

Aktuelles aus dem Fachbeirat der BAM und von der Zulassungsstelle

Andreas Wöhlecke, M.Eng. und Dr. rer. nat. Werner W. Müller

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

Inhaltsverzeichnis wird hier später von ICP mbH automatisch eingefügt.

1. Einleitung

Unser Beitrag soll auch in diesem Jahr über aktuelle Diskussionsthemen und Fragestellungen im Fachbeirat der BAM, in seinen Arbeitsgruppen und in der BAM informieren. Im vergangenen Jahr wurde intensiv über die Qualitätssicherung und den Einbau von Kunststoff-Dränelementen diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde ein Untersuchungsprogramm zum Einfluss von Überlappstößen auf das Wasserableitvermögen von Kunststoff-Dränelementen angestoßen. Die Ergebnisse sollen hier in Kürze vorgestellt und die Bedeutung für die Abminderungsfaktoren und damit für die Bemessung erläutert werden. Zu welchem Zeitpunkt muss ein Kunststoff Dränelement überbaut werden und welche weiteren Regelungen müssen hier beachtet werden? Was steckt eigentlich hinter diesen strengen Regelungen? Diese Fragen sollen im Folgenden diskutiert werden.

Die Deponieverordnung (DepV) fordert eine Akkreditierung der fremdprüfenden Stellen nach verschiedenen Normen. Die fachlichen Anforderungen an den „Fremdprüfer-Kunststoff“ legt die Richtlinie Fremdprüfer der BAM fest. Um diese Anforderungen im Akkreditierungsprozess ausreichend berücksichtigen zu können, wurde nun eine sogenannte DAkkS Regel erarbeitet, die die Anforderungen der Richtlinie spiegelt. Über den aktuellen Stand soll berichtet werden.

Auch über die aktuelle Arbeit in Zusammenhang mit den Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) soll berichtet werden. Der Prüfhinweis B14 (Bestimmung der Maßhaltigkeit von geosynthetischen Dichtungsbahnen aus Polyethylen hoher Dichte (PEHD)) wurde überarbeitet. Vorangegangen war eine intensive Entwicklung der Prüfeinrichtung sowie ausgiebige Ringversuche im AK GWS (Arbeitskreis Grundwasserschutz). In diesem Zusammenhang wurden neue Anforderungen an die Produkte gestellt. Die Hintergründe dazu sollen kurz vorgestellt werden. Die DVS (Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren) Richtlinie 2225-4 regelt das Schweißen der KDB auf der Deponiebaustelle. Werden KDB im strukturierten Bereich miteinander verschweißt, werden die Strukturen in der Regel vorher abgetragen. Die DVS Richtlinie 2225-4 sieht unter bestimmten Voraussetzungen von einem Abtragen der Strukturen ab. Vor diesem Hintergrund wurde vom AK GWS ein Untersuchungsprogramm initiiert, das die Auswirkungen aufzeigen soll. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden vorgestellt.

Die europäischen Anwendungsnormen und das deutsche Straßenbaumerkblatt für Geokunststoffe verwenden statistische Begriffe. Deren nur „beiläufige“ Erwähnung lässt jedoch offen, was genau im Zusammenhang gemeint ist. Produkte unterschiedlicher Hersteller können daher trotz gleicher Angaben zu den Mindestwerten in den Leistungserklärungen oder Datenblättern deutlich unterschiedliche Eigenschaften haben. Um vorschriftsmäßig bemessen zu können, muss man jedoch

wissen, was sich hinter den Zahlen verbirgt. Eine Zulassung oder Zertifizierung ist nur dann sinnvoll, wenn darüber hinaus einheitlich definiert wird, was die Angaben für die werkseigene Produktionskontrolle, die Inspektion durch benannte Stellen und die Kontrolle durch Dritte bedeuten. In den vergangenen Jahren seit 2009 wurde versucht, die Zulassungen stärker auf die Vorgaben aus der europäischen Normung zu stützen. Daher musste nun diskutiert werden, welche statistische Bedeutung die Angaben in den Zulassungen für Kunststoff-Dränelementen und Geotextilien zum Filtern und Trennen haben. Hier musste eine einheitliche Regelung getroffen werden. Über die Ergebnisse soll berichtet werden.

2. Veröffentlichung von Zulassungen, Richtlinien und weiteren Dokumenten

Sowohl die Richtlinien als auch Listen zugelassener Produkte, Zulassungen sowie Listen fremdprüfender Stellen, die die Anforderungen der Richtlinie erfüllen, etc. werden auf der Internetseite bzw. im Amts- und Mitteilungsblatt der BAM veröffentlicht. An der Praxis hat sich damit grundsätzlich nichts geändert. Allerdings wurde die Internetseite der BAM in diesem Jahr gründlich überarbeitet. Sie hat ein ganz neues Design und einen neuen Aufbau bekommen. Aus diesem Grund finden sich die Dokumente nun leider an anderer Stelle wieder. Die Rubrik Abfallrecht findet sich nun unter: Fachportale > Fachportal Technische Sicherheit (TES) > Kunststoffe in der Geo- und Umwelttechnik > Abfallrecht¹. Das Amts- und Mitteilungsblatt wurde in die Datenbank Publica integriert und findet sich nun unter Amtliche Mitteilungen > Veröffentlichungen im Amts- und Mitteilungsblatt².

3. Kunststoffdichtungsbahnen

3.1 Fehlerhäufigkeit in Deponieoberflächensystemen

Im Grunde stehen bei dem Bau von Deponieabdichtungssystemen mit Kunststoffdichtungsbahnen immer die folgenden zentrale Annahme im Hintergrund: Wenn man sich an alle Spielregeln hält, dann kann man auch eine tatsächliche dichte Abdichtung bauen. Es stellt sich natürlich immer wieder die Frage: Stimmt das?

Erstmals kann auf diese Frage für deutsche Deponien eine sich auf Messdaten stützende Antwort gegeben werden. Es wurden der BAM Überwachungsdaten von der Firma Sensor GmbH zur Verfügung gestellt, die über eine Zulassung für ihr Dichtungskontrollsystem verfügt. Diese Daten betreffen nicht nur die Erstprüfungen der Oberflächenabdichtungen, sondern auch die ständig zu wiederholenden Überwachungsprüfungen. Hier kann insgesamt auf eine Erfahrung von 14 Jahren zurückgeblickt werden. In Abbildung 1 werden die Daten von 32 Deponieoberflächenabdichtungen mit einer Gesamtfläche von 1.276.500 m² zusammengefasst. Es wurden hier insgesamt sechs Fehler entdeckt, was einer Dichte von einem Fehler alle 21,3 ha entspricht. In 26 der 32 Projekte wurden überhaupt keine Fehler gefunden. Bei den übrigen Projekten konnte nur ein Fehler pro Oberflächenabdichtung detektiert werden. Lediglich über eine der Fehlstellen waren keine Informationen vorhanden. Alle anderen Fehler lagen außerhalb von Schweißnähten in der Fläche der

¹ <http://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm>

² <https://opus4.kobv.de/opus4-bam/solrsearch/index/search/searchtype/series/id/3>

Dichtungsbahnen und wurden durch mechanische Einwirkungen erzeugt. Dabei sind keine Fehlstellen durch mangelhafte Verarbeitung oder Materialfehler entstanden. Auch ein Versagen durch Spannungsrisse wurde nicht festgestellt. Ein Fehler wurde sogar absichtlich während der Bauarbeiten eingefügt, um das System einer zweiten Überprüfung zu unterziehen. Zwei Fehler wurden durch scharfkantige Gegenstände eingebracht. Ein etwa 1 cm großes Loch entstand bei den Bauarbeiten durch eine Baggerschaufel.

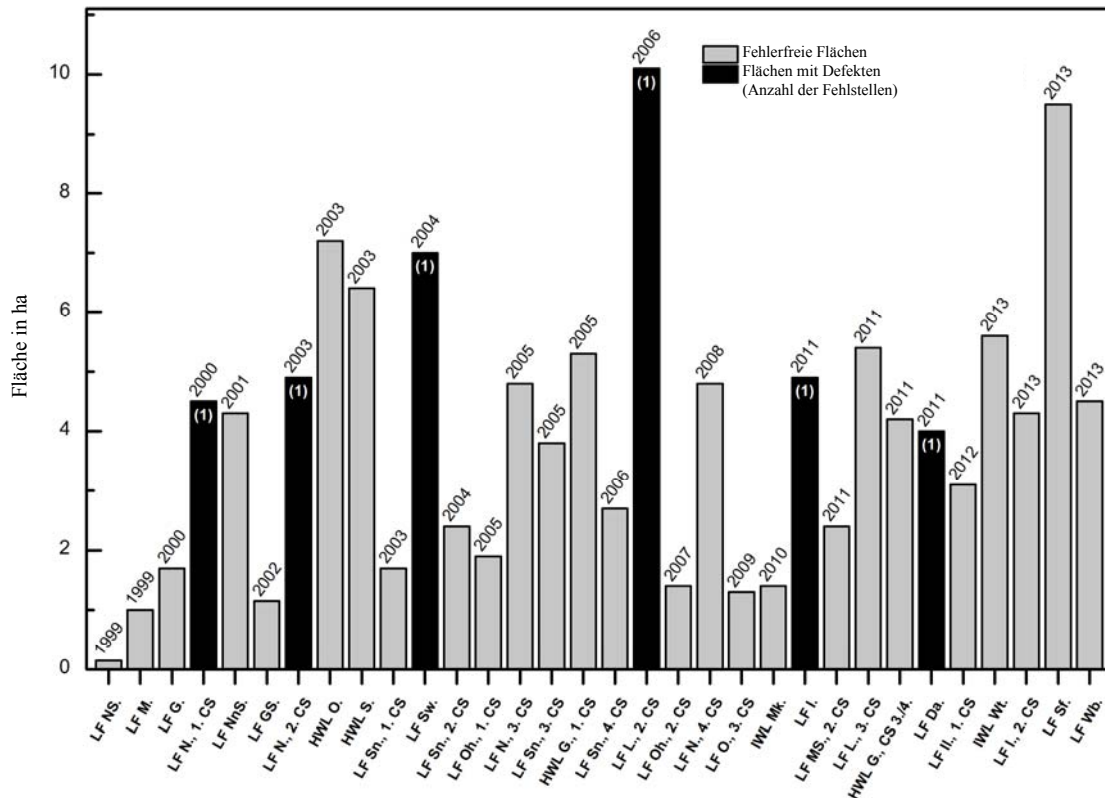


Abbildung 1: Anonymisierte mit Dichtungskontrollsystem überwachte Oberflächenabdichtungen auf deutschen Deponien. Das Jahr des Baus der Oberflächenabdichtung ist über den Balken dargestellt.

Berücksichtigt man all diese Ergebnisse, dann fand man im Durchschnitt lediglich 0,05 kleinere Fehler pro ha Fläche. Damit kann an dieser Stelle festgehalten werden: Das Anforderungsprofil für Produkte, Verlegearbeiten und das Qualitätsmanagement auf deutschen Deponien ist sehr hoch, aber dies führt dann auch tatsächlich dazu, dass praktisch keine relevanten Fehlstellen auftreten. Interessant sind in diesem Zusammenhang Fehlerhäufigkeiten im internationalen Abdichtungsbau, die in der Fachliteratur diskutiert werden. Bei schlechter Qualitätssicherung rechnet man mit bis zu 60 Fehlern pro ha, bei guter Qualitätssicherung mit 2,5 bis 10 Fehlern pro ha und bei sehr guter Qualitätssicherung mit immer noch 0,5 Fehlern pro ha. Der Vergleich zeigt, welches Niveau durch das Zusammenwirken von Zulassung, Bemessungskonzepten (insbesondere für Schutzschichten), Güteüberwachung von Verlegefachbetrieben, Akkreditierung fremdprüfender Stellen und schließlich behördlicher Überwachung tatsächlich erreicht werden kann.

3.2 Schweißen strukturierter KDB auf der Deponiebaustelle

Beim Schweißen von KDB im strukturierten Bereich wird die Struktur in der Regel mechanisch abgetragen. Dies ist sehr arbeitsintensiv, zeitaufwendig und hinterlässt Verarbeitungsspuren in der Oberfläche der KDB. Die DVS Richtlinie 2225-4 sieht unter bestimmten Rahmenbedingungen die

Möglichkeit vor, ohne das Abtragen der Struktur zu schweißen, wenn die Eignung unter baustellengerechter Ausführung nachgewiesen wurde. Hier könnten aber Schwierigkeiten auftreten, da für das Aufschmelzen der Strukturen große Schmelzeschichtdicken (kleine Geschwindigkeiten und hohe Temperaturen) erforderlich sind und dadurch auch sehr große Drücke, die sich direkt auf die Schweißnahtgüte auswirken.

Ein entsprechendes Untersuchungsprogramm wurde von Herrn Romann (AGAS (Arbeitsgemeinschaft Abdichtungssysteme)) und Herrn Dr. Knipschild (AK GWS) initiiert. Ein Teil der Ergebnisse wurde in dem Bericht AK GWS 06-12-15 veröffentlicht. Es wurden strukturierte KDB von unterschiedlichen Herstellern von verschiedenen Verlegefachbetrieben unter Baustellenbedingungen geschweißt, ohne die Struktur vor dem Schweißen abzutragen. Die Schweißnahtqualität wurde für diesen Bericht u.a. durch Kurzzeit-Schälversuche untersucht, wie sie üblicherweise zur Beurteilung der Schweißnahtqualität auf der Baustelle durchgeführt werden. Beurteilungskriterien waren der Fügeweg, der Schälwiderstand, die Restnahtbreite und die Versagensart. Die Kurzzeituntersuchungen zeigten keine nachteiligen Veränderungen der Schweißnahteigenschaften. Dabei wurden 210 Proben geprüft. Der Fügeweg wurde immer eingehalten und bei lediglich vier Probekörpern schälte die Naht teilweise auf. Drei der aufgeschälten Proben entstammten derselben Probe. Das Aufschälen wurde auf Verunreinigungen zurückgeführt (vgl. unten). Qualitativ entsprechen sich die Ergebnisse bei Schweißnähten mit und ohne abgetragene Strukturen damit in dem vorliegenden spezifischen Fall.

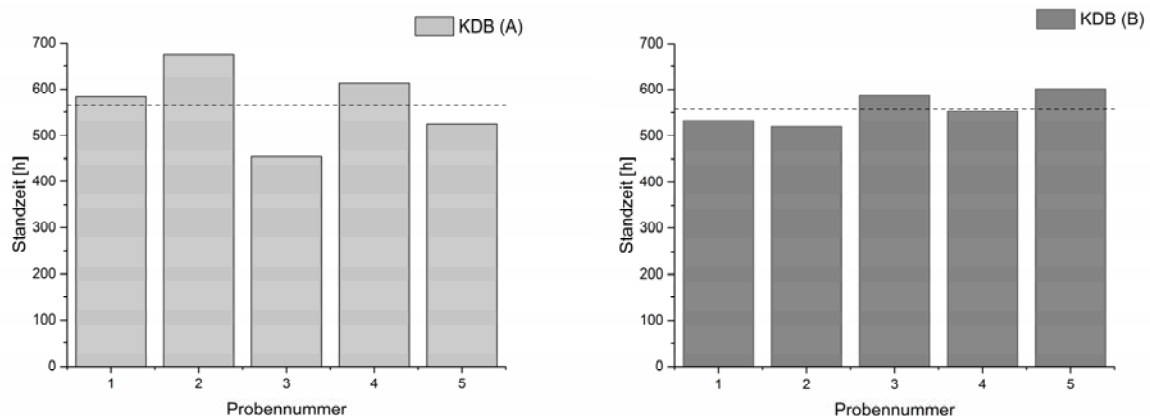


Abbildung 2: Standzeiten zweier unterschiedlicher strukturierter Kunststoffdichtungsbahnen, die unter baustellengerechter Ausführung und ohne vorheriges Abtragen der Strukturen geschweißt wurden, im Zeitstandschälversuch bei 80 °C und 6 N/mm Belastung in einer 2 %-igen Arkopal N-100 Lösung. Dargestellt sind die Einzelwerte und das jeweilige Geometrische Mittel. Die Daten wurden dem Bericht R16 02 2981 der Firma HESSEL Ingenieurtechnik GmbH entnommen.

Im Fachbeirat wurde sich darauf geeinigt, die Schweißnähte zusätzlich in Langzeit-Schälversuchen zu untersuchen. Denn nur durch den Vergleich der Standzeiten und die Beurteilung der Bruchflächen in diesem Versuch, kann ein tiefgehendes Urteil über das Schweißverhalten der Dichtungsbahnen gebildet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden mit dem Bericht R16 02 2981 der Firma HESSEL Ingenieurtechnik GmbH vorgelegt und sind für zwei strukturierte Kunststoffdichtungsbahnen in Abbildung 2 in anonymisierter Weise dargestellt. Zu sehen sind hier die Einzelwerte im Zeitstandschälversuch und jeweils das geometrische Mittel als gestrichelte Linie. Die Standzeiten im Zeitstandschälversuch sind von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig. Die verwendete Schweißmaschine mit den jeweiligen Parametern Heizkeiltemperatur,

Schweißgeschwindigkeit und Anpressdruck spielen eine wichtige Rolle und verändern die Ergebnisse beim Schweißen stark. Deswegen müssen immer die optimalen Einstellungen der jeweiligen Maschine unter den gegebenen Umgebungsbedingungen gesucht werden. Im gleichen Maße hängen die Ergebnisse von dem Material der Kunststoffdichtungsbahn ab. Die Fließeigenschaften der Schmelze und die Spannungsrisssbeständigkeit sind hier wichtige Einflussgrößen. Je höher die Spannungsrisssbeständigkeit des für die KDB verwendeten Materials ist, umso höher ist die zu erwartende Standzeit im Langzeitschälversuch bei optimal gewählten Schweißparametern. Umgekehrt beschränken die Spannungsrisseigenschaften, die zu erreichenden Standzeiten. Dies ist der wesentliche Grund dafür, dass es keinen allgemeinen Anforderungswert für eine gute Schweißnaht in diesem Bereich geben kann. Ein solcher Wert könnte lediglich für KDB eines bestimmten Materials festgelegt werden und wäre von den Maschinenparametern der Schweißmaschine abhängig. Die hier untersuchten KDB wurden aus dem Material DOWLEX 2342 M hergestellt. Erfahrungsgemäß erreichen Dichtungsbahnen mit glatter Oberfläche aus diesem Material, die unter Laborbedingungen geschweißt wurden, bei optimal gewählten Schweißmaschineneinstellungen, eine Standzeit von über 500 Stunden. Meistens sind die Standzeiten jedoch geringer. In wenigen Fällen übertreffen die Standzeiten auch 700 bis 800 Stunden. Die hier untersuchten strukturierten Kunststoffdichtungsbahnen haben auf Anrieb im geometrischen Mittel Standzeiten von 564,4 Stunden und 557,5 Stunden erreicht. Fast alle Einzelproben haben eine Standzeit von 500 Stunden übertroffen.

Lüders hat gezeigt, dass u.a. zwei wichtige Größen beim Heizkeilschweißen betrachtet werden müssen, um auf eine gute Schweißnaht rückschließen zu können [1-3]. Das ist zum einen die erzielte „effektive“ Schmelzeschichtdicke (eine rechnerisch aus Temperatur und Geschwindigkeit für eine bestimmte Maschine ermittelte Größe) mit einem Bereich von 0,75 bis 0,9 mm und das Fügeverhältnis, das aus dem Quotienten aus Fügeweg und Schmelzeschichtdicke gebildet wird, und das im Bereich zwischen 0,5 bis 0,9 liegen sollte. Eine gute Schweißnaht bedeutet in diesem Zusammenhang eine auf das verwendete Material bezogene lange Standzeit im Langzeitschälversuch. Daraus resultiert, dass die Temperatur des Heizkeils ausreichend hoch und die Einwirkzeit entsprechend lang sein muss, um eine ausreichende Materialmenge aufzuschmelzen. Umgekehrt kann ein zu hoher Wärmeeintrag zu nachteiligen Effekten führen. Der Anpressdruck muss dann so gewählt werden, dass durch den erzielten Fügeweg das Fügewegverhältnis eingehalten wird. Der Fügeweg allein und die Ergebnisse des Kurzzeitschälversuchs korrelieren nicht mit einer langen Standzeit im Zeitstandschälversuch und damit mit einer guten Schweißnaht in Bezug auf die Langzeiteignung.

Beim Schweißen strukturierter KDB muss der zusätzlichen Polymermasse der Strukturen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Diese Masse muss zusätzlich erwärmt und verdrängt werden. Nach der DVS Richtlinie 2225-4 wird mit den folgenden Schweißparametern in der Praxis für gewöhnlich geschweißt: Heizkeiltemperatur: 300-420 °C, spezifische Fügekraft 30-40 N/(mm effektive Rollenbreite) und Schweißgeschwindigkeit: 1-2 m/min. Für die Probeschweißungen wurde in 7 von 9 Probeschweißungen eine Heizkeiltemperatur von 400 oder 420 °C gewählt. Die Schweißgeschwindigkeit wurde bei 3 der 9 Probeschweißungen mit 1,1 m/min oder weniger am unteren Ende und bei den übrigen 6 Probeschweißungen im mittleren Bereich zwischen 1,5-1,8 m/min gewählt. Bezieht man den im Bericht dargestellten Fügedruck jeweils auf eine effektive Rollenbreite von 30 mm, wie sie üblicherweise verwendet wird, ergeben sich Anpressdrücke die den üblichen Bereich übersteigen. In einem Fall findet man ca. 53 N/mm und in zwei Fällen sogar 60 N/mm. Der Schweißer auf der Deponiebaustelle muss sich also bewusst machen, dass er im Grenzbereich der üblichen Schweißparameter schweißen muss, um gute Schweißergebnisse erzielen zu können.

Eine reine Betrachtung des Fügeweges und der Kurzzeitschälereigenschaften lässt keine direkten Rückschlüsse auf die Langzeiteignung einer Schweißnaht ziehen. Es sollte daher bei den hier vorliegenden Fällen auch eine Betrachtung der Schmelzeschichtdicke durchgeführt werden, um einen optimalen Bereich für die Schweißparameter festlegen zu können. Leider war es seinerzeit nicht gelungen, das Lüder'sche Konzept in der DVS zu verankern, dass eine Beurteilung von solchen Schweißexperimenten möglich macht. Bislang gibt es nur für zwei Strukturkombinationen eine Erlaubnis im Zulassungsschein des Schweißens ohne Abarbeiten der Struktur.

Ein kritischer Punkt, der bei den Untersuchungen zutage getreten ist, ist die Sauberkeit der geschweißten Flächen. Bei den Proben, bei denen ein Aufschälen festgestellt wurde, waren in der Regel eingetragene Schmutzpartikel der Grund. Allerdings können die Probleme verschmutzter KDB auch beim Abschleifen der Strukturen auftreten, da man hier u. U. Schmutz in das Material einarbeitet. Da die Ergebnisse stark von der Sauberkeit der Schweißflächen abhängen und im strukturierten Bereich keine Schutzstreifen auf den Schweißflächen aufgetragen werden können, wurde an den DVS Arbeitskreis herangetreten: Ein entsprechendes Verfahren zur Reinigung und Trocknung der Schweißflächen muss angegeben und in der DVS-Richtlinie verankert werden.

Die vorgelegten Untersuchungsergebnisse sind spezifisch und können nicht auf andere strukturierte KDB übertragen werden. In die Zulassungen der betreffenden strukturierten KDB wurde nun die folgende Passage aufgenommen.

*Die beiden jeweils gleich strukturierten Oberflächen [...] dürfen durch die Herstellung von Doppelüberlappnähten mit Prüfkanal im Heizkeil-Schweißverfahren verbunden werden, ohne dass die Strukturen vorher abgearbeitet werden müssen. Der gemäß der DVS 2225-4 erforderliche Nachweis wird im Bericht AK GWS 06-12-15 von Dr. Knipschild vom 05. Februar 2016 und im Prüfbericht R16 02 2981 von der Firma Hessel Ingenieurtechnik vom 07. April 2016 dokumentiert. **Unabdingbare Voraussetzung ist dabei, dass die Fügebereiche sauber sind und vollständig von Bodenpartikeln und Staub gereinigt wurden. Dafür müssen geeignete Reinigungsverfahren eingesetzt und entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Diese Maßnahmen bedürfen der Zustimmung des Fremdprüfers. Die Schweißnähte müssen die Anforderungen der DVS 2225-4, insbesondere auch im Hinblick auf den Fügeweg, erfüllen.***

Durch die vorliegenden Prüfberichte wurde nachgewiesen, dass die untersuchten strukturierten KDB unter baustellengerechten Ausführungen geschweißt werden können. Insofern greift die Zulassung und die Zulassungsrichtlinie für KDB auf, was in diesen Fällen offenbar Stand der Technik ist. Es muss aber an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass der erfahrene Fremdprüfer auf der Deponiebaustelle letztlich zu beurteilen hat, ob die vorliegenden Rahmenbedingungen das Schweißen im jeweiligen Fall zulassen.

3.3 Bestimmung der Maßhaltigkeit von geosynthetischen Dichtungsbahnen - Prüfhinweis B14

KDB müssen in Deponieabdichtungssystemen wellenfrei verlegt werden (s. dazu auch Kapitel 5.1). Das Material der KDB ist inkompressibel. Wird daher eine wellige KDB überbaut und belastet, so werden die Wellen zu Falten zusammengedrückt. Es kann sich dabei ein ganzes Netzwerk von Falten ausbilden (s. Abbildung 5). Mit den Falten sind in der Regel Kanäle verbunden, in denen sich das

durch ein Loch eindringende Wasser ausbreiten kann. Je größer dabei der Teil der Oberfläche der mineralischen Dichtung ist, der vom Wasser erreicht wird, umso größer wird der Durchfluss durch das Loch sein [4, 5].

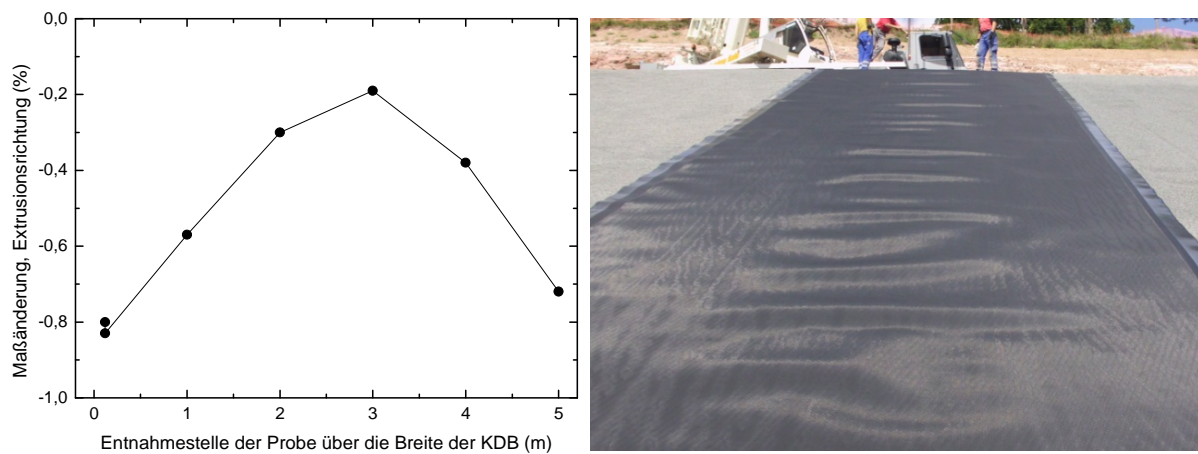


Abbildung 3: Verlauf der Maßänderung (in Extrusionsrichtung) entlang der Breite der KDB. Auf der Baustelle bilden sich im mittleren Bereich Wellen, die sich durch die thermische Kontraktion kaum mehr beseitigen lassen.

Während der Produktion der KDB wird das Material stark verformt und dabei abgekühlt. Damit werden auch zugehörige Spannungen „eingefroren“. Auf der Baustelle ausgerollt und von der Sonneneinstrahlung erwärmt, lösen sich diese Spannungen durch Rückverformungen wieder auf. Es kann dadurch zu einer Welligkeit in der KDB kommen, die durch die thermische Kontraktion nicht beseitigt werden kann (Abbildung 3, rechts). Die sogenannte Maßänderung dient als Messgröße, um diese „intrinsische“ Welligkeit der Dichtungsbahn zu erfassen. Dazu wird bei der Eigenüberwachung der Produktion eine quadratische Probe aus der Dichtungsbahn mit einer Kantenlänge von 10 cm entnommen. Diese wird bei 120 °C eine Stunde im Wärmeschrank gelagert. Danach wird die Maßänderung, also die Änderung der Kantenlänge, längs und quer zur Extrusionsrichtung, bestimmt (Abbildung 3, links). Für die zulässige Maßänderung sowie für die Variation der Maßänderung über die Breite der Dichtungsbahn wurden enge Grenzwerte festgelegt.

In mehreren Ringversuchen hat die Arbeitsgruppe Fremdprüfer im AK GWS (www.akgws.de) unter Federführung von Herrn Dr. Knipschild das Prüfverfahren so verbessert, dass jetzt mit der erforderlichen Reproduzierbarkeit der Ergebnisse innerhalb eines Labors und der erforderlichen Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen verschiedenen Laboren gemessen werden kann. Die Prüfvorschrift findet man auf der Internetseite der BAM (www.bam.de).

4. DAkkS-Regel zur Akkreditierung von fremdprüfenden Stellen

Die Deponieverordnung (DepV) fordert, dass fremdprüfende Stellen, die auf Deponiebaustellen aktiv werden wollen, nach den Normen ISO/IEC 17020 als Inspektionsstelle und ISO/IEC 17025 als Prüflabor für bestimmte Prüfungen akkreditiert sein müssen. Dies gilt sowohl für den Fremdprüfer für mineralische Komponenten als auch für Fremdprüfer für Komponenten aus Kunststoff.

Die Art und Häufigkeit der Prüfungen, die im Rahmen der Fremdprüfung für Geokunststoffprodukte zur Kontrolle der Lieferqualität und zur stichprobenartigen Überprüfung der Schweißarbeiten durchgeführt werden müssen, sind in den Zulassungsrichtlinien für die Produkte festgelegt. Die spezifischen Anforderungen hinsichtlich Personal und Einrichtungen etc. an die fremdprüfenden

Stellen werden in der Richtlinie-Fremdprüfer formuliert. Hier werden auch die für die verschiedenen Gewerke notwendigen Prüfungen zusammengefasst. Für eine Akkreditierung als Inspektionsstelle nach ISO/IEC 17020 als fremdprüfende Stelle für Kunststoffkomponenten muss ein direkter Bezug zu der Richtlinie-Fremdprüfer hergestellt werden. Alle Anforderungen der Richtlinie müssen dafür erfüllt werden. Aus diesem Grund reicht es eben nicht nur die Norm ISO/IEC 17020 als Bewertungsgrundlage für eine Akkreditierung hinzuziehen. Daher wurde in Zusammenarbeit mit der DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle) GmbH eine sogenannte DAkkS-Regel erarbeitet, die die Anforderungen der Richtlinie-Fremdprüfer abbildet und so im Akkreditierungsprozess unmissverständlich sicherstellt, dass die Richtlinie-Fremdprüfer Anwendung finden muss. Diese DAkkS-Regel (Dokument: 71 SD 1 039 vom 11. März 2016) wurde auf der Internetseite der DAkkS³ veröffentlicht und kann damit im Akkreditierungsprozess der DAkkS verwendet werden.

In diesem Zusammenhang kam die Frage auf welcher Fremdprüfer, der für Kunststoffe oder der für mineralische Komponenten, für die Prüfung der sogenannten „Bentonitmatten“ zuständig sei. Die Eignung dieser Produkte wurde durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ festgestellt. Trotzdem tauchen sie in der Richtlinie-Fremdprüfer der BAM auf. Das Argument hierfür war, dass Bentonitmatten zu einem Großteil aus Geotextilien bestehen und der Fremdprüfer-Kunststoff hier einen großen Erfahrungsschatz hat und es daher sinnvoll ist, dass auch er hier tätig werden kann. Die Diskussion wurde auch in die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ getragen. Es bestand einmütig die Auffassung, dass auf der Grundlage solcher abgestimmter DAkkS-Regeln sowohl der Fremdprüfer-mineralisch wie auch der Fremdprüfer-Kunststoff Bentonitmatten fremdprüfen kann. Wer schließlich „den Hut“ aufhat, wird man nun der Beauftragung im Einzelfall überlassen. Die Prüfungen, die der jeweilige (kunststofftechnische bzw. geotechnische) Fremdprüfer nicht selbst durchführen kann, kann er dann bei einem andere (geotechnischen bzw. kunststofftechnischen) Fremdprüfer in Auftrag geben.

5. Kunststoff-Dränelemente

5.1 Zeitpunkt des Überbaus von Kunststoff-Dränelementen

Auf der letzten Veranstaltung haben wir ausführlich über die Anforderungen an den Einbau von und das Qualitätsmanagement von Kunststoff-Dränelementen auf der Deponiebaustelle berichtet. Es wurden Verlegeanweisungen für die Produkte erarbeitet, die nun die Zulassungen als Anlagen ergänzen. Im Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement beim Einbau der Produkte ist eine weitere Fragestellung aufgetreten. Diese betrifft den Überbau der Produkte auf der Deponiebaustelle. In der Zulassungsrichtlinie-Kunststoffdichtungsbahnen steht hierzu unter anderem: *Die Auflast muss in der Regel am selben oder am folgenden Tag, spätestens jedoch am zweiten Arbeitstag nach dem Einbau der Dichtungsbahn aufgebracht werden.* Für Kunststoff-Dränelemente galt hingegen: *Spätestens nach 5 Tagen muss mit dem Einbau des Bodenmaterials begonnen werden.* Das hat z. T. zu dem Missverständnis geführt, dass eine KDB, über der ein Kunststoff-Dränelement verlegt wurde, erst nach 5 Tagen mit weiteren Materialien überbaut werden müsste. Das ist aber nicht richtig. Eine unzureichende oder verspätete Überbauung bzw. eine unzureichende Ballastierung von Kunststoffdichtungsbahnen, wie sie eben ein Kunststoff-Dränelement darstellen würde, ist aus Gründen der möglichen Wellenbildung nicht akzeptabel. Ziel beim Einbau der Dichtungsbahnen als

³ Unter: http://www.dakks.de/sites/default/files/dokumente/71_sd_1_039_depv_bam_20160311_v1.0_0.pdf

Bestandteil einer klassischen oder modifizierten Kombinationsdichtung ist, dass Auflasten wie Schutz-, Entwässerungs-, und Rekultivierungsschichten zu einem vollflächigen Kontakt zwischen Dichtungsbahn und zweiter Abdichtungskomponente führen. Diese Glattlage und der dabei entstehende Pressverbund verhindern bei Fehlstellen oder Schäden die Ausbreitung von Wasser zwischen den Dichtungsschichten. Dadurch wird die angestrebte, vorbeugende Fehlertoleranz der Kombinationsdichtung erreicht. Das Loch in der KDB wird dann durch die mineralische Dichtung effektiv abgedichtet [6, 7].



Abbildung 4: Eine eingebaute Kunststoffdichtungsbahn mit vollständiger Glattlage (Quelle: R. Schicketanz).

In anderen Fällen, wenn z. B. die Dichtungsbahn auf einer Ausgleichsschicht oder der Kapillarschicht einer Kapillarsperre verlegt wird, leitet sich die Forderung nach der Glattlage der Dichtungsbahn daraus ab, dass Auflasten aufliegender Schutz-, Drän- und Rekultivierungsschichten keine unzulässige Verformung durch stehen gebliebene Wellen oder gar gefaltete Wellen erzeugen dürfen. Ein Einbauverfahren dazu wurde von Herrn Schicketanz mit der „Riegelbauweise“ entwickelt, das vielfach erfolgreich angewendet wurde [8-10] und dessen Wirksamkeit in einem Forschungsvorhaben gezeigt wurde [11].

Abbildung 4 zeigt eine eingebaute Kunststoffdichtungsbahn mit vollständiger Glattlage. Durch die thermischen Ausdehnungsprozesse der Produkte während der Tag- und Nachtwechsel über einen längeren Zeitraum können sich jedoch Wellen ausbilden, die sich nicht mehr beseitigen lassen (s. dazu Abbildung 5).



Abbildung 5: Aufgrabung einer stark wellig verlegten KDB (Quelle: R. Schicketanz.)

Aus diesen Gründen ist die folgende Passage in die Verlegeanweisungen der Hersteller aufgenommen worden:

Soweit nicht andere Regelungen (s. z. B. Zulassungsrichtlinie-KDB) einen früheren Zeitpunkt vorsehen, muss spätestens 5 Tagen nach dem Einbau eines Kunststoff-Dränelements mit dem Einbau des Bodenmaterials begonnen werden.

In der Zulassungsrichtlinie-KDB wurde darüber hinaus die Klarstellung aufgenommen, dass ein Kunststoff-Dränelement auf der KDB keinesfalls eine ausreichende Ballastierung darstellt. Hier heißt es nun:

Nach Fertigstellung eines Abschnitts und Planlage der Dichtungsbahnen muss verlegtätlich die Schutzschicht oder das Kunststoff-Dränelement eingebaut werden. Dabei muss beachtet werden, dass rein geotextile Schutzlagen und Kunststoff-Dränelemente keine ausreichende Auflast zur Herstellung der Glattlage [...] darstellen.

5.2 Aktuelles zu den Abminderungsfaktoren

Für eine sichere Bemessung von Kunststoff-Dränelementen müssen die relevanten Bemessungswerte der Produkte aus den Ergebnissen von Langzeit-Kriechversuchen hergeleitet (s. dazu z. B. [12]) und unter der Berücksichtigung zusätzlicher Sicherheits- und Abminderungsfaktoren berechnet werden. Diese Abminderungsfaktoren drücken weitere nachteilige Effekte und Unsicherheiten auf das Wasserableitvermögen aus. Sie werden ebenfalls in der GDA E 2-20 beschrieben. Im Folgenden soll in Kürze über aktuelle Entwicklungen des Abminderungsfaktors D3 (Abminderungsfaktor für die Beeinträchtigung des Wasserableitvermögens durch lokale Querschnittveränderungen) informiert werden.

Derzeit werden nur noch Kunststoff-Dränelemente mit einem Filtergeotextil auf der Oberseite mit einem Flächengewicht von 300 g/m² eingesetzt. Früher hatten diese in der Regel ein Flächengewicht von 200 g/m². Dies war u. a. der Anlass zu untersuchen, welche Veränderung des Wasserableitvermögens tatsächlich bei fachgerecht hergestellten Querstößen von zugelassenen Kunststoff-Dränelementen vorhanden ist. Diese Querstöße sind u. a. entlang der Fließrichtung angeordnet und müssen als sogenannte Überlappstöße ausgeführt werden. Die Annahme liegt hier nahe, dass es genau an solchen Verbindungsstellen zu Behinderung des Abflusses kommen könnte. Die Hersteller haben aus den genannten Gründen z. T. eigene Untersuchungen gemacht und zusätzlich Untersuchungen in akkreditierten Prüflaboratorien in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse wurden in [13] veröffentlicht.

Dabei zeigte sich bei den gewählten Prüfbedingungen (hydraulischer Gradient Eins sowie 20 und 50 kN/m² Auflast) praktisch keine Verringerung gegenüber dem Wasserableitvermögen im Dränelement selbst, wenn die Dränkerne direkt überlappt werden. Werden die Kunststoff-Dränelemente als Ganzes, entweder „Dachschindel-artig“ oder in einer gerade umgekehrten Anordnung übereinander gelegt, so genügt bereits ein Überlapp von 20 cm, damit ausreichend Wasser durch die zwischen den Dränkernen liegende Trennschicht aus Geotextilien strömt. Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Versuche zum Wasserableitvermögen für ein Kunststoff-Dränelement mit und ohne Querstoß bei verschiedenen Auflasten und unterschiedlichen Bettungen. Der Querstoß wurde in diesem Fall so ausgeführt, dass die Dränkerne direkt aufeinander

gelegt wurden. Die Geotextilien zwischen den Kunststoff-Dränelementen wurden dafür zurückgeklappt.

In der Zulassungsrichtlinie für Kunststoff-Dränelemente wird ein Abminderungsfaktor von 1,2 gefordert. Die Festlegung beruht auf den Untersuchungen von Gartung und Zanzinger, 1999 [14] und der damals vorherrschenden Expertenmeinung. Auf der Grundlage dieser neuen Ergebnisse wurde der Abminderungsfaktor $D3 = 1,2$ neu diskutiert. Die GDA E 2-20 selbst verweist für den Abminderungsfaktor $D3$ auf die Zulassungsrichtlinie-Kunststoffdränelemente der BAM. Da die vorliegenden Ergebnisse nur auf die untersuchten Produkte übertragen werden können, hat man sich darauf geeinigt, den Abminderungsfaktor $D3$ in der Empfehlung zwar grundsätzlich bei dem jetzigen Stand zu belassen. Für die untersuchten Produkte könnte aber nun in die Zulassungsscheine aufgenommen werden, dass auf der Grundlage der Untersuchungen von dem Abminderungsfaktor $D3$ abgesehen werden kann.

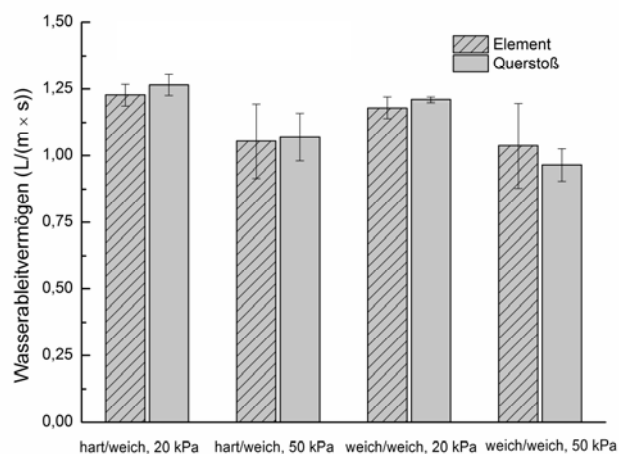


Abbildung 6: Vergleich der Mittelwerte des Wasserleitvermögens eines Kunststoff Dränelementes im und außerhalb eines 20 cm langen Querstoßes bei unterschiedlichen Auflasten und für die Bettungen weich/weich und hart/weich. Die Messungen wurden bei der KIWA Bautest GmbH durchgeführt.

6. Anforderungen für Geotextilien zum Filtern und Trennen und Kunststoff-Dränelemente

6.1 Produktparameter im Straßenbaumerkblatt und in den europäischen Anwendungsnormen

Angenommen, man will für eine filtertechnische Anwendung einen Vliesstoff kaufen, der die Anforderungen des Straßenbaumerkblatts⁴ und des DVWK-Merkblatts 221⁵ erfüllt. Der Vliesstoff sollte dann der Robustheitsklasse 5 angehören. Die flächenbezogene Masse (FbM) sollte mindestens 300 g/m² und die sogenannte Stempeldurchdruckkraft mindestens 3,5 kN betragen. Die Hersteller solcher Vliesstoffe bescheinigen im Datenblatt unter Hinweis auf die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) die Erfüllung dieser Anforderungen. Es ist nun nicht notwendigerweise

⁴ Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2016, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV): Köln.

⁵ Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). Anwendung von Geotextilien im Wasserbau, Merkblätter zur Wasserwirtschaft 221. Verlag Paul Parey: Hamburg und Berlin (1992), vergriffen.

gewährleistet, dass Vliesstoffe mit den gleichen Angaben im Datenblatt auch ähnliche Eigenschaften haben. Dies gilt vor allem für CE-gekennzeichnete Vliesstoff und die Angaben über deren Eigenschaften in der sogenannten Leistungserklärung (Declaration of Performance (DoP)). Es ist nämlich nicht klar, was z. B. eine Angabe $FbM \geq 300 \text{ g/m}^2$ in einem Datenblatt oder „Durchdrückverhalten $\geq 3,5 \text{ kN}$ “ sowie andere Angaben in einer DoP bedeuten. Das Problem gibt es nicht nur bei Vliesstoffen, sondern bei allen Arten von Geokunststoffen. Im Folgenden wollen wir darauf aufmerksam machen.

Nach dem Straßenbaumerkblatt soll eine Eigenschaft eines Geokunststoffs durch die Angabe eines „5 % Mindestquantils“ bzw. „5 % Höchstquantils“ beschrieben werden. In den EN-Normen⁶ heißt es, dass „die Eigenschaften in der Leistungserklärung als Mittelwert und Toleranzwerte für ein Vertrauensniveau von 95 %“ anzugeben sind. Vertrauensniveau und Quantil sind eindeutig definierte Begriffe aus der Statistik: 5 % Mindestquantil (bzw. 5 % Höchstquantil) bedeutet, dass 95 % einer sehr großen Anzahl von Messwerten einer bestimmten Prüfgröße oberhalb (bzw. unterhalb) dieses Wertes liegen. 95 % Vertrauensniveau bedeutet, dass 95 % der Messwerte innerhalb eines für die Prüfgröße angegebenen Vertrauensintervalls liegen, also 97,5 % oberhalb der unteren Intervallgrenze bzw. unterhalb der oberen Intervallgrenze. Ein 5 % Mindestquantil (Höchstquantil) entspricht daher der unteren (oberen) Intervallgrenze eines 90 % Vertrauensniveaus. Insofern passen Merkblatt und EN-Normen nicht zusammen. Ohne dies explizit zu sagen, meint man aber offenbar in den EN-Normen, je nach Eigenschaft, mit 95 % Vertrauensniveau zweierlei, (1) dass, wie eben gesagt, ein Intervall 95 % der Verteilung der Messwerte ausschneidet, aber auch (2), dass ein Grenzwert 95 % der Verteilung von unten oder von oben her eingrenzt. Im Sinne von (2) würde dann das 95 % Vertrauensniveau einem 5 % Mindest- bzw. Höchstquantil entsprechen. Statt von Quantil wird gelegentlich auch von Fraktile gesprochen. Der Toleranzwert – ein eher ungewöhnlicher Begriff; die alte Fassung der EN-Normen sprach von „Abweichung“ – zu einem gewissen Vertrauensniveau kann in diesem Zusammenhang nichts anderes bedeuten als der Abstand einer Intervallgrenze oder eines entsprechenden Quantils zum Mittelwert. Nur so ergibt auch die Beschreibung eines Verfahrens der „Verifizierung von Werten“ in den EN-Normen einen Sinn. Dort ist nämlich davon die Rede, dass ein Prüfergebnis „außerhalb des 1,5-fachen oder zwischen dem 1- bis 1,5-fachen Toleranzwert liegt“, wobei die DoP den „Mittelwert minus (und/oder plus) 1,0 Toleranzwert/Toleranzwerte“ angibt.

Die Forderung der Regelwerke nach der Angabe eines Quantils oder eines Vertrauensniveaus klingt zunächst sehr präzise. Man kann damit jedoch nur etwas anfangen, wenn man zusätzlich die Art der Gesamtheit und des Prüfergebnisses angibt, auf die sich die statistischen Aussagen beziehen. Soll sich die statistische Betrachtung nur auf die Prüfergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) beschränken? Im Hinblick auf die Gesamtheit war die alte Fassung der EN-Normen eindeutig: „...wobei [die] ... Ermittlung [von Mittelwert und Abweichung] auf der statistischen Auswertung seiner werkseigenen Produktionskontrolle zur Qualitätssicherung beruht.“ Die statistische Auswertung der WPK sollte also zur Bestimmung der Intervallgrenzen oder Quantile des 95 % Vertrauensniveaus herangezogen werden. Dieser Passus wurde dann aber gestrichen. In den EN-Normen findet man jetzt nur noch im Abschnitt über die WPK den sehr allgemeinen Satz: „Soweit dies möglich (?) und zulässig (?) ist, sind die Ergebnisse der Inspektionen und Prüfungen statistisch nach Attributen oder Variablen auszuwerten, um festzustellen, ob die entsprechende Produktion mit den Anforderungen und den festgelegten Werten für dieses Produkt übereinstimmt.“ Das Merkblatt ist hier ebenfalls unklar: „Die Anforderungen an die Geokunststoffe enthalten die Streuung aus Probenahme,

⁶ Hier die DIN EN 13249 bis DIN EN 13257.

„Prüffehler und arbeitsbedingten Unregelmäßigkeiten“, heißt es dort. Gilt das nur für die WPK oder die Kontrollmaßnahmen aller Beteiligten? Was heißt „arbeitsbedingte Unregelmäßigkeiten“? Soll hier anklingen, dass sogar die Veränderungen der Produkte beim Einbau in der Spezifikation zu berücksichtigen seien?

Es hat sich gezeigt, dass bei Geokunststoffen die Wiederholbarkeit der Messwerte zwar ziemlich gut ist: Ein Labor wird unter den gegebenen Bedingungen bei einer Prüfung von nahe beieinander liegenden Proben, die ähnliche Eigenschaften haben, auch ähnliche Prüfergebnisse finden. Die Vergleichbarkeit ist jedoch immer noch relativ schlecht: Verschiedene Prüfstellen können an eigentlich ähnlichen Proben ziemlich unterschiedliche Werte messen. Eine Charakterisierung seines Produkts kann der Hersteller daher grundsätzlich immer nur auf der Basis seiner eigenen Messungen durchführen. Der ausdrückliche Hinweis in den EN-Normen auf die WPK war daher sehr hilfreich. Durch ihn schloss man Missverständnisse aus, wie sie z. B. durch die Formulierung wie im Merkblatt entstehen können. Das Streichen des Hinweises hat wesentlich zur Verunsicherung über die Bedeutung der Sätze mit Wörtern aus der Statistik beigetragen. Man darf vermuten, dass der Hinweis deshalb gestrichen wurde, um eine doppeldeutige Lesart der EN-Normen zu erleichtern.

6.2 Verteilung der Einzelwerte oder der Mittelwerte

Bei der WPK werden im Prüflabor des Herstellers Prüfungen der relevanten Eigenschaften nach den entsprechenden Prüfnormen durchgeführt. Diese sehen in der Regel vor, dass ein Mittelwert mit einer vorgegebenen Anzahl von einzelnen Prüflingen für eine Stichprobe aus dem Geokunststoff ermittelt wird. In der Regel besteht die Stichprobe aus einem Querstreifen aus einer Rolle. Das legt die Fragen nahe: Bezieht sich das 95 % Vertrauensniveau auf die Verteilung aller Einzelwerte der Prüfungen? Müssen also z. B. bei einer Vielzahl von Messungen der flächenbezogenen-Masse (FbM) eines Vliesstoffs an einzelnen Prüflingen 95 % dieser Werte größer als 300 g/m^2 sein, wenn im Datenblatt $\geq 300 \text{ g/m}^2$ steht? Oder gilt das 95 % Vertrauensniveau für die Verteilung der Mittelwerte, die z. B. an Querstreifen ermittelt wurden? Muss also nur der Mittelwert der FbM der Stichprobe, der normgemäß aus Messungen an 10 Prüflingen gebildet wird, in 95 % der Prüfungen größer als 300 g/m^2 sein?

Die Eigenschaften einer Geokunststoff-Rolle werden in der Regel durch die gemäß Prüfnormen ermittelten Mittelwerte über die Rollenbreite und die Standardabweichungen einer Stichprobe beschrieben, die am Anfang einer Rolle entnommen wird. Die Einzelwerte sind nicht notwendiger Weise normalverteilt. Man darf aber immer annehmen, dass die Mittelwerte einer kleinen Stichprobe aus einer großen Gesamtheit normalverteilt sind. Es ist daher verständlich, dass Hersteller statistische Angaben als bezogen auf die Verteilung der Mittelwert über die Rollenbreite interpretieren und nicht bezogen auf die Einzelwerte.

6.3 Anforderungen in den Zulassungsrichtlinien der BAM

Die Anforderungen an Kunststoffdichtungsbahnen wurden in der Vergangenheit so aufgestellt, dass das Ergebnis aus Mittelwert minus der Standardabweichung einer Stichprobe, die nach der jeweiligen Norm geprüft wurde, größer als der Anforderungswert sein musste. Bei Schutzlagen gilt diese Definition nur für die flächenbezogene Masse. Für Geotextilien zum Filtern und Trennen und für Kunststoff-Dränelemente wurden die Richtlinien erst nach 2009 erarbeitet.

Seit 2009 wurde mit dem Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung versucht, sich stärker auf die europäische Normung zu stützen. Dabei wurde in den Zulassungsrichtlinien z.T. von den bisherigen

Anforderungen abgewichen. Die Anforderungswerte wurden daher mit den Declarations of Performance der CE-Zeichen der Zulassungsnehmer abgestimmt und in den Zulassungen festgeschrieben. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Anforderungen der Normen an die Produktcharakterisierung von den jeweiligen Herstellern unterschiedlich interpretiert werden, siehe dazu die obigen Abschnitte. Dadurch unterscheiden sich die Produkte bei gleichen Anforderungen in gewisser Weise. Es standen im Grunde drei Möglichkeiten zur Verfügung, um mit der Situation umzugehen: (i) die Zulassungsstelle gibt ein Verfahren vor, (ii) die Hersteller einigen sich auf eine verbindliche Interpretation der Normen und (iii) die Zulassungsstelle verhandelt mit jedem Hersteller einzeln über die Anforderungswerte in den Zulassung.

Während der Diskussionen in der Arbeitsgruppe Geotextilien und Kunststoff-Dränelemente zeigte sich, dass die Hersteller in der Tat keine gemeinsame Interpretation der Anforderungen der EN-Normen haben. Die EN-Normen können daher nicht als Basis für die Spezifikation in der Zulassung verwendet werden. Ein Arbeitskreis des Fachbeirats kann jedoch nicht die europäischen Normen bestimmen. Zum einen werden diese derzeit erneut überarbeitet und die entsprechenden neuen Formulierungen stehen noch nicht fest und zum anderen würden diese Festlegungen stark in andere Bereiche ausstrahlen und könnten damit über den Deponiebau hinaus weitreichende Konsequenzen für die betroffenen Unternehmen haben. Punkt (ii) entfiel daher. Es ist auch nicht akzeptabel, dass im Rahmen einer Zulassung jeder Hersteller seine eigenen Vorstellungen umsetzt, da die Vergleichbarkeit der Produkte gewährleistet sein muss. Der unter Punkt (iii) genannte Weg ist daher auf Dauer nicht gangbar. Bleibt Punkt (i): Zumindest für den deutschen Deponiebau müssen eindeutige Regelungen getroffen werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt der in Bezug auf die diskutierten Produkte herausgearbeitet werden konnte war, dass die FbM der wichtigste Parameter für die Produkte sei. Die anderen Parameter seien in der einen oder anderen Weise von der FbM abhängig. Die FbM ist auch aus wirtschaftlicher Sicht ein wesentlicher Parameter für die Produzenten. Es wurde daher beschlossen, die FbM für die Geotextilien zum Filtern und Trennen und für den Dränkern der Kunststoff-Dränelemente als sogenannten Leitwert zu behandeln. (In den europäischen Normen zum Filtern und Trennen kommt allerdings auch diese Größe gar nicht vor.)

Die Anforderungen werden nun in Bezug auf die FbM für Geotextilien zum Filtern und Trennen und für den Dränkern von Kunststoff-Dränelementen heißen: Der Mittelwerte über die Breite der Rolle einer Stichprobe minus der halben Standardabweichung muss größer als der Anforderungswert sein. Die übrigen Anforderungen werden sich lediglich auf die Mittelwerte bzw. ggf. Einzelwerte beziehen, da sie von diesem Parameter abhängig sind. Die Anforderungen an die geotextilen Schutzlagen werden dagegen nicht verändert. Diese Anforderungen müssen bei jeder Stichprobe sowohl während des Zulassungsverfahrens als auch bei Fremdüberwachung und –prüfung erreicht werden.

Literaturverzeichnis

1. Lüders, G. *Stand der Technik bei maschinellen Heizkeilschweißen von Dichtungsbahnen aus PEHD*. in 17. Fachtagung: *Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen*. 2002. Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ).
2. Lüders, G., *Qualitätssicherung beim Heizkeilschweißen von Dichtungsbahnen*, in 17. Fachtagung: *Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen*, F.W. Knipschild, Editor. 2001, Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ): Würzburg.

3. Lüders, G. *Praxiserprobung eines Modells zur Bewertung der Qualität von heizkeilgeschweißten Überlappnähten*. in 15. Fachtagung "Die sichere Deponie". 1999. Würzburg: Süddeutsches Kunststoffzentrum.
4. Müller, W.W., *Stofftransport in Deponieabdichtungssystemen, Teil 3: Auswirkungen von Fehlstellen in der Dichtungsbahn, ein Überblick (Migration of pollutants in landfill liner, part 3: repercussions of faults in geomembranes - an overview)*. Bautechnik, 1999. **76**(9): p. 757-768.
5. Rowe, R.K., *Short-and long-term leakage through composite liners. The 7th Arthur Casagrande Lecture 1* This lecture was presented at the 14th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Toronto, Ont., October 2011, and a pre-print appeared in the conference proceedings. Canadian Geotechnical Journal, 2012. **49**(2): p. 141-169.
6. Walton, J., et al., *Leakage Through Flaws in Geomembrane Liners*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1997. **123**(6): p. 534-539.
7. Walton, J.C. and B. Sagar, *Aspects of Fluid Flow through Small Flaws in Membrane Liners*. Environ. Sci. Technol., 1990. **24**(6): p. 920-924.
8. Aversch, U.B. and R.T. Schicketanz, *Installation procedure and welding of geomembranes in the construction of composite landfill liner systems - focus on "Riegelbauweise"*, in *Proceedings of the Sixth International Conference on Geosynthetics*, R.K. Rowe, Editor. 1998, Industrial Fabrics Association International (IFAI): Roseville, MN, USA. p. 307-313.
9. Schicketanz, R., *Bau von Kombinationsabdichtungen unter einem Zeltschutz*, in *Tagungsband der 11. Fachtagung "Die sichere Deponie, Wirksamer Grundwasserschutz mit Kunststoffen"*, F.W. Knipschild, Editor. 1995, Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ): Würzburg. p. 147-166.
10. Schicketanz, R., *Wirkungsweise der Kombinationsdichtung und Anforderungen an die mineralische Oberfläche*. Müll und Abfall, 1992. **24**(5): p. 287-295.
11. Dornbusch, J., U. Aversch, and M. El Khafif, *Bauverfahrenstechnik und Qualitätsmanagement bei der Herstellung von Kombinationsdichtungen für Deponien*, ed. F.B.u.B. e.V. 1996, Aachen: Shaker Verlag. 283.
12. Müller, W.W., I. Jakob, and R. Tatzky-Gerth, *Long-term water flow capacity of geosynthetic drains and structural stability of their drain cores*. Geosynthetic International, 2008. **15**(6): p. 437-451.
13. Müller, W. und A. Wöhlecke, *Das Wasserleitvermögen in den Querstößen von Kunststoff-Dränelementen*. geotechnik, 2016.
14. Gartung, E. und H. Zanzinger, *Abminderungsfaktoren zum Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Geokunststoff-Dränelementen*, in *Tagungsband der 15. Fachtagung "Die sichere Deponie, wirksamer Grundwasserschutz mit Kunststoffen"*, F.W. Knipschild, Editor. 1999, Süddeutsches Kunststoffzentrum (SKZ): Würzburg. p. F1-F27.