Schvalování geosyntetických materiálů podle německých předpisů pro skládkování

Die Zulassung von Geokunststoffen nach der deutschen Deponieverordnung

Andreas Wöhlecke[1]

Abstrakt

Od doby vydání Nařízení o skládkách a trvalých úložištích (Deponieverordnung (DepV)) [1] je pro geosyntetické látky, polymery a systémy pro kontrolu těsnosti vyžadováno schválení Spolkovým ústavem pro výzkum materiálů a to v tom případě, kdy mají být využity v německých systémech izolace skládek. Nařízení umožňuje použít různé komponenty. Definuje přitom obecné požadavky na geosyntetické látky, které jsou prostřednictvím Směrnice pro schvalování, vydané Spolkovým ústavem pro výzkum materiálů, převáděny do konkrétních technických požadavků. V nich je popsán stav techniky pro geosyntetické látky, používané v německých systémech izolací. V příspěvku bude představen přehled produktů a odpovídajících požadavků. Kromě toho bude popsáno, jakými opatřeními v oblasti managementu kvality při výrobě, ale i při výstavbě skládky má být zajištěna konstantní kvalita produktů.

Kurzfassung

Seit dem Erscheinen der Deponieverordnung (DepV) [1] bedürfen Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme einer Zulassung durch die BAM, wenn diese in deutschen Deponieabdichtungssystemen eingesetzt werden sollen. Die DepV ermöglicht den Einsatz verschiedener Komponenten. Sie stellt dabei allgemeine Anforderungen an die Geokunststoffprodukte auf. Dadurch beschreibt sie den Stand der Technik für Geokunststoffe, die in deutschen Abdichtungen eingesetzt werden. Diese Anforderungen werden durch die Zulassungsrichtlinien der BAM in konkrete technische Spezifikationen überführt. In dem Beitrag wird eine Übersicht über die Produkte und die entsprechenden Anforderungen gegeben. Zudem soll erläutert werden, durch welche Qualitätsmanagementmaßnahmen eine gleichbleibende Qualität und Funktionserfüllung der Produkte gewährleistet wird.

[1] Bundesanstalt f. Materialforschung (BAM), Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin; andreas.woehlecke@bam.de

1 Grundlagen der Zulassungstätigkeit

1.1 Einleitung

Die Geschichte der „BAM-Zulassung“ begann bereits Ende der 1980er Jahren. Mit der DepV erhielt die Zulassungstätigkeit der BAM vor etwa neun Jahren eine neue gesetzliche Grundlage. In der DepV wurden auch die Anforderungen an die Deponieabdichtungen neu formuliert. Es gibt keine detailliert beschriebene Regelabdichtung mehr. Vielmehr eröffnete sich ein großer Spielraum für den Einsatz von verschiedenen Komponenten in Abdichtungssystemen. Geokunststoffe müssen von der BAM zugelassen und die Eignung sonstiger Baustoffe bundeseinheitlich nachgewiesen werden. Bei der Umsetzung der Anforderungen in die Zulassungsrichtlinien der BAM für Geokunststoffe wirkt ein Fachbeirat beratend mit. Dieser setzt sich aus Experten aus allen relevanten Bereichen, wie z. B. Genehmigungsbehörden, Universitäten, Hersteller, Verlegefachbetriebe, Fremdprüfer und Fremdüberwacher, zusammen. Dieser Fachbeirat hat ganz wesentliche bei der Erarbeitung der Zulassungsrichtlinien mitgewirkt und zu der Akzeptanz des Konzeptes beigetragen.

Die BAM ist zuständig für die Prüfung und Zulassung von Geokunststoffen, Polymeren und Dichtungskontrollsystemen. Sie erteilt ihre Zulassungen auf Antrag der Produkthersteller auf der Basis von eigenen Untersuchungen und von Prüfergebnissen akkreditierter Prüfstellen. Im Zusammenhang mit der Zulassung hat die BAM die Aufgaben der Definition von Prüfkriterien, der Aufnahme von Nebenbestimmungen in die Zulassung und vor allem auch der Festlegung von Anforderungen an den fachgerechten Einbau und das Qualitätsmanagement. Die BAM-Richtlinien basieren so weit wie möglich auf zur Verfügung stehenden Normen oder anderen Vorschriften. Für die Untersuchung des Langzeitverhaltens musste die BAM jedoch neue Prüfverfahren entwickeln. Dazu gehören z. B.: Langzeit-Wasserableitvermögen von Kunststoff-Dränelementen, Langzeit-Scherfestigkeit u. a. von strukturierten Kunststoffdichtungsbahnen (KDB), geosynthetischen Tondichtungsbahnen und Kunststoff-Dränelementen, Langzeitverhalten des Geogitterauszugswiderstandes, Langzeit-Eigenschaften von Schweißnähten usw.

1.2 Veröffentlichung der Dokumente

Alle mit dem Fachbeirat abgestimmten Dokumente, wie Zulassungsrichtlinien, Richtlinien und Prüfvorschriften, werden auf der Website und im Amts- und Mitteilungsblatt der BAM veröffentlicht. Darüber hinaus ist eine Liste aller Produkte, die von der BAM zugelassen sind, auf der Website der BAM verfügbar, unter:

`https://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm`.

Die Zulassungsdokumente selbst findet man im Amts- und Mitteilungsblatt der BAM, unter:

`https://opus4.kobv.de/opus4-bam/home`.

1.3 Grundvoraussetzungen für die Zulassung

Bei der Zulassung von Geokunststoffen muss folgende Anforderungen nach dem Stand der Technik beachtet werden. Es muss nachgewiesen werden, dass der Geokunststoff unter den Einwirkungen und Bedingungen im eingebauten Zustand seine Funktion über mindestens 100 Jahre erfüllen kann. Ein Dichtungskontrollsystem muss mindestens 30 Jahre funktionieren. Zur Feststellung der Eignung und Zulassung muss die Dichtigkeit und das Verformungsvermögen beurteilt werden, weiterhin die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Kräften, hydraulischen Einwirkungen, die Beständigkeit gegenüber chemischen und biologischen Einwirkungen, Witterungseinflüssen, alterungsbedingten nachteiligen Materialveränderungen. Der Geokunststoff muss sicher, reproduzierbar und qualitätsüberwacht hergestellt werden. Er muss in einer die Funktionalität wahrenden, sicheren und qualitätsüberwachten Art und Weise eingebaut werden können. Gegebenenfalls müssen Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

Zugelassen werden können nur Geokunststoffprodukte, die mit definierten, reproduzierbaren Eigenschaften werkmäßig hergestellt werden. Antragsteller und Zulassungsnehmer ist dabei der Hersteller des Geokunststoffprodukts. Das Produkt muss durch den Antragsteller vollständig und eindeutig beschrieben werden. Dazu gehören genaue Angaben über Art und Spezifikation der Werkstoffe sowie Art und Menge der Zuschlagstoffe, die bei der Produktion der Vorprodukte (wie z. B. Fasern, Garne, Bändchen und Flachbänder), der Komponenten (wie z. B. Vliesstoffe, Gewebe, Dränkörper und Platten) und dem fertigen Produkt selbst verwendet werden, die Angaben zu den charakteristischen Eigenschaften der Vorprodukte, Komponenten und des Geokunststoffprodukts selbst sowie eine Beschreibung des Produktionsverfahrens. Das Geokunststoffprodukt muss grundsätzlich bereits über ein CE-Kennzeichen mit Bezug auf eine relevante Anwendungsnorm verfügen, sodass klar ist, dass gewisse Mindeststandards erfüllt werden. Die Produktion muss im Rahmen eines nach ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems eigen- und nach DIN 18200 fremdüberwacht werden. Die fremdüberwachende Stelle der Produktion und die fremdprüfende Stelle auf der Deponiebaustelle müssen über Akkreditierungen nach ISO/IEC 17020 als Inspektionsstelle und nach ISO/IEC 17025 als Prüflabor verfügen. Das Produkt muss gemäß DIN EN ISO 10320 gekennzeichnet und gegebenenfalls verpackt werden.

Nach dem gegenwärtigen Stand dürfen die zugelassenen Geokunststoffe nur in einer Umgebung eingesetzt werden, in der im Jahresmittel eine Temperatur von 20 °C nicht überschritten wird. Die Ausnahme bilden hier die Kunststoffdichtungsbahnen und geosynthetische Komponenten in speziellen Schutzschichtaufbauten. Diese dürfen bis zu einer Temperatur von 40 °C beansprucht werden. Bei den in Deutschland herrschenden klimatischen Verhältnissen wird im unteren Bereich einer mindestens 1 m dicken Bodenschicht eine Dauertemperatur von 15 °C nur selten überschritten. Im Übergangsbereich von den Dichtungskomponenten zur Rekultivierungsschicht wird die Temperaturanforderung daher in der Regel erfüllt sein, auch wenn angenommen wird, dass in den Dichtungskomponenten selbst zeitweise Temperaturen von bis zu 30 °C auftreten. In Oberflächenabdichtungen können daher die zugelassenen Geokunststoffe ohne Einschränkung eingesetzt werden. Bei Basisabdichtungen gilt dies nur für die zugelassenen Kunststoffdichtungsbahnen und die Schutzschichten. Bei aus Polyester gefertigten Bewehrungsgittern ergibt sich zusätzlich die Einschränkung, dass der pH-Wert der Umgebung größer als 4 und kleiner als 9 sein muss.

Die Zulassung wird ausdrücklich unter Widerrufsvorbehalt erteilt. Ein Widerrufsgrund liegt insbesondere vor, wenn der Hersteller von dem in den Prüfungsunterlagen und in den Anhängen des Zulassungsscheins beschriebenen Verfahren, von den für die Prüfungsmuster verwendeten Materialien oder von den anderen im Zulassungsschein genannten Anforderungen abweicht. In diesem Fall darf kein Produkt mehr unter Verwendung der BAM-Zulassungsnummer gefertigt werden. Änderungen des Werkstoffs, des Produktionsverfahrens der Vorprodukte und Komponenten oder des Produkts selbst sowie der Maßnahmen der Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion bedürfen in der Regel zumindest eines Nachtrags zur Zulassung oder sogar einer neuen Zulassung. Bewähren sich vom Hersteller eingesetzte Verfahren nicht und kann dies anhand von neuen technischen Erkenntnissen belegt werden, hat sich also die Sachlage, der Stand der Technik und die Rechtslage so verändert, dass keine Zulassung mehr erteilt werden kann, so liegt auch darin ein Widerrufsgrund.

2 Qualitätssicherung beim Einbau der Produkte

2.1 Verlegefachbetriebe

Die technisch einwandfreie Herstellung eines Abdichtungselements aus Kunststoffdichtungsbahnen als Komponente einer Deponieabdichtung mit den zugehörigen Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen ist eine schwierige und leicht zu unterschätzende Aufgabe, die nur von Firmen beherrscht wird, die bestimmte personelle und apparative Ausstattungen haben und

über viel Erfahrung verfügen. 1997 war vom damaligen Fachbeirat der BAM eine Empfehlung für die Anforderungen an solche Verlegefachbetriebe herausgegeben worden. Auf der Grundlage dieser Empfehlung hatte der Fachverband „Arbeitskreis Grundwasserschutz e. V.“ (AK GWS e. V., www.akgws.de) eine Güteüberwachungsgemeinschaft mit einer entsprechenden Überwachungsordnung aufgebaut. Inzwischen ist ein weiterer Fachverband, die „Arbeitsgemeinschaft Abdichtungssysteme e. V.“ (AGAS e. V., www.agasev.de) entstanden, die ebenfalls eine Güteüberwachung auf der Grundlage der Empfehlung durchführt. Die folgende Zulassungsvoraussetzung gilt grundsätzlich für Kunststoffdichtungsbahnen, Kunststoff-Dränelemente und Schutzschichten:

„Die Kunststoff-Dichtungsbahn muss nachgewiesenermaßen von einer erfahrenen und mit qualifiziertem Personal sowie erforderlichen Geräten ausreichend ausgestatteten Fachfirma eingebaut werden. Die Anforderungen werden in der Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen beschrieben. Der Nachweis der erforderlichen Qualifikation, Ausstattung und Erfahrung kann z. B. durch die Anerkennung als Fachbetrieb durch eine Güteüberwachungsgemeinschaft eines Fachverbandes geführt werden.“

Für Geotextilien zum Filtern und Trennen sowie für Bewehrungsgitter aus Kunststoff gilt diese Vorschrift immer dann, wenn die Produkte im Zusammenhang mit einer Kunststoffdichtungsbahn eingebaut werden. Werden Geotextilien zum Filtern und Trennen oder Bewehrungsgitter dagegen in Abdichtungssystemen ohne Kunststoffdichtungsbahn oder in anderem Zusammenhang eingebaut, so muss folgende Anforderung beachtet werden:

„... (Es) müssen die den Einbau durchführenden Arbeitskräfte vorab durch eine qualifizierte Fachkraft geschult werden. Dazu gehört die Einweisung in den Umgang mit dem Verlegeplan, in die Art und Handhabung der Transportmittel, in die Verlege- und Heftungstechnik, in die Gestaltung von Quer- und Längsstößen sowie die Anbindung an Durchdringungen, in die Anforderungen des Qualitätssicherungsplans sowie in die Probenahme für Maßnahmen der Eigenprüfung und schließlich in die Handhabung der Geräte und das Verfahren für die Überbauung der verlegten Geokunststoffe. Inhalt, Teilnehmer, Zeitpunkt und Dauer der Schulung müssen dokumentiert und vom Fremdprüfer kontrolliert werden.“

2.2 Fremdprüfung auf der Deponiebaustelle

Die Fremdprüfung ist für die Produkte und Komponenten von großer Bedeutung [2]. Die Anforderungen an die fremdprüfenden Stellen für den Einbau von Geokunststoffprodukten in Deponieabdichtungssysteme werden in der „Richtlinie für die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle für Kunststoffkomponenten im Deponiebau“ beschrieben.

Die im AK GWS e. V. organisierten Fremdprüfer haben dort eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich damit beschäftigt, Schwierigkeiten zu beseitigen und Probleme zu lösen, die sich im Zusammenhang mit der Fremdprüferrichtlinie der BAM und den auf dieser fußenden Akkreditierungsmaßnahmen nach DIN EN ISO/IEC 17020 und DIN EN ISO/IEC 17025 oder vielleicht auch trotz dieser Regelungen ergeben.

Die Verfahrensweisen sollen transparenter und besser vergleichbar, der Qualitätsstandard bei der Fremdprüfung vereinheitlicht und angehoben werden. Dazu werden Ringversuche, Maßnahmen der „freiwilligen Selbstkontrolle“, Qualitätssicherungspläne usw. erarbeitet. Die BAM unterstützt diese Aktivitäten, da der Fremdprüfung große Bedeutung zukommt. Um der Unterstützung Ausdruck zu verleihen, wurde jeweils eine Tabelle über Art und Umfang der Fremdprüfungen in die Zulassungsrichtlinien aufgenommen, die verbindlich für den Einbau zugelassener Produkte ist. Weiterhin wurden die „Standards zur Qualitätsüberwachung“, die von

den Fremdprüfern für die einzelnen Produkte erarbeitet wurden, auf der Internetseite der BAM veröffentlicht.

3 Produktanforderungen

Es können im Folgenden leider nur einige wichtige Punkte für die Vielzahl von Produkten angesprochen werden. Man sollte daher bei gegebenem Anlass die Zulassungsrichtlinien selbst zur Hand nehmen. Für die Anwender könnten dabei vor allem auch die sie betreffenden ausführlichen Darlegungen über den Einbau in den Zulassungsrichtlinien von Interesse sein.

3.1 Kunststoffdichtungsbahnen (KDB)

Die Dicke einer KDB aus Polyethylen hoher-Dichte (HDPE) hat einen wesentlichen Einfluss auf die Beständigkeit. Die DepV sieht hier eine Mindestdicke von 2,5 mm vor. Die Dicke hat einen direkten Einfluss auf die mechanische Robustheit der Produkte. Geht man davon aus, dass der Stabilisatorverlust, das heißt der Verlust von Antioxidantien, im Wesentlichen diffusionsbestimmt ist, dann haben dickere Produkte bei gleicher Stabilisierung eine höhere Oxidationsbeständigkeit. Zudem sind die Fremdprüfer der Auffassung, dass eine entsprechende KDB eine Mindestdicke von 2 mm haben sollte. Der Grund ist das Verhalten beim Extrusionsschweißen. Es habe sich gezeigt, dass es bei diesem Verfahren an dünneren KDB zu starken Deformationen der KDB kommen kann. Diese Deformationen können zu hohen Spannungen führen, die Langfristig zu Spannungsrissen in den Schweißnähten führen können.

Das HDPE muss eine hohe Spannungsrissbeständigkeit aufweisen und eine entsprechende Langzeitstabilisierung, mittels Antioxidantien, muss dem Rohstoff zugesetzt werden. Dem Rohstoff muss in ausreichender Menge feinverteilter Ruß zur UV-Stabilisierung beigemischt werden. Gleichzeitig müssen die über der KDB liegenden Schichten in der Regel am selben oder am folgenden Tag, spätestens jedoch am zweiten Arbeitstag nach dem Einbau der Dichtungsbahn erfolgen. Dies geschieht u. a., um die UV-Exposition der KDB möglichst gering zu halten. Der Einbau muss durch entsprechend qualifizierte, erfahrene und mit einer geeigneten Ausrüstung ausgestatteten Verlegefachbetriebe erfolgen (vgl. Kapitel 2.1)und von einer gleichermaßen geeigneten fremdprüfenden Stelle auf der Deponiebaustelle überwacht werden (vgl. Kapitel 2.2).Gleichzeitig werden hohe Anforderungen an das Auflager und die über der KDB liegenden Schutzschicht gestellt (vgl. Kapitel 3.3).Diese Anforderungen sind nicht nur danach ausgerichtet, Perforationen während der Bauphase zu verhindern, sondern die auftretenden Deformationen im Produkt so gering zu halten, dass möglichst auch über sehr lange Gebrauchsdauern keine Spannungsrisse entstehen können.

3.2 Geotextilien zum Filtern und Trennen

Bereits seit einiger Zeit ist ein Trend zu immer dünneren Geotextilien zum Filtern und Trennen zu beobachten. Aber wie wichtig ist die Dicke des Geotextils für die Wirksamkeit und Stabilität des Filters über einen langen Zeitraum? Welche Anforderungen müssen im Hinblick auf die Empfehlungen der DVWK-Richtlinie 221 [3] erfüllt werden, die in Deutschland grundsätzlich für die Auslegung von Filtern verwendet wird, damit ein Geotextilfilter seine Funktion zuverlässig und dauerhaft erfüllt? Diese Fragen wurden in der Diskussion über Geotextilfilter seit mehr als zwei Jahrzehnten gestellt. Auch die Arbeitsgruppe und der Fachbeirat der BAM hatten sich mit diesen Fragen zu befassen.

Das Ergebnis der Diskussion lässt sich wie folgt zusammenfassen: Tatsächlich wurde in Experimenten festgestellt, dass sich auf einem Filter aus einem dünnen Vlies oder Gewebe eine sekundäre Filterschicht entwickeln kann. Von dieser sekundären Filterschicht hängt eine ausreichende Wirksamkeit und Stabilität ab. Über die besonderen Bedingungen und Mechanismen, unter denen die Bildung dieser sekundären Filterschicht tatsächlich stattfindet, ist jedoch

nur wenig bekannt. Um sich auf die sichere Seite zu begeben, ist es daher notwendig, geotextile Filter mit einer bestimmten Dicke zu verwenden. Nicht nur die Öffnungsweite, sondern auch die Dicke ist bei Geotextilfiltern ein wichtiger Parameter. Argumente für eine gewisse Dicke des Geotextilfilters wurden beispielsweise bei der "44. Terzaghi-Lecture"gegeben, die J. P. Giroud im Jahr 2008 anlässlich der Jahrestagung des ASCE Geo-Instituts hielt. Er sprach über "Development of criteria for geotextile and granular filteründ kam zu dem Schluss: Ïn other word, nonwoven geotextile filter need to be sufficiently thick to be reliable".

Ausgehend von den Erfahrungen und der technischen Diskussion wurde die folgende Anforderung festgelegt. Es dürfen nur Vliesstoffe verwendet werden, die eine bestimmte Mindestdicke aufweisen. Zum Filtern werden Vliesstoffe eingesetzt. Mit der Filterfunktion ist dabei immer auch eine Trennfunktion verbunden. Bei diesen Vliesstoffen müssen die charakteristischen Werte der flächenbezogenen Masse mindestens 300 g/m^2, der Dicke mindestens 3 mm, der Stempeldurchdrückkraft mindestens 2,5 kN und des Durchdrückvorschubs bei der Stempeldurchdrückkraft mindestens 50 mm betragen. Weiterhin muss die Dicke des Vliesstoffs mindestens der 30-fachen charakteristischen Öffnungsweite O_{90} entsprechen.

3.3 Schutzschichten

Kunststoffdichtungsbahnen müssen vor Beschädigungen durch grobe Gegenstände mit scharfen Kanten oder mit Spitzen geschützt werden. Das Auflager der KDB und auch die darüber liegenden Schichten können Kies, Steine oder auch Fremdkörper unterschiedlicher Größe enthalten. Unter dynamischen und statischen Belastungen können diese unzulässig große Verformungen oder sogar Löcher und Risse in der KDB verursachen. Daher gelten für das Auflager besondere Anforderungen, während auf der KDB eine Schutzschicht aufgebracht wird. Die Art und Ausführung der Schutzschicht hängt von den Eigenschaften der darüber liegenden Schicht und den Belastungsbedingungen ab. Es gibt grundsätzlich zwei Ansätze für Schutzschichten: Erstens, man schützt die KDB lediglich vor Perforationen durch scharfkantige oder spitze Gegenstände. Zweitens, man verhindert, dass mögliche Verformungen die zulässigen Grenzdehnungswerte für eine langfristige Spannungsrissbildung der KDB überschreiten. Das bedeutet, dass lokale Verformungen weitestgehend ausgeschlossen werden. Die Schutzschicht hat daher auch die Aufgabe, Schwachstellen zu verhindern, die langfristig für Alterungsprozesse anfällig sind. Die BAM-Zulassung verfolgt den zweiten Ansatz. Dazu werden dicke Vliese aus Geotextilien oder sandgefüllte Schutzmatten verlegt, deren Einsatz viele Vorteile hat. Eine detaillierte Beschreibung der Prüfverfahren und der zulässigen Dehnungsgrenzen wird an anderer Stelle gegeben [4].

Bei grober Körnung (16/32 mm) der Dränageschicht, einer großen Auflast und erhöhten Temperaturen bieten praktisch nur Schutzschichten mit einer mineralischen Komponente eine ausreichende und dauerhafte Schutzwirkung. Im Hinblick auf die Zulassung sind die Schutzschichten daher in drei Gruppen eingeteilt worden: (1) Schutzschichten aus einer geosynthetischen und einer mineralischen Komponente. In der Regel wird eine Kombi-Schutzschicht aus einem zugelassenen Vliesstoff von mindestens 1200 g/m^2 Flächengewicht und einer mineralischen Lage, die nach geometrischen Kriterien filterstabil gegenüber dem 16/32 Kies der Dränage ist, verwendet. (2) Komplettsysteme, wie z. B. verpackter Sand, in der Form von zugelassenen Sandmatten. (3) Rein geosynthetische Schutzlagen. Hier sind derzeit nur Vliesstoffe zugelassen. Aber auch ein Kunststoff-Dränelement kann in der Oberflächenabdichtung bereits ausreichenden Schutz bieten.

Die ersten beiden Schutzschichtsysteme können ohne weiteren Nachweis in den Basisabdichtungen der Deponien eingesetzt werden. Nur in ganz seltenen Fällen, wo sehr grobes Kieskorn im Vergleich zu 16/32 mm verwendet und extrem hohe Auflasten im Vergleich zu 900 kN/m^2 aufgebracht werden, sind Schutzwirksamkeitsprüfungen noch erforderlich. Wie diese auszuführen sind, wird in der Richtlinie beschrieben. In der Oberflächenabdichtung wer-

den üblicherweise Vliesstoffe eingesetzt, deren Flächengewicht aufgrund einer Schutzwirksamkeitsprüfung festgelegt wird. Sie müssen jedoch ein Flächengewicht von mindestens 800 g/m^2 haben. In den Sonderfällen, wo bei Basisabdichtungen die Auflasten eher gering und die Körnung der Dränage feiner als 16/32 mm ist, kann das Flächengewicht des Vliesstoffs in der Kombi-Schutzschicht bis auf 800 g/m^2 reduziert werden. Es muss dann jedoch ein Schutzwirksamkeitsnachweis nach den Regeln der Zulassungsrichtlinie geführt werden. Ist zudem die mittlere Umgebungstemperatur $\leq$ 20 °C, so können in diesen Sonderfällen auch rein geosynthetische Schutzlagen aus zugelassenen Vliesstoffen mit einem Flächengewicht von mindestens 2000 g/m^2 eingesetzt werden. Auch hier muss jeweils ein Nachweis der Schutzwirksamkeit geführt werden. Klar ist, dass die geosynthetischen Komponenten in Schutzschichten oder die Komplettsysteme immer durch den Verlegefachbetrieb, der auch die Dichtungsbahnen verlegt, eingebaut werden müssen.

3.4 Kunststoff-Dränelemente

Kunststoff-Dränelemente bestehen aus einem wasserdurchlässigen Drän-Kern und einem Filtervliesstoff auf der Oberseite. In der Regel wird auf der Unterseite ein Trägergeotextil aus einem gewebten Vliesstoff verwendet. Kunststoff-Dränelemente werden in deutschen Deponien nur in Deponieoberflächenabdichtungssystemen eingesetzt. Die BAM hat auf dem Gebiet der Kunststoff-Dränelemente eigene Untersuchungen durchgeführt. Basierend auf den resultierenden Forschungsergebnissen wurde die Zulassungsrichtlinie für diese Produkte entwickelt. Auch nach 100 Jahren wird eine ausreichende strukturelle Stabilität und ein ausreichendes Wasserableitvermögen explizit durch die Deponieverordnung gefordert. Diese Eigenschaften müssen somit dauerhaft gewährleistet sein. Verfahren zum Nachweis der Erfüllung dieser Anforderungen werden an anderer Stelle beschrieben [5]. In der Zulassungsrichtlinie für Kunststoff-Dränelemente sind daher entsprechende Verfahren vorgegeben, mit denen die Langzeit-Scherfestigkeit und das Langzeit-Wasserableitvermögen der Produkte ermittelt werden können. Beides sind entscheidende Voraussetzungen für den Einsatz von Kunststoff-Dränelementen, da Standsicherheit und hydraulischen Leistungsfähigkeit langfristig gewährleistet sein müssen. Kunststoff-Dränelemente funktionieren jedoch nur, wenn auch der geotextile Filter langfristig wirksam ist. Daher werden für den geotextilen Filter auf der Oberseite die gleichen Anforderungen wie für Geotextilien zum Filtern und Trennen angesetzt.

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt war der Einbau von Kunststoff-Dränelementen. Hier können viele Fehler gemacht werden, angefangen vom Einbau, wo z. B. Stöße nicht einwandfrei hergestellt werden, bis hin zum Einbau der Rekultivierungsschicht, wo massive Beschädigungen selbst des bereits einwandfrei verlegten Kunststoff-Dränelements durch Verschiebungen und Aufwellungen verursacht werden, die die Wirksamkeit des Kunststoff-Dränelements drastisch einschränken können. Auch hier gilt daher die Grundregel: Kunststoff-Dränelemente dürfen nur durch anerkannte Verlegefachbetriebe eingebaut werden, die die fachlichen und personellen Voraussetzungen erfüllen.

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt war die Frage nach der Bettung und damit zusammenhängend die Frage nach der Schutzwirkung des Kunststoff-Dränelements. Die Bettung, also die Beschaffenheit der benachbarten Schichten und damit die Beschaffenheit der Grenzflächen, haben einen großen Einfluss auf das Wasserableitvermögen. Welche Rekultivierungsböden entsprechen tatsächlich der bei den Untersuchungen im Labor realisierten Bettung „weich“ und bei welchen Böden ist dabei eine ausreichende Schutzwirkung gegeben? Dazu wurde ein Körnungsbereich im Diagramm der Korngrößenverteilung abgegrenzt (Flügge-Kurve). Liegt die Korngrößenverteilung des Rekultivierungsbodens im zulässigen Bereich, sind keine eigenen Nachweise zur Bettung und Schutzwirkung erforderlich. Weicht der Boden davon ab, so müssen zumindest die ersten 30 cm der Überdeckung mit geeignetem Bodenmaterial ausgeführt werden.

4 Fehlerhäufigkeiten in Deponieabdichtungssystemen

Im Grunde steht bei dem Bau von Deponieabdichtungssystemen mit Kunststoffdichtungsbahnen immer die folgende 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 m^2 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 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.

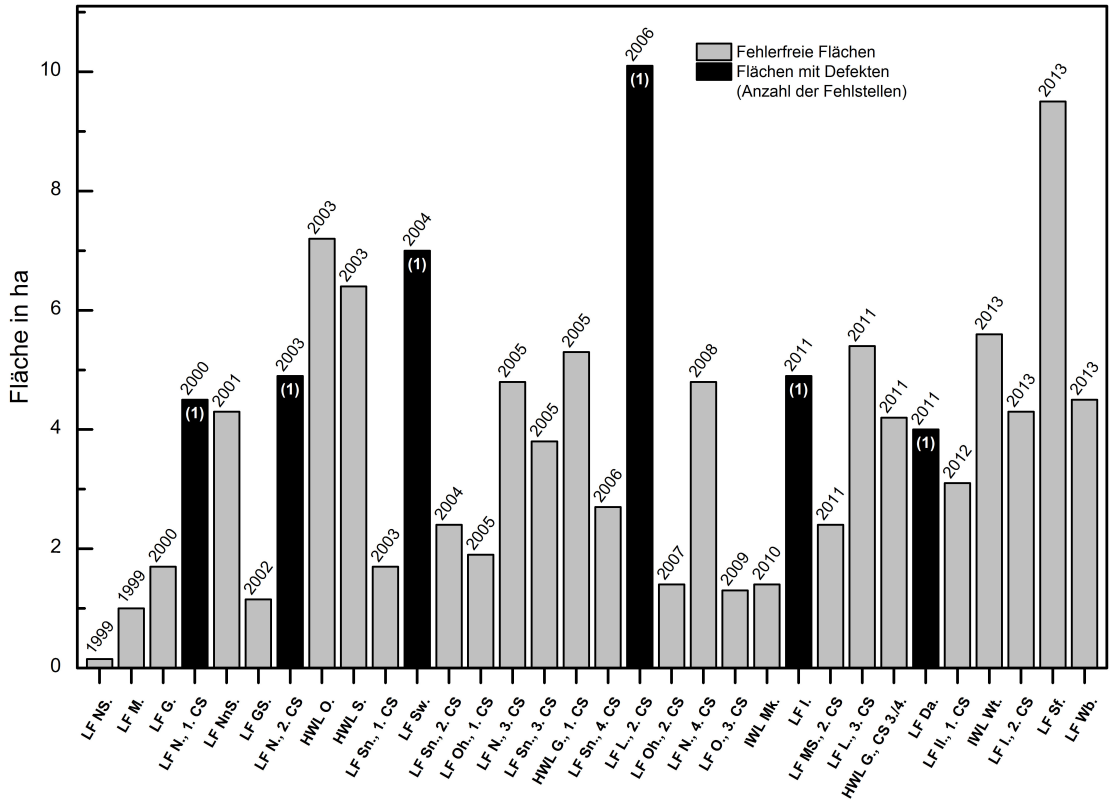

Abbildung 1: Anonymisierte mit Dichtungskontrollsystem überwachte Oberflächenabdichtungen auf deutschen Deponien. Das Jahr des Baus der Oberflächenabdichtung ist über den Balken dargestellt.

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.

Literaturverzeichnis

[1] Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist

[2] MÜLLER, W. W.: *Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist*. 2008. – n 24. Fachtagung "Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen". Würzburg: SKZ-ConSem GmbH

[3] N.N. (1992 (vergriffen)) DVWK-Merkblatt 221, Anwendung von Geotextilien im Wasserbau, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e. V., Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, Germany

[4] MÜLLER, W. W.: *HDPE geomembranes in geotechnics*. 2007

[5] MÜLLER, W. W. ; JAKOB, I. ; TATZKY-GERTH, R.: *Long-term water flow capacity of geosynthetic drains and structural stability of their drain cores*. 2008