

Alternative Abdichtungssysteme

- Beispiel für den Einsatz von Polymeren -

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Grubert, M.Sc.

GGU – Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH, Magdeburg

1 Vorbemerkungen

Alternative Abdichtungssysteme finden im Deponiebau zunehmend Anwendung. Es handelt sich um Systeme, die als Alternative zum in den entsprechenden Deponievorschriften geforderten „Regelsystem“ eingesetzt werden.

Die Notwendigkeit für alternative Abdichtungssysteme ergibt sich u.a. aus

- Bautechnischen Erwägungen
- Erdstatischen Erwägungen
- Materialverfügbarkeit
- Materialverwertung
- Herstellungskosten

Es ist vor dem Hintergrund ökonomischer Aspekte aber auch vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschaftsgedankens immer sinnvoll, standortbezogene, dem sich ändernden Stand der Technik angepasste Lösungen, zu finden. Gerade für den Ingenieur sollte es ein Ziel sein, die Deponieabdeckung als „Bauwerk“ (siehe: [STIEF]) zu verstehen, für die es neben dem „behördlich“ vorgegebenen Aufbau immer alternative und dennoch der Zielvorgabe eines ausreichenden Schutzes von Boden und Grundwasser (aus: [DEPV]) entsprechende Systeme gibt.

So existieren derzeit eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen, bei denen Kunststoffkomponenten, mineralische Komponenten und Modifikationen von mineralischen Komponenten (siehe [MELCHIOR]) durch Mischungen und Additive eingesetzt werden. Modifikationen sind beispielsweise erforderlich, um die Eigenschaften verfügbarer Böden hinsichtlich der speziellen Anforderungen durch Zugabe weiterer Materialien zu verbessern.

Gleichzeitig herrscht hinsichtlich der Eignung derartiger alternativer Systeme in Anbetracht der entsprechenden EU-Rechts und der seit 1998 auslaufenden bauaufsichtlichen „Zulassungen“ Unsicherheit. Da alternative mineralische Abdichtungsschichten nicht als „Bauprodukt“ angesehen werden und es daher keine projektunabhängigen Zulassungen gibt, muss die Eignung alternativer Abdichtungssysteme projektbezogen nachgewiesen werden. Dies erfordert einerseits Kenntnis über die entsprechenden Nachweismethoden und andererseits auch Einigkeit der beteiligten Bauherrn, Planer und Gutachter über Methoden und Ziele.

Vor diesem Hintergrund wird der Einsatz eines alternativen Abdichtungssystems in der Oberflächenabdeckung im Deponiebau beschrieben.

2 Abdeckungssysteme und Abdichtungssysteme

2.1 Aufbau

Oberflächenabdeckungssysteme und Basisabdichtungssysteme bestehen in der Regel aus mehreren Komponenten, die verschiedene Aufgaben erfüllen. Der Aufbau eines „Regelsystems“ gemäß der aktuellen nationalen und internationalen Deponievorschriften besteht aus mineralischen Elementen und Kunststoffen. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Systeme sind die Abdichtungsschichten, mit denen die Hauptaufgabe, die hydraulische und umwelttechnische Trennung von Deponiekörper und Umwelt erreicht wird. Bei Oberflächenabdeckungen bedeutet dies beispielsweise, dass die Infiltration von Niederschlagswasser und Emission von Deponiegas unterbunden werden soll. Weitere Komponenten mit entsprechend zugeordneten Aufgaben sind Wasserhaushaltsschichten, Dränschichten, Schutzschichten, Gasdränschichten, Ausgleichsschichten und Profilierungsschichten.

2.2 Abdichtungsschichten

Die Abdichtungsschicht im „Regelsystem“ der Oberflächenabdeckung und der Basisabdichtung nach [DEPV] bzw. [TA ABFALL] / [TA SIEDLUNGSABFALL] besteht (neben den Kunststoffkomponenten bei Kombinationsabdichtungen) aus einer mineralischen Komponente, die mit fein- und gemischtkörnigen Böden mit detailliert beschriebenen Qualitäts-Eigenschaften hergestellt wird. Der Abdichtungsschicht kommt in diesem System die Aufgabe der konvektiven und diffusiven Trennung von Sickerwasser im Deponiekörper und dem Untergrund bzw. Deponiekörper und Niederschlagswasser an der Oberfläche zu. Nach den genannten Vorschriften muss diese Schicht damit u.a. Anforderungen an die

- Durchlässigkeit (Dichtheit)
- Schadstoffrückhaltevermögen
- Verdichtung
- Kornzusammensetzung
- Mächtigkeit

erfüllen.

Die Anforderungen sind unabhängig vom Aufbau und den Eigenschaften der restlichen Komponenten des Abdeckungs- bzw. Abdichtungssystems formuliert.

2.3 Alternative Abdichtungssysteme

Alternative Abdichtungssysteme sind dadurch gekennzeichnet, dass die Abdichtungsschicht nicht aus einem fein- oder gemischtkörnigen Boden gemäß Regelaufbau mit definierten Qualitätseigenschaften besteht. Es werden einzelne Modifikationen von Einzelkomponenten oder durch deren Kombination u.a. wie folgt vorgenommen:

- Verwendung von gemischtkörnigen Böden
- Verwendung von grobkörnigen Böden
- Verwendung von Reststoffen
 - Hafenschlick
 - Klärschlamm
 - Recyclingbaustoffe
- Zugabe von Additiven
 - Bentonit
 - Tonmehl
 - Hydraulische Bindemittel
 - Aschen
 - Polymere
 - Gelbildnern
- Reduktion der Mächtigkeit
- Vereinfachung des Einbauverfahrens

Eine Systematisierung ist in [MELCHIOR] dargestellt. Das Ziel bei diesen Verfahren ist im wesentlichen, die Eigenschaften durch die Zugabe und Kombination mit anderen Komponenten gezielt zu verbessern. Man kann dies auch als Vergütung oder Konditionierung bezeichnen. Durch die gezielte Verbesserung der Eigenschaften ist eine Reduktion der Mächtigkeiten oder der Einsatz günstiger Reststoffe möglich. Auch ist die Kombination konkurrierender Anforderungen (z. B. hohe Scherfestigkeit und geringe Wasserdurchlässigkeit) möglich. Beispiele dafür sind u.a. Chemoton, Bentokies oder Trisoplast®.

Daneben sind ebenso alternative Abdeckungssysteme bekannt, bei der einzelne Komponenten eine Kombination von Aufgaben (z.B. Kapillardichtung) oder modifizierte (abgeschwächte) Anforderungen (z.B. Erdstoffdichtung mit begrenzt zugelassener Durchsickerung) erfüllen müssen.

3 Anforderungen

Die Anforderungen an Bauwerke und Bauteile leiten sich im allgemeinen aus der dem Bauwerk bzw. Bauteil zugewiesenen Zielsetzung / Aufgabe ab. Bei Oberflächenabdeckungen sind die Schutzziele in den Richtlinien relativ allgemein gefasst. So fordert die [DEPV] beispielsweise einen dauerhaften Schutz von Boden und Grundwasser (§3). Wie in [WITT] dargestellt, erfolgt in den Richtlinien jedoch keine weitere Konkretisierung oder physikalische Dimensionierung der Schutzziele, sondern eine davon unabhängige Festlegung von Systemaufbau, der Komponenten und deren Qualitätsanforderungen (z.b. [TA ABFALL], [TA SIEDLUNGSABFALL]).

Damit ist eine vom Schutzziel abgeleitete Bemessung und Dimensionierung von alternativen Abdichtungssystemen schwer möglich. Hilfsweise muss daher eine Gleichwertigkeit der alternativen Abdichtung zu den Qualitätsanforderungen des Regelsystems als Maßstab zugrundegelegt werden.

Ursprünglich wurden alternative Abdichtungen als Bauprodukt verstanden, das einer entsprechenden „Zulassung“ bedarf. Dies kennen wir beispielsweise von geeigneten Kunststoffkomponenten, für die durch die BAM Zulassungen erteilt werden. Für mineralische Komponenten sowie damit hergestellten alternativen Abdichtungen wurden bis 1998 allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen durch das DiBt erteilt, wodurch in der Regel projektunabhängig die Eignung und Gleichwertigkeit nachgewiesen war. Diese Praxis wird nicht mehr fortgeführt, so dass einerseits bestehende Zulassungen auslaufen und andererseits Eignungsnachweise für neue Produkte nicht mehr durch eine „zentrale“ Stelle geführt werden.

Die [DEPV] als nationale Umsetzung des EU-Rechts lässt ausdrücklich Alternativen zum Regelaufbau zu. Damit besteht nun die Notwendigkeit, projektbezogen die Eignung von alternativen Systemen nachzuweisen, wenn keine „Zulassung“ vorliegt. Dies ist insbesondere bei der Entwicklung neuer Abdichtungssysteme zwingend erforderlich.

Der Nachweis der Eignung von alternativen Abdichtungsschichten orientiert sich damit grundsätzlich an den Anforderungen an das Regelabdichtungssystem. Diese Gleichwertigkeitsnachweise sind insbesondere im Hinblick auf die Formulierung der Gleichwertigkeitsmerkmale unklar und in den Richtlinien nicht enthalten. Hier wurden daher mit [DIBT], [LAGA], [GDA] Empfehlungen zur Führung der Gleichwertigkeitsnachweise entwickelt (siehe: [BRÄCKER]). Diese können zugrundegelegt werden.

Es ist jedoch auch erforderlich zu klären, inwieweit der Nachweis der Eignung von alternativen Abdichtungssystemen sinnvoller durch eine am eigentlichen Schutzziel ausgerichtete Bemessung und Dimensionierung erfolgen sollte. Dies kann alternativ zum Gleichwertigkeitsnachweis als Funktionsnachweis bezeichnet werden. Wie [RAMKE] zeigt, kann dies beispielsweise durch projektbezogene und standortbezogene Emissions-, Stofftransport- und Wasserhaushaltsberechnungen erfolgen. So werden bereits heute Erdstoffdichtungen im Hinblick auf langfristig zulässige Durchsickerungen bemessen. Hierdurch ergeben sich teilweise drastisch von den Qualitätsanforderungen abweichende Eigenschaften, die sich aus teilweise projektbezogenen Schutzzielformulierungen ergeben. Diese Herangehensweise ist jedoch gerade bei der Bemessung alternativer Abdeckungssysteme sinnvoll und erlaubt die Entwicklung innovativer und der Schutzzielvorgabe angepassten technischen Lösungen.

Für projekt- und standortunabhängige Beurteilungen und auch bei der Beurteilung von Einzelkomponenten bleibt jedoch zunächst nur die Herangehensweise über den Nachweis der Gleichwertigkeit zum Regelsystem.

4 Das nanoterra®-Verfahren

4.1 Allgemeines

Das nanoterra®-Verfahren ist ein patentiertes Boden-Verfestigungs- und Vergütungsverfahren (siehe www.nanoterra.de). Mit dem nanoterra®-Verfahren werden Böden und Mineralgemische durch Zugabe von hydraulischen Bindemitteln und Tonmineralen aufbereitet. Es kann auch zur Verfestigung von Reststoffen

eingesetzt werden. Zur gezielten Verbesserung der bodenmechanischen Eignung und der erdbautechnischen Verarbeitbarkeit werden Polymer-Suspensionen hinzugegeben. Dabei handelt es sich um patentierte, wässrige Styrol-Butadien-Suspensionen mit Beimengungen von röntgenamorphen Nanopartikeln aus Siliziumdioxid und Stabilisatoren. Die Dispersion wird in flüssiger Form dem für die Mischung erforderlichen Wasser zugegeben. Die Aufbereitung erfolgt durch Homogenisierung in-situ mit Frästechnologie oder zentral mit entsprechenden Aufbereitungsanlagen (mixed-in-plant).

Das Verfahren ist in zahlreichen Anwendungen zur Bodenverfestigung im Strassenbau und für die Herstellung von Abdichtungsschichten angewandt worden. Bei Anwendungen im Deponiebau ist es als nanoterra-SAFE® bekannt.

4.2 Wirkungsweise

Der Hauptbestandteil von nanoterra-SAFE® besteht hauptsächlich aus Boden, Mineralgemisch oder Recyclingstoff, der die Aufgabe hat, die strukturelle Matrix zu bilden und damit die für die Abdichtungsschicht wesentlichen Eigenschaften der Scherfestigkeit, Festigkeit und physikalischen Beständigkeit sicherzustellen. Durch die Grobkörnigkeit ist die Wasserdurchlässigkeit allerdings vergleichsweise hoch. Durch die Zugabe von Tonmineralien in Form von Tonmehl (z.B. Bentonit) wird eine sehr gering wasserdurchlässige Matrix geschaffen, die die weiteren wesentlichen Eigenschaften (plastische Verformbarkeit, geringe Wasserdurchlässigkeit, hohes Adsorptionsvermögen) sicherstellt.

Die besonderen Eigenschaften erhält nanoterra-SAFE® allerdings erst durch die Zugabe der Polymerdispersion. Mit Abgabe des Dispersions-Wassers an die Bodenmatrix bilden sich stabile Kohlenstoffketten, die starke Bindungen zu den Tonmineralen eingehen. Diese sind biochemisch schwer zu lösen. Die Bindungen werden darüber hinaus durch das enthaltene Siliziumdioxid dauerhaft verstärkt. Weiterhin wird durch die der Dispersion zugegebenen röntgenamorphen Nanopartikel aus Siliziumdioxid eine starke fungizide und bakterizide Wirkung geschaffen, die schädliche biochemische Prozesse verhindert.

Zusätzlich zu den für Tonmineralien typischen Oberflächenkräften ergeben sich so zusätzliche Bindungsformen, die für eine gute Verarbeitbarkeit und einen guten Zusammenhalt der Bodenmatrix beitragen. Das wirkt sich derart aus, dass die Mischung beim Bearbeiten nicht auseinander bricht sondern eine „Verklebung“ einsetzt. Dadurch wird eine sehr gute Verdichtbarkeit und Verarbeitbarkeit erreicht, es bilden sich beim Abwalzen z.B. keine Walzrisse. Durch die starken Bindungen nimmt das Quellpotential deutlich ab, das Material ist plastisch verformbar und die Abdichtungswirkung wird verbessert. Dies wiederum führt zu einem sehr geringen Schrumpfpotential, was den Einsatz als Abdichtung in Oberflächenabdeckungen nahe legt.

Die Polymerdispersion ist jedoch nicht gelbildend. Sie trägt also nicht direkt zur Durchlässigkeitsreduktion der Matrix bei sondern mittelbar über die Bindungsformen. Dies ist jedoch bei der Beurteilung der Langzeitbeständigkeit von Vorteil.

5 Anwendung

Aktuell erfolgt der Einbau als mineralische Abdichtung einer Oberflächenabdeckung der Deponie Katzental bei Bozen. Hier ist der Einbau auf dem Deponieplateau und auf den Deponieböschungen vorgesehen. Da die Böschungen relativ steile Neigungen von bis zu 30° aufweisen, bietet sich für die mineralische Abdichtung der Einbau von Material mit besonders hoher Scherfestigkeit an. Es wird hier grobkörniger Böden mit Vergütung nach dem nanoterra-SAFE® Verfahren verwendet.

Das Abdeckungssystem besteht nur auf dem Plateau aus einer Kombinationsdichtung mit Kunststoffdichtungsbahn. An den Böschungen kann u.a. auch infolge der großen Neigungen die Funktion allein durch die mineralische Abdichtung sicher erfüllt werden. Hier ist ein dem Schutzziel angepasstes Abdeckungssystem mit folgendem Aufbau geplant:

- Rekultivierungsschicht
- Dränmatte
- Kunststoffdichtungsbahn (nur auf dem Plateau)
- Nanoterra-SAFE Abdichtungsschicht
- Gasdränschicht
- Profilierung

6 Besonderheiten

6.1 Allgemeines

Das nanoterra-Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vergütung nicht mit einer starren, sondern durch eine an die spezifischen Anforderungen und an den Boden bzw. das Mineralgemisch angepasste Rezeptur erfolgt. Diese ist zunächst aufgrund der Erfahrungswerte über Eignungsuntersuchungen im Labor zu finden. Sodann erfolgt eine Erprobung im Testfeld. Bei Anwendungen zur Herstellung von Abdichtungsschichten im Deponiebau wird wegen der hohen Anforderungen an die Homogenität nur mit Zwangsmischanlagen produziert.

6.2 Materialzusammensetzung

Im Rahmen der ursprünglichen Eignungsuntersuchungen waren verschiedene Mineralgemische und Reststoffe als Hauptzuschlagstoff untersucht worden. Es handelt sich um :

- Recyclingsande
- Natursande
- Brechsande

Die Vergütung erfolgte durch Aufbereitung mit dem nanoterra-Verfahren unter Zugabe von nicht aktiviertem Natur-Bentonit, Wasser und Polymerdispersion entsprechend der erforderlichen Rezepturen.

Eignungsuntersuchungen wurden mit diesen Materialien durchgeführt.

6.3 Eignungsnachweise

Die Eignungsnachweise dienen zunächst der Feststellung der grundsätzlichen Eignung des Verfahrens. Sie wurden daher als Gleichwertigkeitsnachweise in Anlehnung an die DiBt-Grundsätze [DIBT] und den Anforderungen der entsprechenden Richtlinie „TECHNISCHE VORSCHRIFTEN FÜR DEPONIEEN 2005“ geführt.

Folgende bodenmechanische Laboruntersuchungen wurden u.a. durchgeführt:

- Klassifizierung
- Kornzusammensetzung
- Verdichtung im Proctorversuch
- Durchlässigkeit
- Scherfestigkeit
- Kompressibilität
- Schrumpfverhalten
- Kalkgehalt, Glühverlust

Es wurde festgestellt, dass die Anforderungen erfüllt werden und somit die Gleichwertigkeit hinsichtlich der Abdichtungsfunktion grundsätzlich erfüllt ist.

6.4 Probefelder

Mit beiden Materialien wurden sodann Probefelder zur Erprobung der Verarbeitbarkeit und des Verhaltens im Einbau angelegt. Es zeigte sich, dass beide Materialien grundsätzlich gut verarbeitbar waren. Die hergestellten Flächen wurden visuell hinsichtlich der Homogenität, Walz-Rissbildung, Verarbeitbarkeit beurteilt. Über Beprobungen wurden sodann Verdichtung, Wassergehalt und Festigkeitsparameter im Labor ermittelt.

Infolge der bei Recyclingsanden höheren Anteile an Feinkörnigkeit war die Homogenität und Verarbeitbarkeit gegenüber dem Natursand etwas eingeschränkt. Da weiterhin die sichere Beurteilung der Beständigkeit aufgrund der bei Recycling befürchteten Materialschwankungen nicht möglich erschien, wurde schließlich die Mischung mit Natursand für den Einbau ausgewählt.

Derzeit wird alternativ der Einsatz von Brechsand erprobt. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

6.5 Langzeitbeständigkeit

6.5.1 Allgemeines

Die Langzeitbeständigkeit von nanoterra-SAFE® Abdichtungsschichten lässt sich zum einen aus der Beständigkeit der Einzelkomponenten und andererseits aus der Beständigkeit der durch die Komponenten gebildeten Gesamt-Matrix beurteilen.

Die Langzeitbeständigkeit ergibt sich aus der Beständigkeit gegenüber den üblichen Umwelteinflüssen:

Beeinflussung durch aggressive Medien (Säuren, Deponie-Sickerwasser)

Biochemische Einflüsse (Mikroorganismen, Pilze)

Physikalische Einflüsse (Witterung, Frost)

6.5.2 Einzelkomponenten

Die mineralischen Einzelkomponenten von nanoterra-SAFE® sind, da es sich um natürliche und anthropogen unbeeinflusste mineralische Baustoffe handelt, gegenüber den genannten Einflüssen als dauerhaft beständig anzusehen.

Natursand und Brechsand

Bei dem Sand handelt es sich um Material aus natürlichen Sandvorkommen oder Steinbrüchen mit geringem Kalkgehalt und Glühverlust. Eine Beeinträchtigung durch Medien (z.B. Deponiesickerwässer und Säuren) ist nicht gegeben. Bei Recyclingsanden wäre diese Einschätzung nicht möglich.

Tonmineral

Bei dem Tonmineral handelt es sich um nicht aktivierte Natur-Bentonite oder Tonmehl mit vergleichsweise geringer Kationenaustauschkapazität. Grundsätzlich ist bei diesen Böden durch Kationenaustausch eine Beeinflussung durch Medien (z.B. Deponiesickerwässer und Säuren) gegeben. So ist grundsätzlich zu erwarten, dass beispielsweise Säuren zu einer Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit von Ton führen. Jedoch kommt es zu einer Stabilisierung auf höherem Niveau, wie entsprechende Untersuchungen zeigen [REUTER]. Keinesfalls kommt es zu einer Zerstörung der Bausteine der Silikatschichten. Dies wäre über entsprechende Durchlässigkeitsmessungen mit entsprechenden Prüflüssigkeiten quantifizierbar, was vielfach für Naturtone bereits geschehen ist. Die mit Naturbentonit hergestellten Abdichtungsschichten entsprechen hinsichtlich ihrer Beständigkeit natürlichen Tondichtungen, so dass grundsätzlich Langzeitbeständigkeit belegt ist. Ein Nachweis muss, insbesondere wenn der Einsatz in Basisabdichtungen erfolgt, über baubegleitende Langzeit-Durchlässigkeitsprüfungen erfolgen, wobei eine projektspezifische Prüflüssigkeit (Deponiesickerwasser) eingesetzt werden muss.

Polymer

Das Polymer ist Säure-unempfindlich. Die der Dispersion beigegebenen Nano-Siliziumdioxide und Stabilisatoren sind durch Säuren ebenso unangreifbar. Bei Kontakt zu Lösungsmitteln, Treibstoffen (Benzole etc.) und Mineralölen zeigt sich eine geringe weichmachende Wirkung jedoch ohne Beeinträchtigung der Funktion.

Biochemische Beeinträchtigungen des Polymers und seiner Bindungen sind durch die der Dispersion zugegebenen röntgenamorphen Nanopartikel aus Siliziumdioxid wegen deren starker fungizider und bakterizider Wirkung verhindert .

Das Polymer ist nicht gelbildend, so dass die Abdichtungsfunktion auch bei potentiellen Beeinträchtigungen des Polymers beständig erhalten bleibt.

6.5.3 Gesamtmatrix

Die in der Gesamtmatrix eingebundenen Einzelkomponenten sind, wie oben gezeigt wurde, grundsätzlich beständig. In der Gesamtmatrix liegen zudem wesentlich günstigere Verhältnisse vor, da eine weitgehende Abschottung von Umwelteinflüssen infolge der geringen Wasserdurchlässigkeit gegeben ist. Insofern ist die bereits für die Einzelkomponenten in obigen Abschnitt nachgewiesene Langzeitbeständigkeit gegen chemische und biochemische Einflüsse grundsätzlich auch für die Gesamtmatrix gegeben.

Die Abdichtungsschicht ist auch physikalischen Einflüssen ausgesetzt. Bei einem Einbau als Abdichtungsschicht ist diese der Witterung und damit Einflüssen aus Austrocknung (Schrumpfen), Aufweichung, Ausspülung, Frost ausgesetzt. Weiterhin bestehen im eingebauten Zustand Einflüsse aus Setzungen (Verformungen, Verzerrungen). Abdichtungsschichten aus nanoterra-SAFE® sind im Vergleich zu rein mineralischen Abdichtungsschichten gegenüber diesen Beanspruchungen außerordentlich gut beständig. Dies wird bereits in den projektspezifischen Eignungsuntersuchungen nachgewiesen. Die durch das Polymer bewirkten zusätzlichen Bindungskräfte bewirken dauerhaft ein geringeres Schrumpfpotential, was die Entstehung von Austrocknungsrisen weitgehend verhindert. Dehnungen und Verzerrungen sowie frostbedingte Hebungen können plastisch aufgenommen werden, ohne die Dichtungsfunktion zu verlieren.

Die Schicht ist bei Freiliegen zeitlich begrenzt gegenüber der Witterung, also gegenüber Austrocknung aber auch Ausspülung bzw. Erosion durch Niederschläge beständig. Ein zügiges Überbauen ist - wie bei anderen mineralischen Abdichtungsschichten auch - erforderlich.

7 Langzeit-Monitoring

Mit Beginn der Bauarbeiten wird, um die Nachweise der physikalische Beständigkeit experimentell zu untersetzen, ein Langzeit-Beobachtungsfeld an der Böschung eingerichtet und als Nachweis für die Langzeit-Beständigkeit herangezogen. Hier wird sinngemäß eine projektbezogene Vorgehensweise entsprechend der Beobachtungsmethode verfolgt.

Das Testfeld muss der Zielsetzung entsprechend langfristig bestehen bleiben und regelmäßig betreut werden. Es kann daher auch nicht Bestandteil des eigentlichen Abdeckungssystems werden. Es hat Ausmaße von ca. 20 x 40 m und entspricht dem kompletter Aufbau des Abdeckungssystems an der Böschung mit

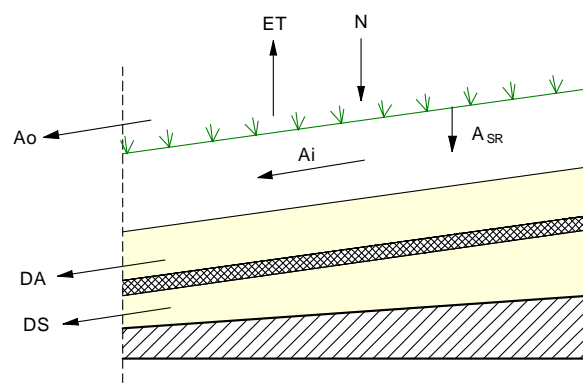
- Rekultivierungsschicht mit Begrünung
- Dränmatte
- Kunststoffdichtungsbahn (ggf. Verzichten, s.u.)
- Nanoterra-SAFE Abdichtungsschicht
- Gasdränschicht
- Planum

Die physikalischen Beanspruchungen von mineralischen Abdichtungsschichten ergeben sich hauptsächlich aus natürlichen Wasserhaushaltsänderungen im Abdeckungssystem. Die natürlichen Wasserhaushaltsänderungen ergeben sich zum einen aus dem Wasserhaushalt der Rekultivierungsschicht (schwankende Bodenfeuchtebedingungen) und andererseits aus den Bedingungen unterhalb der Abdichtung aus dem Einfluss der Gasdränschicht (geringe Bodenfeuchte, Austrocknungsgefahr). Der Neigung kommt im vorliegenden Fall dabei eine vergleichsweise große Bedeutung zu.

Bei Einbau unter einer Kunststoffdichtungsbahn ist die mineralische Abdichtung weitgehend vom Wasserhaushaltsgeschehen der Rekultivierungsschicht entkoppelt. Hier würde nur der Einfluss aus den Bedingungen unterhalb der Abdichtungsschicht von Bedeutung sein. Durch den Verzicht auf die Kunststoffdichtungsbahn ist die mineralische Abdichtungsschicht hauptsächlich dem Wasserhaushaltsgeschehen der Rekultivierungsschicht und der Dränschicht ausgesetzt.

Das Testfeld wird bei entsprechender Teilung beide Aufbauvarianten aufweisen.

An der Böschung ist der Aufbau als Lysimeterfeld (z.B. nach [BLÜMEL]) nicht realisierbar. Es wird daher mit alternativen Messeinrichtungen für Wassermengen und Wassergehalte ausgestattet sein, wie sie bereits in dem Langzeit-Beobachtungsfeld der Deponie Cracauer Anger (siehe [GRUBERT]) erfolgreich eingesetzt wurden. Die Systematik ist in folgender Skizze dargestellt.



- N = Niederschlag
 ET = Evapotranspiration / Verdunstung
 Ao = Oberflächenabfluss
 Ai = Zwischenabfluss (interflow)
 A_{SR} = Durchsickerung der Rekultivierungsschicht
 DA = Dränabfluss
 DS = Durchsickerung

Die Auswertung ist wie folgt vorgesehen:

- Dokumentation der Einbaubedingungen des Testfeldes insbesondere hinsichtlich der bodenmechanischen Parameter der Rekultivierungsschicht und der Abdichtungsschicht
- Regelmäßige Messung der meteorologischen Daten als Eingangsgröße für begleitende Wasserhaushaltsberechnungen
- Regelmäßige (tägliche) Messungen der im Abdeckungssystem relevanten Wassermengen Oberflächenabfluss, Dränabfluss oberhalb der Abdichtungsschicht, Durchsickerung durch die Abdichtungsschicht
- Regelmäßige Messung des Wassergehaltsprofils in der Rekultivierungsschicht und in der Abdichtungsschicht
- Aufgrabungen, Begutachtung der Abdichtungsschicht und Entnahme von Proben für Laboruntersuchungen

Parallel dazu erfolgen Langzeit-Durchlässigkeitsversuche mit Deponiesickerwasser. Diese Zeitraffer-Untersuchungen haben den Zweck, die Eignung für den Einsatz als Basisabdichtung zu untersuchen und als Grundlage für zukünftige Analogiebetrachtungen zur Beständigkeit zu dienen.

8 Ausblick

Der Einsatz von modifizierten, vergüteten Baustoffen in Abdichtungsschichten von Oberflächenabdeckungen und Basisabdichtungen sind eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle alternative technische Lösung zum „Regelsystem“ in den entsprechenden Deponievorschriften. Der Einsatz erfordert den Nachweis der Eignung. Die bis 1998 realisierte Vorgehensweise, alternative Systeme als Bauprodukt einer Zulassung zu unterziehen, sicherte einerseits Anwender und Hersteller gewisse Planungssicherheit und reduzierte den Aufwand projektspezifischer Nachweise. Andererseits bestand dadurch auch eine Hürde für Neuentwicklungen und projektspezifische Modifikationen. Die jetzige Situation bietet daher Chancen für Innovationen.

Die Herangehensweise an den Nachweis der Eignung ist einerseits der

- Gleichwertigkeitsnachweis, mit dem auf die Komponente bezogene Eigenschaften, die sich aus den Qualitätsanforderungen des Regelsystems ergeben, untersucht werden. Andererseits ist alternativ ein
- Funktionsnachweis sinnvoll, mit dem über geeignete Modellierungen die am Schutzziel orientierte Funktion der einzelnen Abdichtungskomponente oder des gesamten Abdeckungssystems nachgewiesen werden kann.

Der Funktionsnachweis ist jedoch nur möglich, wenn physikalisch definierte Schutzziele formuliert sind. Hier existieren jedoch keine Vorgaben, so dass projektbezogene Zielformulierungen unter Beteiligung von Bauherr und Genehmigungsbehörde erforderlich werden.

Diese Nachweise sind projektbezogen über einfache Modellrechnungen und experimentell im Labor und Probefeld in akzeptablen Zeiträumen zu realisieren.

Der Nachweis der Eignung erfordert auch den Nachweis der Beständigkeit über lange Zeiträume. Der experimentelle Nachweis der Beständigkeit ist jedoch über experimentelle Methoden nur langfristig realisierbar. Für projektbezogene Nachweise bleibt häufig nur die Vorgehensweise über mineralogische und chemische Analogiebetrachtungen und im Zweifelsfall über Zeitraffermethoden.

Diese Vorgehensweise wird derzeit bei den Anwendungen mit nanoterra® weiter verfolgt.

Projektbezogene Funktions- oder Gleichwertigkeitsnachweise sind geeignet, um die Eignung alternativer Abdichtungsschichten nachzuweisen. Dies bedeutet letztlich, dass nicht nur „Bauprodukte“ mit Zulassung zur Anwendung kommen, sondern an die spezifischen Projektrandbedingungen angepasste „Bauverfahren“. Dies gilt insbesondere dann, wenn keine Festlegung auf einzelne Zuschlagstoffe erfolgt, sondern Rezepturen projektspezifisch angepasst werden. Dies kennzeichnet letztlich das nanoterra®-Verfahren.

9 Literatur

DEPV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) Vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2807), zuletzt geändert am 12. August 2004 (BGBl. I S. 2190)

TA ABFALL: Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz; Teil 1: technische Anleitung zur Lagerung, chemisch / physikalischen und biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachtungsbedürftigen Abfällen; Bek. d. BMU vom 12.3.1991 - WA II 5 - 30121 -1/8 –

TA SIEDLUNGSABFALL: Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall); technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993; Bundesanzeiger Jahrgang 45 Nr. 99a

DIBT: Deutsches Institut für Bautechnik über Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen Stand: November 1995

STIEF: Sind Oberflächenabdichtungssysteme für Deponien und zur Sicherung von Altlasten Ingenieurbauwerke?, Klaus Stief, Berlin, SKZ Würzburg, 16. Fachtagung Die sichere Deponie: "Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen"

MELCHIOR: Erfahrungen mit herkömmlichen und modifizierten mineralischen Oberflächenabdichtungen, Stefan Melchior

RAMKE: Überlegungen zur Auswahl von Oberflächenabdichtungssystemen
Hans-Günter Ramke, Höxter, Beitrag zur Fachtagung Die Deponieverordnung ist da!
Rechtliche und technische Rahmenbedingungen für den Betrieb, die Stilllegung und
Nachsorge von Deponien, Fachtagung in der Bildungsstätte Duisburg des BEW,
Bildungszentrum für Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH, Duisburg, 05. September
2002

BRÄCKER: Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächen-
abdichtungssysteme durch die LAGA, Dipl.-Ing. Wolfgang Bräcker, Hildesheim, 21.
Fachtagung „Die sichere Deponie“ am 10./11. Februar 2005 in Würzburg

LAGA: LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2005), Allgemeine
Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponie-
oberflächenabdichtungssysteme, www.deponie-stief.de.

WITT: Unorthodoxe Gedanken zur Eignungsfeststellung von mineralischen Abdichtungs-
komponenten für Oberflächenabdichtungen von Deponien. Witt, K.J., 21. Fachtagung "Die
sichere Deponie", AK GWS / Süddeutsches Kunststoffzentrum, Würzburg, Februar 2005.

REUTER: Durchlässigkeit von Tonen, gegenüber anorganischen und organischen Säuren, E.
Reuter, Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Universität
Braunschweig, Heft 26, 26, 1988

BLÜMEL: Experimentelle Nachweise zur Funktionsdauer von Bentonitmatten in
Oberflächenabdichtungen für Deponien und Altlasten, Werner Blümel und Antje Müller-
Kirchenbauer, Henning Ehrenberg und Kent von Maubeuge, 21. Fachtagung "Die sichere
Deponie", AK GWS / Süddeutsches Kunststoffzentrum, Würzburg, Februar 2005.

Technische Vorschriften für Deponien 2005, Dekret des Landeshauptmanns vom 26.
September 2005, Nr. 45-1), 2005 Autonome Provinz Bozen - Südtirol / Provincia Autonoma
di Bolzano - Alto Adige

GRUBERT: Deponie Cracauer Anger in Magdeburg - Sicherung, Abdichtung und
Rekultivierung einer Deponie und Einbindung in die Bundesgartenschau 1999
P. Grubert, R. Bosse, 9. Braunschweiger Deponieseminar 2000, Vertikale und horizontale
Abdichtungssysteme, Fachseminar am 16. und 17. März 1998 in Braunschweig