

Oberflächenentwässerung und Grundwasserschutz in einem Gewerbegebiet nach ATV-DVWK-M 153

Heinrich-Martin Feuerbach
Ing.-Büro Feuerbach, Undeloh

Jörn Tarnowski
Büro Dr. Knipschild, Rosengarten

Lars Vollmert
BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG, Lemförde

KURZFASSUNG: In Gewerbegebieten anfallendes Oberflächenwasser ist geregelt zu bewirtschaften und vorgereinigt einem Vorfluter zuzuleiten. Ist eine Vorflut nicht vorhanden, kann alternativ die ortsnahe Versickerung erwogen werden. Das ATV-DVWK-Merkblatt 153 definiert das Bemessungsverfahren zur Auslegung der Vorreinigung des Oberflächenwassers vor einer Versickerung oder Zuleitung zur Vorflut. Es ist zu gewährleisten, dass während der Aufenthaltsdauer des nicht vorgereinigten Wassers in den Rückhalte-, Sedimentations- und Filterbecken keine Versickerung stattfindet. Die Form des erforderlichen Dichtungssystems wird wesentlich durch ökonomische Zwänge bestimmt. Durch die Wahl einer Kunststoffdichtungsbahn als Bestandteil eines geosynthetischen Dichtungssystems wird ein kostengünstiges und undurchlässiges Dichtungselement eingesetzt. Die notwendigen konstruktiven Einbauten in den Becken und die Dichtungskomponenten sind planerisch detailliert aufeinander abzustimmen. Die frühzeitige Einbindung von Fachplanern z.B. für die geotechnische Nachweisführung sowie zur Aufstellung und Kontrolle eines Qualitätssicherungsplans trägt entscheidend zur fristgerechten und nachtragsarmen Ausführung bei.

1 EINLEITUNG

Bei der Bereitstellung von Gewerbeflächen fallen erhebliche Mengen Oberflächenwasser an, die ordnungsgemäß und geregelt zu beseitigen und zu bewirtschaften sind. Unter Berücksichtigung der bestehenden topographischen und geologischen Verhältnisse und aus ökologischen Gesichtspunkten soll das anfallende Oberflächenwasser möglichst gebietsnah dem Untergrund beziehungsweise dem Grundwasserleiter zugeführt oder in einen Vorfluter eingeleitet werden. Ist letzteres nicht möglich, ist das Oberflächenwasser zu versickern.

Gemäß der ATV-M 153 "Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser" sollte Oberflächenwasser aus Gewerbegebieten aufgrund der nicht auszuschließenden Verschmutzung nicht ungereinigt in Vorfluter eingeleitet oder in den Untergrund versickert werden. Das Merkblatt ATV-DVWK-M 153 definiert das Bemessungsverfahren und damit die Auslegung von ggf. erforderlichen Sedimentations- und Filterbecken zur Vorreinigung des Oberflächenwassers. Bei ungünstigen Randbedingungen werden erhebliche Volumina an Speicher- und Behandlungsbecken erforderlich.

Die konstruktive Gestaltung z.B. der Dichtungssysteme hat dabei einen erheblichen Einfluss auf Kosten und Wirksamkeit der Grundwasserschutzmaßnahmen.

Zur Gewährleistung einer durchgängigen Qualitätssicherung sind bereits in der Planungsphase u.a. Materialparameter der Kunststoffdichtungsbahn, Schutzschichten und Bodenkörnungen, Anschlussdetails und Bauabläufe aufeinander abzustimmen. Insbesondere Einbauten in den Becken wie Rampen und hydraulische Bauwerke erfordern eine detaillierte Betrachtung und geotechnische Nachweisführung.

2 BAUVORHABEN GEWERBEGEBIET TRELDER BERG

2.1 Größe und Lage des Gebietes

Im Süden Hamburgs und am Rande der Stadt Buchholz (36.000 Einwohner) gelegen wird ein 60 ha großes Gewerbegebiet erschlossen. Das Gewerbegebiet mit einer Nettobaulandfläche von 45 ha liegt südöstlich der sich kreuzenden Bundesstraßen B 3 und B 75 am "Trelder Berg" im Gebiet der Stadt Buchholz.

Die Gewerbeflächen sowie die außerhalb des Gebietes zur Oberflächenentwässerung benötigte Sickerfläche werden planungsrechtlich durch den erstellten und rechtsverbindlichen Bebauungsplan abgedeckt. Die außerhalb liegende Sickerfläche wird durch Leitungsrechte mit dem Hauptgebiet verbunden.

2.2 Anbindung an einen vorhandenen Vorfluter

Für das Gewerbegebiet besteht keine Möglichkeit der direkten Anbindung an den ca. 1,5 bis 2,5 km entfernten nächst gelegenen Vorfluter "Sprötzer Bach". Aufgrund der vorhandenen Topografie könnte nur ca. 1/3 im Freigefälle entwässern und die restlichen 2/3 des Gewerbegebietes müssten zum Vorfluter gepumpt werden.

Für den "Sprötzer Bach" wurde im August 2000 ein Gewässerentwicklungsplan erstellt, aus dem unter anderem hervor geht, dass der Bach keine zusätzlichen Wassermengen aufnehmen kann.

Aufgrund der genannten Punkte wurde deshalb von einer Anbindung des Gewerbegebietes an den Vorfluter Abstand genommen und eine Versickerung gemäß ATV-M 153 des Oberflächenwassers geplant.

Eine Versickerung des Oberflächenwassers innerhalb des Gebietes ist aufgrund der überwiegend anstehenden Geschiebelehm- und Geschiebemergelschichten nicht möglich.

Es wurde eine ausreichend große und ca. 10,00 m tiefer liegende Fläche mit vorwiegend sandigen Böden ausreichender Durchlässigkeit südlich des Gewerbegebietes gefunden. Der Bereich des Sickerbeckens wird südlich durch einen ehemaligen Bahndamm mit einem vorhandenen Notdurchlass begrenzt.

2.3 Baugrunduntersuchungen im Bereich der Versickerungsfläche

Im Bereich der Sickerfläche wurden unter einer ca. 50 cm starken humosen Oberbodenschicht bis zu 5,0 m mächtige Sand- bzw. Mittelsandschichten angetroffen. An einigen Stellen wurden mit einem Bagger Schürfe bis 5,0 m Tiefe hergestellt.

In den Schürfen wurden ungestörte Bodenproben zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit entnommen. Die durch Feld- und Laborversuche ermittelten kf-Werte von $1,3 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $2,6 \cdot 10^{-4}$ m/s wurden zur Bemessung der Oberflächenentwässerungsanlagen herangezogen.

Aus den Grundwasserkarten geht hervor, dass der Grundwasserleiter in diesem Bereich ca. 15 m unter Geländeoberkante ansteht und in südwestlicher Richtung abfließt. Dies wurde durch die Bohrungen, bei denen kein Grundwasser angetroffen wurde, bestätigt.

2.4 Konzept zur Bewirtschaftung des Oberflächenwassers

Entsprechend dem in ATV-DVWK-M-153 definierten Nachweisverfahren wird durch Ermittlung der zulässigen Gewässerbelastung G und der zu erwartenden Abflussbelastung B die Notwendigkeit einer Regenwasserbehandlung vor der Versickerung geprüft.

Für den vorliegenden Fall wurden die zu erwartenden Emissionen E auf das für die Versickerung geforderte Maß reduziert. Die Reduzierung wird durch die Schaltung eines zweistufigen mineralischen Filters zuzüglich belebter Oberbodenschicht erreicht.

Das im Gewerbegebiet anfallende Oberflächenwasser wird über Regenkanäle in eines der drei gedichteten Regenrückhaltebecken, die gleichzeitig als Schlamm- und Sandfang sowie Ölabscheider dienen, geleitet und zurückgehalten.

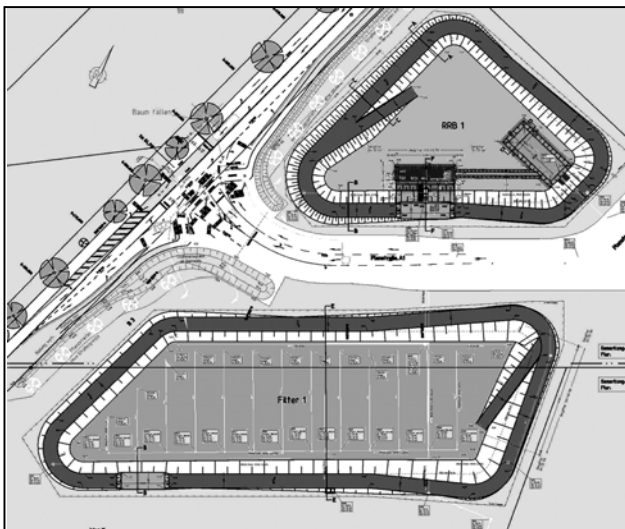


Abbildung 1 Lage und Geometrie des Regenrückhaltebeckens 1 und des Filterbeckens 1

Das Wasser wird anschließend gedrosselt an die ebenfalls zum Untergrund abgedichteten drei Filterbecken abgegeben, die die zweistufige Filterstufe enthalten.

Das Wasser sickert durch die Filterschicht, wird über Dränagesauger und Sammler gefasst und über Rohrleitungen der zentralen Versickerungsfläche zugeführt. Dort wird es über die belebte Oberbodenzone zur Versickerung gebracht.

3 GESTALTUNG DER OBERFLÄCHENENTWÄSSERUNG UND DER GRUNDWASSERSCHUTZMASSNAHMEN

3.1 Regenkanäle und Rückhaltebecken

Grundlage der Kanalbemessungen im Gewerbegebiet ist ein fünfjähriges Regenereignis auf Grundlage der KOSTRA Regenspenden mit einer Überstauungshäufigkeit von seltener als 1 mal in 5 Jahren.

Die Rückhaltebecken wurden mit einem 10-jährigen Regenereignis ebenfalls auf der Grundlage der KOSTRA Regenspenden dimensioniert und mit dem vereinfachten Verfahren der ATV A 117 bemessen.

Der Bemessungsregen von 12 h hat bei allen Regenrückhaltebecken das max. erforderliche Speichervolumen ergeben. Die Entleerungszeiten der Becken liegen bei ca. drei Tagen. Die Ablaufdrosseln wurden so bemessen, dass es durch die geregelte Beschickung der Filterbecken zu keinem bzw. nur zu einem zeitlich begrenzten und geringen Aufstau kommen kann.

Die Regenrückhaltebecken werden mit schwimmenden Tauchwänden für die Zurückhaltung von Benzin- und Ölrückständen sowie Schwimmstoffen versehen. Für Sinkstoffe werden in den Regenrückhaltebecken Absetzbereiche vorgesehen (Abb. 1).

3.2 Filterbecken

Der Zulauf aus den Rückhaltebecken und die Flächengröße der Filterbecken wurden nach der in der ATV-DVWK M 153 beschriebenen maximalen Durchlässigkeit des Filters berechnet. Die Filtergröße wurde in Abhängigkeit des Porenvolumens des Filtermaterials ermittelt. In den Filterbecken versickert das Oberflächenwasser durch eine 20 cm starke belebte Bodenzone mit dem darunter liegenden 60 cm starken Kornabgestuften Bodenfilter aus Sand der Körnung 0/2 mm. Durch die Bodenpassage wird das Wasser soweit gereinigt, dass es die Qualität zur Versickerung in den Untergrund hat.



Abbildung 2 Sammler und Schächte im Filterbecken zur Fassung und Ableitung des gereinigten Oberflächenwassers

Das durch die Filterschicht gelaufene Oberflächenwasser wird dann im gereinigten Zustand über Sammler gefasst (Abb. 2) und über Rohrleitungen zur zentralen Versickerungsfläche transportiert.

3.3 Versickerungsfläche

Das aus den Filterbecken zulaufende gereinigte Oberflächenwasser wird den kaskadenförmig angelegten Filterbecken über Betonrohrleitungen und Verteilerschächte zugeleitet. Die Versickerung erfolgt in parallel angeordneten Becken mit einem Gefälle von 0,1 % über eine 30 cm starke belebte Bodenzone.

4 DISKUSSION DER DICHTUNGSSYSTEME

4.1 Klei-Dichtung

Im Norddeutschen Raum werden mineralische Dichtungen des Grundwasserschutzes erdbautechnisch häufig mit Klei, einem sandigen Nordseesediment mit organischen Bestandteilen und hohem Schluff- und Tonanteil, realisiert.

Für die Gestaltung der Dichtungssysteme ist darüber hinaus von regelmäßigen Räumungsarbeiten wie Befreiung des Aufwuchses oder Abschälen der verschlammten Vegetationsdecke mittels Bagger oder Radlader auszugehen. Potentiell sind hierbei Beschädigungen der Beckensohle und damit der Dichtungssysteme möglich. Die erdbautechnisch hergestellte mineralische Dichtung bietet aufgrund ihrer erforderlichen großen Schichtdicke eine gute Redundanz gegen Beschädigungen. Eine qualifizierte Wiederherstellung der Dichtung ist für die Funktionstüchtigkeit vorauszusetzen.

In unmittelbarer Nähe zum Bauvorhaben stehen keine ausreichend homogenen und qualitativ geeigneten Dichtungsmaterialien an. Lieferrichtweise sind nur über größere Entfernungen möglich. Die Kosten für das Material und den Transport sind damit aufgrund der benötigten Mengen verhältnismäßig hoch.

Die geplante Bauzeit des ersten Bauabschnittes, der neben den Straßenbauarbeiten die Herstellung des Regenrückhaltebeckens 1, des Filterbeckens 1 sowie des Sickerbeckens beinhaltet, umfasste den Zeitraum Juni bis Dezember 2002. Bei leichten Bauverzögerungen würde die Herstellung der Dichtungssysteme damit in der Schlechtwetterperiode fallen. Für eine ordnungsgemäße Herstellung einer mineralischen Abdichtung ist jedoch eine günstige Wetterlage sowie ein definierter Wassergehalt des Dichtungsmaterials erforderlich, die in dem vorgesehenen Zeitfenster nicht gewährleistet werden konnten.

4.2 Geosynthetische Tondichtung (Bentonitmatte)

Für dünn-schichtige mineralische Dichtungselemente wie Bentonitmatten ist grundsätzlich der Nachweis der Gleichwertigkeit gegenüber der rein mineralischen Dichtung sinnvoll. Dieser wird über die Permittivität ψ geführt, die neben dem Durchlässigkeitsbeiwert k auch die effektive Schichtdicke d der Dichtung berücksichtigt.

Auch die zu erwartende Restdurchlässigkeit mineralischer Dichtungssysteme kann unter Berücksichtigung der maßgebenden hydraulischen Gradienten als Vergleichsgröße herangezogen werden.

Für bauaufsichtlich zugelassene Bentonitmatten ergibt sich insbesondere für die zu erwartende Restdurchlässigkeit ein klarer Vorteil gegenüber herkömmlichen mineralischen Dichtungen. Gleiches gilt für Bentonitmatten mit zur Vereinfachung des Verlegevorgangs vollflächig mit Bentonitpulver eingestreutem Deckvliesstoff.

In Anlehnung an die Richtlinien für Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag) wurde für die Bentonitmatten eine Bodenüberdeckung von 0,8 m in Erwägung gezogen, die zur Einhaltung der Volumentreue der Becken einen Mehraushub von 0,5 m gegenüber der Variante mit Kunststoffdichtungsbahn bedeutet hätte.

4.3 Kunststoffdichtungsbahn

Gegenüber mineralischen Dichtungen weist eine fachgerecht verlegte Kunststoffdichtungsbahn keine Restdurchlässigkeiten auf.

Um ein Versickern von wassergefährdenden Stoffen vor der Reinigung durch die Filterbecken zu verhindern, wurde der kalkulierte Kostenmehraufwand für die undurchlässige Kunststoffdichtungsbahn aufgrund der Nähe zu Trinkwassereinzugsgebieten akzeptiert (Tab. 1).

Als zusätzlicher Vorteil ergibt sich, dass bei einer verspäteten Reaktion im Havariefall die Filterbecken als zusätzliche Verzögerung und Speichervolumen zur Verfügung stehen, bevor ein Kontakt wassergefährdender Stoffe zur Versickerungsfläche entsteht.

Für Grundwasserschutzmaßnahmen sind bauaufsichtlich zugelassene Dichtungselemente zu verwenden. In diesem Fall wurde eine vom DIBt zugelassene 2,5 mm dicke PEHD-Kunststoffdichtungsbahn gewählt. Mit 2,5 mm Dicke genügt diese Kunststoffdichtungsbahn den rauen Anforderungen des Baubetriebes und weist gute Schweisseigenschaften auf.

Für die vorgesehene Kunststoffdichtungsbahn liegt der Nachweis der Beständigkeit gegen zu erwartende Gefahrstoffe vor. Kunststoffdichtungsbahnen sind vor Beschädigungen zu schützen. Es wurde hier eine entsprechende geotextile Schutzschicht bzw. Sandschutzschicht vorgesehen.

[€/m ²]	0,6 m mineralische Dichtung (Klei) in zwei Lagen eingebaut und verdichtet	Kunststoffdichtungsbahn mit Schutzschicht	Bentonitmatte mit 0,8 m Mindestüberdeckung in Anlehnung an RiStWag
Dichtungselement incl. Einbau	17,00	9,50	7,00
Schutzvliesstoff	-	2,30	-
Kosten für konstruktionsbedingten Mehraushub	4,02 (0,6 m)	-	3,35 (0,5 m)
Gesamtkosten (ohne Herstellung des Planums und 0,3 m Deckschichten)	21,02	11,80	10,35

Tabelle 1 Projektbezogene Kosten der Dichtungsvarianten im Vergleich

5 KONSTRUKTIVE DURCHBILDUNG DES GEWÄHLTEN DICHTUNGSSYSTEMS

5.1 Geometrie der Böschungen

Die Böschungen sind mit einer Neigung von 1:2 ausgeführt worden. Die maximale Böschungslänge beträgt bei den Filterbecken 9,3 m, beim Regenrückhaltebecken 6,7 m. Im Bereich des Überlaufbauwerks wurde die Neigung des Dichtungssystems konstruktiv bedingt mit 1:1 ausgeführt.

5.2 Aufbauten

In den verschiedenen Teilflächen wurden die Regelquerschnitte unter Verwendung der gewählten PEHD - Kunststoffdichtungsbahn jeweils von oben nach unten wie folgt aufgebaut:

- (I) Sohle Rückhaltebecken
 - 0,30 m Kiestragschicht 0/32 mm
 - Schutz- und Dränmatte
 - PEHD-Kunststoffdichtungsbahn 2,5 mm
 - 0,10 m Sandschutzschicht 0/4 mm
- (II) Sohle Filterbecken
 - 0,2 m Oberboden
 - 0,8 m Filtersandschicht 0/2 mm
 - PEHD-Kunststoffdichtungsbahn 2,5 mm
 - 0,10 m Sandschutzschicht 0/4 mm
- (III) Böschungen
 - 0,30 m Schotterrasenschicht 0/32 mm
 - Geogitter für Bereich der Rampen bzw. Bereich der 1:1 geneigten Böschungen
 - geotextile Schutzschicht
 - PEHD-Kunststoffdichtungsbahn 2,5 mm
 - 0,10 m Sandschutzschicht 0/4 mm

5.3 Kunststoffdichtungsbahn

Anforderungsgerechte Schweißnähte, ausgeführt als Auftragnähte z.B. als Anschlussnähte zwischen Sohle und Böschung, sind verfahrensbedingt gerade bei einem nicht festen Untergrund (Sandauflager) mit 2,5 mm dicken Kunststoffdichtungsbahnen sicher herzustellen.

Beim Einbau von Bodenschichten auf glatten Kunststoffdichtungsbahnen kann es zu Verschiebungen und Dehnungen der geotextilen Schutz- und Dränelemente kommen. Durch die Wahl einer beidseitig strukturierten Kunststoffdichtungsbahn auch für die Sohlflächen konnte sichergestellt werden, dass Verschiebungen der Kunststoffdichtungsbahnen und Schutz- und Dränelemente beim Einbau der nachfolgenden Bodenschichten minimiert wurden.

Beim Einbau von Sandschichten als Schutzschicht direkt auf glatten Kunststoffdichtungsbahnen ist die erforderliche Schichtdicke zum Befahren mit Baugerät sicherzustellen und ggf. laufend nachzuarbeiten.



Abbildung 3 Schachtbauwerk mit darunter liegendem Dichtungssystem und Aufstellen der Winkelstützelemente für die Ölsperre

Durch die Vielzahl der Ecken und Fugen an Fertigteil-Winkelstützwänden und den Ablaufbauwerken wären Flanschbindung für den dauerhaft mit Schmutzwasser beaufschlagten Tiefpunktbereich im Bereich des schwimmenden Ölabscheiders mit besonderer Sorgfalt herzustellen.

Die Kunststoffdichtungsbahnen wurden daher vorzugsweise so verlegt, dass konstruktiv schwierige Anschlüsse an Bauwerke vermieden werden konnten. In den Regenrückhaltebecken wurde die Dichtungsebene beispielsweise unter die Gründungsebene der Winkelstützwände und des Stahlbetonablaufbauwerks verlegt (Abb. 3).

Durch die zusätzliche Sohlvertiefung ergeben sich in diesem Bereich Böschungsfanken mit einer Neigung von 1:1. Unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen wurde hier eine geotextile Schutzschicht eingebaut, da nicht sichergestellt werden konnte, dass die Sandschutzschicht bis zum Andecken der Böschungen erosionsstabil bleiben würde.

Mit der räumlichen Trennung der Dichtung und der Betonbauteile voneinander ist gleichzeitig ein höherer Schutz gegenüber mechanischen Beschädigungen durch die in diesem Bereich später ausgeführten umfangreichen Pflaster- und Befestigungsarbeiten vorhanden. Der Einsatz von Schnurnägeln und Fluchtstangen auf Dichtungsflächen war grundsätzlich untersagt.

Die Zu- und Abläufe der Becken wurden mit PEHD-Rohrdurchführungsbauteilen hergestellt, mit denen ein fachgerechter Anschluss der Kunststoffdichtungsbahnen durch Warmgasextrusionsschweißnähte entsprechend dem Stand der Technik direkt in Dichtungsebene möglich ist (Abb. 4).

5.4 Geotextile Schutz- und Dränschichten

Als geotextile Schutzschicht auf den Böschungen der Becken wurde ein gewebeverstärktes Vlies aus PP-buntfasern eingebaut.

Für eine bestimmte Bodenzusammensetzung (Körnungslinie) wurde als Eignungsnachweis vom Hersteller produktbezogen eine ausreichende Verzahnung des Bodens und dem direkt auf dem Geotextil eingebauten Geogitter nachgewiesen. Die Zusammensetzung der eingebauten Schotterrasenschicht wurde für dieses Objekt entsprechend hergestellt und nachgewiesen.

Die Anordnung einer Dränmatte in der Sohlfläche der Regenrückhaltebecken dient der Beschleunigung der Entwässerung der 0,30 m dicken Kiestragschicht zum Tiefpunkt am Abscheider, um das Abtrocknen und eine

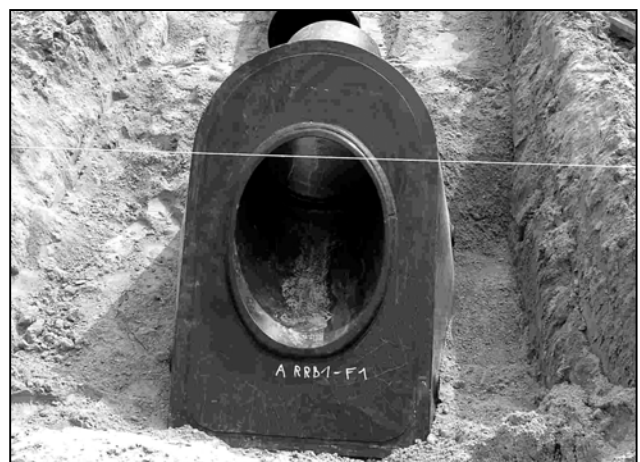


Abbildung 4: Rohrdurchführungsbauteil zum Anschluss von Kunststoffdichtungsbahnen gemäß DVS 2225 Teil 4 (1999)

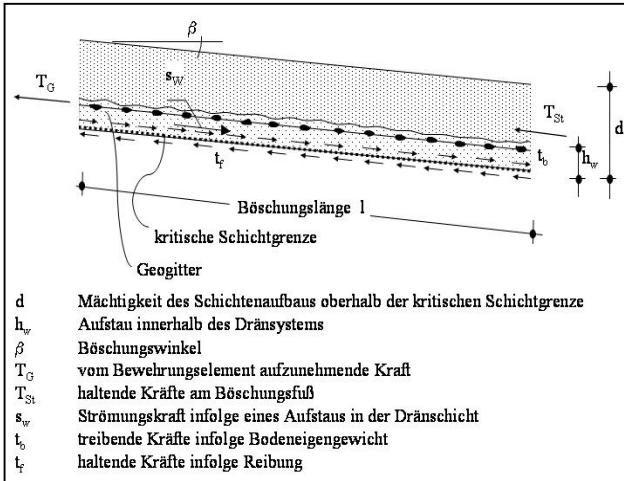


Abbildung 5 Kräfte zum Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten in Böschungfallrichtung (BBG Bauberatung Geokunststoffe, 2000)

Befahrbarkeit der Kiestragschicht mit leichtem Gerät zur Pflege des Beckens und zur Räumung des Sandfanges zu ermöglichen.

Durch projektbezogene Lastplattendruckversuche wurde die ausreichende Schutzwirkung gegenüber der Schotterrasenschicht und der Kiestragschicht vor Beginn der Arbeiten mit den zum Einbau vorgesehenen Materialien nachgewiesen. Auf eine zusätzliche Schutz- und Dränmatte unterhalb der etwa 1,2 m dicken Filter- und Bodenschicht in den Filterbecken konnte aufgrund der großen Filterschichtdicke und den im Abstand von 10 m angeordneten Dränsaugern DN 150 verzichtet werden.

6 GEOTECHNISCHE NACHWEISE

6.1 Notwendigkeit

Die Standsicherheit der Dämme und Böschungen ist nach DIN 4084 geotechnisch nachzuweisen. Durch die Nutzung von geosynthetischen Dichtungssystemen ergeben sich Schichtgrenzen, deren Reibungsverbund im Hinblick auf die Standsicherheit der Böschungen und Bauwerke zu untersuchen ist.

Ein ausreichender Abstand zum Bruchzustand trägt neben der eigentlichen Standsicherheit auch essentiell zur langfristigen Funktionstüchtigkeit der Dichtungselemente bei. Treten infolge zu geringen Reibungsverbundes der Schichtgrenze im Bau- oder Endzustand Verformungen auf, werden die Dichtungs-, Drän- oder Schutzschichten unzulässig durch Zug beansprucht. Im Extremfall kann das Einschnüren einer Drän- oder Schutzschicht oder Spannungsrisse in Dichtungssystemen zu einem Verlust der Funktionstüchtigkeit mit erheblichen Folgeschäden führen.

Dieses gilt grundsätzlich auch für mineralische Dichtungssysteme. In der Praxis wird auf die Prüfung der Standsicherheit unter Ansatz der jeweils maßgebenden ungünstigen Reibungsparameter bei mineralischen Dichtungen oft verzichtet. Ein nach DIN 1054 ausreichender Sicherheitsabstand zum Bruchzustand ist daher häufig nicht gegeben, Schadensfälle mit abgerutschten Oberböden und erodierten mineralischen Dichtungen sind nicht selten. Da diese von den zuständigen Bauhöfen durch erneutes Andecken mit Oberboden "saniert" werden, wird eine Diskussion über die dauerhafte Qualität der mineralischen Dichtung nicht geführt. Insbesondere bei

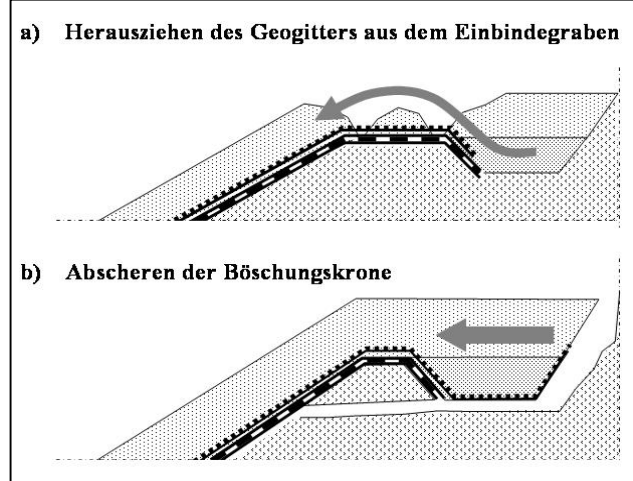


Abbildung 6 Potentielle Versagensmechanismen des Einbindegrabens (BBG Bauberatung Geokunststoffe, 2000)



Abbildung 7 Anforderungsgerechter Einbindegraben

Unfällen mit Gefahrstoffen wird dann kein ausreichender Grundwasserschutz gewährleistet.

6.2 Standsicherheit des Dichtungssystems im Böschungsbereich

Die Nachweise zur Standsicherheit geschichteter Systeme werden nach DIN 4084 für böschungsparelle Gleitfugen geführt. Die Lage der Gleitfuge entspricht im Regelfall der Schichtgrenze des Dichtungssystems mit dem geringsten Kontaktreibungswinkel (Blümel & Stoewahse, 1998). Zur Bestimmung der maßgebenden Kontaktfuge sind daher für alle Schichtgrenzen die jeweiligen Kontaktreibungswinkel nach dem Stand der Technik zu ermitteln.

Zur Führung des Standsicherheitsnachweises brauchen bei den hier vorliegenden steilen Böschungseigungen keine besonderen Kräfte aus Einbaubeanspruchungen (Befahrung) berücksichtigt werden, so dass sich das Kräftegleichgewicht auf die in Abb. 5 dargestellten Kräfte reduziert.

Wird infolge zu geringer Kontaktreibungswinkel kein Kräftegleichgewicht erreicht oder kann kein ausreichender Sicherheitsabstand zum Bruchzustand gewährleistet werden, sind die in Böschungfallrichtung treibenden Kräfte durch ein Bewehrungselement (Geogitter) aufzunehmen. Die in das Geogitter eingetragenen Kräfte sind an der Böschungskrone in einem entsprechend groß dimensionierten Einbindegraben abzutragen.

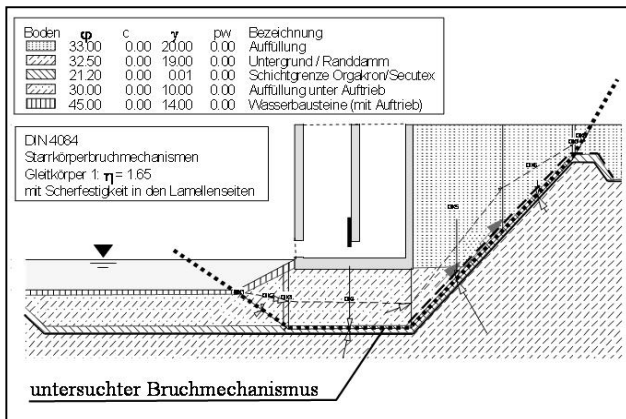


Abbildung 8 Tiefe Gleitfuge im Bereich des Schachtbauwerks

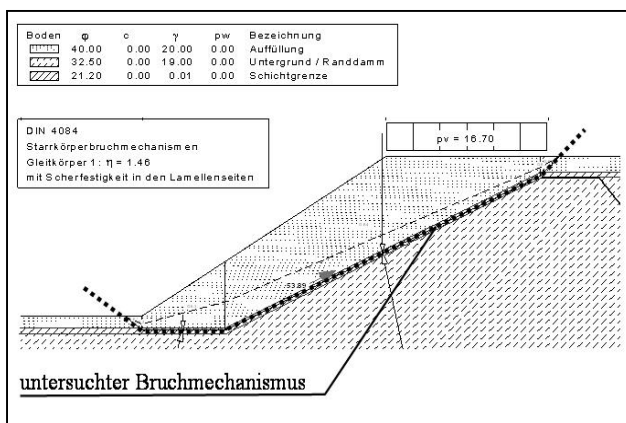


Abbildung 9 Potentieller Versagensmechanismus unter Berücksichtigung des Dichtungssystems im Bereich der Rampen

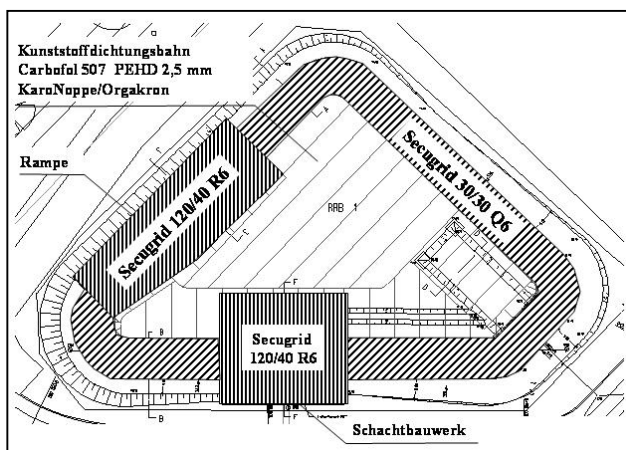


Abbildung 10 Verlegeplan der Bewehrungselemente für das Regenrückhaltebecken 1

Die Standsicherheit des Einbindegrabens gegen Abscheren der Böschungskrone und Herausziehen des Bewehrungselementes ist nachzuweisen (Abb. 6).

Die Berechnungsverfahren zur Standsicherheit geschichteter Systeme sowie zur Bemessung von Einbindegräben sind im Secugrid®-Handbuch (BBG Bauberatung Geokunststoffe, 2000) ausführlich dargestellt.

Bei der Nachweiseführung wurde der Einfluss unterschiedlicher Oberflächenstrukturen der Kunststoffdichtungsbahn untersucht. Auch mit einer sandrauen

Struktur konnte ohne Bewehrungselement keine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden.

Im nächsten Schritt wurden daher die erforderlichen Geogitter und die Struktur der Kunststoffdichtungsbahn unter Kostengesichtspunkten aufeinander abgestimmt und optimiert.

Für die Carbofol®-Kunststoffdichtungsbahn wurde die Oberflächenstruktur KaroNoppe-Orgakron gewählt. In Abhängigkeit von der Böschungslänge ergab sich damit für das Regenrückhaltebecken die Notwendigkeit eines Geogitters mit einer Bemessungsfestigkeit F_d von $\geq 11,6$ kN/m (gewählt: Secugrid® 30/30 Q6 mit $F_d = 14,5$ kN/m) und für die Filterbecken mit einer Bemessungsfestigkeit von $\geq 16,7$ kN/m (gewählt: Secugrid® 40/40 Q6 mit $F_d = 19,3$ kN/m).

Die Geometrie der Verankerungsgräben an der Böschungsschulter wurde für die unterschiedlichen Festigkeiten der Geogitter ausgelegt.

6.3 Standsicherheit im Bereich des Schachtbauwerks und der Rampen

Bedingt durch die Lage des Dichtungssystems im Bereich der Rampen und des Schachtbauwerks kann der Standsicherheitsnachweis hier nicht über die Berechnung des Kräftegleichgewichtes einer böschungsparellen Schichtgrenze geführt werden. Zu untersuchen sind Starrkörperbruchmechanismen, die entlang der kritischen Schichtgrenze verlaufen (Abb. 8 und Abb. 9).

Für den Bereich der Rampe und des Schachtbauwerks ist die Bemessungsfestigkeit des Geogitters zu erhöhen, um eine ausreichende Standsicherheit zu erreichen. Die fachgerechte Verlegung der Bewehrungselemente wird durch einen Verlegeplan gewährleistet (Abb. 10).

6.4 Nachweis des geosynthetischen Dränsystems

Der Nachweis der ausreichenden Dränleistung des an der Sohle der Becken angeordneten Dränsystems wird entsprechend dem derzeitigen Stand der Technik geführt, wie er in den Fachgremien der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik diskutiert und als Empfehlung verabschiedet werden wird. Die Bemessung erfolgt danach über die Dicke des Dränsystems (Saathoff, 1999). Zur Ermittlung der maßgebenden Dicke werden Langzeiteinflüsse (Kriechen des thermoplastischen Kunststoffs infolge Auflast) und projekt- und systemabhängige Abminderungsfaktoren berücksichtigt.

Bei der Beräumung der Becken werden kurzfristige Lasten aus der vollen Bodenauflast (Auftrieb entfällt) und Baugeräten wirksam. Da nicht alle aus dem Baugerät in das Dränsystem eingetragenen Vertikalverformungen zu 100 % aus elastischen Verformungsanteilen bestehen, wird die Kurzzeitdicke der Dränschicht konservativ für die Maximalbelastung aus voller Bodenauflast und Beanspruchung aus Baugerät ermittelt. Kriecheinflüsse aus dieser Belastung sind nicht zu berücksichtigen, da die Lasten temporär auftreten.

Das Dränsystem wird dauerhaft über das Eigengewicht der unter Auflast stehenden Kiestragschicht vertikal belastet. Obwohl diese Belastung betragsmäßig deutlich kleiner als die Kurzzeitbelastung ist, wird durch die dauerhafte Belastung eine Dickenreduzierung durch Kriechen des Materials unter Last wirksam. Die Dickerreduzierung aus diesem Lastanteil beträgt rd. 10 % der Schichtdicke unter Kurzzeitlast.

Für die maßgebende Langzeitdicke von 9,9 mm wird die Abflussleistung unter Berücksichtigung des hydraulischen Gefälles entsprechend der Sohneigung ermittelt (Abb. 11).

7 QUALITÄTSSICHERUNG

7.1 Allgemeines

Die Qualitätssicherungsmaßnahmen beziehen sich auf die Eigenüberwachung bei der Herstellung der Kunststoffdichtungsbahnen, Geotextilien, Dränmatten und Geogitter, die Eigenkontrolle des Verlegers und der bauausführenden Firmen, die örtliche Bauüberwachung und die Fremdüberwachung beim Einbau vor Ort.

Bei Einbau eines qualifizierten Abdichtungselementes, wie einer Kunststoffdichtungsbahn mit DIBt-Zulassung ist eine Eigenkontrolle durch den Verleger und eine Fremdüberwachung durch Sachverständige vorgesehen. Einbau und Prüfung der Kunststoffdichtungsbahnen haben auf Grundlage der Richtlinie DVS 2225 Teil 4 (1999) zu erfolgen.

7.2 Qualitätssicherungspläne

Von der Fremdüberwachung wurden auf Grundlage der Plan- und Ausschreibungsunterlagen projektbezogene Qualitätssicherungspläne erstellt und mit den Projektbeteiligten abgestimmt. In den Qualitätssicherungsplänen sind die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der Projektbeteiligten für den Bauablauf verbindlich festgelegt.

Es wurden Qualitätssicherungspläne nicht nur für die Kunststoffdichtungsbahnen, sondern für alle o.g. kunststofftechnischen Elemente erstellt. Die anforderungs- und fachgerechte Herstellung sowie der Einbau gewährleisten eine langfristige Funktionswirksamkeit der Dichtung.

7.2.1 Eignungsnachweise, Vorschriften, Verlegeplan

Ein wesentlicher Punkt der Qualitätssicherung ist die Vorlage der projektspezifisch erforderlichen Eignungsnachweise, Transport-, Lager- und Verlegevorschriften der Hersteller für alle kunststofftechnischen Elemente und eines vorläufigen Verlegeplans für die Kunststoffdichtungsbahnen vor Beginn der Verlegearbeiten.

Ein vorläufiger Verlegeplan, aus dem der Verlegeablauf hervorgeht, ist mit den Beteiligten, speziell zwischen Hauptauftragnehmer und Verleger, abzustimmen und lässt mögliche zeitliche und räumliche Zwangspunkte im geplanten Bauablauf rechtzeitig erkennen und umgehen.

Die Übergabe der Transport-, Lager- und Verlegehinweise für alle kunststofftechnischen Elemente vor Beginn der Arbeiten ist zwingend erforderlich, um z. B. aufgrund materialspezifischer Eigenschaften, insbesondere unterschiedlicher UV-Stabilität der verschiedenen

Elemente, Bauabläufe zeitlich zu koordinieren. Weiter sind festgelegte Einbaukriterien, z. B. Verlegeradien für Kunststoffdichtungsbahnen und Geogitter aufeinander abzustimmen und ggf. konstruktive Anpassungen vorzunehmen.

Die vollständige Vorlage aller Eignungsnachweise, u. a. Standsicherheitsberechnungen und Nachweise zur Filterstabilität sollte ebenfalls rechtzeitig vor Baubeginn erfolgt sein, um einen oftmals erforderlichen letzten Abgleich zwischen Ausführungsplanung, rechnerischen Nachweisen und den tatsächlichen Gegebenheiten zu ermöglichen.

Die zugesicherten Materialeigenschaften, die den Berechnungen zugrunde liegen, sind vom Hersteller verbindlich in technischen Datenblättern für alle kunststofftechnischen Elemente anzugeben.

Durch das rechtzeitige Vorliegen aller Nachweise konnten z. B. die Einbindegräben hinsichtlich Verankerungslänge der verschiedenen Geogitter durch Variation von Tiefe und Breite optimiert bzw. vereinheitlicht und durch begrenzte Platzverhältnisse bedingte Schwierigkeiten im Bauablauf umgangen werden.

Das anforderungsgerechte Profil des Böschungskopfes zum Verlegen von Geogitter und Kunststoffdichtungsbahn wurde durch Abstimmung der Verlegeradien rechtzeitig festgelegt und musste später nicht nachgearbeitet werden.

7.2.2 Eigenüberwachung der Produktion

Die Eigenüberwachung bei der Produktion der Kunststoffdichtungsbahnen, Geogitter, Geotextilien und Dränmatten erfolgt als Güteüberwachung nach DIN 18200 entsprechend dem Stand der Technik angepasst an den Stand der jeweiligen Produktionstechnik. Die Ergebnisse der Eigenüberwachung werden mit Lieferung der jeweiligen kunststofftechnischen Elemente auf die Baustelle vorgelegt.

Die maßgeblichen Materialeigenschaften wie in den technischen Datenblättern bzw. der DIBt-Zulassung angegeben wurden danach eingehalten. U. a. wurden die erforderlichen Zugkräfte der verschiedenen Geogitter an Rollen aus der Lieferung bzw. dem zugehörigen Produktionszeitraum nachgewiesen und in entsprechenden Abnahmeprüfzeugnissen dokumentiert.

7.2.3 Eigenüberwachung bei der Bauausführung

Die Eigenkontrolle des Verlegers umfasst die Kontrolle aller Elemente bei Anlieferung auf die Baustelle, in Zusammenarbeit mit dem Hauptauftragnehmer die Sicherstellung einer fach- und anforderungsgerechten Lagerung und die Kontrolle des Auflagers für die Kunststoffdichtungsbahnen.

Beim Schweißen werden die Schweißparameter durch Anfertigen von Probeschweißungen eingestellt und während des Schweißvorgangs laufend überwacht. Abschließend wird eine vollständige Prüfung aller Schweißnähte hinsichtlich

- äußerer Beschaffenheit
- Nahtabmessungen
- Fügefestigkeit
- Dichtigkeit

durchgeführt. Die Schweißparameter werden in Schweißprotokollen, die Ergebnisse der Nahtprüfungen in Prüfprotokollen dokumentiert. Die Zuordnung der Protokolle erfolgt über den laufend aktualisierten Verlegebestandsplan.

Vor dem Verlegen der Kunststoffdichtungsbahnen, geotextilen Schutzvliese und Geogitter wird die anforderungsgerechte Ausführung der Einbindegräben mit den erforderlichen Breiten und Tiefen überprüft.

Die Kontrolle der fachgerechten Verlegung aller Elemente, z.B. der Verwendung der verschiedenen

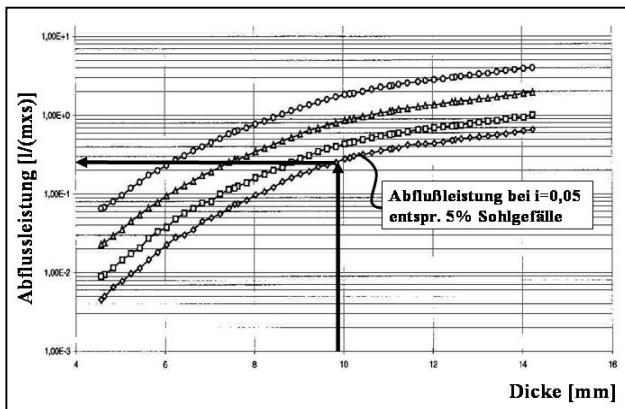


Abbildung 11 Nachweis der Abflussleistung in Abhängigkeit von der langfristigen Dicke des geosynthetischen Dränsystems

Geogitter am entsprechenden Böschungsbereich, gehören zum Tagesgeschäft eines Verlegers. Der Einbau der nachfolgenden Bodenschichten wird im Rahmen der Eigenkontrolle durch den Verleger beaufsichtigt bzw. begleitet. Der Hauptauftragnehmer hat dabei sicherzustellen, dass der Einbau fachgerecht erfolgt, u. a. dass keine Wellen in der Abdichtung entstehen und überbaut werden. Die erforderlichen Schichtdicken, speziell vor Überfahung mit Baumaschinen sind zu kontrollieren und ggf. nachzuarbeiten.



Abbildung 12 Einbau der Tragschichten und Pflasterarbeiten an der Basis des Regenrückhaltebeckens 1

7.2.4 Fremdüberwachung beim Einbau

Die kunststofftechnische Fremdüberwachung umfasst zunächst die Kontrolle der angelieferten kunststofftechnischen Elemente (Lieferzustand, Kennzeichnung), die Kontrolle der Herstellernachweise und wird ergänzt durch stichprobenartige Kontrollprüfung der Elemente in normgerechten Laborprüfungen (Knipschild, 1998). Bei den Kontrollprüfungen wurden in allen Fällen die Ergebnisse der Eigenüberwachung bestätigt.

Die Herstellung der Sandschutzschicht und Einbegräben als Auflager für die Kunststoffdichtungsbahnen wird durch die örtliche Bauüberwachung überwacht und durch die Fremdüberwachung stichprobenartig kontrolliert.

Der Einbau der Kunststoffdichtungsbahnen wird von der Fremdüberwachung durch Baustellen- und Laborprüfungen kontrolliert:

- vollständige Inaugenscheinnahme der gesamten Dichtungsfläche und aller Schweißnähte
- systematische Kontrolle der Nahtdicken (Fügewege) mittels Ultraschallprüfung an allen Überlappnähten mit Prüfkanal
- stichprobenartige Prüfung der Fügefestigkeit in den Nahtrandbereichen der Auftragnähte mittels abgewinkeltem Schraubendreher
- stichprobenartige Kontrolle der Dichtigkeitsprüfung
- Kontrollprüfung (normgerechte Laborversuche) an Probenahmen aus den Schweißnähten bzw. Probeschweißungen

Die anforderungsgerechte Ausführung aller konstruktiven Details und der fachgerechte Einbau der Geotextilien, Dränmatten und Geogitter entsprechend den Verlegevorschriften des Herstellers und den Vorgaben der Standsicherheitsberechnungen wird durch die örtliche Bauüberwachung überwacht und durch die Fremdüberwachung stichprobenartig kontrolliert. Es waren keine Mängel zu beanstanden.

8 SCHLUSSWERTUNG

Nach Diskussion verschiedener Ausführungsvarianten wurde ein geosynthetisches Dichtungssystem unter Verwendung einer 2,5 mm dicken PEHD-Kunststoffdichtungsbahn mit strukturierter Oberfläche gewählt.

Trotz zeitlich geringem Planungsvorlauf konnten durch die Hinzuziehung von Fachplanern konstruktive Details frühzeitig abgestimmt werden. Unter Beachtung der grundsätzlichen Anforderungen wurde ein kostengünstiges Dichtungssystem mit fach- und werkstoffgerechten Detaillösungen realisiert.

Durch die rechtzeitige Abstimmung des Bauablaufs mit allen Beteiligten, ermöglicht durch die frühzeitige Vorlage aller Eignungsnachweise, Standsicherheitsnachweise, Herstellervorschriften und der Verlegepläne, konnten Verzögerungen während der Bauausführung verhindert werden.

Die Mitarbeiter der bauausführenden Firmen sind für die besonderen Anforderungen beim Bau einer Abdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen mit Schutz- und Bewehrungselementen sensibilisiert worden. Die Eigen- und Fremdüberwachungen konnten die Umsetzung der Planungsvorgaben dokumentieren.

Feste Ansprechpartner, keine Personalwechsel oder ein Austausch der Baukolonnen sowohl beim Hauptauftragnehmer Fa. Anton Müsing GmbH & Co. KG, Wolfsburg, als auch beim Verleger Naue Sealing GmbH & Co. KG, Bückeburg, haben sich bisher in einer sehr hohen Qualität der ausgeführten Arbeiten niedergeschlagen. Im Zusammenwirken der Beteiligten ist die gewählte Ausführungsvariante damit sowohl unter Kosten als auch unter Qualitätsaspekten positiv zu bewerten.

9 LITERATUR

- ATV-DVWK-A 117, Bemessung von Regenrückhalteräumen. ISBN 3-933707-79-X. Hennef, März 2001
- ATV-DVWK-M 153, Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser. ISBN 3-927729-85-X. Hennef, Februar 2000
- Deutscher Verband für Schweisstechnik e.V. (1999): Richtlinie DVS 2225 Teil 4 02/1999. Schweißen von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (PE) für die Abdichtung von Deponien und Altlasten. DVS-Verlag, Düsseldorf
- BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG (2000): Secugrid®-Handbuch. Bewehrung mit Geokunststoffen - Anwendung und Bemessung in Beispielen. Geokunststoffe in der Geotechnik, Band 2, 2. Aufl. 2002, Naue Fasertechnik (Hrsg.). Lübbecke
- Blümel, W. & Stoewahse, C. (1998): Nachweise zur Standsicherheit von Dichtungssystemen auf geneigten Flächen. Tagungsband zur 14. Fachtagung "Die sichere Deponie - Wirksamer Grundwasserschutz mit Kunststoffen", SKZ, 26./27.02.1998, Congress Centrum Würzburg
- Knipschild, F. W. (1998): Anforderungen und Aufgaben einer projektbezogenen Fremdprüfung für den Bereich Kunststofftechnik. Tagungsband zur 14. Fachtagung "Die sichere Deponie - Wirksamer Grundwasserschutz mit Kunststoffen", SKZ, 26./27.02.1998, Congress Centrum Würzburg
- Saathoff, F. (1999): Dränsysteme aus Wirrgelege und Vliesstoff. Tagungsband zur 15. Fachtagung "Die sichere Deponie - Wirksamer Grundwasserschutz mit Kunststoffen", SKZ, 18./19.02.1999, Congress Centrum Würzburg