

---

# Planung und Gestaltung von Gehölzbewuchs auf Deponien

von Gerhard Schaber-Schoor geb. Bönecke

## 1 Einleitung

In Baden-Württemberg sind wahrscheinlich die meisten ehemaligen Mülldeponien mit Gehölzbewuchs in Form von Wald bedeckt, der entweder angepflanzt wurde oder sich von alleine eingestellt hat oder beides. Dieser Bewuchs reicht meistens aus, um eine Deponie in die umgebende Landschaft einzubinden. Soll ein Bewuchs auf einer Deponie weitere Funktionen erfüllen, wie sie z.B. zur Regulierung des Wasserhaushalts erwünscht sind, sind gewissenhafte planerische Überlegungen zur Anlage und Gestaltung eines künftigen Bewuchses erforderlich. Der Beitrag beschreibt, wie eine Planung ablaufen kann und wie sie sich so umsetzen lässt, dass langfristig ein Gehölzbewuchs entsteht, der vor allem durch eine hohe jährliche reale Verdunstung den Sickerwasserzutritt in den Deponiekörper verringert.

## 2 Ziele von Gehölzbewuchs

Die Ziele bzw. Funktionen die ein Gehölzbewuchs auf einer Deponie erfüllen soll richten sich zum Einen nach den örtlichen Gegebenheiten. Eine Forderung die praktisch immer eine Rolle spielt, betrifft die Gestaltung von Bewuchs im Hinblick auf die Einbindung eines Deponiekörpers in die umgebende Landschaft (ästhetische Funktion). Wobei im allgemeinen gilt, dass eine Einbindung in die Landschaft umso besser gelingt, je mehr ein Bewuchs den Vegetationsstrukturen der Umgebung anpasst wird. Verstärkt hat sich in den letzten Jahren zum Anderen das Bewusstsein, dass ein gut entwickelter Gehölzbewuchs die Grundwasserneubildung und damit die unter der Rekultivierungsschicht abzuleitende Sickerwassermenge wirksam minimiert (Wasserhaushaltsfunktion). Es besteht heute weitgehend Konsens, einen Bewuchs als das oberste Element eines Oberflächenabdichtungssystems anzusehen, das eine wichtige Funktion bei der Wasserhaushaltsregulierung erfüllt. Unter entsprechenden klimatischen Randbedingungen (jährliche Niederschlagsmenge unter 650 mm/Jahr) kann sogar davon ausgegangen werden, dass ein Bewuchs zusammen mit einer qualifizierten Wasserhaushaltsschicht so gut funktioniert, dass keine Absickerung auftritt (MAIER-HARTH et al. 2005).

Dem Bewuchs kommt außerdem die Funktion zu, die Rekultivierungsschicht und das Oberflächenabdichtungssystem vor Witterungseinflüssen und Erosion zu schützen (Schutzfunktion). In diesem Zusammenhang spielt es eine Rolle, dass durch den Bewuchs selbst keine Schäden an einer Oberflächenabdichtung entstehen. Hierzu sei angemerkt: Schäden an Entwässerungs- und Dichtungssystemen durch tief reichende Baumwurzeln bzw. Beschädigungen durch ausgehebeltes Wurzelwerk sind weitgehend ausgeschlossen, wenn eine Rekultivierungsschicht eine Dicke von mehr als 2,5 Meter aufweist. Wie Untersuchungen an vom Sturm geworfenen ausgewachsenen Waldbäumen (Laub- und Nadelbäume) zeigten, reichen ausgehebelte Wurzelballen und der dadurch gestörte Bodenbereich selten tiefer als 1,5 bis 2,0 Meter (ALDINGER et al. 1996).

Inwieweit es bei der Planung und Gestaltung von Gehölzbewuchs auf Deponien möglich und sinnvoll ist Überlegungen zu Nachnutzungen anzustellen die auf eine Gewinn bringende Bewirtschaftung von Gehölzbeständen abzielen, ist noch wenig untersucht. Auf die Ergebnisse einer vom Bundesamt für Naturschutz hierzu geförderten Machbarkeitsstudie wird in Kapitel 5.3 dieses Beitrags kurz eingegangen.

### 3 Planung von Gehölzbewuchs

#### 3.1 Vorplanung

Eine Unterscheidung zwischen Vorplanung und Planung wird hier unter Bezug auf den Zeitpunkt, zu dem planerische Überlegungen über einen künftigen Bewuchs angestellt werden, getroffen. Der Begriff Vorplanung soll als Terminus für das Anfertigen einer Konzeption oder Studie stehen, in der Grundzüge einer künftigen Begrünung dargestellt werden. Der wesentliche Unterschied zur Planung besteht darin, dass zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Vorplanung noch keine detaillierten Aussagen über die tatsächliche Gestaltung einer Begrünung oder die Art und Weise ihrer Ausführung getroffen werden können. Die Vorplanung fällt sinnvoller Weise in einen Zeitabschnitt, in dem die endgültige Oberflächengestaltung des Deponiekörpers festgelegt ist bzw. gerade realisiert wird. Zu diesem Zeitpunkt liegen Pläne vor aus denen die Flächen, die für eine Folgenutzung mit Gehölzbewuchs in Frage kommen, ermittelt werden können. Dazu sollen die Pläne (M 1:500 bis 1:1.500) neben topographischen Informationen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bauwerke mit Zufahrtswegen sowie Wege zur Erschließung des Geländes die dauerhaft von Gehölzbewuchs freigehalten werden müssen bzw. zu denen mit Gehölzen aus betrieblichen Gründen ein Mindestabstand einzuhalten ist
- Anlagen zur Oberflächenentwässerung wie Gräben, Schächte, Verrohrungen
- Leitungen die ggf. in der Rekultivierungsschicht untergebracht werden mit Angaben zur Funktion (z.B. Entgasung) und Verlegetiefe; Leitungen die unter der Entwässerungsschicht liegen sind nicht relevant, und
- Flächen die aus gestalterischen Gründen von Gehölzen freigehalten werden sollen.

Es stehen damit die Informationen zur Verfügung die notwendig sind um die Flächen abzugrenzen, die prinzipiell für einen Gehölzbewuchs in Betracht kommen. Über weitere Angaben, wie zum Klima, zur Lage und zur Exposition von potenziellen Gehölzflächen lassen sich erste Aussagen zu geeigneten Baum- und Straucharten treffen. In dieser Phase wird auch schon ein Vorschlag zur Herstellung der Rekultivierungsschicht bzw. Wasserhaushaltsschicht unterbreitet. Dieser Vorschlag, der sich hauptsächlich mit der Eignung der Rekultivierungsschicht als Pflanzenstandort befasst, soll z.B. Hinweise enthalten, welche im Einzugsgebiet einer Deponie vorkommenden Böden geeignet sind, um sie bei entsprechender Verfügbarkeit für die Rekultivierung zu beschaffen.

Die Vorplanung soll für den Bauingenieur außerdem Grundlage sein, um Lösungen zur baubetrieblichen Herstellung einer qualifizierten Rekultivierungsschicht auszuarbeiten. Jeder Bauingenieur wird den Einbau einer Rekultivierungsschicht zunächst unter dem

Aspekt der Standsicherheit betrachten, was im klassischen Erdbau im allgemeinen bedeutet, dass möglichst hohe Einbaudichten gefordert werden. Die Bedeutung einer Vorplanung für eine Folgenutzung wie Gehölzbewuchs liegt besonders darin, den Bauingenieur frühzeitig auf boden- und pflanzenkundliche Gesichtspunkte bei der Gestaltung der Rekultivierungsschicht hinzuweisen. Ohne deren Beachtung bei der Materialwahl, der Dimensionierung und dem Aufbau der Rekultivierungsschicht ist es erfahrungsgemäß nicht möglich, einen für Gehölzbewuchs gut geeigneten Standort herzustellen.

## 3.2 Planung

Die Planung eines Gehölzbewuchses muss auf der Grundlage der „örtlichen Bedingungen“ erfolgen. Denn eine möglichst exakte Kenntnis der Boden- und Klimabedingungen, welchen Gehölze an einem bestimmten Standort ausgesetzt sein werden, ist eine grundlegende Voraussetzung, ohne die optimale Ergebnisse bei einer Begrünung nicht erzielt werden können. Durchgeführt wird die Planung deshalb erst nach dem die Rekultivierungsschicht entsprechend den Empfehlungen der Vorplanung, z.B. zu geeigneten Böden, und unter Einhaltung der technischen Vorgaben zum Bodeneinbau, z.B. lockerer Einbau durch Verkippen, in größeren Abschnitten bzw. im Ganzen fertig gestellt wurde. Um die örtlichen Bedingungen zu erfassen, wird die Anfertigung eines Standortgutachtens in Anlehnung an die vom Landesarbeitskreises Forstliche Rekultivierung von Abbaustätten (2000) bzw. von BÖNECKE (2000) für die Planung der Wiederaufforstung von Materialentnahmestellen vorgeschlagene Methode empfohlen. Hingewiesen sei auch auf Untersuchungen von RICHTER et al. (2001), bei denen mit derselben Methode eine bodenkundliche Bewertung einer temporären Oberflächenabdichtung durchgeführt wurde, mit dem Ziel, die Überführungsmöglichkeit in eine TA Siedlungsabfall-konforme Abdichtung zu prüfen. Im folgenden wird erläutert, wie ein Standortgutachten auf einer Deponie entsteht und wie anhand einer Erkundung vor allem der Bodenverhältnisse eine Empfehlung von geeigneten Baum- und Straucharten bzw. zu Gehölzgesellschaften zustande kommt.

### 3.2.1 Erfassung und Bewertung der Standortverhältnisse

Ausgegangen wird hier von dem Fall einer Deponie, deren Rekultivierungsschicht aus Bodenaushub aus verschiedenen Baustellen, der mehr oder weniger in wahlloser Folge angeliefert wurde, aufgebaut ist. Gemäß den Ergebnissen einer von der Forstlichen Versuchsanstalt Freiburg beauftragten Studie zur Anwendung des Standortgutachtens auf Deponien (WATTENDORF & EHRMANN 2003) wird zu folgender Vorgehensweise geraten:

1. Die gesamte aufzunehmende Fläche wird begangen, wobei eine grobe Einteilung in Teilflächen nach topografischen Merkmalen (Lage von Wegen, Bermen usw.) und nach dem Relief (Ebene, Böschung, Exposition) erfolgt. Ist für einzelne Bereiche der Rekultivierungsschicht Material einheitlicher Herkunft verwendet worden bzw. das Einbauverfahren bekannt, soll vorrangig nach diesen Merkmalen eine Einteilung vorgenommen werden.
2. Je Teilfläche wird eine ausreichende Zahl von Bohrpunkten für die bodenkundlichen Erhebungen mit dem Pürckhauer-Erdbohrstock bestimmt. Die Zahl der Bohrpunkte richtet sich nach dem Ziel der Aufnahme, die

- „durchschnittlichen“ Bodeneigenschaften einer Einheit sowie die Größenordnung der Abweichungen von den durchschnittlichen Bedingungen möglichst exakt zu beschreiben.
3. Die Bodenerkundung mit dem Erdbohrstock wird an den festgelegten Bohrpunkten durchgeführt (zum Umfang der Bodenansprache am Bohrpunkt siehe Kasten).
  4. Anhand der Auswertung der Bohrpunktkartierung wird die Abgrenzung der Teilflächen überprüft und ggf. nach den vorherrschenden Bodenbedingungen unter Beachtung topographischer Merkmale und des Reliefs neu festgelegt. Bei der Bildung von Einheiten ist zu beachten, dass die Flächengröße nicht zu klein ausfällt. Als günstig, für die spätere Gestaltung des Gehölzbewuchses, haben sich Flächen  $\geq 0,3$  Hektar erwiesen.
  5. Da einige bodenkundliche Merkmale in Bohrstockproben nicht oder nur unzureichend bestimmt werden können, werden mit Hilfe der Ergebnisse der Bohrstockerkundungen die Lage von Bodenaufschlüssen (Bodenprofile) zur weiteren Bodenansprache ermittelt. Je Teilfläche reicht es in der Regel aus, ein Profil aufzugraben und zu untersuchen (zum Umfang der Bodenansprache am Bodenprofil siehe Kasten „Umfang der Standortkartierung“).

Bei der Durchführung der Bodenerkundung mit dem Erdbohrstock ist die Mächtigkeit des potentiellen Wurzelraums (auch physiologische Gründigkeit oder Durchwurzelbarkeit) im Hinblick auf die spätere Bewertung ein sehr wichtiger Parameter. Zur Einstufung der Gründigkeit (AG BODEN 1994) müssen Begrenzungsfaktoren des Wurzelraumes berücksichtigt und erhoben werden, wie größere Steine, hohe Lagerungsdichten in Verbindung mit der Bodenart und Reduktionsmerkmale wie Graufärbung, die allerdings erst ein bis zwei Jahre nach dem Aufbringen der Rekultivierungsschicht erkennbar einsetzt.

Die endgültige Zuordnung der Teilflächen zu sog. Standortseinheiten und deren Abgrenzung in Plänen erfolgt anhand der ausgewerteten Bodendaten, nach der Lage (Relief, Hangneigung, Exposition) und den klimatischen Gegebenheiten. Eine Standortseinheit ist dann eine Zusammenfassung von Flächen, die sich so ähnlich sind, dass die Möglichkeiten einer Folgenutzung nicht wesentlich voneinander abweichen und die langfristig annähernd gleiche Entwicklungsmöglichkeiten, hier für Gehölzbewuchs, bieten. Für die Planung von Gehölzbewuchs bewährt hat sich eine Bildung von Standortseinheiten nach den Leitparametern Gründigkeit und nutzbare Wasserspeicherkapazität. In Karten sollen durch zusätzliche Signaturen solche Flächen gekennzeichnet werden, auf welchen bei einer Begrünung mit ziemlicher Sicherheit Probleme zu erwarten sind. Das sind Bereiche mit Böden deren Grobbodennanteil (Korngröße  $> 2$  mm) mehr als  $> 30 - 40$  Vol-% beträgt, Flächen mit Bodenverdichtungen und Staunässe, flachgründige Standorte, auf denen wegen mechanischer Begrenzungen eine Durchwurzelung bis höchstens 30 cm Tiefe zu erwarten ist (vergleiche Abbildung 1), sowie Mulden und Senken mit Frostgefährdung durch Kaltluftstau.

Sind einzelne Standortseinheiten entsprechend den Anforderungen in Tabelle 1 nicht bzw. nur bedingt für Gehölzbewuchs geeignet, können im Standortgutachten ggf. Maßnahmen zur Bodenverbesserung, wie eine Tiefenlockerung, vorgeschlagen werden. Dies sollte jedoch die Ausnahme sein. Bei Anwendung der GDA-Empfehlung E2-31 – Rekultivierungsschichten, Entwurf (DGGT 2000) und unter Beachtung in der Praxis

gewonnener Kenntnisse (z.B. MAIER-HARTH et al. 2005, WATTENDORF et al. 2005) ist es durchaus möglich, Bodenabdeckungen so herzustellen, dass zumindest für die Etablierung eines Gehölzbewuchses keine Nacharbeiten erforderlich sind.

### Umfang der Standortkartierung

Folgende Standortsfaktoren sind nach Einbau der Rekultivierungsschicht zu ermitteln, zu beschreiben und in Kartenform darzustellen:

#### Lage:

Beschreibung und Abgrenzung nach der Geländemorphologie, Exposition und Hangneigung (z.B. südexponierte flache Böschung, Böschungsfuß, Kuppe, Mulde, Plateau usw.)

#### Boden:

1. Beschreibung je Bohrpunkt (alle 30 – 50 m im Quadrat): maximale Bohrtiefe (bei Rekultivierungsschicht < 1,0 m), vorherrschende Bodenart in Tiefenstufen 0 – 20, 20 – 50, 50 – 100 cm (bei sichtbarer Schichtenfolge sind Tiefenstufen anzupassen), Carbonatgehalt des Feinbodens, Humusgehalt (geschätzt), Auffälligkeiten (z.B. Staunässezeichen, Schichtsprünge usw.), relative Dichte (Einschläge bis ein Meter Tiefe), Durchwurzelungstiefe.
2. Beschreibung je Bodenprofil<sup>1)</sup>: Bodenart (Fingerprobe), Bodenfarbe (Farbtafeln), Bodentyp, Carbonatgehalt des Feinbodens, Humusgehalt (geschätzt), Steingehalt in Vol.-%, Bodengefüge, Lagerungsdichte (5 Stufen, Feldmethoden), Untergrundbeschaffenheit, Besonderheiten. Bei bewachsenen Flächen zusätzlich Gesamtmächtigkeit des Wurzelraumes und Vegetation.
3. Analyse von Bodenproben aus Bodenprofil<sup>2)</sup>: pH-Wert, Kohlenstoffgehalt (C), Stickstoffgehalt (N), Phosphorgehalt (P), C/N- und C/P-Verhältnis, Trockenraumdichte (TRD) in Gew.-% (als oberer Richtwert gilt 1,3 g/cm<sup>3</sup> bis 1,5 g/cm<sup>3</sup>, TRD über 1,5 g/cm<sup>3</sup> ist als deutlich wurzelhemmend zu bewerten), Skelettanteil in Gew.-% und nutzbare Wasserkapazität<sup>3)</sup> des effektiven Wurzelraums (nWSK W<sub>Reff</sub>) nach Schätzmethode AKS 1996.

#### Niederschläge:

Menge, Verteilung über das Jahr / innerhalb der Vegetationsperiode

#### Temperatur:

Ariditätsindex (Verdunstung größer / kleiner Infiltration), Spätfrostgefahr

<sup>1)</sup> mindestens 1 Profil je ausgewiesener Standortseinheit (= Leitprofil), durchschnittlich ein Profil je ha bei größeren Flächen einer Standortseinheit. Tiefe 1,0 bis 1,5 m, Probennahme in Tiefenstufen 0 – 20, 20 – 50 und 50 – 100 cm, ggf. angepasst an Schichtenfolge.

<sup>2)</sup> Probennahme in Tiefenstufen 0 – 20, 20 – 50 und 50 – 100 cm, ggf. angepasst an Horizonte

<sup>3)</sup> nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK) syn. nutzbare Feldkapazität (nFK)



Abb. 1: Die Aufnahme zeigt das Wurzelwerk einer etwa 9jährigen Kiefer (*Pinus sylvestris*). Der Baum wurde auf einer Deponieabdeckung aus einem konventionell eingebauten tonigen Unterboden und einem rd. 30 cm mächtig humosen Oberboden freigelegt. Der Unterboden ist so dicht, dass die Wurzeln in einer für diese Baumart wenig typischen Weise fast nur nach den Seiten und nicht in die Tiefe gewachsen sind. Auf Standorten so geringer Gründigkeit ist vor allem das Risiko von Trockenschäden hoch.

Tab. 1: Anforderungen an die Substrateigenschaften einer Rekultivierungsschicht für Gehölzbewuchs auf Deponien mit Oberflächenabdichtung die mindestens eingehalten werden sollen.

Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht für Gehölzbewuchs über einer Oberflächenabdichtung		
Parameter	anzustrebende Kennwerte	Prüfung der Kennwerte
Mächtigkeit	250 – 300 cm	Erdbohrstock
Gründigkeit	> 100 cm	Eindringwiderstand Erdbohrstock
Hauptbodenarten	Schluff, schluffige Sande, lehmige Sande, schluffige Lehme und sandiger Lehm	Bodenproben Erdbohrstock oder Bodenprofil
Grobbodenanteil	< 30 – 40 %	Bodenprofil
Humusgehalt (Oberboden)	> 4 %	Laborprüfung
Trockendichte	< 1,45 g/cm <sup>3</sup>	Laborprüfung
Nutzbare Wasserspeicherkapazität	> 220 mm	nach AG Boden 1994 oder AKS 1996
pH-Wert	5,0 – 7,5	Laborprüfung

Das Anfertigen eines Standortgutachtens als fachliche Grundlage für die Planung von Gehölzbewuchs auf Deponien bedeutet zwar einen zusätzliche Aufwand, der gemessen an den Schwierigkeiten und Fehlschlägen bei Rekultivierungen aber mehr als vertretbar ist. Es sollte deshalb möglich sein, das Standortgutachten als festen Bestandteil in das Qualitätsmanagement von Arbeiten zur Begrünung von Deponien zu integrieren.

### **3.2.2 Empfehlung geeigneter Baum- und Straucharten**

Das Standortgutachten gibt für jede Standortseinheit eine Empfehlung zu geeigneten Gehölzarten. Grundlage für die Auswahl der Arten sind Beschreibungen zu deren Boden- und Klimaansprüchen bzw. auch zum Wuchsverhalten. Angaben zu den Boden- und Klimaansprüchen von Bäumen und Sträuchern die für einen Bewuchs auf Deponien geeigneten sind, finden sich z.B. im von der LfU (1997) herausgegebenen Handbuch Abfall - Fortwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer Oberflächenabdichtung. Zum Vorgehen bei der Zusammenstellung mehrerer Gehölzarten zu sog. Zielwaldtypen siehe Empfehlungen z.B. in Landesarbeitskreis Forstliche Rekultivierung von Abbaustätten (2000).

### **3.2.3 Planung eines Deponiewaldes**

Einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Sicherung von Deponien leistet ein Bewuchs, der die Infiltration von Niederschlag in die Entwässerungsschicht wirkungsvoll minimiert. Am Besten kann das durch den Aufbau eines Mischwaldes, eines sog. „Deponiewaldes“ erreicht werden. Die Definition des Deponiewaldes (BÖNECKE 2001) beschreibt einen überwiegend aus Waldbäumen bestehenden Bewuchs, der vor allem im Hinblick auf seine Funktion im Wasserhaushalt angelegt und gestaltet wird: „Deponiewälder tragen durch ihre Zusammensetzung, ihren mehrschichtigen Aufbau und eine intensive und tiefe Bodendurchwurzelung nachhaltig zu einer hohen realen Verdunstung und damit zu einer Dämpfung und Minimierung des Abflusses bei. Deponiewälder werden so gestaltet, dass sie den vorherrschenden standörtlichen und klimatischen Verhältnissen entsprechen und sich selbst verjüngen. Es ist erforderlich, Deponiewälder zur Erhaltung eines mehrschichtigen Bestandesaufbaus und zur Förderung der natürlichen Verjüngung zu pflegen. Langfristig sollen in einem Deponiewald alle Baumaltersklassen (jung, mittelalt, alt) etwa zu gleichen Anteilen vorkommen.“

Geeignete Instrumente um die verschiedenen Maßnahmen darzustellen die über viele Jahre durchgeführt werden müssen bis ein Deponiewald entsteht, sind ein Pflanz- und ein Pflege- oder Entwicklungsplan. Diese Pläne geben vor, über welche Entwicklungsschritte der dauerhaft gewünschte Zustand erreicht wird. Tabelle 2 zeigt beispielhaft, wie die Entstehung eines Deponiewaldes über die Stufen „Vorwald“ und „Zielwald“ ablaufen könnte.

Tab. 2: Entwicklung eines Deponiewaldes von der Bestandesbegründung bis zum Zielzustand über etwa 100 Jahren. Der Zielzustand wird durch eine Erhaltungspflege (= Dauerwaldpflege) gesichert (verändert nach BÖNECKE 2001).

Entwicklung eines Deponiewaldes aus Bepflanzung			
	Entwicklungsschritt	Maßnahme	Jahr
Pflanzplan	Bestandesbegründung	Pflanzung <b>Vorwald</b> : Pioniergehölze, ca. 1500 Bäume/ha	1
	Nachbesserung	Nachpflanzung bei flächigen Ausfällen	2 - 3
	Kulturpflege	nach Bedarf	2 - 5
Pflege- oder Entwicklungsplan	Umbau Vorwald	Entnahme von ca. 50 % der vorhandenen Bäume; Pflanzung <b>Zielwald</b> : anspruchsvolle Gehölzarten, ca. 3000 Bäume/ha	15 - 20
	Nachbesserung	Nachpflanzung bei flächigen Ausfällen	15 - 20
	Kulturpflege/ Jungwuchspflege	nach Bedarf	15 - 25
	Läuterungspflege	Reduktion auf 2500 Bäume /ha	30 - 35
	Durchforstungen	Im Zehnjahresturnus Eingriffe in Abhängigkeit von der Waldentwicklung mit weiterer Reduktion der Baumzahl  Reduktion auf 250 – 400 Bäume/ha	40 - 75  80 - 90
	Einleitung Naturverjüngung	Entnahme einzelner Bäume/Baumgruppen aus Oberstand	> 90
	Dauerwaldpflege	Entnahme einzelner Bäume/Baumgruppen zur Förderung der vertikalen Schichtung und der Naturverjüngung; Baumzahl im Oberstand bleibt bei ca. 250 Bäume/ha = Zielzustand	> 100 usw.

Bei allen Bemühungen um die Herstellung von qualifizierten Rekultivierungsschichten bleibt stets zu berücksichtigen, dass künstlich geschaffene Standorte die Voraussetzungen für ein ungestörtes Gedeihen von Pflanzen nur eingeschränkt erfüllen. Die Ursachen sind durch Umlagerung (Bodenausbau, -lagerung, -einbau) bedingte Verluste von gewachsenen Bodenstrukturen und damit einhergehende Störungen des Bodenluft- und Bodenwasserhaushalts sowie eine verminderte biologische Aktivität. Vor allem auf größeren Rekultivierungsflächen können durch klimatische Extreme, wie Kälte, Frost und Hitze, so unwirtliche Bedingungen auftreten, dass empfindliche Gehölzarten nicht angesiedelt werden können. Bei der Umlagerung von Böden kommt es durch die Durchmischung von oberen mit unteren Bodenschichten teils zu einer veränderten Bodenreaktion. Natürlich gelagerte (Wald)Böden weisen im Oberboden leicht saure Reaktionswerte auf, so wie sie von den meisten heimischen Gehölzen bevorzugt werden (pH 5 bis 5,5). Bei Rekultivierungsschichten treten hingegen immer wieder erhöhte pH-

Werte auf, was ab einer mittleren Alkalität (pH 8) dazu führt, dass die Gehölzartenwahl stark eingeschränkt ist.



Abb. 2: Blick über verschieden alte Vorwaldpflanzungen. Im Vordergrund ca. 5-6 Jahre alte Pflanzung mit Weiden (*Salix spec.*) und Grauerle (*Alnus incana*). Im Hintergrund eine 8-9 Jahre alte, gleichmäßig mit Mehlbeere (*Sorbus aria*) überstellte Fläche. Testfelder auf Rekultivierungsflächen in einer Kiesgrube bei Radolfzell.

Beachtet man die aufgezählten Erschwernisse bei der Begrünung von Rekultivierungsflächen, so ist verständlich, dass man bei der Begründung eines Deponiewaldes zunächst mit einer Pflanzung von Pioniergehölzen, einem sog. Vorwald beginnt. Mit Gehölzarten besonders der Gattungen Erle (*Alnus spec.*), Pappel (*Populus spec.*), Weide (*Salix spec.*), Birke (*Betula spec.*), Vogelbeere, Mehlbeere (*Sorbus spec.*) und Kiefer (*Pinus spec.*) lassen sich robuste Gehölzbestände aufbauen (vergleiche Abbildung 2). Ziel eines Vorwaldes ist vor allem die Förderung der Bodenbildung und die Milderung klimatischer Extreme. Günstig auf die Bodenbildung wirkt sich z.B. das leicht abbaubare Laub von Erlen oder Weiden aus. 5 bis 10 Jahre nach der Bepflanzung ist je nach Pflanzverband und Wüchsigkeit der Gehölze der Baumbewuchs soweit gediehen, dass eine weitgehende Überschildung des Bodens besteht, was u.a. Temperaturextreme dämpft. Der Anteil der Pionierbaumarten wird nach einigen Jahren (15 – 20 Jahre) zugunsten anspruchsvollerer Baum- und Straucharten reduziert. Gepflanzt werden diese unter dem Kronenschirm, des vorher stark durchforsteten Vorwaldes (vergleiche Tabelle 2, Pflanzung Zielwald). Soweit solche Arten durch natürliche Verjüngung auftreten werden sie übernommen. Für die folgende Entwicklung eines aus bis zu vier Schichten aufgebauten Deponiewaldes (1. Schicht = Krautschicht, 2. Schicht = Strauchschicht mit Baumverjüngung auch sog. Unterwuchs, 3. Schicht = niedere Baumschicht oder sog. Zwischenstand und 4. Schicht = herrschende Baumschicht oder sog. Oberstand) ist eine fortlaufende Pflege (1x - 2x im Jahrzehnt) unerlässlich.

Etwa 100 Jahre nach Begründung des Vorwaldes sollte ein Deponiewald den angestrebten Zielzustand erreicht haben (Zielwald). Das heißt: Die für den Zielwald geplanten Baum- und Straucharten sind vorhanden, wobei, soweit es die standörtlichen Voraussetzungen zulassen, eine Hauptbaumart entweder Eiche oder Kiefer ist. Nadelholzarten (ganzjährig hohe Interzeptionsverdunstung) sollen mindestens 20 % der Waldfläche übershirmen, bei höheren Jahres- bzw. Winterniederschlägen bis maximal 50 % der Fläche. Der Waldaufbau ist mindestens dreischichtig. Die Hauptbaumarten (Baumart oder Baumartenkombination von bis zu drei Arten die zusammen einen Flächenanteil von 30 % bis 70 % im Mittel 50 % haben) sollen sich natürlich verjüngen. Es gibt keine Kahlfächen. Zur dauerhaften Sicherung des Zielzustandes wird eine Erhaltungspflege durchgeführt (1x im Jahrzehnt), bei der einzelne Bäume entnommen werden. Die Pflege zielt in erster Linie auf den Erhalt der vertikalen Stufigkeit und die Förderung der Naturverjüngung ab.

Wald ist als Bewuchs natürlich nur ein Vegetationstyp, der sich zur Begrünung von Deponien anbietet. Neben Wald kommt Grünland, verschiedene Formen von Buschbeständen und auch eine un gelenkte Vegetationsentwicklung durch spontane Pflanzenansiedlung in Frage. Letzteres führt über eine Reihe von Entwicklungsstufen, beginnend mit gras- und krautreichen Stadien, am Ende der Sukzessionsreihe schließlich auch zu Wald (WATTENDORF & SOKOLLEK 2000). Dessen Zusammensetzung ist dann zufällig und muss fallweise durch Pflegeeingriffe oder ergänzende Bepflanzung variiert werden. Welchem Vegetationstyp man bei der Rekultivierung den Vorzug gibt, ist nach den jeweiligen lokalen Gegebenheiten festzulegen (z.B. Einbindung der Deponie in die umgebende Landschaft). Dafür, sich gleich für einen Deponiewald zu entscheiden spricht, dass Wald an mitteleuropäischen, von Grundwasser unbeeinflussten Standorten im Flachland und in unteren Mittelgebirgslagen die höchste jährliche reale Verdunstung aufweist (BERGER & SOKOLLEK 1997). Der für eine wirksame Abflussverminderung erforderlicher Waldzustand wird nach 25 - 30 Jahren erreicht und kann durch eine entsprechende Waldpflege relativ einfach weiter entwickelt und schließlich auf Dauer erhalten werden. Außerdem ist nach einer Entwicklungszeit von 10 – 15 Jahren eine – verglichen mit Grünland – nur noch sehr extensive Pflege erforderlich (1 - 2x im Jahrzehnt). Ein an die Standortsverhältnisse angepasster Wald weist eine geringe Anfälligkeit gegenüber biotischen und abiotischen Schäden auf und durch Nutzung entnommene bzw. abgestorbene Bäume wachsen durch natürliche Verjüngung von selbst nach.

## 4 Begrünungsverfahren

### 4.1.1 Pflanzung und Ansaat

Das üblichste Verfahren zur Begründung von Gehölzbeständen ist die Pflanzung. Die Darstellung aller in Frage kommenden Methoden führt hier zu weit. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass auf unproblematischen Standorten, d.h. solchen die gewachsenen Böden relativ nahe kommen, einfache Verfahren wie Spalt- oder Winkelpflanzung mit wurzelnackten Pflanzen gut geeignet sind. Auf Rohböden ist die Lochpflanzung, z.B. bei der Begründung eines Vorwaldes, vorzuziehen. Bei der Lochpflanzung lässt sich der Anwuchserfolg durch Wässern und das Anbringen einer

Mulchscheibe zum Schutz gegen übermäßige Verkrautung verbessern. Die Pflanzung von wurzelnackten Pflanzen ist nur während der Vegetationsruhezeit, von Ballen- und Containerpflanzen das ganze Jahr über möglich. Wegen der höheren Bodenfeuchte am Ende des Winters wird auf weitgehend vegetationsfreien Böden am Besten immer zu Beginn der Vegetationszeit gepflanzt.

Für eine ganze Reihe von Gehölzarten kommt auch eine Ansaat in Frage. Bewährt haben sich auf humuslosen Flächen vor allem die Mulchsaat und die Anspritzsaat (Nass-Saat, Hydrosaat). Bei beiden Verfahren streut oder spritzt man eine Mischung aus Saatgut, Dünger und Bodenverbesserungsstoffen auf die zu begrünende Fläche. Bei der Mulchsaat wird auf das Gemisch eine etwa 10 cm dicke Schicht aus langhalmigem Stroh aufgebracht und mit speziellen pflanzenverträglichen Klebern, z.B. einer Bitumenemulsion, fixiert. Bei der Anspritzsaat werden alle Komponenten zusammen mit einem Kleber, Wasser und gehäckseltem Stroh zu einem Brei angerührt und mit einer Dickstoffpumpe versprüht (ZEH 1993). Beide Verfahren haben unter Kostengesichtspunkten dort Vorteile, wo mit einem Arbeitsgang mehrere Anforderungen an eine Begrünung erfüllt werden müssen. Das sind ein sofort wirksamer Schutz gegen Oberflächenerosion (Rillenerosion), der durch das beigemischte bzw. ausgebreitete und verklebte Stroh erreicht wird. Die Sicherung einer ausreichenden Pflanzenernährung geschieht durch Beigabe von Dünger und eine rasche Keimung/Etablierung von Pflanzen durch Ausgleich mikroklimatischer Extreme in Bodennähe durch die Strohabdeckung. Außerdem sind auf grobsteinigen Böden Ansaaten gegenüber einer Pflanzung wegen der bei der Herstellung der Pflanzlöcher auftretender Erschwernisse teilweise günstiger. Ansaaten werden immer während der Vegetationszeit ausgeführt.

#### 4.1.2 Ingenieurbioologische Bauweisen

Von den zur Böschungsstabilisierung in Frage kommenden ingenieurbioologischen Bauweisen sind die sog. Lagenbauten (Buschlage, Heckenlage und Heckenbuschlage) zur Erhöhung der Standsicherheit von Rekultivierungsschichten auf steileren Deponieböschungen in einem Neigungsbereich von  $> 18^\circ - 20^\circ$  und  $< 35^\circ - 37^\circ$  besonders interessant. Zum Einen ist es durch die armierende Wirkung der Astlagen (vergleiche Abbildung 3) möglich, einen unverdichteten Einbau der Rekultivierungsschicht auch in steileren Böschungsbereichen zu praktizieren und zum Anderen bildet sich aus den verwendeten ausschlagfähigen Ästen vielfach eine so üppige Pioniervegetation, dass auf eine weitere Bepflanzung verzichtet werden kann.

Nach den Ergebnissen von Untersuchungen von 2000 bis 2004 auf einem Testfeld auf der Kreismülldeponie Leonberg, Lkr. Böblingen, ist davon auszugehen, dass mit Hilfe von Lagenbauten eine locker eingebaute Rekultivierungsschicht auf steileren Deponieböschung in sich standfest hergestellt werden kann. Die für die Gesamtstandsicherheit einer steileren Deponieböschung maßgebenden Gleitfugen sind im Endzustand, d. h. nach Erreichen der maximalen Durchwurzelung nach etwa 5 Jahren, dann unterhalb der Rekultivierungsschicht anzunehmen. Voraussetzung ist eine fachgerechte Bauausführung, ein sorgsamer Umgang mit den ausschlagfähigen Ästen und eine Einbautiefe der Äste von  $1/2$  bis  $2/3$  der Schichtdicke der Rekultivierungsschicht (SCHABER-SCHOOR 2005).



Abb. 3: Einbau einer Buschlage. Fertig ausgelegte lebende Äste von Weiden (*Salix spec.*) kurz vor dem Abdecken mit Boden. Maßnahme zur Sicherung einer Steilböschung auf der Deponie Blumentobel, Lkr. Esslingen (Foto: König).

#### 4.1.3 Naturverjüngung

Auf Rekultivierungsflächen ist es teilweise möglich, einen Vorwald aus spontan ankommenden Gehölzen (Naturverjüngung) z.B. der Gattungen *Salix*, *Populus*, *Betula* oder *Pinus* zu entwickeln. Allen Arten dieser Gattungen ist gemeinsam, dass sie schon als junge Bäume regelmäßig große Mengen vom Wind leicht ausbreitbarer Samen produzieren und so in der Lage sind, auch weit von der jeweiligen Mutterpflanze entfernte Areale zu erschließen. Allerdings ist es erst nach einer Entwicklungszeit von mindestens zwei Vegetationsperioden nach dem Einbau der Rekultivierungsschicht möglich einigermaßen zuverlässig zu beurteilen, ob die Zahl der natürlich angekommenen Gehölze für die gewünschte Begrünung ausreicht. Nach der zweiten, spätestens der dritten Vegetationsperiode steigt nach den vorliegenden Erfahrungen der Naturverjüngungsvorrat kaum mehr an, da sich dann Bestände aus Wildkräutern und Gräsern flächendeckend ausgebreitet haben und eine weitere natürliche Gehölzansiedlung stark erschweren. Ob spontaner Gehölzbewuchs für eine Erstbegrünung ausreicht, kann mit einem einfachen Verfahren festgestellt werden. Es handelt sich um ein Stichproben-Inventurverfahren, mit dem sich die Verteilung der Dichten und der Höhe der Pflanzen, der Baumarten und ihre Durchmischung darstellen lässt (GADOW & MESKAUSKAS 1997). Flächen für die sich ein Bestand von > 400 - 800 Bäumchen/ha mit einer Höhe > 50 cm ergibt, können bei etwa gleichmäßiger Verteilung der Pflanzen auf den Flächen für z.B. einen Vorwald als ausreichend bestockt betrachtet werden. Es sind dann keine zusätzlichen Pflanzmaßnahmen notwendig.

## 5 Gestaltung von Gehölzbewuchs

### 5.1 Nichtstun oder Mindestpflege?

Sind Pflegeeingriffe vorgesehen so dienen sie dazu, die Entwicklung eines Bewuchses in eine gewünschte Richtung zu lenken, z.B. bezüglich der Artenzusammensetzung. Bezogen auf Wald, als Bewuchs auf rekultivierten Hausmülldeponien, werden im folgenden Pflegemaßnahmen vorgestellt, die auf eine Optimierung der Wasserhaushaltsfunktion abzielen sowie auf die Förderung der natürlichen Verjüngung. Im Hinblick auf die Sicherung der Wasserhaushaltsfunktion sind die empfohlenen Pflegemaßnahmen als Mindestpflege aufzufassen.

Dass Wälder auch ohne Pflege an einem Standort dauerhaft gedeihen können, muss nicht weiter betont werden. Die Eigenschaft, dass sie sich nahezu problemlos von selbst regenerieren, soll als Stärke dieses Vegetationstyps begriffen und berücksichtigt werden. Denn ein einmal etablierter Wald wird auch ohne menschliches Zutun sehr lange Zeit bestehen bleiben und die ihm zugedachten Funktionen weitgehend erfüllen. Technische Komponenten, wie Kunststoffdichtungsbahnen, unterliegen der Alterung und damit einem fortschreitenden Verlust ihrer Funktionstüchtigkeit. Auf lange Sicht ist eine als Wasserhaushaltsschicht angelegte Rekultivierungsschicht zusammen mit einem gut entwickelten Bewuchs das bedeutsamste Element zur Minimierung des Sickerwasserzutritts in den Deponiekörper.

### 5.2 Gehölzpflege zur Optimierung der Wasserhaushaltsfunktion

Gestaltet man einen Deponiewald, so sind neben den Bodenverhältnissen der Waldzustand, d.h. Aufbau und Baumartenzusammensetzung und die Art und Weise, wie dieser Wald behandelt bzw. gepflegt wird, für die Abflussbildung unterhalb der Rekultivierungsschicht relevant. In Tabelle 3 sind einige Beziehungen zwischen der Abflussbildung und den Bodenverhältnissen und dem Waldzustand (oberer Teil) sowie der Abflussbildung unter Wald und der Waldbehandlung (unterer Teil) dargestellt.

Wälder mit einer auf natürlichen Standorten besonders hohen jährlichen realen Verdunstung sind mittelalte bis alte Laubbaumbestände mit der Hauptbaumart Stiel- oder Traubeneiche (*Quercus robur*, *Q. petraea*) und Nadelbaumbestände mit der Hauptbaumart Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) und Fichte (*Picea abies*) (BRECHTEL & SCHEEL 1982). Es wird empfohlen, Deponiewälder in Anlehnung an diese Waldtypen entsprechend den in Tabelle 2 beschriebenen Entwicklungsschritten aufzubauen und zu gestalten. Die Mischung der genannten Baumarten mit weiteren, vor allem mittel- bis tiefwurzelnden Gehölzarten, wie Linde (*Tilia spec.*), Hainbuche (*Carpinus betulus*), Hasel (*Corylus avellana*) usw. trägt zur Steigerung der Transpiration bei.

Anfangs arbeitet man auf die gewünschte Baum- und Strauchartenmischung über Nachpflanzung und durch Übernahme von Naturverjüngung hin, später im Rahmen von Pflegeeingriffen durch Zurückdrängen bzw. Begünstigen von Arten. Um eine gut ausgeprägte Schichtung, d.h. ein stockwerkartiges Ineinandergreifen von Kronen kleiner, mittlerer, hoher und sehr hoher Bäume im Hinblick auf eine hohe Interzeptionsverdunstung zu erreichen, zielt die Jungwuchs- oder Läuterungspflege in jüngeren und mittelalten Beständen darauf ab, z.B. durch wiederholtes auf den Stock setzen einzelner Bäume eine Ungleichaltrigkeit und damit eine Ausdifferenzierung in kleine, mittlere und große Bäume

herbeizuführen. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Ansprüche der Gehölzarten z.B. an Licht und Wärme, artspezifischer Wuchshöhen und -formen sowie von Vitalität, Lebensdauer usw., wird in älteren Beständen durch eine sog. „Plenterung“ die für den Deponiewald auf Dauer gewünschte Zusammensetzung und Struktur erhalten. Da bei einer Plenterung hauptsächlich ältere und großkronige Bäume entnommen werden, entstehen im Bestand Lücken, in denen sich Naturverjüngung ansiedeln kann, bzw. bereits vorhandener Jungwuchs die Chance hat weiter zu wachsen. Alle beschriebenen Maßnahmen stammen aus der regulären Waldbewirtschaftung. Forstunternehmen, die mit ihrer Umsetzung vertraut sind, stehen praktisch überall zur Verfügung.

Tab. 3: Beziehungen zwischen der Abflussbildung unter Wald und Bodenverhältnissen, Waldzustand und Waldbehandlung. In Anlehnung an LÜSCHER & ZÜRCHER 2001 und BAUMGARTNER & LIEBSCHER 1996 aus BÖNECKE 2001.

<b>Beziehungen zwischen Abflussbildung unter Wald und Bodenverhältnissen und Waldzustand</b>	
<b>Wasserhaushaltskomponente</b>	<b>wird beeinflusst durch</b>
Interzeptionsverdunstung:	Baumart, Baumartenmischung, Schichtung, Deckungsgrad, Kronenform, Blattfläche, Streudecke
Infiltration:	Deckungsgrad Moosschicht, Humusform, Durchmischungstiefe org. Substanz, Bodenart
Speicherung/Zwischenabfluss:	Bodenart, Horizontfolge, Wassersättigung des Bodens, Hydromorphie, Skelettgehalt, Makroporen, Risse, Wurmgänge, Durchwurzelungsintensität, Durchwurzelungstiefe,
Hangneigung	
Transpiration:	Baumart, Baumartenmischung, Bestandesalter, Blattfläche, Durchwurzelungsintensität, Durchwurzelungstiefe
Abfluss:	Durchlässigkeit Untergrund, bevorzugte Fließwege, Hangneigung
<b>Beziehungen zwischen Abflussbildung unter Wald und Waldbehandlung</b>	
<b>Wasserhaushaltskomponente</b>	<b>beeinflussbar durch forstliche Maßnahmen</b>
Interzeptionsverdunstung:	Baumartenwahl/-mischung, Bestandespflege
Infiltration:	Baumartenwahl/-mischung, bodenpflegliche Nutzung
Speicherung/Zwischenabfluss:	Baumartenwahl/-mischung, bodenpflegliche Nutzung
Transpiration:	Baumartenwahl/-mischung, Bestandespflege
Abfluss	-

### 5.3 Wirtschaftliche Nutzung von Gehölzbeständen

Eine Nachnutzung von Gehölzbeständen auf Deponien unter gewinnbringenden Aspekten durchzuführen erscheint nicht möglich, dagegen schon eher unter dem Gesichtspunkt, Beiträge zur Kostendeckung zu erwirtschaften. Nennenswert sind in diesem

Zusammenhang die Ergebnisse einer vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Machbarkeitsstudie mit dem Ansatz, ehemalige Deponien als Standorte für die Produktion und Verwertung von Energiepflanzen unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Vorgaben zu nutzen (HILLEBRECHT et al. 2005). Ein zentrales Ergebnis ist: „Dass der Anbau von energetisch nutzbaren Pflanzen unter Beachtung von deponietechnischen Vorgaben und einer Reihe von naturschutzfachlichen Anforderungen grundsätzlich möglich ist. Allerdings reicht die Menge an Biomasse, die produziert werden kann (bezogen auf die auf einer Deponie dafür durchschnittlich geeigneten Fläche, Anm. d. Verfassers), im Regelfall nicht aus, um Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, so dass aus diesem Grund Biomassepotenziale und Anlagenkapazitäten aus der Region eingebunden werden müssen.“ Zu den energetisch nutzbaren, schnell wachsenden Gehölzen gehören Weidenarten (*Salix spec.*), wie sie z.B. für die oben beschriebene ingenieurbioologische Bauweise verwendet werden. Es könnten z.B. die in größeren Weiden-Beständen (> 1 ha) bei der in 3 – 5jährigen Intervallen notwendigen Pflege anfallenden Äste einer energetischen Nutzung in Form von Hackschnitzeln zugeführt werden, um dadurch einen Beitrag zur Deckung der Gehölzpflegekosten zu erzielen.

Erfahrungen mit schnell wachsenden Baumarten liegen auch aus Versuchen zur alternativen Folgenutzung von Kippenstandorten vor (GRÜNEWALD et al. 2005). Dort wurden nach einem Agroforstsystem, dem Alley-Cropping (reihenweiser Anbau von schnell wachsenden Gehölzen, dazwischen Feldstreifen mit z.B. Grünlandnutzung) experimentelle Anbauten durchgeführt und ökologisch und ökonomisch bewertet. Der Ansatz scheint auf Deponien übertragbar und besonders für solche außerhalb Waldes interessant zu sein, wo aus landschaftlichen Gründen nur eine teilweise Begrünung mit Gehölzen in Frage kommt. Möglicherweise können mit dem System bestimmte gestalterische Anforderungen mit Anforderungen der nachhaltigen Sickerwasserminimierung in Einklang gebracht werden.

## 6 Fazit

Die Planung und Gestaltung von Gehölzbewuchs auf Deponien ist sicher nicht so anspruchsvoll wie die Lösung vieler technischer Fragen, die sich im Zusammenhang mit der Nachsorge- bzw. Nachnutzungsphase von Deponien stellen. Sie soll aber auch nicht so beiläufig erledigt werden, wie das in der Vergangenheit oft geschah und heute zum Teil noch der Fall ist.

Der Beitrag beschreibt, ausgehend von den Zielen und den Anforderungen an die Anlage eines Gehölzbewuchses auf Deponien, wie eine Planung für einen Gehölzbewuchs erstellt werden kann. Es wird erläutert, welche Begrünungsverfahren in Frage kommen und wie sich durch entsprechende Gestaltung bzw. Pflegeeingriffe ein Deponiewald entwickelt lässt, der durch eine hohe reale jährliche Verdunstung zu einer Minimierung der Absickerung aus der Rekultivierungsschicht wirksam beiträgt.

Es wird dargestellt, wie wichtig es für die Planung eines Gehölzbewuchses ist, die lokalen Standortverhältnisse zu kennen, das sind vor allem der Bodenzustand und das Klima. Nur unter Beachtung der Boden- und Klimaverhältnisse ist es möglich, eine Empfehlung abzugeben, aus welchen Baum- und Straucharten ein Gehölzbestand langfristig am erfolgreichsten entwickelt werden kann. Es sollte deshalb zur Regel werden, das

beschriebene Verfahren zur Bewertung der Standortverhältnisse, das Standortgutachten, als Instrument des Qualitätsmanagements bei der Ausführung von Rekultivierungs- und Begrünungsarbeiten anzuwenden. Dadurch wäre weitgehend sichergestellt, dass bereits bei der Herstellung der Rekultivierungsschicht Belange des künftigen Bewuchses beachtet werden und die Zusammenstellung eines Bewuchses angepasst an die tatsächlichen Gegebenheiten eines Standorts erfolgt.

Die für einen Gehölzbewuchs auf Deponien beschriebenen Pflegemaßnahmen stammen aus der gängigen Waldbewirtschaftung. Entsprechend unkompliziert lässt sich deren Durchführung planen und organisieren. Die Pflegeeingriffe sind als eine Art Mindestpflege zu betrachten. Sie sind erforderlich, wenn ein Gehölzbewuchs in Form eines Deponiewaldes langfristig so bestehen bleiben soll, wie es für eine optimale Minimierung der Abgabe von Sickerwasser aus der Rekultivierungsschicht erforderlich ist.

## 7 Literaturhinweise

Aldinger, E., Seemann, D. & Konner, V. (1996): Wurzeluntersuchungen auf Sturmwurfflächen 1990 in Baden-Württemberg. Mitt. Verein für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, H. 38: 11-22

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., 392 S., Hannover

AKS = Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1996): Forstliche Standortsaufnahme, 352 S., Eching

Baumgartner, A. & Liebscher, H.-J. (1996): Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie, Lehrbuch der Hydrologie, Band 1, 694 S.

Berger, K & Sokollek, V. (1997): Sind qualifizierte Abdeckungen von Altdeponien unter den gegebenen klimatischen Voraussetzungen der BRD sinnvoll bzw. möglich?, in EGLOFFSTEIN, T. & BURKHARDT, G. [Hrsg.]: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 103: 15-40

Bönecke, G. (2000): Standortkundliche Untersuchungen bei Rekultivierungen, in Stein-Verlag Baden-Baden [Hrsg.]: Ratgeber Rekult: 54-55

Bönecke, G. (2001): Verzicht auf Oberflächenabdichtungen durch forstliche Rekultivierung von Deponien – Deponiewald statt Oberflächenabdichtung?, in EGLOFFSTEIN, T., BURKHARDT, G. & CZURDA, K. [Hrsg.]: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 122: 263-280

Brechtel, H.M. & Scheel, G. (1982): Erwirtschaftung von Grundwasser durch Land- und Forstwirtschaftliche Maßnahmen. 4. Fortbildungslehrgang Grundwasser. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. [DVWK], Bonn

DGGT = Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2000): GDA-Empfehlung E 2-31 – Rekultivierungsschichten (Entwurf), Bautechnik 77 (9): 617-626

- Gadow von, K. & Meskauskas, E. (1997): Strichprobenverfahren zur Erfassung von Naturverjüngungen, AFZ/Der Wald: 247-248
- Grünwald, H., Wöllecke, J., Schneider, B. U. & Hüttl, R. F. (2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. Natur und Landschaft (9/10): 440-443
- Hillebrecht, K., Richter, O., Kratz, R., Borkowsky, O., Schmehl, M. & Fricke, K. (2005): Nachnutzung von Deponien für den Anbau von Energiepflanzen. Natur und Landschaft (9/10): 444-446
- Landesarbeitskreises Forstliche Rekultivierung von Abbaustätten (2000): Forstliche Rekultivierung. Schriftenreihe Umweltberatung im Industrieverband steine und Erden Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.), Bd. 3, 62 S.
- LfU = Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), (1997): Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall-konformer Oberflächenabdichtung, Handbuch Abfall, Bd. 13, 97 S u. Anhang.
- Lüscher, P. & Zürcher, K. (2001): Waldpflege zur Sicherung des vorbeugenden Hochwasserschutzes aus standortkundlicher Sicht, aufgezeigt an einem Beispiel der Schweiz. Vortrag: Symposium der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Vorbeugender Hochwasserschutz – Was können Wald und Forstwirtschaft beitragen?, 26.07.2001, Freising
- Maier-Harth, U., Bräckelmann, H. & Sturm, D. (2005): Die Wasserhaushaltsschicht: Konzept und Durchführung am Beispiel der Hausmülldeponie Spremlingen, Landkreis Mainz-Bingen, in Landesamt für Geologie und Bergbau & Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (Hrsg.): 5. Deponieseminar – Sanierung, Oberflächenabdichtung, Rekultivierung und Nachsorge von Deponien: 75-113
- Richter, F.-H., Horn, R., Fleige, H. & Khalil, A. (2001): Bodenkundliche Bewertung einer temporären Oberflächenabdichtung. Wasser & Boden, (6): 17-20
- Schaber-Schoor, G. (2005): Ingenieurbiologischer Verbau, in WATTENDORF, P., KONOLD, W. & EHRMANN, O. (Hrsg.): Rekultivierungsschichten und Wurzelsperren, Culterra, Bd. 41: 155-168
- Wattendorf, P., Konold, W. & Ehrmann, O. (Hrsg.): Rekultivierungsschichten und Wurzelsperren, Culterra, Bd. 41, : 278 S.
- Wattendorf, P. & Ehrmann, O. (2003): Die Bedeutung von Wald für die langfristige Sicherheit von Deponien und Altlasten. Unveröff. Schlussbericht im Auftrag der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg, 24 S. u. Anhang
- Wattendorf, P. & Sokollek, V. (2000): Gestaltung und Entwicklung von standortgerechtem Bewuchs auf Rekultivierungsschichten. In: Wasserhaushalt der

Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Bd. 47: 225-234

Zeh, H. (1993): Ingenieurbio-logische Bauweisen. Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement und Bundesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), Studienberichte Nr. 4, 60 S.