Abstimmung mit der zuständigen Behörde auf der IAA Lengenfeld verbracht werden sollten.

Aus diesem Grund wurde die ursprüngliche Konzeption dahin gehend verändert, dass lokal in den Bereichen mit radioaktiven Abfällen der Schichtaufbau aus 0,5 m mineralischer Dichtungsschicht und 1,5 m Speicherschicht geplant wurde. In allen übrigen Bereichen der Absetzanlage, die nicht als nicht eluierbar bewertet wurden und daher nicht zum Schadstoffaustrag der Anlage beitragen, wurde eine 0,3 m mächtige Oberflächensicherung mit Rekultivierungsfunktion vorgesehen.

Dieser differenziert geplante Schichtaufbau wurde im Jahr 2004 am Standort IAA Lengenfeld realisiert. Die Abbildungen 4.6 und 4.7 zeigen das Erdstoff-Zwischenlager für die Wasserhaushaltsschicht und den Einbau der Wasserhaushaltsschicht im Bau-

zustand und einen Monat nach Fertigstellung der Abdichtung. Es wurde eine Raseneinsaat durchgeführt.



Abbildung 4.6: IAA Lengenfeld – Zustand nach einem Monat



Abbildung 4.7: IAA Lengenfeld – Einbau der Wasserhaushaltsschicht und Zwischenlager für Material der Wasserhaushaltsschicht

5 Schlussfolgerungen

Die Wasserhaushaltsschicht spielt eine bedeutende Rolle als Oberflächenabdichtungssystem von Deponien, denn sie dient nicht nur als Tragschicht von Bewuchs, sondern bewirkt die Reduzierung und Vergleichmäßigung der Sickerwasserbildung. Eine optimierte Wasserhaushaltsschicht als einziges Dichtungselement kann zwar nur in niederschlagsarmen Gebieten die Absickerung vollständig verhindern, sie wirkt

aber prinzipiell an allen Standorten reduzierend auf die Sickerwasserbildung. Weiterhin wirkt sie im Gegensatz zu technischen Dichtungselementen auf mehr oder weniger unbegrenzte Zeit.

Um einen optimalen Aufbau zu erreichen ist eine standortbezogene Optimierung notwendig, die in der Regel als Sickerwasserprognose auf der Basis wasserhaushaltlicher Ergebnisse durchgeführt wird. Der Substratqualität, dem Bodeneinbau und der Bepflanzung bzw. Vegetationssteuerung kommt hierbei eine große Bedeutung zu. Um eine möglichst weitgehende Sickerwasserreduzierung zu erreichen, ist ein standortgerecht aufgebauter Bewuchs, meist Wald, erforderlich, der die Rekultivierungsschicht intensiv durchwurzelt und Bodenwasser auch aus größerer Tiefe aufnimmt.

Die bisherigen Anwendererfahrungen mit Wasserhaushaltsschichten zeigen, dass der Realisierung in der Planungsphase in der Regel ein umfangreiches Behördenmanagement voraus geht, um einen von allen Beteiligten mitgetragenen Konsens zu erreichen. Die Erfahrungen bei der Bauausführung belegen, dass die meistens Probleme bei der uneingeschränkten Bereitstellung der durchgängig hohen Qualität des ausgeschriebenen Bodenmaterials und bei der Gewährleistung einer mitteldichten Lagerung auftraten. Bei großen Vorhaben sollten darüber hinaus rechtzeitig geeignete Vorkommen ausgewählt und ggf. als gesonderte VOL- Leistungen ausgeschrieben werden. Der verdichtete Einbau mit leistungsfähiger Technik bereitet manchem Baubetrieb weniger Probleme als der Einbau mit spezieller Technik und geringen Flächenpressungen (z.B. Moorraupen, Pistenpullis), um möglichst in allen Einbauflächen, z.B. auch in Fahrbereichen, eine mitteldichte Lagerung zu gewährleisten. Seitens der Eigen- und Fremdüberwachung muss eine ständige Kontrolle vor Ort und die Freigabe von Flächen und Bereichen zum Überbauen bzw. zur Abnahme gesichert werden. Die Problematik der Eigensetzungen ist bei der Ausschreibung durch entsprechende Höhenzulagen zu berücksichtigen.

6 Literaturverzeichnis

- HÄHNE, R.; OSWALD, K.-D.; SCHÖPE, M. (2002): Water protection by long-term efficient surface contouring and covering of uranium mining dumps and tailings ponds –results of ten years of research and develop, in: Merkel B.J.; Planer-Friedrich, B.; Wolkersdorfer, C: Uranium in the Aquatic Environment, pp. 677-684, Springer Verlag ISBN 3-540-43927-7.
- HAUBRICH, E., WATTENDORF, P. (2002): Forschungsvorhaben "Rekultivierung von Deponien" - Ergebnisse aus Testfeldern in Baden-Württemberg, in: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt [Hrsg.]: Fachinformation 3/2002: H 1 - 26, Halle.
- HEINZE, M., SÄNGER, H., ATTULA, R. (1995): Entwicklung einer Auswertungsmethode zur Abschätzung der effektiven Durchwurzelungstiefe an Forststandorten aus vorhandenen Labordaten. Abschlußbericht. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover und C&E Consulting und Engineering GmbH Chemnitz, Hannover und Chemnitz 1995, unveröff.
- HÜBNER, J.-K., SCHNEIDER, P. (2005): Practical Approach to the Alternative Evapotranspiration Landfill Cover, In: Vilnius Gedeminas Technical University (Hrsg.): Conference Proceedings "Environmental Engineering", Vilnius 2005.
- KUNZE, C.; SÄNGER, H.; SCHNEIDER, P.(2002): RecuSim - Ein Werkzeug zur Simulation der zeitlichen Entwicklung von Pflanzengesellschaften auf Extremstandorten; Landnutzung und Landentwicklung 43, 1-8 (2002), ISSN 0934-666X.
- LAGA 2004: Fachliche Eckpunkte für die Beurteilung von Ausnahmeanträgen nach § 14 Absatz 6 Deponieverordnung, LAGA Ad-hoc-AG „Deponie-technische Vollzugsfragen“ 04.02.2004

SCHNEIDER, P., SCHAFFRATH, M. (2004): Oberflächensicherung für Bergbaualtlasten (Halden) und Deponien, *Tagungsband zum XV. Sächsischen Altlastenkolloquium „Altablagerungen und Deponiestilllegung“*, 28./29.10.2004, S. 21/1-21/9.

Anschriften der Autoren

Name	Dieter Klein, Petra Schneider
Firma	C & E Consulting und Engineering GmbH
Anschrift	Jagdschänkenstr. 52, 09117 Chemnitz
Tel./Fax.	Tel: 0371-8814310, Fax: 0371-8814312
Email	p.schneider@cue-chemnitz.de d.klein@cue-chemnitz.de
Internet	www.cue-chemnitz.de