

Der Einfluss mehrschichtiger Vegetation auf das Sickerwasseraufkommen in Deponieabdeckungen – Versuchsergebnisse am Standort Erfurt Schwerborn

Cornelia Pacalaj,

Lehr und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt, Fachbereich Garten- und Landschaftsbau

Versuchshintergrund

Mit dem In-Kraft-Treten der Technischen Anleitung Sonderabfall (TASo) 1991 bzw. der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) 1993 wurde die Kombinationsabdichtung, bestehend aus einer BAM-zugelassenen Kunststoffdichtungsbahn (KDB) auf einer in mehreren Lagen erdbautechnisch hergestellten Tondichtung das Regelsystem im Deponiebau in Deutschland.

Während über die Anforderungen hinsichtlich der Durchlässigkeitsbeiwerte für die genannten Dichtungselemente sowie des Wasserableitungsvermögens der Entwässerungsschicht ein Konsens erzielt wurde, steht die Nachhaltigkeit dieses Oberflächenabdichtungssystems immer noch in Frage. Die Entwicklung des Sickerwasseraufkommens unterhalb dieser technisch erstellten Oberflächenabdichtung lässt sich auf Dauer nicht prognostizieren (Abb. 1).

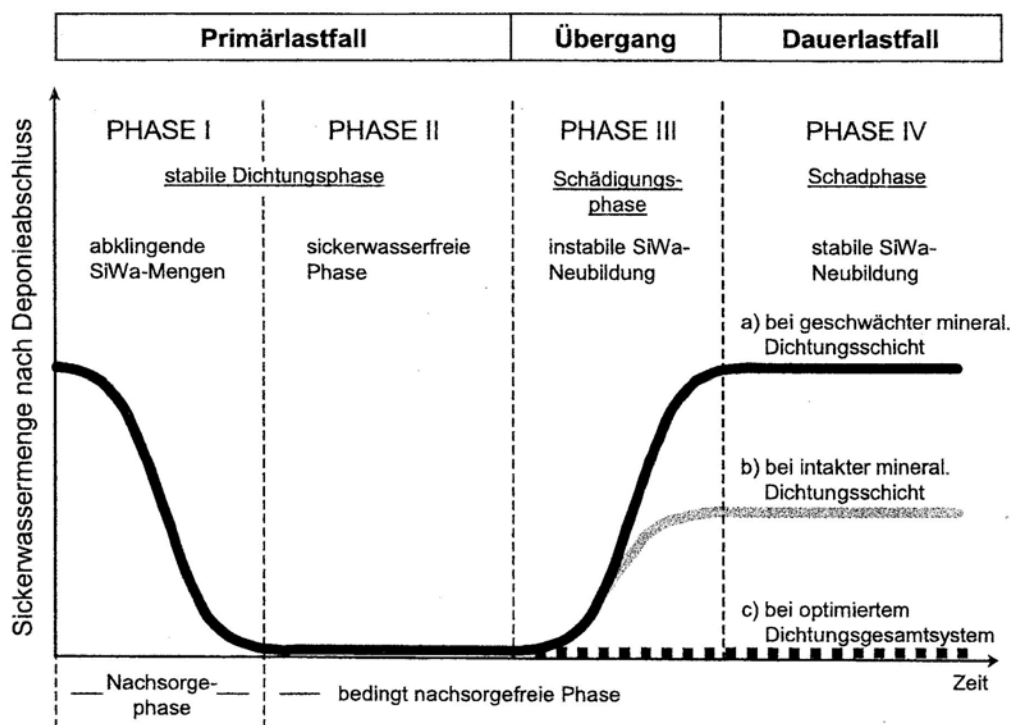


Abb. 1: Mögliche Entwicklung des Sickerwasseraufkommens nach Deponieabschluss unterhalb einer Kombinationsdichtung [1]

Einem technischen, in seiner Funktionssicherheit zeitlich begrenzten Oberflächendichtungssystem soll ein mehrschichtiges, biologisch-dynamisches System gegenübergestellt werden, dessen Funktionssicherheit mit den Jahren wächst. Wesentliche Komponenten dieses Systems sind eine ausreichend dimensionierte, aus Boden oder bodenähnlichen Substraten aufgebaute Wasserhaushaltsschicht und die darauf erwachsende mehrschichtige Vegetation. Die bodenkundlichen (insb. die nutzbare Feldkapazität) und die vegetationskundlichen Parameter, wie die effektive Durchwurzelungstiefe, der Blattflächenindex und die davon beein-

flusste Evapotranspiration, sind die maßgeblichen Größen, die die qualitative Beschreibung und quantitative Erfassung des Bodenwasserhaushalts in der ungesättigten Bodenzone der Wasserhaushalts-/Rekultivierungsschichten (WHS/RKS) überhaupt ermöglichen.

Vom Fachbereich Garten- und Landschaftsbau der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt (LVG Erfurt) wurden von 1996 bis 2004 auf der Hausmülldeponie Erfurt-Schwerborn Untersuchungen zur optimierten Kombination dieser Systembausteine mit ihren physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften und der sich daraus ergebenden Wechselwirkungen durchgeführt.

Unter Berücksichtigung wichtiger Standortkenndaten (Klimafaktoren, Geländemodellierung, Vegetationstypen angrenzender Bereiche) sollen die abgeschlossenen Deponieabschnitte harmonisch in die Landschaft eingebunden werden.

Ergebnisse der Untersuchungen am Standort Erfurt-Schwerborn

Die Rahmenbedingungen werden am Standort durch geringe Niederschläge (langjähriges Mittel: 510 mm) und eine windexponierte Lage bestimmt. Außerdem sind die Versuchsflächen am Süd-West-Hang intensiver Sonnenstrahlung ausgesetzt. Trockene kühle Winter und milde feuchtere Sommer bestimmen Dauer und Verlauf der Vegetationsperioden. Die negative klimatische Wasserbilanz weist eine nach HAUDE errechnete potentielle Verdunstung aus, die die natürlichen Niederschläge deutlich übersteigt. Für geschlossene Buschbestände gibt die GDA-Empfehlung E2-32 durchschnittliche reale Evapotranspirationswerte von 500 bis 600 mm/a bei einer Niederschlagssumme von 700 bis 800 mm an.

Aufbau der Versuchsflächen

Um exakte Aussagen über die Wasserrückhaltung der Durchwurzelungsschicht treffen zu können, wurde auf dem Deponie-Altkörper ein Flächenlysimeter (380 m²) eingebaut und bepflanzt. Die Einbautiefe (60 cm) wurde durch die auf dem Deponiekörper derzeit aufgebrauchte Ausgleichsschicht und den darunter anstehenden Müllkörper begrenzt. Eine tiefere Lysimeteranlage ist an diesem Standort nicht möglich, da diese sonst in den Müllkörper hineinreichen würde. Außerdem soll eine Wasserbilanz erstellt werden, die sich ausschließlich auf den Wurzelraum bezieht. Kapillaraufstieg oder Staunässe, die eine tiefere Gründung dieser Anlage erfordern würden, sind aufgrund des grobporigen Materials im Untergrund und der gegebenen Hangneigung von 1 : 3 nicht zu erwarten.

Das den bepflanzen Bodenkörper passierende Sickerwasser sowie das Oberflächenwasser wurden zur Erstellung von Wasserbilanzen in zwei getrennten Behältern erfasst und dem Niederschlagseintrag gegenübergestellt.

Boden

Der Boden entstammt der vor Ort befindlichen Bodenbörse und ist als schluffiger Sand bis sandiger Lehm mit einem Kf-Wert von 10^{-7} bis 10^{-5} m/s als schwach durchlässig einzustufen. Die Luftkapazität hat sich im Versuchszeitraum verringert von 19 Vol% im 4. Standjahr auf 15 Vol% im 6. Standjahr. Die Aggregatdichte ist demzufolge sehr hoch und bestätigt den visuell angesprochenen Gefügetyp Polyeder. Die mittlere Feldkapazität (gesamtes gegen die Schwerkraft gebundenes Wasser) beträgt 31 bis 32 Vol% und hat sich im Beobachtungszeit-

raum von 2 Jahren nicht signifikant verändert. Die nutzbare Feldkapazität (pflanzenverfügbare Anteil des Bodenwassers) zeigt ebenfalls keine signifikanten Veränderungen und beträgt 6-8 Vol%.

Der pH-Wert ist mit 7,2 leicht erhöht (der Optimalbereich für sandige Lehme liegt bei 6 – 6,5). Der Anteil an organischer Substanz entspricht mit 2,8 – 5,1% dem eines mittleren Ackerbodens. Der Stickstoff- und Phosphorgehalt ist sehr niedrig (N_{min} = 0,5 mg/100g Boden, P₂O₅ = 3,2 mg/100g Boden), Kalium liegt im Optimalbereich (K₂O = 13 mg/100g Boden), der Gehalt an Magnesium ist mit 22,6 mg/100g Boden als sehr hoch zu bewerten. Um die Nährstoffversorgung der Pflanzen und die Struktur des Bodens zu verbessern, wurde auf die gesamte Versuchsfläche im März 2000 Kompost in einer Stärke von ca. 5 cm oberflächlich aufgebracht.

Bepflanzung

Die mit Folie gefasste und mit Oberboden befüllte Lysimeterfläche wurde 1997 mit 8 Gehölzarten in einem gleichmäßigen Raster mit einer Pflanze je m² bepflanzt. Die standortgerecht ausgewählten Arten entsprechen der potentiellen natürlichen Vegetation Mittelthüringens:

- Thermo- und mesophile Kreuzdorn-Schlehen-Gebüsche (*RHAMNO- PRUNETEA*)

Diese zur Formation der Strauchgesellschaften gehörende Klasse umfasst in zahlreichen Assoziationen den Bereich mittlerer bis trockener Standorte und ist typisch für den kontinentalen Raum.

Wichtige Anhaltspunkte für eine standortangepasste Bepflanzung gab die bereits vorhandene Spontanvegetation:

- Beifuß-Gesellschaften (*ARTEMISIETEA VULGARIS*)

Diese, eine weite ökologische Spanne umfassende Klasse, gehört zur Formation der ausdauernden Ruderal- und Uferstaudengesellschaften, die hinsichtlich ihres Wasser- und Nährstoffbedarfs eine breite Amplitude abdecken und bei einem hohen Wasser- und Stickstoffdargebot meter- bis übermannshohe, üppige Bestände bilden.

Unter Einbeziehung dieser vorhandenen konkurrenzstarken Krautschicht entwickelten sich mehrschichtige, buschartige Pflanzenbestände, die über Interzeption (Verdunstung des an den oberirdischen Pflanzenteilen haftenden Wassers) und Transpiration (Wasser, das die Pflanzen dem Boden entziehen und über ihre Oberfläche an die Atmosphäre abgeben) einen hohen Wasserverbrauch gewährleisten. Um die Artenvielfalt zu erhöhen, wurden außerhalb der Lysimeterfläche mit gleichem Abdecksubstrat 22 Gehölzarten aufgepflanzt und auf ihre Eignung für eine dauerhafte Begrünung unter extensiver Pflege (ein Mähgang nach der Pflanzung) geprüft.

Auf beiden Flächen hat sich ein dichter, mehrschichtiger Pflanzenbestand entwickelt. Hohe Vitalitätsnoten und gute Zuwachsleistungen weisen 15 Gehölzarten als geeignet aus. Die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und die Esche (*Fraxinus excelsior*) konnten sich auch ohne Pflegegänge sehr rasch gegen die Spontanvegetation durchsetzen und bilden mit einer Wuchshöhe über 2 m die obere Schicht. Während Robinien die Fläche bei einer Pflanzdichte von 1 Pflanze je m² gut abdecken und nur einen schwachen Unterwuchs zulassen, erreichen die Eschen aufgrund ihres straffen, aufrechten Wuchses bei gleicher Pflanzdichte nur einen Deckungsgrad von 61 %. Sie sollten deshalb mit niedrigeren gut deckenden Sträuchern, wie z. B. verschiedenen nachfolgend beschriebenen heimischen Wildrosen kombiniert werden.

Wenn sie in größeren Gruppen ohne Unterpflanzung verwendet werden, sollte die Pflanzdichte auf 2 Pflanzen je m² erhöht werden. Im Bereich der Wildrosen entwickelte sich ein dickichtartiger Pflanzenbestand aus Gehölzen und Kräutern. Die rauhbliättrige Rose (*Rosa jundzillii*) und die Hundsrose (*Rosa canina*) dominieren in der Strauchschicht über 150 cm mit Deckungsgraden von 100 %. In diese Schicht gehören ebenso der Feldahorn (*Acer campestre*), der Eingriffliche Weißdorn (*Crataegus monogyna*) und der Kreuzdorn (*Rhamnus catharticus*). In der niedrigeren Strauchschicht (100 bis 150 cm) konnten sich der Wollige Schneeball (*Viburnum lantana*), der Sauerdorn (*Berberis vulgaris*), der Schlehdorn (*Prunus spinosa*) und der Liguster (*Ligustrum vulgare*) gut entwickeln. Der Liguster ist aufgrund seines wintergrünen Laubes besonders für die Interzeption im Winter bedeutsam. Weitere Wildrosenarten, wie die Kratzrose (*Rosa scabriuscula*) und die Zimtrose (*Rosa majalis*), sind schwachwüchsiger als die zuvor genannten (ca. 80 cm hoch) und kaum über die Krautschicht hinausgewachsen, aber sie überzeugen durch gesundes, dichtes Laub, zahlreiche Ausläufer, blühen und fruchten sehr reichlich. Eine Pflanzdichte von mindestens 2 bis 3 Pflanzen je m² ist für diese Arten zu empfehlen. *Rosa rugosa* reagierte nach langanhaltenden Trockenperioden mit chlorotischen Verfärbungen und dem Absterben junger Triebe, treibt aber jedes Jahr aus den Wurzeln und den zahlreichen Ausläufern kräftig wieder aus und nutzt somit das im Frühjahr verfügbare Bodenwasser, um sich wieder völlig neu aufzubauen. *Rosa gallica* kommt aufgrund ihres schwachen Wuchses (ca. 70 cm hoch) in der dichten Beifuß-Wermut-Flur kaum zur Geltung, ist aber beständig, entzieht insbesondere der oberen Bodenschicht durch weithin kriechende Ausläufer Wasser, blüht, fruchtet und verbreitet sich somit auch über Samen.

Eine Versuchsfläche in Schwerborn wurde - dem Versuchsziel entsprechend - nicht gemäht. Der Konkurrenz Einfluss der Spontanvegetation verstärkte sich in den ersten beiden Jahren und ging dann leicht zurück. Es empfiehlt sich deshalb, die Gehölze mit einer Mindestgröße (Sträucher mindestens 80 – 100 cm, Bäume als Heister >100 cm) zu pflanzen, um diesem Konkurrenzdruck standhalten zu können. Die abgestorbenen Krautbestände wirken wie eine Mulchschicht und bewirken somit einen guten Verdunstungsschutz für die Gehölze. Es können sich zahlreiche Sämlinge entwickeln, die die wasserzehrende Pflanzenmasse je Flächeneinheit weiter erhöhen.

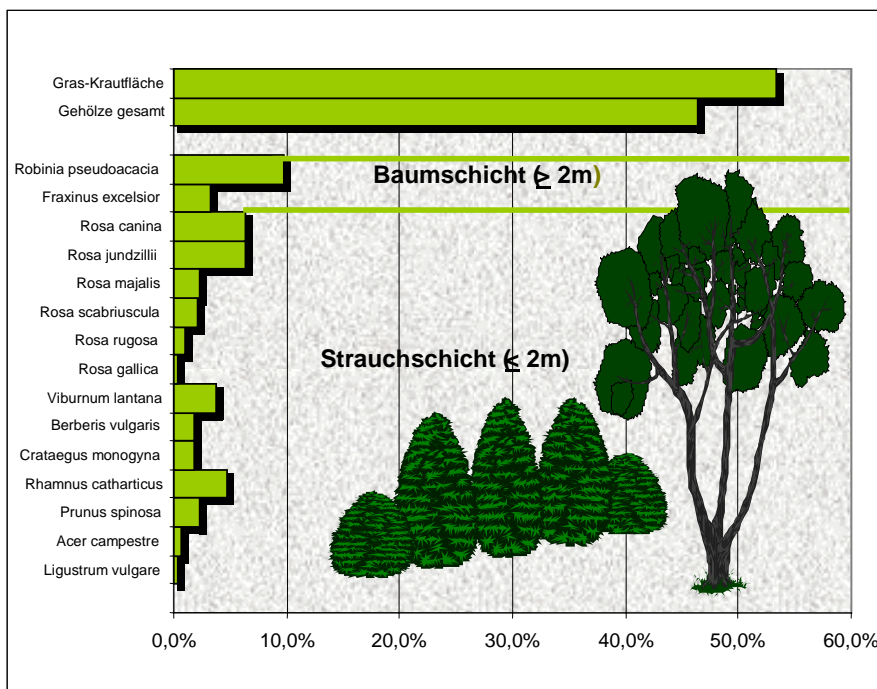


Bild 2:
Anteile geeigneter Arten
an der Flächendeckung

Entsprechend der Anteile der einzelnen Arten an der Flächendeckung ergibt sich ein Verhältnis der geschlossenen Gehölzbestände zu den von Gräsern und Kräutern bewachsenen Offenflächen, das annähernd den Vorgaben der Unteren Naturschutzbehörde von 40 % Strauchgesellschaften und 60 % Offenflächen entspricht (Bild 2).

Der hohe Anteil an Vogelährgehölzen weist die Versuchsflächen als interessante Nistplätze aus. Bei einer ornithologischen Aufnahme mit Zoologen der Fachhochschule Erfurt, Fachbereich Landschaftsarchitektur, konnten mehr als 10 Vogelarten nachgewiesen werden, die sich regelmäßig auf den Versuchsflächen aufhalten und auch dort nisten. Besonders fielen die Nistplätze der Grauammer auf, die infolge der häufigeren mechanischen Acker- und Grünlandpflege in unseren Breiten fast aus der Ackerlandschaft verschwunden ist. In den üppigen Pflanzenbeständen findet sie optimale Bedingungen.

Erstellung der Wasserbilanzen

Oberflächen- und Sickerwasser wurden an Arbeitstagen getrennt erfasst und zur Bestimmung der Wasserbilanz den natürlichen Niederschlägen gegenübergestellt. Um die Wirksamkeit der Wasserhaushaltsschicht besser beurteilen zu können, wurden Bodentemperatur und Saugspannung in 20 cm Tiefe aufgezeichnet. Als Messwertgeber dienten elektronische Temperatursonden und für die Saugspannung Gipsblocksonden in Verbindung mit einem Datalogger.

Niederschlagsmengen wurden direkt auf der Versuchsfläche mit Regenmesser nach Haude bestimmt. Die so aufgenommenen Daten wurden mit denen der automatischen Wettermessstation im Eingangsbereich der Deponie, den an verschiedenen nahegelegenen Messstationen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft aufgezeichneten Werten sowie den Monatssummen der Station Erfurt-Nord des Deutschen Wetterdienstes verglichen. Die sonstigen meteorologischen Daten wurden von der Wettermessstation der Deponie erhalten.

Die Wasserbilanz einer Deponieabdeckung kann als Einflussgröße der Tiefensickerung wie folgt beschrieben werden (EGLOFFSTEIN, BURKHART, 1995).

$$Q_T = N - I_V - E - T - Q_O - Q_Z + - d_B$$

Q_T = Tiefensickerung

N = Niederschlag

I_V = Interzeptionsverdunstung

E = Evaporation bzw. Bodenverdunstung

T = Transpiration der Vegetation

Q_O = Oberflächenabfluß

Q_Z = Zwischenabfluß = oberflächennaher Abfluß

d_B = Bodenwasserspeicheränderung

- Niederschlag (Höhe des Jahresniederschlags, -intensität und jahreszeitliche Verteilung), i.w. abh. von der Lage und Exposition des Betrachtungsraumes
- Verdunstung (Evaporation = Bodenverdunstung + Interzeptionsverdunstung) i.w. abh. von Globalstrahlung, Sättigungsdampfdruck der Luft, Wind, Blattflächenindex
- Transpiration der Vegetation, i.w. abh. von der Art der Bepflanzung, der Bepflanzungsdichte, Intensität und Tiefe der Durchwurzelung, Wasserspeicher- und -leitvermögen des Bodens
- Oberbodenabfluss, i.w. abh. von Niederschlagsintensität, Bewuchs (Interzeption), Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens, Neigung
- Zwischenabfluss, i.w. abh. von Neigung und lateral unterschiedlichen Durchlässigkeiten innerhalb der Abdeckung bzw. der Abdichtung und der Dränschicht
- Wasserspeichervermögen der Rekultivierungsschicht der Abdichtung und/oder Abdeckung, i.w. abh. von den Bodenkennwerten Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
- Tiefensickerung bei Abdeckungen i.w. abh. von der klimatischen Wasserbilanz, der Exposition, den Bodenkennwerten Wasserleit- und Wasserspeichervermögen und der Art und Dichte der Bepflanzung, bei Abdichtungen i.w. abh. vom Durchlässigkeitsbeiwert der Dichtungsschicht(en).

Geringe Mengen an Sickerwasser (5,3 % des Niederschlags im Zeitraum von August 1997 bis November 2003) und Oberflächenwasser (0,9 % des Niederschlags) belegen eine gute Wasserrückhaltung durch das zuvor beschriebene mehrschichtige System. Nachdem der Boden in der Anlaufphase des Versuches bis zum Auffüllen der Feldkapazität vorrangig Wasser aufnimmt, kommt es erst in den Wintermonaten der Folgejahre zu einer Übersättigung des Bodenwasserspeichers. Im Winter sind die Verdunstungsraten gering und die Transpirationsleistung der Pflanzen ist auf ein Minimum beschränkt. Die Saugspannung im Boden sinkt und es entsteht in geringen Mengen Sickerwasser, das sich in den Bilanzwerten der Monate Januar bis März niederschlägt (Bild 3).

Selbst in feuchten Jahren, wie 2002 mit Jahresniederschlägen von 640 mm tritt in den niederschlagsreichen Herbstmonaten kein Sickerwasser durch. Lediglich im ersten Quartal 2003 stiegen die Sickerwasserwerte geringfügig an.

Eine wasserhaltende Wirkung kann also im Zeitraum der Vegetationsruhe allein vom Bodenkörper mit einer möglichst hohen Feldkapazität und einer ausreichenden Schichtstärke erbracht werden. Während der Vegetationsperiode sind mehrschichtige vitale Pflanzenbestände in der Lage, dem Boden so viel Wasser zu entziehen, dass kein Sickerwasser entsteht (Abb. I und II im Anhang). Die niedrigen Oberflächenabflusswerte belegen den ausreichenden Erosionsschutz durch die Vegetation.

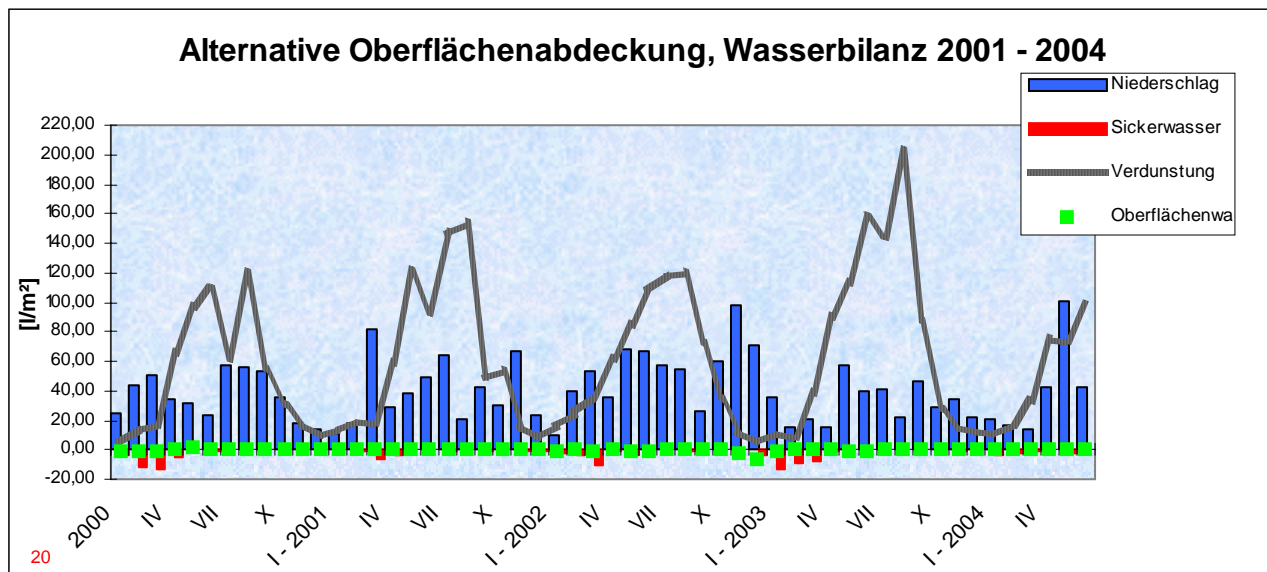


Bild 3: Wasserbilanz der alternativen Oberflächenabdeckung 2000 bis 2003

Aussichten

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass bereits geringmächtige Bodenschichten (50 – 60 cm schwachdurchlässiger Oberboden) mit einer hohen nutzbaren Feldkapazität und eine standortangepasste mehrschichtige Vegetation das Eindringen von Sickerwasser in den Deponiekörper auf ein Minimum reduzieren. Entscheidend ist die richtige Dimensionierung der Wasserhaushaltsschicht, die die Pflanzen in der Vegetationsperiode ausreichend mit Wasser versorgt und außerhalb der Vegetationsperiode Wasser aufnehmen und speichern kann, um es mit beginnendem Wachstum wieder zur Verfügung zu stellen.

Die „Dichtungswirkung“ wird von derzeit 95 % des Jahresniederschlags aufgrund der sich weiterentwickelnden Vegetationsstrukturen mit den Jahren steigen. Außerdem erhöht sich die Wasserrückhaltung durch eine stärkere Wasserhaushalts-/ Rekultivierungsschicht, die über die 60 cm hinausgeht. Anhand der Bodenkennwerte „effektive Durchwurzelungstiefe“ und „nutzbare Feldkapazität“ lässt sich über das HELP-Modell das pflanzenverfügbare Wasserspeichervermögen des Bodenkörpers errechnen. Bereits die in den Versuchen mit geringmächtiger Bodenschicht nachgewiesene Wasserrückhaltung und die Nachhaltigkeit des sich dynamisch weiterentwickelnden Systems weisen diese alternative Oberflächenabdeckung am Versuchsstandort mit ca. 500 mm Niederschlag als ein der mineralischen Regelabdichtung gleichwertiges System aus. Ein zuvor angedachtes Dichtungselement für den oberen Deponiebereich oberhalb einer vorhandenen Berme ist nach den hier vorgelegten Ergebnissen nicht erforderlich. Dieses als Konvektionssperre dienende Dichtungselement führt nur zu einem unerwünschten Quellhorizont im Bereich dieser Berme. Der Versuchsansteller empfiehlt deshalb, eine nach dem HELP-Modell ausreichend dimensionierte Wasserhaushaltsschicht als Oberflächenabdeckung für den gesamten Deponiealtkörper einzusetzen und diese wie zuvor beschrieben zu bepflanzen. Es ist zu prüfen, ob sich die hier aufgeführten Ergebnisse auch auf andere Deponiestandorte mit ähnlichen klimatischen Bedingungen übertragen lassen.

Empfehlungen

Für die richtige Dimensionierung der Wasserhaushalts-/Rekultivierungsschicht ist neben der Mächtigkeit auch die stoffliche Zusammensetzung von entscheidender Bedeutung. Oberböden, die ohnehin nur in begrenzten Mengen vorhanden sind, lassen sich durch Substratmischungen aus Boden, Klärschlammkompost und anderen inerten Abfallstoffen ersetzen. Weitere Versuche der LVG Erfurt in Erfurt-Schwerborn zeigten, dass klärschlammkomposthaltige Substrate mit einer hohen nutzbaren Feldkapazität mehr Wasser pflanzenverfügbar halten als reiner Oberboden. Die in ausreichender Menge vorhandenen, jedoch aufgrund ihrer organischen Bindung langsam verfügbaren Nährstoffe werden nicht ausgewaschen und fördern das Pflanzenwachstum. Der aus Klärschlamm (50 %), Holzschredder (25 %) und Grünkompost (25 %) hergestellte Klärschlammkompost ist grobkörnig und ergibt in der Mischung mit einem sandigen Lehm ein gut durchlüftetes Substrat mit einem hohen Anteil an Mittelporen (0,2 – 10 µm), das von den Pflanzenwurzeln gut erschlossen werden kann.

Die Beimischung geeigneter organischer Substanzen führt also zu einer langfristigen Verbesserung der Bodenstruktur, sichert die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen und erhöht so den Wasserverbrauch in der Wasserhaushalts-/Rekultivierungsschicht. Sie ist deshalb für die Durchwurzelungsschicht einer alternativen Oberflächenabdeckung zu empfehlen.

Quellenverzeichnis:

- [1] aus: **Wiemer, K./Behling, D./Gäth, S./Schmeisky, H.:** Alternative zur Oberflächenabdeckung von Deponien, 4. Staßfurter Abfall- und Energieforum, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Eigenverlag 2003
- [2] **GDA-Empfehlung E 2-30:** Modellierung des Wasserhaushalts der Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien, Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Bautechnik 75 (1998) Heft 9
- [3] **GDA-Empfehlung E 2-32:** Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien, Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Bautechnik 77 (2000) Heft 9,

Anhang

Die im Anhang enthaltenen Abbildungen verdeutlichen den Einfluss der Vegetation auf die Wasserrückhaltung der vorgestellten alternativen Oberflächenabdeckung auf dem Altkörper der Deponie Erfurt-Schwerborn.

Abb. I: Wasserbilanz der Jahre 1998 bis 2000

Abb. II Wasserbilanz der Jahre 2001 bis 2003

Deponie Erfurt - Schwerborn, Versuchsfläche 2: Alternative Oberflächenabdeckung

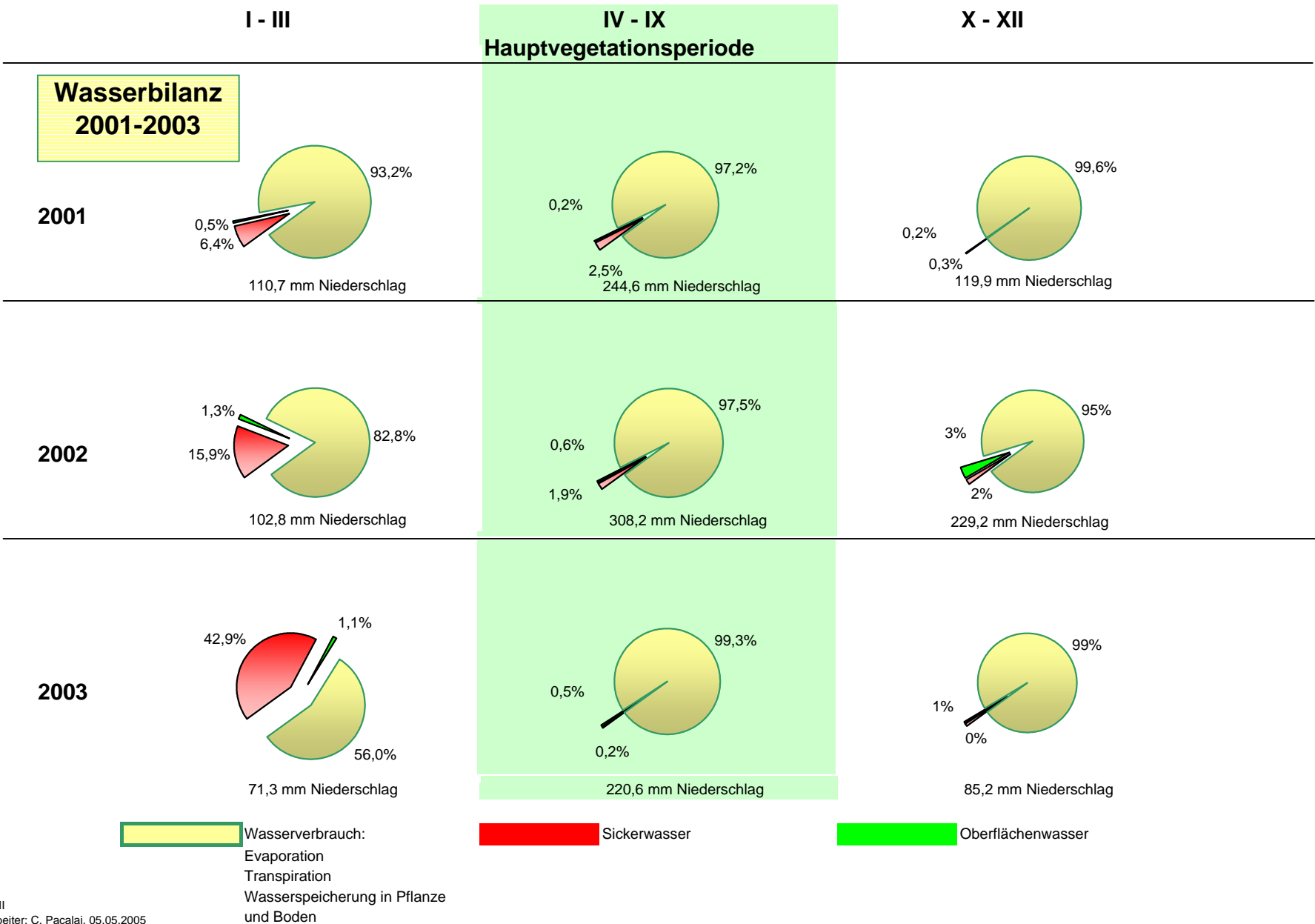


Abb. II
 Bearbeiter: C. Pacalaj, 05.05.2005