

Die Herstellung der Wasserhaushaltsschicht auf der Deponie Scheeren aus Sicht der Fremdprüfung

Dipl.-Ing. (FH) Birk Kröber (GGU mbH, Magdeburg)

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Deponie Scheeren	4
2.1 Grundmaterial	4
2.2 Eignungsuntersuchung zur Konditionierung	6
2.3 Überwachung der Konditionierung	9
2.4 Umsetzung des Bauvorhabens	11
3. Erkenntnisse aus Sicht der Fremdprüfung	12

1. Einleitung

Die GGU Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH ist als Ingenieurbüro seit der Gründung im Jahr 1987 in vielen Bereichen der Geotechnik und der Umwelttechnik beratend tätig. Im Bereich Deponiebau werden bundesweit Leistungen zur Fachplanung, Beratung, Überwachung und Qualitätssicherung erbracht.

Verstärkt wurden in den letzten Jahren auch Deponiebauvorhaben mit Wasserhaushaltsschichten betreut. Von den im Zeitraum 2000 bis 2005 etwa 40 betreuten Bauvorhaben, wurden (bzw. werden derzeit noch) 9 mit Wasserhaushaltsschichten ausgeführt.

In der Regel werden hierbei Wasserhaushaltsschichten mit einem weiteren Sicherungselement (Mineralische Dichtung, Kunststoffdichtungsbahn, Abdichtungen aus Deponieasphalt oder Kapillarsperre) kombiniert. Bauvorhaben mit einer qualifizierten Wasserhaushaltsschicht als alleiniges Abdichtungselement wurden bisher nur auf Deponien im Bundesland Sachsen-Anhalt betreut. Diese sind in Abb. 1 dargestellt.

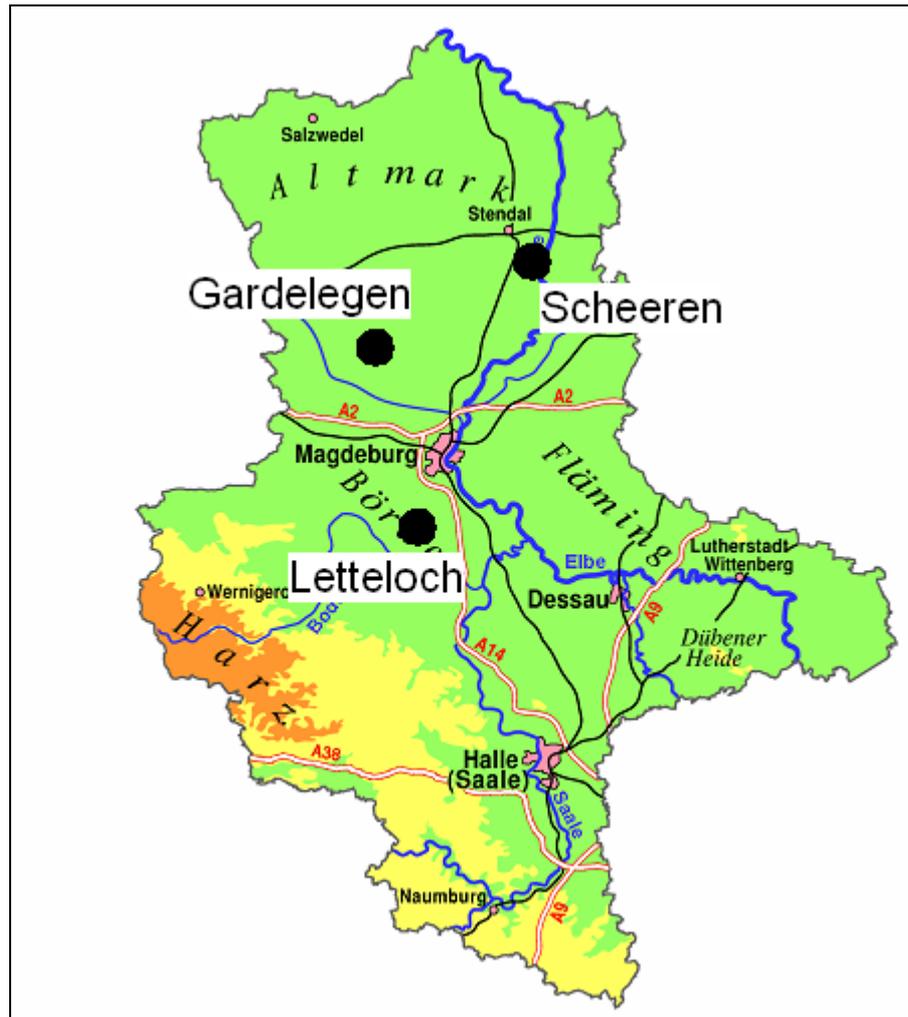


Abb. 1: Standorte der Deponien mit Wasserhaushaltsschicht

Die Gründe für diese Konzentration auf das Land Sachsen-Anhalt liegen unter anderem in den günstigen klimatischen Bedingungen. Insbesondere ist die Niederschlags-Evapotransportationsbilanz negativ, das heißt, dass jährlich tendenziell mehr verdunsten kann als Niederschlag anfällt (semiarides Klima). Hinzu kommt eine zumindest im mittleren und südlichen Teil des Landes gute Verfügbarkeit von geeigneten Böden. Verwiesen wird diesbezüglich auf die hier großflächig vorhandenen Lößvorkommen, welche aus bodenkundlicher Sicht einen nahezu idealen Baustoff für Wasserhaushaltsschichten darstellen (siehe Abb. 2). Die Böden fallen zum Beispiel als Bodenaushub bei Straßenbauvorhaben (Neubau der Bundesstraße B6n) in großem Umfang an und werden in der Regel als „minderwertiger“ Baustoff entsorgt oder in untergeordnete Bauteile (Lärmschutzwände etc.) eingebaut. Diese Materialverfügbarkeit führte unter anderem

zur Verwendung bei der Sicherung der Deponie Letteloch mit einer Wasserhaushaltsschicht aus Löß.



Abb. 2: Flächige Lößvorkommen im Land Sachsen-Anhalt

Stehen derartige Böden nicht in ausreichenden Mengen oder nicht in einer ausreichenden Qualität zur Verfügung, können diese mit modernen Erdbau-Verfahren auch hergestellt werden. Dies erfolgt meist durch homogene Mischung und Konditionierung.

Wie aus der Abb. 2 erkennbar ist, liegen die Deponien Scheeren und Gardelegen nicht in Bereichen mit einer Lößüberdeckung. Am Beispiel der Deponie Scheeren wird nachfolgend zunächst die Materialrecherche und die Konditionierung der Baustoffe sowie die Herstellung der Oberflächenabdeckung aus Sicht der Fremdprüfung beschrieben.

2. Deponie Scheeren

2.1 Grundmaterial

Die Deponie Scheeren liegt im Raum Tangerhütte und somit im Norden des Landes. Der Standort ist aus regionalgeologischer Sicht dem Übergang von der Letzlinger Heide zum östlich angrenzenden Urstromtal der Elbe zuzuordnen. Für die Herstellung einer qualifizierten Wasserhaushaltsschicht waren somit aus geologischer Sicht keine geeigneten Böden am Standort zu erwarten. Recherchen des Planers bestätigen diese Einschätzung.

Auf dem Gelände einer Gewerbeansiedlung in Tangermünde stand jedoch ein größeres Boden-Aushubvolumen zur Verfügung, welches die geplante Erweiterung des Gewerbebetriebes behinderte. Somit war hier entweder eine Umlagerung oder eine anderweitige Nutzung des Boden-Aushubes erforderlich. Da im Raum Tangerhütte zum damaligen Zeitpunkt keine größeren Erdbauvorhaben geplant waren, konnte keine Nutzung als Baustoff im Erd- oder Straßenbau erfolgen.

Durch den Planer wurde somit die Verwendung als Wasserhaushaltsschicht im Deponiebau geprüft. Hierzu wurden vorab Bestimmungen der Korngrößenverteilung durchgeführt (Abb. 3). Demnach stellte sich Material als schwach schluffiger Sand mit geringen kiesigen Beimengungen dar.

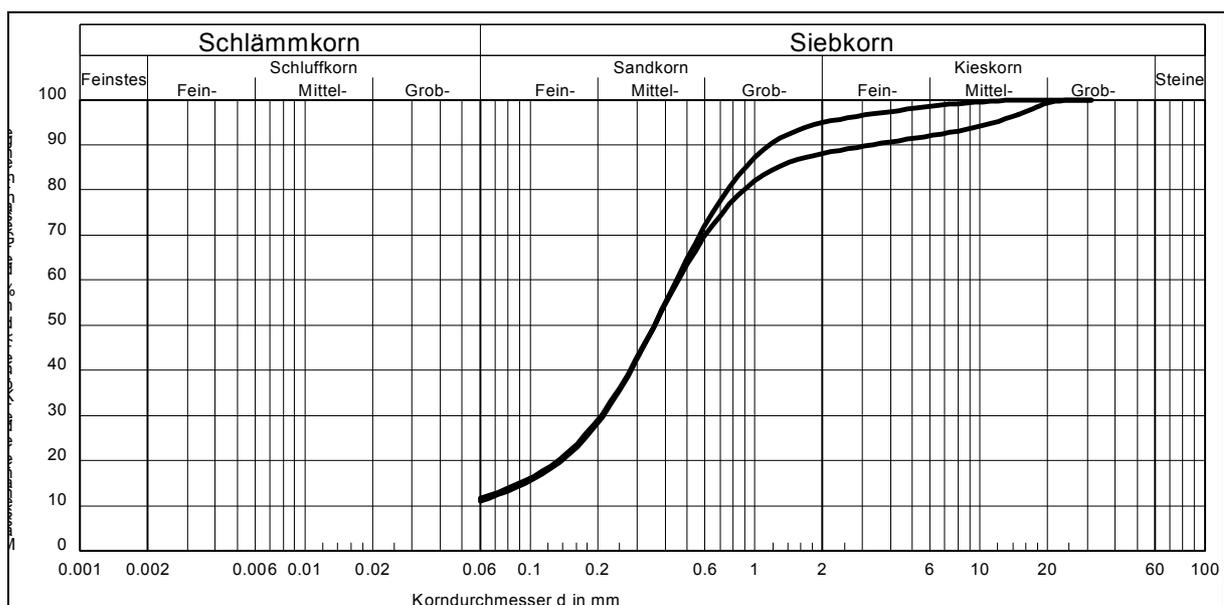


Abb. 3: Korngrößenverteilungen des Grundmaterial

Zur Einschätzung der Eignung als qualifizierte Wasserhaushaltsschicht wurde die GGU mit der Durchführung weiterführenden Untersuchungen beauftragt, welche im Jahr 2003 durchgeführt wurden. An repräsentativen Mischproben erfolgten Bestimmungen der Korngrößenverteilung, der Wasserdurchlässigkeit, der Proctordichte sowie der bodenkundlichen Parameter Feldkapazität, Welkepunkt sowie nutzbare Feldkapazität. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Anteil Feinkorn < 0,063 mm	11,1 bis 11,7 Gew.-%
Anteil Sandkorn 0,063 bis 2,0 mm	76,5 bis 84,3 Gew.-%
Anteil Kieskorn > 2,0 mm	4,6 bis 11,7 Gew.-%
Bodenart (DIN 4022)	mS, gs, u', fs' bis mS, gs, u', fs', mg'
Bodengruppe (DIN 18 196)	SU
Bodenart (KA 4)	Su2
Proctordichte ρ_{Pr}	2,034 g/cm ³
Optimaler Wassergehalt w^{opt}	8,0 %
k-Wert bei 95 % Proctordichte	$3 \cdot 10^{-5}$ m/s
Feldkapazität FK	13,2 Vol.-%
Welkepunkt PWP	7,7 Vol.-%
Nutzbare Feldkapazität nFK	5,5 Vol.-%

Tabelle 1: Ergebnisse der Eignungsuntersuchung am Grundmaterial

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen bestätigten somit die vorliegenden Untersuchungen des Planers. Die bodenkundlichen Parameter hingegen zeigen deutliche Abweichungen zu den nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 4 zu erwartenden Ergebnissen. Ableitungen nach KA 4 hätten z.B. eine nutzbare Feldkapazität von nFK \approx 14,5 % ergeben. Die Ursache dieser Abweichungen wird durch die GGU in Gefügeänderungen bei der Umlagerung von gewachsenen Böden gesehen. Da die Angaben der KA 4 für gewachsene Böden erstellt wurden, können diese bei bestimmten Böden nicht direkt auf umgelagerte Böden übertragen werden.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde die Möglichkeit der Verbesserung der bodenkundlichen Parameter durch Anpassungen der Korngrößenverteilung sowie Beschränkungen der Einbaudichten aufgezeigt.

2.2 Eignungsuntersuchung zur Konditionierung

Eine Anpassung der Korngrößenverteilung kann zum Beispiel durch die Zugabe von Feinkorn erfolgen. Hierbei besteht die Möglichkeit, das Grundmaterial mit einem feinkornreichen Material zu konditionieren. Erfolgt dieses durch Zugabe von gewachsenen Böden, sind unter Umständen größere Schwankungen zu erwarten. Da gewachsene feinkornhaltige Böden in der Regel auch Sand- und Kiesanteile enthalten, hätte dieses einen hohen Prozentsatz an Zugabematerial erfordert. Hinzu kommen Probleme bei der Herstellung eines homogenen Baustoffes.

Die Zugabe von gewachsenem Ton erfordert hingegen einen hohen maschinellen Aufwand. Zudem muss auch hier in der Regel ein höherer Anteil als rechnerisch erforderlich zugegeben werden, da aufgrund der Aggregatgröße eines Tones bei natürlichem Wassergehalt und entsprechenden Konsistenzen keine gleichmäßige homogene Zugabe möglich ist.

Aus den genannten Gründen wurde als Zuschlagstoff ein sehr hochwertiges Tonmehl aus der Gewinnungsstätte Friedland gewählt. Hierbei handelt es sich um einen natürlichen Ton, welcher einen Tonmineralgehalt von ≈ 60 bis 70% aufweist. Dieser Tonmineralgehalt wird etwa zu gleichen Teilen aus Illit, Smectit und Koalinit. Der Feinstkornanteil $< 0,002$ mm liegt bei ≈ 50 bis 70% . Der Ton ist als ausgeprägt plastisch anzusprechen (Bodengruppe TA). Die Wasserdurchlässigkeit des Rohstoffes ist mit $k_f \approx 10^{-11}$ m/s als sehr gering durchlässig zu bezeichnen.

Der Friedländer Ton wird im Werk aufbereitet und kann dann in getrockneter Form als Tonmehl lose oder in Silos gelagert und transportiert werden. Er erlaubt somit eine sehr genaue Dosierung. Erfahrungen mit dem Baustoff liegen in der GGU aus mehreren Konditionierungen von Dichtungsbaustoffen im Deponiebau vor. Die Korngrößenverteilung dieses Rohstoffes ist in Abb. 4 dargestellt:

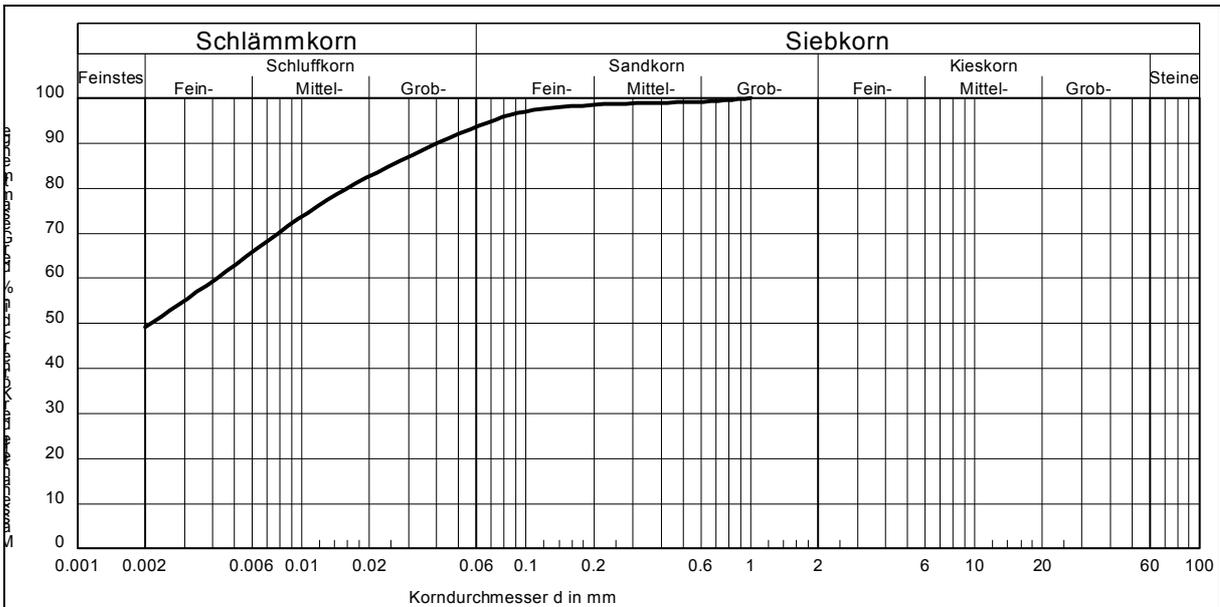


Abb. 4: Korngrößenverteilung Friedländer Tonmehl

Nach Abstimmung mit dem Bauherren sowie dem Planer wurden im Jahr 2004 im Labor der GGU Eignungsuntersuchungen an verschiedenen Mischungen durchgeführt. Hierzu wurden vorab sich theoretisch ergebende Kornverteilungen berechnet (Abb. 5).

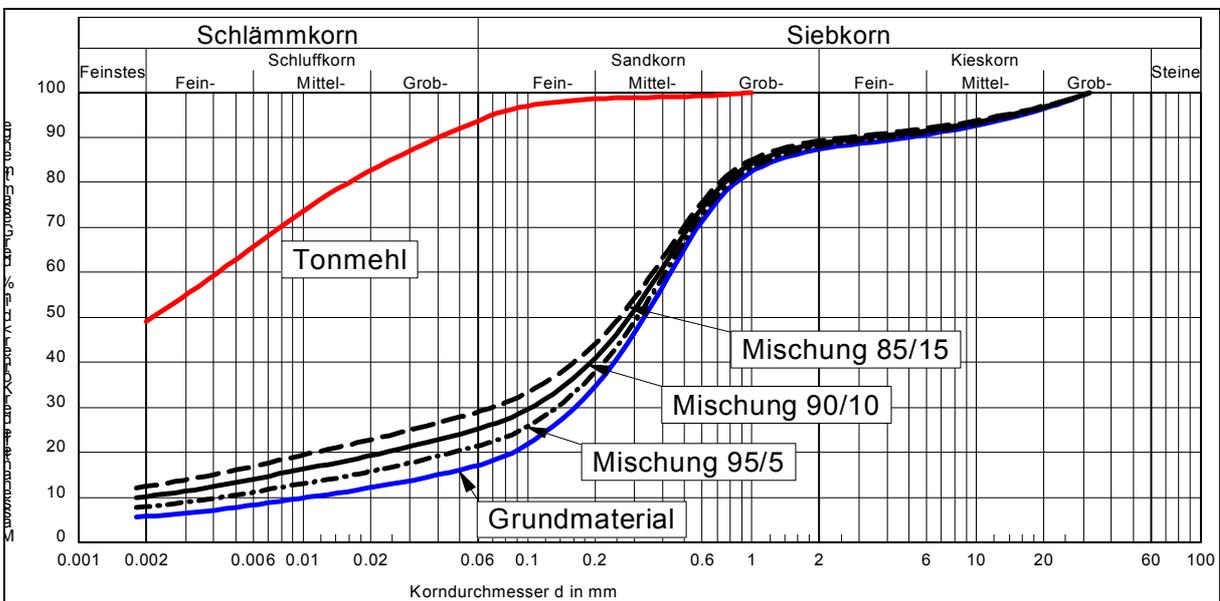


Abb. 5: Theoretische Korngrößenverteilung der verschiedenen Mischungen

Im Ergebnis wurden gemeinsam mit dem Planer die Mischungen

- 95 / 5 (95 % Grundmaterial / 5 % Friedländer Tonmehl)
- 90 / 10 (90 % Grundmaterial / 10 % Friedländer Tonmehl)
- 85 / 15 (85 % Grundmaterial / 15 % Friedländer Tonmehl)

ausgewählt und nachfolgend bodenmechanisch und bodenkundlich untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind nachfolgend zusammengefasst (Tabelle 2):

Parameter	Mischung		
	95/5	90/10	85/15
Anteil Tonkorn < 0,002 mm	9,7 Gew.-%	13,4 Gew.-%	15,7 Gew.-%
Anteil Schluffkorn 0,002 bis 0,063 mm	12,2 Gew.-%	12,8 Gew.-%	13,5 Gew.-%
Anteil Sandkorn 0,063 bis 2,0 mm	69,4 Gew.-%	64,7 Gew.-%	65,0 Gew.-%
Anteil Kieskorn > 2,0 mm	8,7 Gew.-%	9,1 Gew.-%	5,8 Gew.-%
Bodenart (DIN 4022)	S, t', u', g'	S, t', u', g'	S, t', u', g'
Bodengruppe (DIN 18 196)	SU*	SU*	SU*/ST*
Bodenart (KA 4)	SI3	SI4	SI4
k-Wert bei 95 % Proctordichte	$4,7 \cdot 10^{-7}$ m/s	$4,5 \cdot 10^{-9}$ m/s	$1,2 \cdot 10^{-9}$ m/s
Glühverlust V_{GL}	2,02 %	2,52 %	2,01 %
Kalkgehalt V_{CA}	8,15 %	8,03 %	7,54 %
Feldkapazität FK	18,7 Vol.-%	27,0 Vol.-%	33,8 Vol.-%
Welkepunkt PWP	9,3 Vol.-%	10,9 Vol.-%	13,6 Vol.-%
Nutzbare Feldkapazität nFK	9,4 Vol.-%	16,1 Vol.-%	20,2 Vol.-%

Tabelle 2: Ergebnisse der Eignungsuntersuchung an verschiedenen Mischungen

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den theoretischen Mischungen. Die bodenkundlichen Parameter lagen im erwarteten Bereich. Nach einem Vergleich der Ergebnisse mit den zwischenzeitlich durch den Planer definierten Anforderungen an die Bauteile Ober- und Unterboden wurden die Mischungen

- 95/5 für den Unterboden
- 90/10 für den Oberboden

empfohlen.

2.3 Überwachung der Konditionierung

Mit den Ergebnissen der Eignungsuntersuchung zur Konditionierung erfolgte im Februar 2004 eine Abstimmung mit dem Landesverwaltungsamt. Die Ergebnisse wurden vorgestellt und entsprechend diskutiert. Der Umsetzung wurde zugestimmt, sodass die Konditionierung im Zeitraum März bis Juni 2004 erfolgen konnte. Die geotechnische Betreuung sowie Überwachung erfolgte hierbei durch den Planer. Die GGU war zunächst nur beratend tätig.

Das Grundmaterial wurde vor Ort in einem Doppelwellenzwangsmischer mit dem Zuschlagstoff gemischt. Hierbei wurde der für Doppelwellenzwangsmischer typische Wasserverlust im Mischgut durch starke Reibung und daraus resultierender Erhitzung im Mischergehäuse festgestellt. Zur Erzielung der geforderten Homogenität sowie ausreichender Tagesleistungen musste weiteres Wasser zugegeben werden. Weiterhin trat aufgrund des sandigen Grundmaterials ein starker Verschleiß der Mischerblätter auf.

Das Ergebnis der Konditionierung wurde durch bodenmechanische und bodenkundliche Untersuchungen überwacht. Die bodenmechanischen Untersuchungen wurden im Labor des Planers durchgeführt. Die Bestimmung der bodenkundlichen Parameter erfolgte durch die GGU, wobei ebenfalls die Korngrößenverteilung bestimmt wurde. Diese Untersuchungen ergaben folgendes:

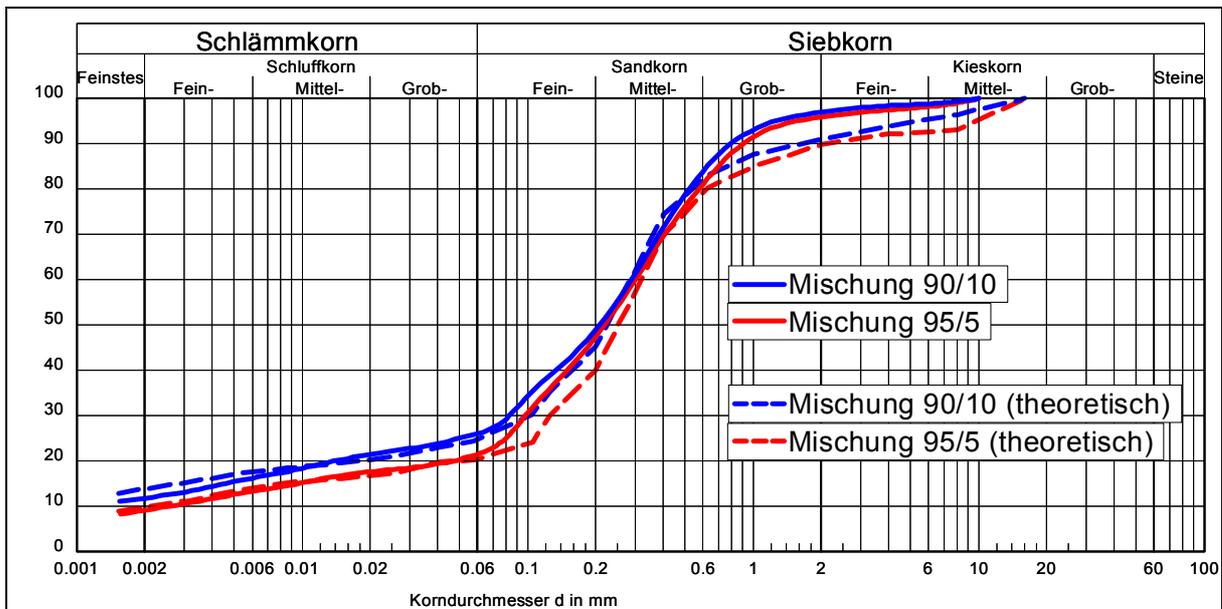


Abb. 6: Soll-Ist Vergleich der Korngrößenverteilungen nach Konditionierung

Die bodenkundlichen Parameter der hergestellten Mischungen wurden wie folgt bestimmt:

Mischung/Probe	Rohdichte [g/cm ³]	Feldkapazität [%]	Welkepunkt [%]	nutzbare Feldkapazität [%]
Mischung 95/5	1,70	19,6	10,7	8,9
Mittelwert aus Voruntersuchung	1,65	18,7	9,3	9,4
Mischung 90/10	1,66	26,4	11,9	14,1
Mittelwert aus Voruntersuchung	1,65	27,0	10,9	16,1

Tabelle 3: Soll-Ist Vergleich der bodenkundlichen Parameter

Es wurden somit etwas geringere nutzbare Feldkapazitäten als in der Voruntersuchung ermittelt, welche auf natürliche Schwankungen zurückgeführt wurden. Weitere Ursachen können in der Umsetzung der Dosierung liegen.

In diesem Zusammenhang wird darauf verwiesen, dass sich die Angaben der Massenanteile immer auf die Trockenmassen bezieht. Nur so ist eine Nachvollziehbarkeit gegeben. Vor Ort erfolgt jedoch in der Regel eine Dosierung nach Feuchtmassen, da die Trockenmassen messtechnisch nicht erfasst werden können. Jede Konditionierung erfordert somit eine äußerst präzise Einstellung der

jeweiligen Anlage sowie eine intensive Überwachung. Diese erfolgt in der Regel über Wassergehaltsbestimmungen und Bestimmungen der Korngrößenverteilung. Da diese Ergebnisse jedoch verfahrensbedingt erst nach 2 Tagen vorliegen, sind ausreichende Zwischenlager etc. erforderlich. Weiterhin sind geeignete Steuerungselemente zur Qualitätssicherung vorzusehen.

2.4 Umsetzung des Bauvorhabens

Die Umsetzung der Baumaßnahme erfolgte im Zeitraum August bis November 2004. Die Maßnahme wurde durch die GGU als Fremdprüfer betreut. Hierbei wurden die im Deponiebau üblichen Regularien wie

- Eignungsnachweis, bestehend aus Eignungsprüfung und Versuchsfeld
- Betreuung durch Eigenprüfung
- Betreuung durch Fremdprüfung

umgesetzt. Eine gesonderte Behördenüberwachung erfolgte nicht.

Aufgrund der abgesicherten Materialverfügbarkeit konnten unmittelbar nach Beauftragung des ausführenden Bauunternehmens die Eignungsuntersuchungen durchgeführt werden. Da es sich bei den Baustoffen für Unter- und Oberboden um bereits konditioniertes Auftraggebermaterial handelte, wurden die Eignungsuntersuchungen für die genannten Baustoffe durch die Fremdprüfung erstellt. Hierbei wurde auf die Ergebnisse der Überwachung der Konditionierung zurückgegriffen.

Nach positiver Freigabe durch das Landesverwaltungsamt konnte das Versuchsfeld errichtet werden. Im Versuchsfeld wurde der Nachweis erbracht, dass:

- die eingesetzte Bautechnik und
- das erprobte Einbauverfahren

für die Erfüllung der Anforderungen gemäß Planung geeignet waren. Im Ergebnis des Versuchsfeldes mussten jedoch die Verdichtungsgrade auf $D_{PR} = 89 \%$ in

Unterboden sowie $D_{PR} = 85 \%$ im Oberboden begrenzt werden, da bei höheren Verdichtungsgraden die bodenkundlichen Parameter nicht gesichert erreicht wurden.

Nach Abschluss der Versuchsfeldes wurde die Oberflächenabdeckung in einem Zeitraum von 4 Wochen hergestellt. Diese sehr kurze Bauzeit war nur möglich, weil die Baustoffe für Unter- und Oberboden vollständig verfügbar waren. Probleme traten bei der Verfügbarkeit des durch den Auftragnehmer zu liefernden Kulturbodens auf, sodass hier zwei verschiedene Baustoffe eingebaut wurden.

3. Erkenntnisse aus Sicht der Fremdprüfung

Aus der Vorbereitung und Umsetzung des Bauvorhabens können aus Sicht der Fremdprüfung folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Beachtung der regional verfügbaren Böden (=Baustoffe) bei der Planung kann zu kostengünstigen und umwelttechnisch sinnvollen Lösungen bei der Herstellung von Wasserhaushaltsschichten führen.
- Eine gründliche Materialrecherche und geotechnische Voruntersuchung im Zuge der Planung sichert unter Umständen die Durchführbarkeit der Maßnahme ab.
- Allerdings können Wasserhaushaltsschichten aus Gründen der Materialverfügbarkeit nicht überall kostengünstig realisiert werden. Hierbei sind Voruntersuchungen zur Konditionierung wichtig.
- Im Zuge der Vorplanung kann ggfs. mit bodenkundlichen Parametern nach KA 4 gearbeitet werden. Diese sind jedoch zwingend durch bodenkundliche Untersuchungen am geplanten Baustoff zu bestätigen.
- Ein ausreichender Vorlauf bei der Beschaffung von Baustoffen durch den Auftraggeber ermöglicht eine deutliche Bauzeitreduzierung und sichert die geplante Qualität der Wasserhaushaltsschicht.
- Das bauausführende Unternehmen ist für die Einbauqualität verantwortlich. Bei Verwendung von Auftraggebermaterial bleibt dieser jedoch für die Materialqualität verantwortlich. Aufgrund dieser ggf. divergierenden Verantwortungen ist eine intensive Begleitung durch die Fremdprüfung ist unerlässlich.