

**D      Von der Kunststoffolie zur Dichtungsbahn mit BAM-Zulassung**

Dr.-Ing. Friedrich. W. Knipschild, Rosengarten

## 1 Vorbemerkungen

Folien bzw. Dichtungsbahnen aus Kunststoffen werden bereits seit den vierziger Jahren im Bauwesen eingesetzt. Den ersten Anwendungen bei Bauwerksabdichtungen folgten Dichtungsmaßnahmen im Erd- und Wasserbau. In den sechziger Jahren wurden bereits in geringem Umfang Grundwasserschutzmaßnahmen z. B. bei Tankassenauskleidungen aber auch bereits erste Deponiebasisabdichtungen ausgeführt. Anfang der siebziger Jahre kamen verstärkt die großflächigen Wasserbaumaßnahmen und Basisabdichtungen von Deponien, in den achtziger Jahren die Oberflächenabdichtungen von Deponien und die Sicherung von Altlasten hinzu.

Folien und Dichtungsbahnen werden nach ihrer Dicke unterschieden. Bis zu einer Dicke von etwa 1,0 bzw. 1,5 mm spricht man von Folien. Ab einer Dicke von 2,0 mm handelt es sich z. B. nach Definition der Richtlinie DVS 2225 in jedem Fall um Dichtungsbahnen.

## 2 Rückblick

Auf dem Vertiefungsseminar "Deponiebasisabdichtungen" zum Grundkurs Abfallwirtschaft im Haus der Technik in Essen wurde unter Leitung des Umweltbundesamtes im Juni 1977 erstmals der Stand der Technik bei der Basisabdichtung von Deponien in einem größeren Zusammenhang vorgestellt [1]. Die Deponiebasis musste, wenn kein naturdichter Untergrund vorhanden war, durch eine natürliche oder durch eine künstliche Dichtung gedichtet werden. Auf der einen Seite wurden die natürlichen Dichtungen, z. B. aus Ton weniger kritisch beurteilt als die künstlichen Abdichtungen, z. B. mit Folien oder Dichtungsbahnen, auf der anderen Seite war man sich aber auch schon der besonderen und unterschiedlichen Eigenschaften der Folien und Dichtungsbahnen aus Kunststoffen bewusst.

Es wurden Projekte vorgestellt, bei denen 0,4 mm dicke Folien aus PELD, 1,0 mm dicke Folien aus PVC-weich bzw. aus PEHD, 1,5 bzw. 2,0 mm dicke Dichtungsbahnen aus ECB aber auch schon 2,5 mm dicke Dichtungsbahnen aus PEHD eingesetzt wurden.

In dem Bericht über "Erfahrungen mit der Abdichtung auf der Deponie Venneberg des Landkreises Lingen" wurden neben den wirtschaftlichen Vorteilen auch technische Vorteile bei der Verwendung der 0,4 mm dicken Folie aus PELD gegenüber der Verwendung von 1,5 mm dicken Dichtungsbahnen aus ECB gesehen. Die ausreichende Robustheit der dünnen Folie gegenüber den Baustellenbeanspruchungen wurde nachgewiesen, man sah auf-

grund der durchsichtigen Folie aus PELD Vorteile bei der Schweißnahtprüfung durch Inaugenscheinnahme bzw. auch mit einem Nagel. Die Gesamtkosten für die Abdichtung mit der 0,4 mm dünnen Folie lagen bei rund 4 DM/m<sup>2</sup>. Sie waren damit 6 DM/m<sup>2</sup> günstiger als die Abdichtung mit den 1,5 mm dicken Dichtungsbahnen aus ECB.

In dem Bericht über "Erfahrungen mit der Abdichtung der Deponie Rahden und Galing mit PVC und HDPE" werden Doppeldichtungen aus einer mineralischen Dichtung (Klei) und aus einer künstlichen Dichtung mit Dichtungsbahnen vorgestellt. Zwischen den beiden Dichtungsbahnen war eine Drän- und Kontrollschicht aus Sand angeordnet. Bei diesen Deponien handelt es sich um Sonderabfalldeponien für die Ablagerung von Jarosit-Schlämmen. Die Deponie Rahden mit einer Fläche von etwa 20.000 m<sup>2</sup> wurde 1972 mit 1,0 mm dicken Folien aus PVC-weich abgedichtet. Bei der Deponie Galing mit einer Fläche von etwa 110.000 m<sup>2</sup> wurden 2,5 mm dicke Dichtungsbahnen aus PEHD verwendet. Man kann dieses Projekt, mit dem Ende 1973 begonnen wurde, als Geburtsstunde der großflächigen Abdichtung mit Dichtungsbahnen aus PEHD in Deutschland ansehen. Die Geburtswehen waren heftig. Schon bei diesem Projekt wurde die Entwicklung zu PEHD-Formmassen mit relativ geringer Dichte und optimalen Verarbeitungs- und Verformungseigenschaften eingeleitet.

In dem von G. Friesecke vorgestellten Entwurf der Richtlinie "Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen", der unter Leitung der Landesanstalt für Wasser und Abfall in Nordrhein-Westfalen erarbeitet wurde, wurde erstmals aufgrund neuerer Erfahrungen sowie neuerer technologischer Überlegungen und Entwicklungen im Bereich der Abdichtungstechnik bei Abfalldeponien eine Mindestdicke von 2,0 mm gefordert. Begründet wurde dies u. a. mit den mechanischen Beanspruchungen beim Einbau, mit der Notwendigkeit/Möglichkeit der Oberflächengestaltung zur Verbesserung der Verbundwirkung zwischen den Dichtungsbahnen und den anliegenden Bodenschichten, mit den Anforderungen an die Fügetechnik, mit der Verbesserung der Wurzelfestigkeit und mit der größeren Sicherheit gegenüber chemischen Beanspruchungen.

Mit der Erarbeitung der NRW-Richtlinie [2] wurde 1976 begonnen. Dabei wurde in den Sitzungen des Arbeitskreises intensiv und kontrovers diskutiert, ob "dünne, flexible" Dichtungsbahnen bei Setzungen und Setzungsunterschieden der Deponiebasis ein besseres Verformungsverhalten aufweisen als "dicke, steife" Dichtungsbahnen. Die Tatsache, dass "dicke, steife" Dichtungsbahnen eher in der Lage sind, bei Setzungsunterschieden größere Bereiche der Dichtungsbahnen an den Dehnungen zu beteiligen und damit die Dehnungen insgesamt geringer zu halten, sprach letztlich für Dichtungsbahnen auf der Basis von PEHD mit ent-

sprechender Dicke. Als relevante Mindestanforderung wurde eine aufnehmbare Zugkraft von 400 N/ 50 mm bei 5 % Dehnung gefordert. Die im Mai 1985 herausgegebene Richtlinie setzte letztlich die Maßstäbe für den Stand der Technik in den achtziger Jahren.

Die Verwendung der Dichtungsbahnen aus PEHD nahm Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre ständig zu. Eingebaut wurden vornehmlich Dicken von 2,5 mm. Verwendet wurden bereits Formmassen, aus denen später auch die BAM-zugelassenen Dichtungsbahnen gefertigt wurden. Bei Sonderabfalldeponien setzten sich diese Dichtungsbahnen generell durch. Sie wurden teilweise ergänzt durch eine unterhalb angeordnete mineralische Dichtung und eine zwischen beiden Dichtungsbahnen liegende Kontroll- und Dränschicht aus Sand.

Bei den Deponien für Hausmüll bzw. für Siedlungsabfälle kam es dagegen zu einer harten Konfrontation zwischen den Befürwortern der mineralischen Dichtungen und den Befürwortern der Dichtungsbahnen. Die Dichtungsbahnen wurden durchweg kritischer und skeptischer beurteilt als die mineralischen Dichtungen. In diese Auseinandersetzung platzte Anfang der achtziger Jahre eine Veröffentlichung der BAM zur Dichtigkeit von Dichtungsbahnen aus Kunststoffen gegenüber Kohlenwasserstoffen. In der Zeitschrift für Kommunale Wirtschaft, Köln (ZfK, Nr. 8, August 1984) wurde unter der Überschrift "Dicht wie ein Sieb?" von einer größeren Gefährdung durch ordnungsgemäß angelegte Abfallkippen berichtet. Danach hatte die BAM unter bestimmten Laborbedingungen festgestellt, dass an einem Tag u. a. bis zu 150 g Kohlenwasserstoffe einen m<sup>2</sup> einer "unbeschädigten Deponie-Dichtungsfolie" durchdringen können. Mit der in diesem Zusammenhang getroffenen Feststellung "allgemein ergeben sich bei der künstlichen Abdichtung dann besonders hohe Durchlässigkeiten, wenn an der Unterseite Bodenschichten oder Wasser anstehen, die eine schnelle Fortleitung der Stoffe bewirken" war letztlich die Idee der Kombinationsdichtung geboren. Die Kritik der BAM, die Dichtigkeit natürlicher Materialien mit Durchlässigkeitskoeffizienten zu beschreiben, die für Wasser nicht aber für Kohlenwasserstoffe gelten, wurde dagegen in der Öffentlichkeit kaum oder nicht wahrgenommen.

Diese kritische Situation führte dann im Mai 1983 zur Gründung eines technischen Arbeitskreises der Dichtungsbahnenhersteller und Verleger, aus dem später der heutige AK GWS wurde. Ziel dieses Arbeitskreises war es, den Grundwasserschutz mit Dichtungsbahnen aus Kunststoffen in der Öffentlichkeit objektiv darzustellen, anforderungsbezogene Forschungen anzuregen, zu fördern und durchführen zu lassen sowie die Technik beim Bau von Dichtungssystemen mit Dichtungsbahnen ständig weiterzuentwickeln und den erhöhten Anforderungen anzupassen.

Im Oktober 1983 trat der Arbeitskreis mit dem Seminar "Grundwasserschutz mit Kunststoffdichtungsbahnen" auf der Kunststoffmesse K'83 in Düsseldorf erstmals an die Öffentlichkeit. Im November 1984 fand dann in München die 1. SKZ-Fachtagung "Grundwasserschutz mit Dichtungsbahnen" statt, aus der sich dann die SKZ-Fachtagung "Die sichere Deponie" entwickelte. In [3] wurde 1985 mit Unterstützung des AK GWS der Stand der Technik bei der Basisabdichtung von Deponien mit Dichtungsbahnen, wie er sich bis zur Mitte der achtziger Jahre entwickelt hatte, zusammengefasst.

Im 1. Teil dieses Beiheftes zu Müll und Abfall wurden Anforderungen, Richtlinien und die Mitwirkung der Behörden bei Grundwasserschutzmaßnahmen vorgestellt, im 2. Teil wurde der Stand der Technik sowie der Stand von Wissenschaft und Forschung beschrieben, im 3. Teil wurde über Erfahrungen aus der Praxis und einzelnen Projekten berichtet.

Die Beiträge zur Werkstoffauswahl und Dimensionierung, zum Langzeitverhalten bei überlagerten Beanspruchungen und zum Verformungsverhalten bei mehrachsiger Beanspruchung sprachen für die Dichtungsbahnen aus PEHD. Der Trend zu den mindestens 2 mm dicken Dichtungsbahnen aus PEHD-Formmassen mit relativ geringer Dichte und anforderungsgerechten Verformungseigenschaften war zu diesem Zeitpunkt bereits weitgehend abgeschlossen.

In den Praxisbeispielen wurde gezeigt, dass gerade dann, wenn besondere Anforderungen an den Grundwasserschutz gestellt waren, Dichtungsbahnen aus PEHD aufgrund ihrer chemischen Beständigkeit, ihres Langzeitverhaltens und ihrer Dichtigkeit gegenüber Schadstoffen eingesetzt wurden. Bei der Beurteilung dieser Dichtungsbahnen konnte man sich auf jahrzehntelange Erfahrungen in anderen Anwendungsgebieten, z. B. beim chemischen Apparatebau stützen, wo PEHD-Werkstoffe eine tragende und schützende Funktion übernommen haben, wenn konventionelle Werkstoffe versagten oder geschützt werden mussten.

In der 2. Hälfte der achtziger Jahre begann dann die Entwicklung in Richtung Kombinationsdichtung und die Zulassung der Dichtungsbahnen durch die BAM.

### **3 Stand der Technik**

#### **3.1 Anforderungen**

Die Anforderungen an die Dichtungsbahnen für die Abdichtung von Deponien und Altlasten sind in der BAM-Richtlinie [4] [5] festgelegt. Grundlagen der BAM-Richtlinie sind die Verwaltungsvorschriften zum Abfallgesetz TA Abfall und TA Siedlungsabfall. Es wird eine Mindestdicke von 2,5 mm gefordert. Auf der Grundlage dieser BAM-Richtlinie werden Zulassungen erteilt. Bis heute wurden ausschließlich Dichtungsbahnen aus PEHD zugelassen. Grundlagen dazu sind in [6] ausführlich zusammengestellt.

#### **3.2 Eigenschaftsspektrum**

Für die geforderte langfristige Dichtungsfunktion der Dichtungsbahnen sind die Dicke, die Dichtheit gegenüber Schadstoffen, die chemische Beständigkeit, das Alterungsverhalten, das Spannungs-Verformungs-Verhalten, das mechanische Verhalten sowie die sichere Produktions- und Schweißtechnik ausschlaggebend.

Die Dicke der Dichtungsbahn bestimmt maßgeblich deren mechanische Beanspruchbarkeit und Dichtigkeit (Restdurchlässigkeit). Der Durchstoßwiderstand und damit die Sicherheit gegenüber punktförmigen Durchdringungen nehmen mit der Dicke überproportional zu. Die Weiterreißfestigkeit und die Fähigkeit, z. B. bei Setzungen Spannungen und Verformungen gleichmäßig und großflächig zu verteilen, werden mit zunehmender Dicke größer. Die Restdurchlässigkeit, z. B. gegenüber organischen Schadstoffen (Kohlenwasserstoffe) nimmt mit der Dicke überproportional ab.

Bei fachgerecht gefertigten Dichtungsbahnen aus PEHD spielen Strömungsvorgänge aufgrund von Druckunterschieden keine Rolle. Diese Dichtungsbahnen sind gegenüber Flüssigkeiten und anorganischen Schadstoffen dicht und bilden so für eine Vielzahl grundwassergefährdender Stoffe eine wirksame Sperre. Gegenüber organischen Schadstoffen, z. B. Kohlenwasserstoffen weisen sie allerdings begrenzte Restdurchlässigkeiten auf. Diese Durchlässigkeit beruht auf Absorptions-, Diffusions- und Desorptionsvorgängen. Art, Konzentration und Zusammensetzung der Permeenten, Konzentrationsgefälle, Temperatur sowie Dicke, Werkstoff und Beanspruchungszustand der Dichtungsbahn bestimmen Menge und Rate der Permeation. Insbesondere durch die Gestaltung des Dichtungssystems und die Dimensionierung der einzelnen Dichtungselemente können auch gegenüber diffusionsfähigen Schadstoffen mit diesen Dichtungsbahnen technisch dichte Barrieren geschaffen werden.

Die Oberflächenstruktur der Dichtungsbahnen ist für das geomechanische Verhalten, d. h. für die Art und Höhe der Kraftübertragung zwischen Dichtungsbahnen und den anliegenden Schichten des Dichtungssystems ausschlaggebend. Verformungen und die Einleitung von Kräften werden durch die Oberflächengestaltung maßgeblich beeinflusst. Dichtungsbahnen aus PEHD können mit glatten sowie unterschiedlich strukturierten Oberflächen hergestellt werden. Sie lassen sich so in weiten Grenzen gezielt den projektbezogenen Erfordernissen anpassen. Dabei sind konstruktive Grundsätze zu beachten. Auflasten und Eigengewicht auf geneigten Fläche dürfen nicht zu ständigen Zugbeanspruchungen und zu unzulässigen Schubbeanspruchungen führen. Alle Kräfte, die von oben in die Dichtungsbahn eingeleitet werden, müssen direkt nach unten abgegeben werden können.

Bei Setzungen und Setzungsunterschieden führt eine zu hohe Kraftübertragung zu Verformungsbehinderungen und damit zu lokalen Überbeanspruchungen. Hier ist eine ausreichende flächige Verformbarkeit der Dichtungsbahn zu gewährleisten. Bei Dichtungssystemen, bei denen die Standsicherheit keine Rolle spielt, sind aus Gründen der flächigen Verformbarkeit vornehmlich glatte Dichtungsbahnen mit geringer Kraftübertragung vorzuziehen.

Die Dichtungsbahnen sollen vornehmlich als Dichtung funktionieren. Statische Aufgaben sollen von ihnen nicht oder nur ganz begrenzt übernommen werden. Sie sind trotzdem so zu dimensionieren, dass sie die zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen vornehmlich in Form von Verformungen auch unter gleichzeitiger Einwirkung aggressiver Medien aufnehmen können, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Dichtfunktion kommt.

PEHD bietet von allen Kunststoffen, die zu Dichtungsbahnen verarbeitet werden können, das breiteste Spektrum chemischer Beständigkeit. Erste Hinweise zur Beurteilung der chemischen Beständigkeit geben die Beständigkeitslisten der Rohstoffhersteller. Die Gewichtszunahme bei Einlagerung in bestimmten Medien korreliert weitgehend mit der Veränderung der mechanischen Eigenschaften. Als beständig werden Werkstoffe angesehen, deren Eigenschaftsänderungen sich in endlicher Zeit einem Grenzwert annähern und/oder deren Änderungen reversibel sind. Gegenüber Sickerwässern aus Hausmülldeponien und auch weitgehend deren konzentrierten Inhaltsstoffen sind Dichtungsbahnen aus PEHD beständig. Die Einwirkung organischer Stoffe führt vornehmlich zu reversiblen, d.h. rein physikalischen Werkstoffänderungen.

Über das Verhalten von Kunststoffen unter kombinierter chemisch-mechanischer Beanspruchung liegen Langzeituntersuchungen und Praxiserfahrungen z. T. über mehr als 40 Jahre

vor. Dabei hat sich u.a. gezeigt, dass unterhalb werkstoffabhängiger Verformungsgrenzen kein Einfluss von Medien auf das Spannungs-Verformungs-Verhalten vorliegt. Auf der Grundlage dieser Erfahrungen lässt sich das Langzeit-Spannungs-Verformungs-Verhalten von Dichtungsbahnen aus PEHD ingenieurmäßig abschätzen. Es ist dabei nach Lastfällen mit konstanter Spannung (Retardation) und solchen mit konstanter Dehnung (Relaxation) zu unterscheiden. In beiden Fällen hat sich eine verformungsbezogene Dimensionierung bewährt. Die verformungsbezogenen Bemessungsgrenzen liegen für PEHD bei etwa 3 bis 5 %. Bei Einhaltung dieser Beanspruchungsgrenzen sind keine Werkstoffschädigungen zu erwarten. Das Zeit-Temperatur-Verschiebungs-Prinzip ermöglicht eine sichere Abschätzung des Spannungs-Verformungs-Verhaltens über den Untersuchungszeitraum hinaus. Näherungsweise entsprechen 10 °C Temperaturerhöhung einer Verdoppelung des Beanspruchungszeitraumes. Unter dieser Annahme erlauben Langzeitversuche über 1 Jahr bei 80 °C Aussagen über mehr als 100 Jahre bei 10 °C. Voraussetzung ist jedoch, dass keine Strukturänderungen durch Alterung auftreten.

Wie andere Werkstoffe unterliegen auch Kunststoffe alterungsbedingten Strukturänderungen. PEHD altert nahezu ausschließlich durch thermische oder oxidative Einflüsse. Die Alterungsvorgänge laufen bei erhöhten Temperaturen mit höherer Geschwindigkeit ab. Dadurch kann man auch hier von kurzen Beanspruchungszeiten bei hohen Temperaturen auf längere Beanspruchungszeiten bei niedrigeren Temperaturen schließen. Die Alterung von PEHD ist durch Rohstoffhersteller umfangreich untersucht worden. Aus Zeitstanduntersuchungen an Rohren aus PEHD bei Temperaturen von 20, 40, 60 und 80 °C lässt sich ableiten, dass eine Abnahme der Versuchstemperatur um 20 °C die Zeit bis zum Beginn der Alterung etwa um den Faktor 10 erhöht. Aus diesen Ergebnissen lässt sich für Dichtungsbahnen aus speziellen PEHD für eine Gebrauchstemperatur von 20 °C eine Lebensdauer von mehreren 100 Jahren ableiten.

### **3.3 Fertigung**

Die Dichtungsbahnen aus PEHD werden im Extrusionsverfahren über Breitschlitzdüsen bis zu 9 m Breite hergestellt. Nach diesem Verfahren lassen sich Dicken bis etwa 5 mm werkstoffgerecht fertigen. Die Fertigungslänge der Dichtungsbahnen ist praktisch endlos und wird nur durch das Gewicht und die Handhabbarkeit begrenzt. Handelsübliche Längen liegen zwischen 80 und 120 m.

Die heutigen Fertigungsverfahren führen zu einer hohen anforderungsgerechten und gleichbleibenden Qualität. Nach [7] lag bei den Dichtungsbahnen für eine Oberflächenabdichtung



von 330.000 m<sup>2</sup> der Variationskoeffizient für die Dicke bei 1,9, für die Dichte bei 0,1, für den Schmelzindex bei 2,5 und bei den Eigenschaften in Zugversuchen zwischen 3 und 6 %.

### **3.4 Schweißen**

Die Dichtungsbahnen aus PEHD werden ausschließlich durch Schweißen verbunden. In [8] ist der Stand der Technik zusammengefasst. Dabei wird nach Überlappnähten mit Prüfkanal, hergestellt mittels maschinellem Heizkeilschweißen unter Verwendung von Schweißmaschinen und nach Auftragnähten, hergestellt mittels Warmgasextrusionsschweißen von Hand unter Verwendung von Handschweißgeräten unterschieden.

Die Überlappnaht mit Prüfkanal ist die Regelnahht. Mit den heute zur Verfügung stehenden Schweißmaschinen lassen sich unter Baustellenbedingungen Schweißgeschwindigkeiten bis zu 2,5 m/min erreichen. Für dieses Schweißverfahren sind die Zusammenhänge zwischen Umgebungsbedingungen, Schweißparametern und Schweißnahtqualität weitgehend geklärt. Dabei hat sich insbesondere die Nahtdicke und damit der durch die Schweißparameter, Schweißtemperatur, Schweißgeschwindigkeit und Fügedruck beeinflusste Fügeweg als leicht nachzuweisendes und aussagekräftiges Qualitätskriterium herausgestellt.

Das Warmgasextrusionsschweißen von Hand ist ein Schweißverfahren, bei dem es vorrangig auf die handwerkliche Fähigkeit des Schweißers ankommt. Dieses Schweißverfahren wird auf die Nahtbereiche begrenzt, die nicht maschinell geschweißt werden können. Ein Stand der Erkenntnisse wie beim maschinellen Heizkeilschweißen liegt für dieses Schweißverfahren noch nicht vor.

### **3.5 Einbau**

In [9] wurden im Auftrag des AK GWS 26 Projekte mit einer Gesamtfläche von etwa 1.350.000 m<sup>2</sup> mit etwa 200.000 m Schweißnähten hinsichtlich Bauzeiten, Verlegeleistungen und Schweißnahtqualitäten ausgewertet und bewertet. Danach wird zwar mit dem Einbau der Dichtungsbahnen entsprechend den Vorgaben der BAM-Richtlinie nur selten vor April begonnen, sehr häufig wird allerdings über den Oktober hinaus bis in den Dezember hinein gearbeitet. 75 % der Dichtungsbahnen wurden in den Monaten Juni bis Oktober eingebaut, d. h. auf diese 5 Monate ist die gesamte Verlegekapazität auszurichten.

Die auf die Bauzeit bezogene Verlegeleistung lag etwa zwischen 150 und 1.350, im Mittel bei rund 500 m<sup>2</sup>/Tag, die auf die Verlegezeit bezogene Verlegeleistung etwa zwischen 500 und

1.750, im Mittel bei rund 800 m<sup>2</sup>/Tag. Danach sind offensichtlich auch die tatsächlichen Kosten für den Einbau der Dichtungsbahnen sehr unterschiedlich. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen erforderlich, dass dies in den Ausschreibungen berücksichtigt wird und dass über die möglichen Verlegeleistungen mit dem Angebot entsprechende Vorgaben gemacht werden. Es hat sich gezeigt, dass die Verlegeleistung in den meisten Fällen durch die vor- und nachlaufenden Gewerke bestimmt wurde.

Die nachgewiesenen Schweißnahtqualitäten lagen sowohl beim maschinellen Heizkeilschweißen als auch beim Warmgasextrusionsschweißen von Hand bei Dichtungsbahnen ab 2,0 mm Dicke durchweg auf einem anforderungsgerechten Niveau. Beim Warmgasextrusionsschweißen von Hand zeigten sich projekt- und verlegerbezogen größere Unterschiede bei der Nahtqualität als beim maschinellen Heizkeilschweißen. Beim Schweißen von 1,5 mm dicken Dichtungsbahnen konnte allerdings nur unter sehr günstigen Voraussetzungen eine anforderungsgerechte Nahtqualität erzielt werden.

### **3.6 Dichtungssysteme**

Nach der TA Abfall und der TA Siedlungsabfall sind sowohl für die Basis- als auch für die Oberflächenabdichtung Kombinationsdichtungen vorgeschrieben.

Während die Kombinationsdichtung für die Basisabdichtung Stand der Technik bzw. anerkannte Regel der Technik geworden ist, wird für die Oberflächenabdichtung dieses System nicht in gleicher Weise für erforderlich gehalten. Modifizierte Dichtungssysteme, z. B. mit Dichtungsbahnen und Bentonitmatten, mit Dichtungsbahnen und Kapillarsperren, mit Dichtungsbahnen und polymervergüteten mineralischen Dichtungen, mit Dichtungsbahnen und Dichtungskontrollsystemen, aber auch Dichtungen mit Dichtungsbahnen allein wurden gebaut und setzen sich mehr und mehr durch. Zur Oberflächenabdichtung von Altdeponien allein mit Dichtungsbahnen aus PEHD wird in [10] Stellung genommen. Bei den Projekten, bei denen Dichtungsbahnen und Dichtungskontrollsysteme eingesetzt wurden, wurde nachgewiesen, dass mit Dichtungsbahnen großflächig dichte Dichtungen hergestellt werden können. Festgestellte Fehler waren in fast allen Fällen auf Beschädigungen durch den Baubetrieb zurückzuführen.

Mit der konstruktiven Gestaltung des Dichtungssystems müssen die Voraussetzungen für den anforderungsgerechten Einbau der Dichtungsbahnen geschaffen werden. In [11] wird anhand von Beispielen gezeigt, wie man zu einfachen und damit sicheren Lösungen kommt.

Danach sind soweit möglich, Neigungswechsel im Dichtungssystem zu vermeiden und möglichst ebene Auflagerflächen für die Dichtungsbahnen zu schaffen. Weiter ist beim Anschluss der Dichtungsbahnen an Bauwerke darauf zu achten, dass der Anschluss immer in Dichtungsebene erfolgt.

#### **4 Schlussbemerkungen**

Mit den BAM-zugelassenen Dichtungsbahnen aus PEHD steht ein Dichtungselement zur Verfügung, das die hohen Anforderungen im Bereich eines langfristigen Grundwasserschutzes in vollem Umfang erfüllt. Die BAM-Zulassung gilt aber nur dann, wenn die Dichtungsbahnen durch einen Fachbetrieb eingebaut werden, der die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgabe eines Fachbetriebes entsprechend der BAM-Empfehlung [12] erfüllt, und wenn der Einbau der Dichtungsbahnen durch eine fremdprüfende Stelle begleitet wird, die entsprechend der BAM-Richtlinie für die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle [13] nach DIN EN 45004:1995-06 zertifiziert ist. Die technischen Rahmenbedingungen für den anforderungsgerechten Einbau der Dichtungsbahnen sind dadurch gegeben.

Es ist zu hoffen, dass auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine Bauausführung auf hohem qualitativen Niveau "ohne Wenn und Aber" sicher stellen. Die Verantwortung dafür liegt sowohl bei den Auftraggebern als auch bei den Bietern und Auftragnehmern.

[1] Deponiebasisabdichtung - Erfahrungen, Stand der Technik, Forschung

Herausgeber Klaus Stief

Beihefte zu Müll und Abfall Nr. 15

Erich Schmidt Verlag, Berlin 1979

[2] Richtlinie über Deponiebasisabdichtung aus Dichtungsbahnen

Landesamt für Wasser und Abfall NRW (NRW-Richtlinie)

Mai 1985

[3] Deponiebasisabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen

Herausgeber F. W. Knipschild

Beihefte zu Müll und Abfall Nr. 22  
Erich Schmidt Verlag, Berlin 1985

- [4] Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen  
als Bestandteil einer Kombinationsdichtung für Siedlungs-  
und Sonderabfalldeponien sowie für Abdichtungen on Altlasten  
BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin 1992
  
- [5] Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen  
für die Abdichtung von Deponien und Altlasten  
BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin  
Sonderheft 1/99
  
- [6] W. Müller  
Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik  
Birkhäuser Verlag 2001, ISBN 3-7643-6504-8
  
- [7] F. W. Knipschild, A. Severin  
Erfahrungen beim Einbau des Oberflächenabdichtungssystems  
auf der Deponie Neu Wulmstorf, Qualitätssicherung bei der Herstellung  
und beim Einbau der polymeren Elemente des Dichtungssystems  
Handbuch zur 13. SKZ-Fachtagung "Die sichere Deponie", Februar 1997
  
- [8] Richtlinie DVS 2225-4  
Schweißen von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (PE) für die Abdichtung  
von Deponien und Altlasten  
Deutscher Verband für Schweißtechnik e. V., Februar 1996
  
- [9] St. Hein, F. W. Knipschild, C. Tarnowski  
Stand der Technik und Erfahrungen beim Einbau von Dichtungsbahnen  
aus PEHD für großflächige Abdichtungen im Bereich des Grundwasserschutzes  
Handbuch zur 19. SKZ-Fachtagung "Die sichere Deponie", Februar 2003
  
- [10] Gutachtliche Stellungnahme zu den Eigenschaften einer  
Oberflächenabdichtung aus PEHD-Dichtungsbahnen für Altdeponien

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin  
Aktenzeichen IV.32/1304/03

- [11] F. W. Knipschild  
Konstruktive Einzelheiten von Kombinationsabdichtungen  
Handbuch zur 10. SKZ-Fachtagung "Die sichere Deponie", Februar 1994
- [12] Empfehlung für die Anforderungen an die Qualifikation  
und die Aufgaben eines Fachbetriebes  
BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin  
(Labor IV.32, Deponietechnik) November 1996
- [13] Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben  
einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten  
und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen  
BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin  
(Labor IV.32, Deponietechnik) Oktober 2002

