



MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

38. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 6. September 1985

Nummer 60

Inhalt

I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBl. NW.) aufgenommen werden.

Glied-Nr.	Datum	Titel	Seite
2061 2020	14. 8. 1985	RdErl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen	1288

II.

Veröffentlichungen, die nicht in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBl. NW.) aufgenommen werden.

Datum	Hinweis	Seite
Nr. 8 v. 15. 8. 1985	Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen	1321

I.

2061
2020**Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen**RdErl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und
Landwirtschaft v. 14. 8. 1985 -
III A 5 - 541.23

- 1 Bei der Errichtung von Deponien sind zum Schutz des Untergrundes, des Grundwassers und ggf. auch von oberirdischen Gewässern häufig besondere Dichtungsmaßnahmen an der Sohle und den Böschungen der Deponie in Form eines Dichtungssystems notwendig.

Solche Dichtungssysteme sind aus mehreren Komponenten aufgebaut, von denen natürliche (mineralische) und/oder künstliche (nicht-mineralische) Dichtungen die eigentliche Aufgabe des Abdichtens zu erfüllen haben.

Die nachstehende Richtlinie gilt für vorgefertigte Dichtungen aus Kunststoff- und Bitumenbahnen (Dichtungsbahnen).

Diese Richtlinie ist von einer Arbeitsgruppe unter Federführung des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen erarbeitet worden, in der das Umweltbundesamt, das Staatliche Materialprüfamt Nordrhein-Westfalen, die gewerbliche Wirtschaft, Entsorgungsunternehmen und die staatliche Verwaltung für Wasser- und Abfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen vertreten waren.

Ein Entwurf einer Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen ist von mir mit Erl. v. 18. 2. 1982 - III C 8 - 902/4 - 28443 in Form eines Gelbdruckes zur Erprobung herausgegeben worden.

Um ein einheitliches Verwaltungshandeln bei der Zulassung von Deponien sicherzustellen, ist bis zum Erlass entsprechender bundeseinheitlicher Verwaltungsvorschriften die nachstehende Richtlinie als vorläufige Regelung zu beachten.

- 2 Ergänzend zu der nachstehenden Richtlinie werden folgende Hinweise gegeben:

- 2.1 Aus den Ergebnissen eines von der Bundesanstalt für Materialprüfung durchgeführten Forschungsvorhabens (Forschungsbericht 103 02 208, Abfallwirtschaft Texte 19/84 Umweltbundesamt) ist abzuleiten, daß bei der Entwicklung und Planung von Deponiebasisabdichtungen aus Kunststoffdichtungsbahnen sowie im abfallrechtlichen Zulassungsverfahren auch der physikalische Prozeß der Permeation zu berücksichtigen ist. Unter den bei dem v. g. Forschungsvorhaben gewählten Versuchsbedingungen zeigen Kunststoffdichtungsbahnen abhängig u. a. von ihrer chemischen Struktur gewisse Restdurchlässigkeiten, die ihre Ursache nicht in Fehlstellen (Risse, Poren, Löcher, Fügefehler) haben, sondern die auf Permeation zurückzuführen sind.

Das Umweltbundesamt stellt in seiner Vorbemerkung zu dem Forschungsbericht 103 02 208 allerdings folgendes klar:

„Die gemessenen Permeationsraten zeigen, was unter den beschriebenen Versuchsbedingungen durch die Dichtungsbahnen permeiert ist. Sie zeigen nicht, was

durch Deponiebasisabdichtungen aus Kunststoffdichtungsbahnen tatsächlich permeiert. Derartige Abschätzungen sind nur unter Beachtung der Randbedingungen des Einzelfalls möglich. Hauptvoraussetzung für die Permeation ist in jedem Fall das Vorhandensein entsprechender Stoffe im Sickerwasser der Deponien.“

- 2.2 Das v. g. Forschungsvorhaben gab Anlaß zu weiteren Untersuchungen und fachlichen Erörterungen, nach deren gegenwärtigem Stand es nicht geraten erscheint, bereits nähere Regelungen im Hinblick auf die Permeation zu treffen. Bei der Planung und Zulassung neuer Deponien oder der wesentlichen Erweiterung von Deponien ist aber die Frage permeationsbedingter Restdurchlässigkeiten nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen.

- 2.3 Die von der Bundesanstalt für Materialprüfung durchgeführten Untersuchungen ermöglichen schon jetzt relative Vergleiche zwischen Dichtungsbahnen unterschiedlicher Werkstoffe und Abmessungen.

Nachgewiesen ist auch, daß zwischen der Dicke der Dichtungsbahnen und den Permeationsraten kein linear umgekehrt proportionales Abhängigkeitsverhältnis besteht. Die Permeationsraten nehmen vielmehr überproportional mit der Bahndicke ab.

- 2.4 Unbeschadet noch erforderlicher weiterer Untersuchungen zur Frage der Permeation wird Dichtungsbahnen auch in Zukunft eine wesentliche Bedeutung für Deponiebasisabdichtungen zukommen. Dies gilt insbesondere dann, wenn folgende technische Entwicklungen in Gang gesetzt und mit Erfolg zum Abschluß gebracht werden können:

- Technologisch abgesicherte Einführung von Mindest-Nennstärken der Polymer-Dichtungsbahnen, die deutlich größer sind als 2,0 mm.
- Entwicklung von polymeren Werkstoffen mit niedrigen Permeations-Kennwerten.
- Entwicklung von mehrlagig aufgebauten Dichtungsbahnen mit permeationsverhindernden Sperrschichten, z. B. aus Aluminiumfolien. Voraussetzung wäre hierbei, daß das Dehnungsverhalten der Bahnen gegenüber den Mindestanforderungen der nachstehenden Richtlinie nicht oder nur geringfügig verändert wird.
- Entwicklung von dauerhaft wirksamen Dichtungssystemen, in die sowohl eine mineralische Dichtung (ggf. unter Verwendung besonderer Zusatzstoffe) als auch eine künstliche Dichtung integriert sind (Kombinationsdichtung).*)

*) Vergl. hierzu auch August, H., Jakob, I., Tatzky, R.: Stofftransport durch Kunststoffdichtungen. - Wasser und Boden, 1985, H. 1, S. 24-26.

- 2.5 Klarstellend wird darauf hingewiesen, daß die folgende Richtlinie auch für solche Deponiebasisabdichtungen entsprechend gilt, die eine Kombinationsdichtung unter Verwendung von Dichtungsbahnen aufweisen.

Es zeichnet sich ab, daß Dichtungssysteme mit kombinierter mineralischer und künstlicher Dichtung, sofern sie den allgemeinen Anforderungen im Sinne der nachstehenden Richtlinie genügen, künftig vermehrt bei Deponien zur Anwendung kommen werden, bei denen eine zusätzliche Sicherheit gegenüber Regeldichtungssystemen erforderlich ist.

**Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen
– Dichtungsbahnen-Richtlinie –**

Inhaltsverzeichnis

- 1. Vorbemerkungen**
- 2. Technische Grundsätze**
 - 2.1 Die Unterscheidungsmerkmale der Deponiebasisabdichtungen
 - 2.2 Der Aufbau des Dichtungssystems
 - 2.3 Allgemeine Anforderungen an das Dichtungssystem
- 3. Mögliche Beanspruchungen der Dichtung**
 - 3.1 Physikalische Beanspruchungsfaktoren
 - 3.1.1 Mechanische Beanspruchungsfaktoren
 - 3.1.2 Sonstige physikalische Beanspruchungsfaktoren
 - 3.1.3 Mögliche Auswirkungen physikalischer Beanspruchungsfaktoren
 - 3.2 Chemische Beanspruchungsfaktoren
 - 3.2.1 Beanspruchung durch hochkonzentrierte flüssige Medien
 - 3.2.2 Beanspruchung durch verdünnte flüssige Medien und Eluate
 - 3.2.3 Beanspruchung durch Deponiesickerwasser (von Hausmülldeponien)
 - 3.2.4 Beanspruchung durch Gase
 - 3.2.5 Mögliche Auswirkungen chemischer Beanspruchungsfaktoren
 - 3.3 Biologische Beanspruchungsfaktoren
 - 3.3.1 Beanspruchung durch Mikroorganismen
 - 3.3.2 Beanspruchung durch höhere pflanzliche Organismen
 - 3.3.3 Beanspruchung durch höhere tierische Organismen (Nagetierbeständigkeit)
 - 3.3.4 Mögliche Auswirkungen biologischer Beanspruchungsfaktoren
- 4. Die Dichtungsbahnen – technischer Stand**
 - 4.1 Werkstoffe
 - 4.1.1 Polymer-Werkstoffe (Hochpolymere)
 - 4.1.2 Bitumen
 - 4.1.3 Bisher eingesetzte Werkstoffe
 - 4.2 Charakterisierung und Gestaltung der Dichtungsbahnen
 - 4.2.1 Aufbau
 - 4.2.2 Formgebung der Oberfläche
 - 4.2.3 Einfärbung
 - 4.2.4 Dimensionierung
 - 4.3 Fügetechniken
 - 4.3.1 Schweißen
 - 4.3.2 Kleben
 - 4.3.3 Vulkanisieren
 - 4.3.4 Sonstige Verfahren

5. Anforderungen an die Dichtungsbahnen, Prüfung, Güteüberwachung und Kennzeichnung

- 5.1 Anforderungen
 - 5.1.1 Allgemeine physikalische Anforderungen
 - 5.1.2 Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen
 - 5.1.3 Chemische Anforderungen
 - 5.1.4 Biologische Anforderungen
- 5.2 Prüfung
 - 5.2.1 Physikalische Prüfungen
 - 5.2.2 Chemische Prüfungen
 - 5.2.3 Biologische Prüfungen
- 5.3 Eignungsprüfung
- 5.4 Güteüberwachung
 - 5.4.1 Eigenüberwachung
 - 5.4.2 Fremdüberwachung
- 5.5 Kennzeichnung

6. Planung des Dichtungssystems

- 6.1 Planbearbeiter
- 6.2 Planerische Einflußgrößen
 - 6.2.1 Gegebenheiten des Standortes
 - 6.2.2 Aufbau des Deponiekörpers
 - 6.2.3 Abzulagernde Abfälle
 - 6.2.4 Deponiesickerwasser
- 6.3 Gestaltung und Entwurf
 - 6.3.1 Grundlagen
 - 6.3.2 Unterbau
 - 6.3.3 Die Komponenten des Dichtungssystems
 - 6.3.4 Konstruktive Einzelheiten
- 6.4 Berücksichtigung des Deponiebetriebes

7. Bauausführung

- 7.1 Baugrund, Rohplanum
- 7.2 Einbau der Stützschicht
- 7.3 Einbau der Dichtung
 - 7.3.1 Anliefern und Lagern der Dichtungsbahnen
 - 7.3.2 Verlegen der Dichtungsbahnen
 - 7.3.3 Prüfen der Verbindungen
 - 7.3.4 Verlegetechnische Sonderfragen
- 7.4 Schutzschichten

Anhang

Anlage 1: Medien zur chemischen Prüfung von Dichtungsbahnen

Anlage 2: Zusammenstellung der Anforderungen bei Polymer- und Bitumenbahnen und zugehöriger Prüfvorschriften

Anlage 3: Schrifttums- und Regelwerksverzeichnis

1. Vorbemerkungen

Bei der ordnungsgemäßen Beseitigung von Abfällen durch Ablagerung ist den Belangen des Grundwasserschutzes in sorgfältiger Weise Rechnung zu tragen. Es ist zu gewährleisten, daß anfallendes Deponiesickerwasser, welches in der Regel mit Schadstoffen hoch belastet ist, vom Grundwasser ferngehalten wird oder dieses zumindest nicht nachteilig beeinflussen kann. In Sonderfällen gilt dies sinngemäß auch für oberirdische Gewässer, sofern hier ein Zudringen von Deponiesickerwasser nicht auszuschließen ist.

Bei günstigen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen kann bei der Einrichtung von Deponien auf zusätzliche technische Maßnahmen zum Schutze des Grundwassers verzichtet werden. Diese Voraussetzung ist immer dann gegeben, wenn der Grundwasserleiter, der selbst möglichst auch ein gutes Reinigungsvermögen besitzen sollte, mit natürlichen Deckschichten ausreichender Mächtigkeit und optimaler Ton- bzw. Feinschluffanteile versehen ist.

Derartige Untergrundverhältnisse sind in Nordrhein-Westfalen bei weitem nicht immer verfügbar. Hier muß man insofern davon ausgehen, daß bei der Einrichtung von Deponien sehr häufig besondere Dichtungsmaßnahmen im Bereich der De-

poniebasis (Sohle und Böschungen) zum Schutze des Untergrundes notwendig sind. Die diesbezüglichen technischen Maßnahmen erfordern nicht selten den Einsatz von Dichtungen aus industriell bzw. werksmäßig gefertigten Stoffen oder Produkten, und zwar immer dann, wenn geeignete natürliche Stoffe, d. h. Böden mit geringen Durchlässigkeiten, aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen nicht mehr verfügbar gemacht werden können oder auch spezifische Anforderungen an die Wirksamkeit der Basisabdichtungen gestellt werden müssen.

Unter den werksmäßig hergestellten Produkten gewinnen die vorgefertigten Dichtungen aus Kunststoff- und Bitumenbahnen (Dichtungsbahnen) eine immer größere Bedeutung. Die Notwendigkeit, den Einsatz von Dichtungsbahnen bei der Abdichtung von Deponien, die mit häuslichen, gewerblichen oder industriellen Abfällen beschickt werden, einem einheitlichen und rationellen verwaltungsmäßigen Vollzug in der Wasser- und Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalens zuzuführen, ließ die Erarbeitung dieser technischen Richtlinie als dringend geboten erscheinen. Das Fehlen anderer ähnlich ausgerichteter Regelwerke oder Vorschriften auf diesem Gebiet unterstrich eine derartige Erfordernis.

2. Technische Grundsätze

2.1 Die Unterscheidungsmerkmale der Deponiebasisabdichtungen

Die Deponiebasisabdichtungen unterscheiden sich – unter Einbeziehung natürlich gegebener Möglichkeiten – nach zwei Hauptgruppen:

- Natürliche Dichtungen
- künstliche Dichtungen.

Die natürlichen (minerallischen) Dichtungen umfassen insbesondere:

- den natürlich anstehenden und ausreichend dichten Untergrund, als Deckschicht gelegen oberhalb der zu schützenden grundwasserführenden Locker- bzw. Festgesteinschichten (naturdichter Untergrund)
- Dichtungen aus geeigneten natürlichen, eigens angelieferten oder umgelagerten Bodenmaterialien, welche in ausreichender Weise und mit der notwendigen Schichtdicke lagenweise verdichtet werden, erforderlichenfalls unter Verwendung von besonderen Zusatzstoffen, wie Tonmehlen, Wasserglasprodukten, u.ä.

Die künstlichen (nicht-minerallischen) Dichtungen umfassen insbesondere:

- Vorgefertigte Dichtungen, z. B. aus Kunststoffdichtungsbahnen und
- örtlich gefertigte Dichtungen, z. B. aus Asphaltbeton.

Diese Richtlinie befaßt sich mit vorgefertigten Dichtungen aus Kunststoff- und Bitumenbahnen (siehe Abschnitt 1, letzter Absatz), welche am Ort des Einbaus mit Hilfe jeweils geeigneter Techniken zusammengefügt werden.

2.2 Der Aufbau des Dichtungssystems

Bei der Planung und Gestaltung einer Deponiebasisabdichtung aus Dichtungsbahnen darf diese nicht für sich allein betrachtet werden. Sie ist vielmehr als eine Komponente – wenn auch als eine sehr wesentliche – des erforderlichen gesamten Dichtungssystems anzusehen.

Ein derartiges Dichtungssystem, welches als integrierenden Teil eine Dichtung/Hauptdichtung aus Dichtungsbahnen besitzt, kann sich – in der Reihenfolge von unten nach oben betrachtet – aus folgenden Komponenten aufbauen:

Tabelle 1: Aufbau eines Dichtungssystems

Komponente	Regel- dichtungs- system	Maximal- dichtungs- system
Stütz- bzw. Feinplanumsschicht	x	x
Hilfs- bzw. Kontrolldichtung		x
Kontroll-Dränschicht		x
Dichtung/Hauptdichtung	x	x
Dränschicht/Hauptdränschicht	x	x
Schutzschicht	x	x

Welche Komponenten im Einzelfall zur Ausführung kommen müssen, hängt insbesondere ab von

- den geologischen, hydrologischen und bodenmechanischen Gegebenheiten und Kenndaten des Untergrundes,
- den jeweils zu stellenden Forderungen in Bezug auf eine qualitativ gesicherte Wassergewinnung aus dem zu schützenden Grundwasservorkommen,
- der Art und Menge der abzulagernden Abfälle und
- der voraussichtlichen Beschaffenheit und Menge der anfallenden Deponiesickerwässer.

Das Maximaldichtungssystem, welches neben der Hauptdichtung noch eine Kontrolldichtung besitzt (siehe Tabelle 1), erfordert bei der Ausführung einen erheblichen technischen Mehraufwand gegenüber dem Regeldichtungssystem. Es wird im übrigen nur in den Fällen vorzusehen sein, wenn nach Ablagerung der Abfälle auf der Deponie eine sofortige Feststellung von hypothetischen Undichtigkeiten unumgänglich notwendig erscheint. Zumeist wird ein Dichtungssystem mit nur einer Dichtung in Frage kommen (siehe Tabelle 1 und Abschnitt 6.3.1). Soweit erforderlich, kann dieses Dichtungssystem – statt durch den zusätzlichen Einbau einer Kontrolldichtung und einer Kontroll-Dränschicht – durch andere geeignete Einrichtungen im Hinblick auf seine Dichtigkeit überwacht werden, z. B. durch geeignete Grundwassermeßstellen.

3. Mögliche Beanspruchungen der Dichtung

Der Ingenieur, der sich mit der Entwicklung, der Planung und mit dem Einbau von Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen befaßt, muß sich über die infrage kommenden Beanspruchungsfaktoren der betreffenden Dichtung, d. h. über die Art der möglicherweise auf sie zukommenden Lasten bzw. Einflüsse (Lastfälle), die erforderliche Klarheit verschaffen. Diesbezügliche Nachlässigkeiten oder Fehler sind hier fast immer irreparabel, denn ihre Folgen, die sich in der Regel in Gestalt von Undichtigkeiten der betreffenden Basisabdichtung darstellen, machen sich zumeist erst dann bemerkbar, wenn der Deponiebetrieb sehr weitgehend oder schon vollständig abgeschlossen ist, d. h., wenn die Dichtung zur Schadensbeseitigung nicht mehr oder nur noch mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand aufgedeckt werden kann.

Die Beanspruchungsfaktoren bei Deponiebasisabdichtungen lassen sich nach drei Gruppen unterscheiden:

- Physikalische Beanspruchungsfaktoren
- chemische Beanspruchungsfaktoren und
- biologische Beanspruchungsfaktoren.

Es ist davon auszugehen, daß sich im konkreten Einzelfall zumeist Beanspruchungsfaktoren aller drei Gruppen ergeben. Sie können gleichzeitig oder auch nacheinander wirksam werden.

2.3 Allgemeine Anforderungen an das Dichtungssystem

Das Dichtungssystem muß als Ganzes und in allen seinen Teilen folgenden allgemeinen Anforderungen genügen:

- Gute und auch auf Dauer sichere Funktionsfähigkeit
- Setzungsunempfindlichkeit
- Robustheit in Bezug auf die Beanspruchung beim Einbau und beim späteren Betrieb der Deponie
- Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Sammlung und Ableitung des anfallenden Deponiesickerwassers.

Die Dichtung selbst muß darüber hinaus folgenden weiteren allgemeinen Anforderungen genügen:

- Dauerhafte Dichtigkeit sowohl des Werkstoffs als auch der Fugestellen der Dichtungsbahnen
- sichere Fügetechnik, nicht zuletzt auch im Hinblick auf ungünstige Witterungsverhältnisse beim Einbau
- rationelle Technik für eine zuverlässige und durchgehende Prüfung der Fugestellen der Dichtungsbahnen.

3.1 Physikalische Beanspruchungsfaktoren

Die Dichtung wird durch eine Reihe physikalischer, insbesondere baustatischer Lastfälle beansprucht, die fast ausschließlich im Zusammenhang stehen mit

- dem Einbau der Dichtungsbahnen,
- den übrigen bei der Errichtung der Deponie anfallenden Bauarbeiten,
- dem Raumgewicht, der Verdichtungswilligkeit und der Art der Einbringung der angelieferten Abfälle,
- der konstruktiven Gestaltung des Deponiekörpers und zugehöriger baulicher Anlagen sowie
- den bodenmechanischen Eigenschaften des anstehenden Baugrundes, insbesondere seinem Setzungsverhalten.

Die nachfolgende Zusammenstellung der physikalischen Beanspruchungsfaktoren soll dem planenden Ingenieur als Hinweis dienen, auf welche diesbezüglichen Lastfälle er grundsätzlich zu achten hat. Die Eignung der Dichtungsbahnen im Hinblick auf derartige Beanspruchungen kann durch eine Reihe physikalischer Kenngrößen und zugehöriger Kennwerte (siehe Abschnitte 5.1.1 und 5.1.2) beschrieben werden. Im übrigen kann und soll es nicht die Aufgabe dieser Richtlinie sein, auch auf Methoden einzugehen, die der Ermittlung der Lastfälle und der aus ihnen resultierenden physikalischen Beanspruchungen der Dichtungsbahnen dienen.

3.1.1 Mechanische Beanspruchungsfaktoren

Zu diesen zählen insbesondere die folgenden statischen Lasten:

3.1.1.1 Ständige (unveränderliche) Lasten

wie Lasten aus

- Eigengewicht der Dichtungsbahnen,
- der Dränschicht,
- der Schutzschicht,
- Einzelbauwerken bzw. -bauteilen (z. B. Einsteigschächten, Stützenfundamenten, Rohrdurchführungen)

3.1.1.2 Vorwiegend ruhende Verkehrslasten

wie Lasten aus

- abgelagerten Abfällen,
- Zwischenabdeckschichten der Abfälle,
- der Schlußabdeckung des Deponiekörpers

3.1.1.3 Nicht vorwiegend ruhende Verkehrslasten

wie Lasten aus

- Transport- und Arbeitsgeräten (während der Errichtung und des Betriebes der Deponie)

3.1.1.4 Sondereinflüsse

bedingt durch

3.1.1.4.1 ungleichmäßige Setzungen

infolge

- nicht gleichmäßig verteilter Auflasten, (z. B. infolge ungleicher Aufschüttungshöhen des Deponiekörpers),
- ungleich setzungsempfindlicher Schichten des Baugrundes,
- Bergsenkungen

3.1.1.4.2 Schubkräfte im Böschungsbereich

infolge der bahnparallel wirkenden, durch Sackungen der abgelagerten Abfälle hervorgerufenen Reibungskräfte

3.1.1.4.3 Wärmeeinwirkungen

infolge

- witterungsbedingter Temperaturunterschiede vor der Abdeckung der Dichtungsbahnen,
- entstehender Reaktionswärme bei Abbau- oder Umsetzungsprozessen der Abfälle im Deponiekörper,
- Ablagerung heißer Abfälle,
- Deponiebränden.

3.1.2 Sonstige physikalische Beanspruchungsfaktoren

Es können dies insbesondere sein:

3.1.2.1 UV-Strahlung

vor Abdeckung der Dichtungsbahnen

3.1.2.2 Mechanische Angriffe

vor Abdeckung der Dichtungsbahnen durch scharfkantige Werkzeuge, Geräte und sonstige Gegenstände.

3.1.3 Mögliche Auswirkungen physikalischer Beanspruchungsfaktoren

Bewegen sich die physikalischen Beanspruchungen (Lasten und Einflüsse) in den zulässigen Grenzen, so treten für die Dichtungen aus Dichtungsbahnen nur aufnehmbare Spannungen und Dehnungen (Verformungen) auf. Werden allerdings durch unzutreffende Annahmen der auf die Dichtung wirkenden Lasten und Einflüsse die Grenzwerte der spezifischen Werkstofffestigkeiten oder -verformungen überschritten, so kann es zu Schäden an den Dichtungsbahnen oder an ihren Fügestellen kommen, etwa durch Zerreißen. Eine Dichtigkeit der Bahnen ist damit nicht mehr gegeben. Durch entsprechend sorgfältige planerische und entwerfsmäßige Arbeiten müssen derartige Schäden in jedem Fall vermieden werden (siehe Abschnitt 6.3.3.2).

3.2 Chemische Beanspruchungsfaktoren

Infolge des konstruktiven Aufbaus des Dichtungssystems, d. h. infolge der Abdeckung der Dichtung durch die Dränschicht (siehe Abschnitt 6.3.1, Abb. 1) und möglicherweise auch durch eine darüber befindliche zusätzliche Schutzschicht aus inertem Material (z. B. Kesselschlacken), kommen die Dichtungsbahnen nicht unmittelbar mit den abgelagerten Abfällen in Berührung. Daher kann es sich bei den von oben her auf die Dichtungsbahnen einwirkenden (chemischen)

Medien nur um solche handeln, die flüssig oder gasförmig aus dem Deponiekörper austreten, und zwar um

- hochkonzentrierte oder unverdünnte flüssige Substanzen (bei ordnungsgemäßigem Deponiebetrieb in der Regel nicht zu erwarten),
- verdünnte flüssige Substanzen,
- Deponiesickerwässer,
- Deponiegase.

In Sonderfällen sind auch von unten her relevante Einwirkungen auf die Dichtungsbahnen möglich, und zwar durch aggressives unterirdisches Wasser, wobei die Aggressivität natürlich oder durch anthropogene Einwirkung (z. B. durch Untergrundverunreinigung) bedingt sein kann.

Die Einwirkung chemischer Medien auf die eingebaute Dichtung verläuft in der Regel unter ständig sich ändernden Randbedingungen. Hierher gehören vor allem

- die Art, die Konzentrationen und die Frachten der jeweiligen Substanzen,
- die Temperatur,
- die gleichzeitig wirkenden **physikalischen** Beanspruchungen,
- die gleichzeitig wirkenden **biologischen** Beanspruchungen.

Die zeitlichen Abläufe dieser Änderungen können sehr unterschiedlich sein (Kurzzeit- oder Langzeitphasen).

3.2.1 Beanspruchung durch hochkonzentrierte flüssige Medien

Extreme chemische Beanspruchungen der Dichtungsbahnen ergeben sich durch die Einwirkung von hochkonzentrierten oder unverdünnten flüssigen Substanzen. Um die Eignung (Beständigkeit) der Dichtungsbahnen in Bezug auf derartige Lastfälle beurteilen zu können, ist es zweckmäßig, Reinsubstanzen zur Untersuchung heranzuziehen (siehe Abschnitt 5.2.2.1). Die Hersteller von Dichtungsbahnen halten entsprechende Beständigkeitslisten der von ihnen verarbeiteten **Grundwerkstoffe** zur Verfügung, wobei zu beachten ist, daß die zugrunde liegenden Prüfverfahren nicht immer identisch sind.

Wenn bei der Herstellung der Dichtungsbahnen relevante Veränderungen der chemischen und physikalischen Struktur der Grundwerkstoffe nicht ausgeschlossen werden können, sind allerdings auch zur chemischen Beurteilung der **Fertigprodukte** Prüfungen mit Substanzen gemäß Abschnitt 5.2.2.1 durchzuführen.

Für die Deponie-Praxis darf davon ausgegangen werden, daß die Beanspruchung von eingebauten Dichtungsbahnen durch hochkonzentrierte flüssige Medien einen außergewöhnlichen und in der Regel kaum zu erwartenden Lastfall darstellt. Prüfungen gemäß Abschnitt 5.2.2.1 werden daher nur selten und für besonders gelagerte Einzelfälle erforderlich sein.

3.2.2 Beanspruchung durch verdünnte flüssige Medien und Eluate

In den abgelagerten Abfällen sind Stoffe enthalten, die unmittelbar wasserlöslich sind und solche, die infolge chemischer Abbauprozesse erst entstehen und dann in Lösung gehen. Das Wasser, welches für Lösungsvorgänge in abgelagerten Abfällen zur Verfügung steht, stammt fast ausschließlich aus Niederschlägen, die in den Deponiekörper eingesickert sind. Dagegen sind die Wassermengen, die aus der Eigenfeuchte und aus den chemischen Prozessen der Abfälle herrühren, in der Regel vernachlässigbar klein. Es ist zu beachten, daß selbst dann, wenn nach zutreffenden Ansätzen zum Wasserhaushalt einer Deponie keine für Lösungsvorgänge relevanten Wassermengen ermittelt werden, es doch zu deren Entstehung kommen kann. Ursache ist, daß durch die Inhomogenität der Abfälle bevorzugte Sickerwege im Deponiekörper entstehen, die seine gleichmäßige Durchfeuchtung verhindern und stattdessen deutliche lokale Lösungsvorgänge bewirken können. Diese wiederum geben Veranlassung zur Bildung von Deponiesickerwasser, welches die Basisabdichtung chemisch belastet.

Die wasserlöslichen Anteile eines Abfalles werden zur Zeit nach den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung, Vorschrift S 4 [5], ermittelt. Die daraus sich ergebenden Konzentrationen erbringen nach bisherigen Erfahrungen Werte, die in der Praxis nicht erreicht werden. Das Verhalten der Dichtungsbahnen gegenüber solchen Eluaten sollte jedoch in Ermangelung anderer geeigneter Verfahren Grundlage für die Beurteilung der chemischen Beständigkeit von Dichtungsbahnen sein und als Lastfall angenommen werden (siehe Abschnitt 5.2.2.2).

3.2.3 Beanspruchung durch Deponiesickerwasser (von Hausmülldeponien)

Die Bildung von Sickerwasser auf Deponien, die Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle aufzunehmen haben, entspricht weitgehend den Ausführungen gemäß Abschnitt 3.2.2. Allerdings wird die Beschaffenheit des Hausmüllsickerwassers sehr deutlich durch die im Deponiekörper ablaufenden biochemischen Umsetzungsprozesse und milieubedingte Randbedingungen bestimmt. In Abhängigkeit von der Zeit ist sie außerdem signifikanten Änderungen unterworfen. Diesbezügliche Prognosen sind kaum möglich, da die Vorgänge der stofflichen Umwandlung und der Lösung nicht oder nicht im notwendigen Maße erfaßbar sind und demgemäß auch nicht simuliert werden können.

Angaben zur Beschaffenheit von Sickerwasser bei Hausmülldeponien siehe Abschnitt 6.2.4 und zur Prüfung siehe Abschnitt 5.2.2.3.

3.2.4 Beanspruchung durch Gase

Die Gasbildung im Deponiekörper erfolgt im allgemeinen durch anaeroben biochemischen Abbau organischer Anteile des Abfalls. Nach vorliegenden Untersuchungsergebnissen handelt es sich bei den Komponenten der entstehenden Gase

im wesentlichen um Methan, Kohlendioxid, Wasserstoff und Stickstoff. Geringere Anteile z. B. von Azetylen, höheren Kohlenwasserstoffen sowie von Schwefelwasserstoff und Ammoniak sind nachgewiesen worden. Die Beanspruchung der Dichtungsbahnen erfolgt durch die Gase direkt oder durch ihre im Sickerwasser gelösten Anteile. Im übrigen siehe Abschnitt 5.2.2.4.

3.2.5 Mögliche Auswirkungen chemischer Beanspruchungsfaktoren

Infolge seiner charakteristischen Eigenschaften hinsichtlich Menge und Beschaffenheit kommt dem Deponiesickerwasser (von Hausmülldeponien) – im Vergleich zu den Einflüssen aus hochkonzentrierten und verdünnten flüssigen Medien und aus Deponiegasen – eine ausschlaggebende Bedeutung als Beanspruchungsfaktor zu.

Unerwünschte Beeinträchtigungen der Dichtungsbahneigenschaften durch Deponiesickerwasser äußern sich in nachteiligen Veränderungen physikalischer Kennwerte. Im übrigen vgl. Abschnitt 5.2.2.

3.3 Biologische Beanspruchungsfaktoren

Die Einwirkungen biologischer Faktoren gegenüber eingebauten Dichtungsbahnen können durch Angriffe von

- Mikroorganismen, z. B. Bakterien,
- höheren pflanzlichen Organismen, z. B. Wurzeln bestimmter Spezies wie Lupinen etc.,
- höheren tierischen Organismen, z. B. Nagetieren,

bedingt sein. Sie verlaufen unter ständig sich ändernden physikalischen und chemischen Randbedingungen. Im übrigen siehe sinngemäß die einleitenden Ausführungen zu Abschnitt 3.2, vorletzter und letzter Absatz.

3.3.1 Beanspruchung durch Mikroorganismen

Mit dem Deponiesickerwasser gelangen Mikroorganismen auf die Dichtung, auf deren Oberfläche sie sich ansiedeln. Das Sickerwasser führt den Mikroorganismen Nährstoffe zu, bei deren Umsetzung Stoffwechselprodukte wie Gase und insbesondere organische Säuren entstehen, die auf den Werkstoff der Dichtungsbahnen einwirken können.

Eine Beanspruchung von Dichtungsbahnen kann auch dadurch entstehen, daß Mikroorganismen den Werkstoff, aus dem die Dichtungsbahnen hergestellt sind, unmittelbar in ihren Stoffwechsel einbeziehen.

3.3.2 Beanspruchung durch höhere pflanzliche Organismen

Es ist im Bauwesen bekannt, daß unterschiedlichsten Zwecken dienende Dichtungen aus Dichtungsbahnen von oben her durchwurzelt und von unten her von Pflanzentrieben durchstoßen werden können.

Typische, den Pflanzenwuchs ermöglichende und fördernde Verhältnisse sind hierbei Voraussetzung. Diese können vermieden werden, wenn das Dichtungssystem ordnungsgemäß, d. h. zumindest nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, geplant und ausgeführt wird.

Dazu sind vor allem erforderlich:

- Sorgfältiges Abtragen (Abschieben) des anstehenden Oberbodens (Mutterbodens) einschließlich aller weiteren von Pflanzen durchwurzelten Bodenschichten
- Herstellung der Dränschicht und einer etwaigen Schutzschicht aus inerten, keine Pflanzenteile enthaltenden Böden bzw. Materialien
- Ausführung der Dichtungs-Einbindungen (z. B. an der Böschungskrone) nur in inerten, keine Pflanzenreste enthaltenden Böden ausreichender Mächtigkeit.

Im übrigen vgl. Abschnitte 5.1.4, 6.3.2 und 7.1.

3.3.3 Beanspruchung durch höhere tierische Organismen (Nagetierbeständigkeit)

Es ist denkbar, daß Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen, die aus den verschiedensten Gründen bekanntlich nicht in massive Bauteile, z. B. aus Beton, eingebettet werden, durch Nagetiere (wie Mäuse, Ratten, Kaninchen und dgl.) zerstört („durchnagt“) werden. Daher ist es erforderlich durch eine zweckmäßige konstruktive Gestaltung des Deponiekörpers oder durch eine zweckmäßige Anordnung der Dichtung deren Gefährdung durch Nagetiere von vornherein weitestgehend auszuschließen (siehe Abschnitt 5.1.4. und 6.). Im übrigen s. auch [6].

3.3.4 Mögliche Auswirkungen biologischer Beanspruchungsfaktoren

Neben den Einwirkungen, die durch höhere pflanzliche oder tierische Organismen verursacht werden können (siehe Abschnitte 3.3.2 und 3.3.3), haben nur noch solche Einwirkungen, die durch die Aktivitäten von Mikroorganismen bedingt sind, eine gewisse Bedeutung (siehe Abschnitt 3.3.1). Eine technisch zweckmäßige Auswahl der Dichtungsbahnenwerkstoffe, erforderlichenfalls in Verbindung mit adäquaten Beständigkeitsprüfungen (siehe Abschnitt 5.2.3.1), kann auch hier Schäden weitestgehend ausschließen.

4. Die Dichtungsbahnen – technischer Stand

4.1 Werkstoffe

Unter Beachtung der jeweils zutreffenden physikalischen und chemischen Kenngrößen sowie ihrer zugehörigen Kennwerte (siehe Abschnitt 5.1) werden im **Bauwesen** insbesondere die nachfolgend aufgeführten Polymer-Werkstoffe (Thermoplaste und Elastomere) sowie Bitumen zur Herstellung von Dichtungsbahnen verwendet [1], [2].

4.1.1 Polymer-Werkstoffe (Hochpolymere)

4.1.1.1 Thermoplaste

Ethylen copolymerisat-Bitumen	ECB
Ethylen vinylacetat	EVA
Chloriertes Polyethylen	PEC
Polyethylen (hoher Dichte)	HDPE
Polyethylen (niederer Dichte)	LDPE
Polyisobutylene	PIB
Polyvinylchlorid (weich)	PVC weich
Polyvinylchlorid (weich) bitumenverträglich	PVC weich

4.1.1.2 Elastomere

Ethylen-Propylen-Terpolymer	EPDM
Butylkautschuk	IIR
Chlorsulfoniertes Polyethylen	CSM
Chloropren-Kautschuk	CR
Nitril-Kautschuk	NBR

4.1.2 Bitumen

Bitumen nach DIN 1995 (Destillationsbitumen)
Geblasene Bitumen
Polymer-Bitumen.

4.1.3 Bisher eingesetzte Werkstoffe

Nach derzeitigem Stand sind Dichtungsbahnen für Basisabdichtungen von Abfalldeponien insbesondere aus folgenden Werkstoffen zum Einsatz gelangt:

ECB, PEC, HDPE, LDPE, PVC weich, Bitumen.

4.2 Charakterisierung und Gestaltung der Dichtungsbahnen

4.2.1 Aufbau

Im Zuge ihrer Verarbeitung erhalten die Dichtungsbahnen-Werkstoffe vielfach besondere Zusätze. Außerdem können die Dichtungsbahnen kaschiert, mit besonderen Trägereinlagen versehen oder mit anderen Dichtungsbahnen doubliert werden.

Man unterscheidet folgende Systeme:

4.2.1.1 Homogene Dichtungsbahnen,

die aus einem einheitlichen (isotropen) Werkstoff bestehen, der sich aber auch aus einer Mischung mehrerer Komponenten unterschiedlicher Eigenschaften zusammensetzen kann.

4.2.1.2 Heterogene Dichtungsbahnen

- ein- oder beidseitig kaschiert, z. B. mit Vliesen oder Folien
- mit Trägereinlagen versehen, z. B. mit Geweben, Vliesen, Matten, Metallfolien (Metallbändern),
- als Mehrschichtsystem, aus mehreren Lagen von Werkstoffen unterschiedlicher Eigenschaften zusammengefügt.

Die Werkstoffe der Trägereinlagen müssen verrottungsbeständig sein, außerdem sollen sie das Verhalten der Dichtungsbahnen bei Zugbeanspruchung und beim Widerstand gegen Weiterreißen deutlich verbessern (siehe Abschnitt 5.1.2).

4.2.2 Formgebung der Oberfläche

Durch eine gezielte Formgebung der Oberfläche können die Eigenschaften der Dichtungsbahnen in bestimmter Weise beeinflusst werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf ihre optische Wirkung und ihren bodenmechanischen Reibungsbeiwert. Die betreffenden Eigenschaften sind üblicherweise unter Verwendung des vorgegebenen Bahnenwerkstoffs oder durch Auftrag von Fremdstoffen zu erzielen, wobei die Oberflächen im Ergebnis wie folgt ausgebildet sein können:

- glatt
- strukturiert (z. B. geprägt, genoppt, gerifft)
- durch Materialauftrag verändert (z. B. besandet, befloct).

Eine Beeinträchtigung der Fügestelleneigenschaften durch eine derartige Oberflächengestaltung ist in jedem Fall auszuschalten – ggf. durch besondere Maßnahmen bei der Produktion oder bei der Verlegung.

4.2.3 Einfärbung

Ebenso wie die Formgebung der Oberfläche erfüllt auch die Einfärbung der Dichtungsbahnen optische und wichtige anwendungstechnische Aufgaben:

- Vollflächige Farbgebungen können die Einwirkungen ultravioletter Strahlen abmindern oder als Temperaturreflectoren wirken. Darüber hinaus können sie auch der Kennzeichnung unterschiedlicher Werkstoffqualitäten dienen.
- Farbmarkierungen können ebenso als spezifische Materialkennzeichnung oder aber auch als Einbauhilfen verwendet werden.

4.2.4 Dimensionierung

Die Regelabmessungen der Dichtungsbahnen hängen in erster Linie von den werkstoffbedingten Eigenschaften und den Herstellungsverfahren ab. Darüber hinaus dürfen bestimmte Mindestdicken der Bahnen – bedingt durch konstruktive, verlegungstechnische und betriebliche Anforderungen an das Dichtungssystem der Deponie – nicht unterschritten werden (siehe Abschnitt 5.1.1.2).

Im übrigen ist anzustreben, daß die einzubauenden Dichtungsbahnen große Flächenabmessungen aufweisen, um die Fugestellenanteile niedrig zu halten. Soweit technisch vertretbar, sollen die Fügearbeiten in die Herstellerwerke verlegt werden (Vorkonfektionierung), damit diese Arbeiten auf der Baustelle auf ein Mindestmaß beschränkt werden können. Die jeweiligen Baustellenverhältnisse sind zu berücksichtigen.

4.3 Fügetechniken

Infolge der Bedeutung der Fügenaht als potentielle Fehler- oder Schwachstelle in einer großflächigen Abdichtung ist der Auswahl einer geeigneten Verbindungstechnik besondere Beachtung zu schenken. Die einschlägigen DIN-Vorschriften [11], VDI-Richtlinien [9] und DVS-Merkblätter [12] sind dabei sinngemäß zu verwenden. Darüber hinaus gelten die Vorschriften der Herstellerwerke. Im einzelnen werden folgende Hauptverfahren bei der Verbindung von Dichtungsbahnen unterschieden:

- Schweißen,
- Kleben,
- Vulkanisieren.

4.3.1 Schweißen

Es gelangen zur Zeit folgende Schweißverfahren zur Anwendung:

- Warmgasschweißen,
- Heizelementschweißen,
- Extrusionsschweißen,
- Flammsschweißen (für Bitumen-Bahnen).

Die Verbindungen werden in der Regel als Überlappungsschweißung ausgeführt. Die Dichtungsbahnen werden dabei durch Wärmezufuhr allein oder unter Zugabe von Schweißgut homogen verbunden.

Der Überlappungsbereich muß frei von Verunreinigungen und trocken sein.

Bei Dichtungsbahnen aus Polymer-Werkstoffen (Polymerbahnen) soll die Überlappung eine Mindestbreite von 5 cm, die Schweißnaht insgesamt eine solche von 3 cm besitzen. Bei Doppelnähten entspricht dieses Maß der Summe der beiden Einzelnahtbreiten.

Bei Bitumen-Dichtungsbahnen hat, insbesondere wegen der verhältnismäßig geringen Nahtfestigkeit, die Überlappung in der Regel 10 % der Bahnenbreite zu betragen, 15 cm sind aber in jedem Falle erforderlich; sie braucht 50 cm nicht zu überschreiten. In Ausnahmefällen darf die kleinste Überlappung 7,5 % der Bahnenbreite betragen. Dies ist jedoch nur zulässig, wenn vergleichsweise eine besondere Sicherheit der Fügenaht gegeben ist. Allerdings gelten auch in diesem Falle die vorstehenden Festlegungen für die Mindest- und Höchstüberlappung (15 cm bzw. 50 cm).

Die Umgebungstemperatur sollte bei der Verlegung + 5°C nicht unterschreiten.

4.3.1.1 Warmgasschweißen

Die Bahnen werden an den Überlappungsflächen mit warmem Gas (Heißluft) erwärmt und unter dem erforderlichen Anpreßdruck miteinander verbunden.

4.3.1.2 Heizelementschweißen (Heizkeilschweißen)

Die Bahnen werden an den Überlappungsflächen mit einem oder mehreren Heizelementen erwärmt und dann unter Anpreßdruck miteinander verbunden.

4.3.1.3 Extrusionsschweißen

Der Schweißzusatz, der aus dem gleichen Grundwerkstoff wie die Bahn besteht, wird aus einem Extruder zwischen oder auf die z. B. durch Warmgas vorgewärmten Schweißnahtbereiche gebracht, die dann unter dem erforderlichen Anpreßdruck miteinander verbunden werden.

4.3.1.4 Flammsschweißen (für Bitumen-Bahnen)

Die Überlappungsflächen der Bahnen werden durch Wärmezufuhr mit offener Flamme (z. B. eines Propanbrenners) so weit erwärmt, daß im Überlappungs- bzw. Nahtbereich die Bitumen-Deckschichten im ausreichenden Maße aufgeschmolzen werden, um durch nachfolgendes Zusammendrücken des Nahtbereiches eine sichere Verbindung der Bahnennähte erzielen zu können.

4.3.2 Kleben

Polymer-Werkstoffe haben im Gegensatz zu den meisten anderen Werkstoffen (wie z. B. Metalle, Holz, Glas) ein äußerst differenziertes klebetechnisches Verhalten. An die Herstellung von geklebten Verbindungen bei Abdichtungen aus Polymerbahnen sind daher außergewöhnliche Anforderungen zu stellen. Allein die Auswahl der Klebstoffe ist bereits an die Beachtung vielfältiger Voraussetzungen geknüpft.

Die Qualität der Klebeverbindung wird im wesentlichen durch folgende Faktoren bestimmt:

- Adhäsionseigenschaften der Oberfläche
- Diffusionsverhalten des Klebestoffes
- Verformungsverhalten der Klebeverbindung.

Bei der Verklebung von bituminösen Bahnen gelten sinngemäß die gleichen Anforderungen.

Neben der VDI-Richtlinie 3821 [9] sowie den Verlegevorschriften der Herstellerwerke sind die gewerbeaufsichtlichen Vorschriften zu beachten.

4.3.2.1 Diffusionskleben (Quellschweißen)

Die zu fügenden Flächen werden gleichzeitig mit einem Lösemittel benetzt und unmittelbar nach Anquellen mit leichtem Druck verbunden. Das Herstellen einer kurzzeitigen Flächenpressung unmittelbar nach der erfolgten Nahtverbindung ist erforderlich.

4.3.2.2 Adhäsionskleben

Die Adhäsionskleber werden vorzugsweise auf beide zu verklebenden Flächen aufgestrichen. Alsdann werden sie nach weitgehendem Abdunsten des Lösungsmittels unter Anreiben oder Anpressen zusammengefügt.

4.3.2.3 Bitumen-Kleben

Bei bituminösen Dichtungsbahnen kann die Nahtverklebung mit zusätzlich aufgebrachtem heißem Bitumen erfolgen. Dabei sollte die Umgebungstemperatur nicht unter 5°C liegen. Die Überlappungsbreiten richten sich nach Abschnitt 4.3.1. Kalt zu verarbeitende bituminöse Klebmassen sind im Fall der Deponiebasisabdichtungen nicht zulässig.

4.3.3 Vulkanisieren

Dichtungsbahnen aus Synthese-Kautschuken werden durch Vulkanisation miteinander verbunden. Zwischen den betreffenden Fügeflächen entsteht eine irreversible chemische Vernetzung linearer Polymere.

4.3.4 Sonstige Verfahren

Im Bereich von Bauwerksanschlüssen und Durchdringungen sind die vorgenannten Fügetechniken vielfach nicht anwendbar, so daß als Hilfskonstruktion Klemmverbindungen gewählt werden müssen. Die Konstruktion der Verbindung ist dabei unter Berücksichtigung des werkstoffspezifischen Verformungsverhaltens der Dichtungsbahnen zu gestalten. Anschließend werden derartige Verbindungen zur Erhöhung der Sicherheit gegen Korrosion und Undichtigkeit mit besonderen Versiegelungsmaßnahmen geschützt.

5. Anforderungen an die Dichtungsbahnen, Prüfung, Güteüberwachung und Kennzeichnung

5.1 Anforderungen

Den Anforderungen an die Dichtungsbahnen liegen die derzeit verfügbaren und hier als relevant zu betrachtenden Regelwerke zugrunde (siehe Anlage 3). Im Hinblick auf den spezifischen Einsatzzweck der Dichtungsbahnen zur Herstellung von Deponiebasisabdichtungen war es nicht zu umgehen, daß gegenüber diesen Regelwerken zum Teil andere Anforderungen festgelegt werden mußten. Unabhängig davon ist allerdings zu beachten, daß die zu verwendenden Dichtungsbahnen mindestens diejenigen Anforderungen zu erfüllen haben, die sich aus den jeweils zutreffenden DIN-Normen (Stoffnormen) ergeben.

Die für notwendig erachteten physikalischen, chemischen und biologischen Anforderungen sind in den Tabellen 1.1, 1.2 und 2 der Anlage 2 zusammengestellt worden.

Es ist zu beachten, daß die Anforderungen an die Dichtungsbahnen in erster Linie durch die Kenngrößen (Prüfparameter) der Werkstoffe und ihrer zugehörigen, jeweils festgelegten Kennwerte (Mindestwerte) beschrieben werden. Daneben sind auch Kenngrößen bzw. Kennwerte von Bedeutung, die sich auf die Einflüsse der Fertigung und Gestaltung der Dichtungsbahnen beziehen.

Es ist nicht möglich, für alle vorkommenden Fälle die auftretenden Beanspruchungen der Dichtungsbahnen während und nach ihrem Einbau – und damit ihre Anforderungen – allgemein und zugleich umfassend sowie mit der notwendigen Genauigkeit zu beschreiben bzw. festzulegen. Man kommt nicht umhin auch vom konkreten Einzelfall auszugehen, d. h. man hat die Größenordnung des jeweiligen Beanspruchungsfaktors aufgrund ingenieurmäßiger Methoden zu ermitteln oder abzuschätzen. Allerdings sollten dabei nur Lastfälle und Einflüsse berücksichtigt werden, die nach Lage der Dinge tatsächlich zu erwarten sind.

5.1.1 Allgemeine physikalische Anforderungen

Folgende physikalische Kenngrößen sind zur allgemeinen Beurteilung der Dichtungsbahnen heranzuziehen:

- Äußere Beschaffenheit
- Dicke (Nennstärke)
- Warmlagerungsverhalten
- Wasseraufnahme
- Witterungsverhalten.

Bei den Prüfungen (siehe Abschnitte 5.2.1.1 bis 5.2.1.5) sind die Kennwerte bzw. Merkmalsanforderungen einzuhalten, die in den Tabellen 1.1 und 1.2, Teil „Allgemeine physikalische Anforderungen“, der Anlage 2 zusammengestellt sind. Im Einzelfall kann es notwendig sein, daß der eine oder andere Kennwert strenger angesetzt werden muß, um besonders gelagerte Umstände (Lastfälle) abzudecken. Im übrigen gelten nachfolgende Abschnitte 5.1.1.1 bis 5.1.1.5.

5.1.1.1 Äußere Beschaffenheit

Die Dichtungsbahnen müssen eine geschlossene Oberfläche besitzen. Sie müssen frei von Fehlern wie Poren, Lunkern und Fremdeinschlüssen sein. Die Bahnen müssen sich vor der Rolle auf ebener Unterlage kantengerade und gleichmäßig breit abrollen lassen.

Die äußere Beschaffenheit der Dichtungsbahnen wird nach den Kriterien gemäß Abschnitt 5.2.1.1 geprüft.

5.1.1.2 Dicke (Nenn Dicke)

Unter Hinweis auf die Ausführungen des Abschnitts 4.2.4 hat die erforderliche Mindest-Nenn Dicke bei Dichtungsbahnen aus

- | | |
|---|--------|
| - Polymer-Werkstoffen
(Thermoplasten, Elastomeren) und | 2,0 mm |
| - Bitumen-Werkstoffen | 5,0 mm |

zu betragen.

Der aus den Dickenmessungen gewonnene arithmetische Mittelwert muß gleich oder größer als die Mindest-Nenn Dicke sein. Einzelwerte dürfen um nicht mehr als $\pm 10\%$ vom arithmetischen Mittelwert abweichen.

Im Einzelfall kann es erforderlich sein, Bahnen mit größeren Dicken zu verwenden, um besonders gelagerte Anforderungen oder Lastfälle abzudecken (siehe auch Abschnitt 5.1.2).

Hinsichtlich der Prüfung siehe Abschnitt 5.2.1.2.

5.1.1.3 Warmlagerungsverhalten

Das Warmlagerungsverhalten wird nach Abschnitt 5.2.1.3 ermittelt. Die Abmessungen der Polymerbahnen dürfen sich sowohl in Fertigungsrichtung als auch senkrecht dazu um nicht mehr als 2,0 %, die der Bitumenbahnen um nicht mehr als 1,0 % ändern. Die äußere Beschaffenheit (siehe Abschnitt 5.1.1.1) darf sich gegenüber dem Ausgangszustand nicht oder nur unwesentlich ändern. Eine Blasenbildung ist in keinem Fall zulässig.

Die Werte, die das Verhalten der Polymerbahnen bei Zugbeanspruchung beschreiben (siehe Anlage 2, Tabelle 1.1), dürfen sich nach Prüfung gemäß Abschnitt 5.2.1.3.2 um nicht mehr als 20 % gegenüber den Ausgangswerten ändern. Bei Bitumen-Bahnen dürfen die entsprechenden Werte (siehe Anlage 2, Tabelle 1.2) keine Abnahme erfahren.

5.1.1.4 Wasseraufnahme

Unter Zugrundelegung der Prüfung nach Abschnitt 5.2.1.4 darf die Wasseraufnahme bei Lagerung im Wasser nach 28 Tagen nicht größer als 1,0 Gewichts-% sein.

5.1.1.5 Witterungsverhalten

In vielen Fällen ist es aus bautechnischen und deponiebetrieblichen Gründen nicht vermeidbar, daß selbst während längerer Zeiträume ($> 1,0$ Jahre) die verlegten Dichtungsbahnen, z. B. auf Böschungen, zunächst ungedeckt bleiben müssen. Es ist daher erforderlich, daß sie in ihrer Funktionsfähigkeit nicht durch Witterungseinflüsse beeinträchtigt werden. Sie müssen vielmehr eine gute Witterungsbeständigkeit aufweisen. Entsprechende Nachweise sind vom Bahnenhersteller zu erbringen (siehe Abschnitt 5.2.1.5).

5.1.2 Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen

Physikalische Kenngrößen, die die charakteristischen mechanischen Eigenschaften der Dichtungsbahnen für den Einsatz als Deponiebasisdichtungen besonders deutlich beschreiben, sind:

- Verhalten bei Zugbeanspruchung (einachsige, mehrachsige)
- Widerstand gegen Weiterreißen
- Widerstand gegen punktförmige Durchdringung
- Verhalten bei niedrigen Temperaturen
- Verhalten bei hohen Temperaturen
- Nahtfestigkeit.

Ist mit mechanischen Beanspruchungen im Sinne von Abschnitt 3.1 zu rechnen, dann müssen die Dichtungsbahnen diesen standhalten können. Bei den Prüfungen (siehe Abschnitte 5.2.1.6, 5.2.1.8 bis 5.2.1.12) sind die Kennwerte einzuhalten, die in den Tabellen 1.1 und 1.2, Teil „Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen“, der Anlage 2 zusammengestellt sind. Im übrigen gilt:

- Im Einzelfall kann es notwendig sein, daß der eine oder andere Kennwert strenger angesetzt werden muß, um besonders gelagerte Umstände (Lastfälle) abzudecken.
- Wenn es aus grundaustatischen oder bodenmechanischen Gründen erforderlich wird - z. B. bei Bodenkörpern (anstehernder Untergrund, Böschungen, usw.) ungleichmäßiger Setzungsempfindlichkeit - das Spannungs-Verformungs-Verhalten einer Dichtungsbahn bei mehrachsiger Zugbeanspruchung zu beurteilen, sind entsprechende Prüfungen vorzunehmen [3], [4]. Dabei dürfen die Bruchdehnungen 10 % nicht unterschreiten.
- Der Schweißfaktor (Fügefaktor), das Verhältnis von Nahtfestigkeit zur Festigkeit des Grundwerkstoffs, darf bei Polymerbahnen mit Streckgrenze (teilkristalline Hochpolymere) den Wert von 0,9 und bei Polymerbahnen ohne Streckgrenze (amorphe Hochpolymere) den Wert von 0,6 nicht unterschreiten. Bei Bitumen-Dichtungsbahnen

werden Spannungen im Nahtbereich, die hier Gleitvorgänge auslösen, vollständig oder doch nahezu abgebaut. Insofern kann für diese Bahnen kein Schweißfaktor angegeben werden.

Hinsichtlich der Prüfung siehe Abschnitt 5.2.1.12.

5.1.3 Chemische Anforderungen

Kenngrößen, die der Beurteilung der chemischen Beanspruchbarkeit der Dichtungsbahnen dienen, sind:

- Beständigkeit gegenüber hochkonzentrierten flüssigen Medien
- Beständigkeit gegenüber verdünnten flüssigen Medien und Eluaten
- Beständigkeit gegenüber Deponiesickerwasser (von Hausmüldeponien)
- Beständigkeit (Verhalten) gegenüber Gasen.

Sind chemische Beanspruchungen nach Abschnitt 3.2 nicht auszuschließen, so müssen die Dichtungsbahnen diesen standhalten können.

Nach Einlagerung des Bahnenmaterials in den Prüfmedien gemäß Abschnitt 5.2.2.1 bis 5.2.2.4 dürfen die gemessenen Werte der Prüfgrößen „Gewichtsänderung“ und „Änderung mechanischer Eigenschaften (aus dem Zugversuch)“ die Kennwerte gemäß Tabelle 2, Teil „Chemische Anforderungen“, der Anlage 2 nicht überschreiten.

Hinsichtlich der Prüfung siehe im übrigen Abschnitt 5.2.2.

5.1.4 Biologische Anforderungen

Kenngrößen, die der Beurteilung der biologischen Beanspruchbarkeit der Dichtungsbahnen dienen, sind:

- Beständigkeit gegen Mikroorganismen
- Beständigkeit gegen höhere pflanzliche Organismen
- Beständigkeit gegen höhere tierische Organismen.

Sind biologische Beanspruchungen nach Abschnitt 3.3 nicht auszuschließen, so müssen die Dichtungsbahnen diesen standhalten können.

Zur Prüfung der Beständigkeit gegen Mikroorganismen dürfen nach Einlagerung des Bahnenmaterials in organismenreichem Mutterboden die gemessenen Werte der Prüfgrößen „Gewichtsänderung“ und „Änderung mechanischer Eigenschaften (aus dem Zugversuch)“ die betreffenden Kennwerte gemäß Anlage 2, Tabelle 2, Teil „Biologische Anforderungen“, nicht überschreiten. Hinsichtlich der Prüfung siehe Abschnitt 5.2.3.1.

Reichen technische Maßnahmen gemäß Abschnitt 3.3.2 nicht aus, um die Dichtungsbahnen sicher gegen das Durchwachsen von Pflanzenwurzeln oder -trieben zu schützen, muß

die Wurzelfestigkeit des betreffenden Bahnenmaterials nachgewiesen werden (siehe Anlage 2, Tabelle 2, Teil „Biologische Anforderungen“). Hinsichtlich der Prüfung siehe Abschnitt 5.2.3.2.

In Fällen, in denen trotz technischer Maßnahmen gemäß Abschnitt 3.3.3 ein Nagetierbefall nicht auszuschließen ist, muß die Nagetierbeständigkeit der Dichtungsbahnen nachgewiesen werden (siehe Anlage 2, Tabelle 2, Teil „Biologische Anforderungen“). Hinsichtlich der Prüfung siehe Abschnitt 5.2.3.3.

5.2 Prüfung

5.2.1 Physikalische Prüfungen

5.2.1.1 Äußere Beschaffenheit

Identifikation: Kennzeichnung in Bezug auf Werkstoff und Aufbau, Herstellerzeichen, Chargennummer.

Aussehen: Z.B. Oberfläche glatt oder strukturiert, Farbe, Kaschierung, Schweißstreifen.

Flächenabmessungen: Herstellungslänge, Herstellungsbreite.

Sichtbare Fehler und Mängel: Z.B. Poren, Lunker, Fremdeinschlüsse.

5.2.1.2 Dicke (Nenndicke)

Polymer-Bahnen: DIN 53 370 [11].

Bitumen-Bahnen: DIN 52 123 [11].

Anmerkungen:

Die Prüfung gibt Hinweise darauf, ob bei der Fertigung der Dichtungsbahnen die Nenndicke (mm) unter Berücksichtigung der jeweilig zulässigen Toleranzen eingehalten wird. Außerdem ermöglicht die Messung der Dicke, ob und in welchem Maße sich chemische Medien auf den betreffenden Werkstoff ausgewirkt haben (siehe Abschnitt 5.2.2).

5.2.1.3 Warnlagerungsverhalten

5.2.1.3.1 Maßänderung, Änderung der äußeren Beschaffenheit:

Polymer-Bahnen: DIN 53 377 [11]; visuelle Beurteilung.

Lagerungsdauer:
6 Stunden bei 80° C,
anschließend 30 Minuten bei 23° C.

Bitumen-Bahnen: DIN 52 123 [11]; visuelle Beurteilung.

Lagerungsdauer:
2 Stunden bei 60° C,
anschließend 30 Minuten bei 23° C.

5.2.1.3.2 Änderung mechanischer Eigenschaften (aus dem Zugversuch):

DIN 53 455 [11].

Lagerungsdauer:
7 Tage bei 80° C, anschließend Angleichung auf 23° C.

Zur genaueren Bestimmung des Verhaltens nach Warmlagerung ist die Änderung der gemessenen Werte in Abhängigkeit von der jeweiligen Lagerungsdauer zu bestimmen, erforderlichenfalls über einen Zeitraum von mehr als 7 Tagen.

5.2.1.3.3 Anmerkungen:

Die Prüfungen liefern Hinweise darauf, ob bei der Warmlagerung nachteilige Eigenschaftsänderungen an den Dichtungsbahnen, z. B. durch Auswandern flüchtiger Bestandteile, auftreten. Das Warmlagerungsverhalten ist von Bedeutung im Hinblick auf mögliche Temperaturbelastungen (Sonneneinstrahlung) beim Einbau der Dichtungsbahnen auf der Deponie.

Zu beachten ist, daß die Prüfungen – im Gegensatz zu der gemäß Abschnitt 5.2.1.11 – Aussagen bringen über Zustand und Verhalten der Dichtungsbahnen nach Abklingen der Temperatureinwirkung.

5.2.1.4 Wasseraufnahme

DIN 53 495 [11].

Lagerungsdauer: 28 Tage

Anmerkungen:

Die Kenngröße ist ein Indikator für das Quellverhalten der Dichtungsbahnen im Wasser. Bei Bitumen-Bahnen bestimmen die Füllstoffe die Höhe der Wasseraufnahme. Bei heterogenen Dichtungsbahnen ist der Einfluß der verschiedenartigen Werkstoffe auf die Kenngröße zu berücksichtigen.

5.2.1.5 Witterungsverhalten

Das Witterungsverhalten ist eine nicht unwesentliche Kenngröße zur Beurteilung der Dichtungsbahnen-Eigenschaften bei Witterungseinflüssen (siehe Abschnitt 5.1.1.5). Zeitraffertests (Kurzprüfungen mit Xenonlampe in Kombination mit Beregnungs- und Temperaturzyklen) werden im Falle der Deponiebasisabdichtungen nicht für notwendig bzw. zweckmäßig erachtet. Stattdessen sind Prüfungen (Eignungsprüfungen) auf der Grundlage von praxisnahen Freibewitterungstests durchzuführen, d. h. das Bahnenmaterial ist in verlegtem Zustand über längere Zeit natürlichen Klimaverhältnissen auszusetzen. Die Freibewitterungstests schließen bestimmte Folgeprüfungen ein. Dabei dürfen sich nach mindestens zwei Jahren Bewitterungsdauer relevante mechanische Eigenschaften (Kennwerte) der Polymer- und

Bitumen-Bahnen um nicht mehr als 25 % ändern (siehe Anlage 2, Tabelle 1.1 und 1.2). Bei den betreffenden Kenngrößen handelt es sich um diejenigen, die in den vorgenannten Tabellen im Teil „Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen“ aufgeführt sind. Die Kenngröße „Verhalten bei niedrigen Temperaturen“ ist hiervon ausgenommen und ist in die Folgeprüfungen nicht einzubeziehen.

5.2.1.6 Verhalten bei Zugbeanspruchung

5.2.1.6.1 Einachsige Zugbeanspruchung:

Prüfgröße: Zugkraft bei 5 % Dehnung
(einachsiges Zugverhalten).

Versuchsdurchführung: In Anlehnung an DIN 53 455 [11];
Prüfgeschwindigkeit 10 mm/min.

Probekörper: Streifenprobe von 50 mm Breite und
250 mm Länge;
freie Einspannlänge 150 mm.

Die Entnahme und Prüfung der Probekörper erfolgt sowohl parallel als auch senkrecht zur Fertigungsrichtung der Dichtungsbahnen.

5.2.1.6.2 Mehrachsige Zugbeanspruchung:

Prüfgröße: Bruchdehnung
(mehrachsiges Zugverhalten).

Versuchsdurchführung: Systemversuch, bei dem der Probekörper bis zum Bersten beansprucht wird [3], [4].

Probekörper: Durchmesser 1000 mm
(ohne Einspannbereich).

5.2.1.6.3 Anmerkungen:

Die Prüfungen liefern Aussagen zum ein- oder mehrachsigen Zugverhalten der Dichtungsbahnen, etwa im Hinblick auf ungleichmäßige Setzungen im Bereich der Deponiesohle.

5.2.1.7 Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient

Die Ermittlung ist aus Literaturangaben in vielen Fällen ohne besondere Prüfung möglich, siehe z. B. [1].

Anmerkungen:

Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient ($1/^{\circ}\text{C}$) liefert wichtige Hinweise auf das Verformungsverhalten großer, bereits gefügter, aber noch nicht abgedeckter Flächen der Dichtung, wenn Temperaturbelastungen auftreten.

5.2.1.8 Widerstand gegen Weiterreißen

DIN 53 363 [11].

Die Entnahme und Prüfung der Probekörper erfolgt sowohl parallel als auch senkrecht zur Fertigungsrichtung der Dichtungsbahnen.

Anmerkungen:

Die Prüfung liefert Hinweise auf das Verhalten der Dichtungsbahnen bei Beschädigungen, z. B. in Form von Perforationen oder Einschnitten.

5.2.1.9 Widerstand gegen punktförmige Durchdringung

DIN 16 726 [11].

Bei dem Versuch zur Ermittlung des Widerstandes gegen punktförmige Durchdringung (Perforationsversuch) wird ermittelt, ob das betreffende Dichtungsbahnenmaterial von einem vorgegebenen Prüfkörper (Masse = 500 g) – unter Zugrundelegung einer Mindestfallhöhe von 750 mm – perforiert wird oder nicht. Eine Perforation im Sinne dieser Prüfung ist eingetreten, wenn der Prüfkörper im Bereich der Eindruckstelle so weit geschwächt ist, daß er einer Luftdruckdifferenz von 0,1 bar nicht mehr widersteht und undicht wird.

Anmerkungen:

Die Prüfung liefert Hinweise auf das Verhalten nicht abgedeckter Dichtungsbahnen bei schlagähnlicher Beanspruchung während ihres Einbaus und danach.

5.2.1.10 Verhalten bei niedrigen Temperaturen

Polymer-Bahnen:

DIN 53 361 [11].

Prüftemperatur: -20°C .

Bitumen-Bahnen:

DIN 52 123 [11]. Abweichend hiervon beträgt die Prüftemperatur -10°C .

Anmerkungen:

Die Prüfungen geben Hinweise auf das Verhalten des Werkstoffes bei Transport und Einbau sowie an konstruktiven Knickpunkten.

5.2.1.11 Verhalten bei hohen Temperaturen

Die Prüfung wird analog Abschnitt 5.2.1.6.1 durchgeführt. Die Prüftemperatur beträgt 70°C , wobei diese von dem Probenmaterial vollständig angenommen sein muß, ehe mit der Versuchsdurchführung begonnen wird.

Anmerkungen:

Die Prüfung ist erforderlich im Hinblick auf die zutreffende Bemessung der Dichtungsbahnen für den Fall, daß die Dichtung längere Zeit unabgedeckt auf stärker geneigten Böschungen liegen muß und dabei – infolge Sonneneinstrahlung – höheren Temperaturen ausgesetzt ist.

5.2.1.12 Nahtfestigkeit

Sie wird im Zugversuch über den Schweißfaktor (Fügefaktor) aus den Kräften bei Streckspannung bzw. aus den Reißkräften an Streifenproben mit und ohne Naht bestimmt. Versuchsdurchführung gemäß Abschnitt 5.2.1.6.1.

Anmerkungen:

Definition des Schweißfaktors (Fügefaktors). Siehe Abschnitt 5.1.2.

Bei Bitumen-Dichtungsbahnen werden von den Bahnen ausgehende Spannungen durch Gleitvorgänge im Nahtbereich vollständig oder doch nahezu vollständig abgebaut. Insofern kann hier kein Schweißfaktor angegeben werden (siehe auch Abschnitt 5.1.2).

5.2.2 Chemische Prüfungen

Die Messung von Kenn- bzw. Prüfgrößen bei Dichtungsbahnen im Rahmen chemischer Prüfungen dient in erster Linie dem Zweck, die Beständigkeit des betreffenden Werkstoffes gegenüber möglichen Auswirkungen von Abfällen, die für eine Ablagerung infrage kommen oder vorgesehen sind, zu beurteilen.

Die Durchführung der Prüfungen erfolgt in Anlehnung an DIN 53 521 [11]. Im übrigen gilt folgendes, soweit in den Abschnitten 5.2.2.1 bis 5.2.2.4 nichts anderes bestimmt ist:

Probekörper: Bahnenabschnitte von 30×30 cm. (Müssen Randeinflüsse, die die Ergebnisse der Prüfung verfälschen können, andererseits aber bei den eingebauten Dichtungsbahnen keine Rolle spielen, eliminiert werden, können größere Abmessungen erforderlich werden).

Lagerungsdauer: 7 und 28 Tage, 3 Monate. Bei nicht gegebener Stabilisierung der Meßwerte (d. h. bei Nicht-Einstellung eines Grenzwertes im Meßzeitraum), bei besonderen Anforderungen an die Dichtungsbahnen oder bei zu erwartenden außergewöhnlichen Langzeitbeanspruchungen sind längere Lagerzeiten zu vereinbaren.

Lagerungstemperatur: 23°C . Eine erhöhte Lagerungstemperatur, z. B. 60°C , ist erforderlichenfalls bei besonderen Deponieverhältnissen zu vereinbaren.

Prüfgrößen: Gewichtsänderung und Änderung mechanischer Eigenschaften (aus dem Zugversuch). Hierzu Prüfung gemäß Abschnitt 5.2.1.3.2, jedoch Prüfgeschwindigkeit 50 mm/min.

5.2.2.1 Beständigkeit gegenüber hochkonzentrierten flüssigen Medien

Die Prüfung der Beständigkeit gegenüber hochkonzentrierten flüssigen Medien kann z. B. Aussagen ermöglichen über das Verhalten der Dichtungsbahnen im Zusammenhang mit Unfällen auf Deponien, aufgrund derer Inhaltsstoffe von Abfällen in konzentrierter Form und unmittelbar mit den Dichtungsbahnen in Berührung kommen. Deshalb ist diese Prüfung nur in Sonderfällen anzuwenden (siehe Abschnitt 3.2.1).

Das Dichtungsbahnenmaterial wird geprüft durch Einlagern von Probekörpern in den Medien (Prüfflüssigkeiten) gemäß Anlage 1, Ziffer 1 (Gruppe A) und durch die anschließende Messung bestimmter physikalischer Prüfgrößen (siehe Abschnitt 5.2.2). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt durch Vergleich der betreffenden Meßwerte mit den aus den Nullproben gewonnenen Werten.

Bei heterogenen Dichtungsbahnen kann es zweckmäßig sein, das Prüfmedium nur einseitig einwirken zu lassen.

5.2.2.2 Beständigkeit gegenüber verdünnten flüssigen Medien und Eluaten

Die Durchführung der Prüfung erfolgt analog Abschnitt 5.2.2.1 mit den Prüfflüssigkeiten gemäß Anlage 1, Ziffer 2 (Gruppe B). Die Beurteilung der Beständigkeit gegenüber verdünnten Lösungen hat einen besonderen Aussagewert hinsichtlich der Auswirkungen von vorrangig chemisch aktivem Deponiesickerwasser auf die eingebauten Dichtungsbahnen (siehe auch Abschnitt 3.2.2).

5.2.2.3 Beständigkeit gegenüber Deponiesickerwasser (von Hausmülldeponien)

Die Prüfung der Beständigkeit gegenüber Deponiesickerwasser aus Hausmülldeponien, d. h. gegenüber biogenen, fäulnisfähigen Flüssigkeiten, gibt in erster Linie Hinweise darüber, ob das betreffende Dichtungsbahnenmaterial durch die Einwirkung von organisch hochbelastetem Sickerwasser – in Verbindung mit den Aktivitäten anaerober Mikroorganismen – nachteilige Veränderungen erfahren kann, die seine Verwendung einschränken oder ausschließen.

Solange noch keine anerkannten Prüfverfahren verfügbar sind, kann wie folgt vorgegangen werden:

Die Probekörper sind in geeigneter Weise in den Sickerwasserablauf von solchen Deponien einzubringen, auf denen Hausmüll oder hausmüllähnliche Abfälle zur Ablagerung gelangt sind. Der Prüfraum bzw. das Prüfbecken müssen ständig von neu zulaufendem Sickerwasser durchströmt werden, wobei darauf zu achten ist, daß die Probekörper voll in das Sickerwasser eintauchen. Weitere Einzelheiten zur Durchführung der Prüfung sind:

Abmessung der Probekörper: Siehe Abschnitt 5.2.2.

Lagerungsdauer: Siehe Abschnitt 5.2.2, mindestens jedoch 3 Monate.

Lagerungstemperatur:

Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten. Die Monatsmittel der Sickerwassertemperaturen (zu bestimmen aus wöchentlichen Einzelmessungen) sind festzuhalten. Die Umgebungstemperatur soll am Probekörper nach Möglichkeit 15°C nicht unterschreiten. Bei kurzfristigen Unterschreitungen ist die Prüfdauer entsprechend diesen Unterschreitungszeiten zu verlängern.

Sickerwasserbeschaffenheit:

Zu Beginn und am Ende der Untersuchungen sind die Werte für die Parameter pH, Leitfähigkeit, BSB₅ und CSB je einmal zu bestimmen und festzuhalten. Im übrigen ist sicherzustellen, daß die Beschaffenheit des Sickerwassers derjenigen gemäß Anlage 1, Ziffer 2, lfd. Nr. 12, möglichst weitgehend entspricht.

Prüfgrößen:

Siehe Abschnitt 5.2.2.

In Bezug auf die Beständigkeit von Dichtungsbahnen gegenüber Einwirkungen aus organisch hochbelastetem, fäulnisfähigem Deponiesickerwasser wird in Zukunft auch die Prüfung in faulendem, kommunalem Klärschlamm in Erwägung zu ziehen sein.

5.2.2.4 Beständigkeit (Verhalten) gegenüber Gasen

Das Verhalten der Dichtungsbahnen wird geprüft durch das Lagern von Probekörpern in einer Methangasatmosphäre (Druck: 1 bar). Für die Messungen sind geeignete Prüfgefäße zu vereinbaren. Im übrigen gilt für die Probekörper, die Lagerungsdauer, die Lagerungstemperatur und die Prüfgrößen Abschnitt 5.2.2 sinngemäß.

Die Beurteilung des Verhaltens gegenüber Gasen ermöglicht eine Aussage über deren Auswirkungen auf die Dichtungsbahnen bei Auftreten von biologischen Abbauvorgängen und in besonderen Fällen auch bei der Entwicklung von Gasen durch chemische Reaktionen im Deponiekörper (siehe auch Abschnitt 3.2.4).

5.2.3 Biologische Prüfungen

Die Messung von diesbezüglichen Kenn- bzw. Prüfgrößen dient insbesondere der Beurteilung der Dichtungsbahnen im Hinblick auf ihre Einsatzmöglichkeiten für Deponievorhaben, bei denen deutlich mit biologischen Beanspruchungen zu rechnen ist.

5.2.3.1 Beständigkeit gegen Mikroorganismen

Die Prüfung erfolgt nach Abschnitt 4.9 der BPG Kunststoffbahnen [8]. Im Gegensatz hierzu sind Prüfgrößen die Gewichtsänderung und die Änderung mechanischer Eigenschaften (bei Zugbeanspruchung), wobei die zugehörigen Meßwerte nach DIN 53 521 [11] und DIN 53 455 [11] ermittelt werden.

Die Prüfergebnisse geben Hinweise über mögliche mikrobielle Auswirkungen auf die Dichtungsbahnen bei Erdeingrabung.

5.2.3.2 Beständigkeit gegen höhere pflanzliche Organismen

Die Prüfung erfolgt nach Abschnitt 4.10 der BPG Kunststoffbahnen [8]. Prüfgröße ist die Wurzelfestigkeit.

Die Prüfergebnisse geben Hinweise über die möglichen Auswirkungen von Wurzeln – und in bedingtem Maße auch von Trieben – höherer pflanzlicher Organismen auf die Dichtungsbahnen (siehe auch Abschnitt 3.3.2).

5.2.3.3 Beständigkeit gegen höhere tierische Organismen

Die Prüfung erfolgt nach Abschnitt 4.8 der BPG Kunststoffbahnen [8]. Prüfgröße ist die Nagetierbeständigkeit.

Die Prüfergebnisse geben Hinweise über mögliche Schadwirkungen durch Nagetiere bei den Dichtungsbahnen, die nicht durch geeignete technische Maßnahmen gegen den Befall dieser Tiere geschützt werden können (siehe auch Abschnitt 3.3.3).

5.3 Eignungsprüfung

Der Hersteller hat das von ihm angebotene Dichtungsbahnenmaterial im Hinblick auf seine Eignung für Deponiebasisabdichtungen durch eine anerkannte Materialprüfstelle prüfen zu lassen. Dabei sind sämtliche für Polymer- und Bitumenbahnen gemäß Abschnitt 5.2 jeweils vorgesehenen Prüfungen durchzuführen.

5.4 Güteüberwachung

Es ist durch angemessene Eigen- und Fremdüberwachung sicherzustellen, daß

- die allgemeinen physikalischen Anforderungen (siehe Abschnitt 5.1.1),
- die besonderen physikalisch-mechanischen Anforderungen (siehe Abschnitt 5.1.2),
- die chemischen Anforderungen (siehe Abschnitt 5.1.3) und
- die biologischen Anforderungen (siehe Abschnitt 5.1.4)

bei der Fertigung der Dichtungsbahnen im Werk, einschließlich der Arbeiten zu ihrer Vorkonfektionierung, eingehalten werden.

Über die Notwendigkeit einer Güteüberwachung zu den chemischen und biologischen Anforderungen sind von Fall zu Fall besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Verwender zu treffen (siehe Abschnitte 5.2.2 und 5.2.3). Allerdings sollte der Verwender in jedem Fall Prüfzeugnisse zur chemischen Beständigkeit im Sinne von Abschnitt 3.2.1 (Beständigkeitslisten) und zur Wurzelbeständigkeit der Dichtungsbahnen vom Hersteller verlangen.

5.4.1 Eigenüberwachung

Im Rahmen der Eigenüberwachung hat der Hersteller die von ihm gefertigten Dichtungsbahnen nach den folgenden Grundsätzen – je Fertigungsanlage – zu überprüfen:

Tabelle 2: Prüfungen zur Eigenüberwachung

Kenngröße	Prüfverfahren	
	gemäß Abschnitt	Häufigkeit
Äußere Beschaffenheit	5.2.1.1	2 × täglich
Dicke (Nennstärke)	5.2.1.2	2 × täglich
Einachsige Zugbeanspruchung	5.2.1.6.1	1 × täglich
Nahtfestigkeit (bei vorkonfektionierten Bahnen)	5.2.1.12	mind. 1 Probe pro Arbeitsschicht, max. 1 Probe pro 200 m Nahtlänge
Warmlagerungsverhalten	5.2.1.3.1	1 × wöchentlich
Widerstand gegen Weiterreißen	5.2.1.8	1 × wöchentlich
Verhalten bei niedrigen Temperaturen	5.2.1.10	1 × wöchentlich

Soweit auf das jeweilige Material anwendbar, sind zusätzliche materialspezifische Prüfungen durchzuführen, insbesondere bei

- Polyethylen: Schmelzindex entsprechend DIN 53 735 [11].
- Bitumen-Bahnen: Erweichungspunkt (Ring und Kugel sowie Penetration) entsprechend DIN 1995 [11].

Die Ergebnisse der Prüfungen sind aufzuzeichnen und mindestens 5 Jahre lang aufzubewahren. Auf Verlangen der fremdüberwachenden Stelle sind sie dieser vorzulegen und – falls erforderlich – statistisch auszuwerten.

Bei unzureichenden Prüfungsergebnissen sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung der Mängelursachen zu treffen.

Im Falle bereits ausgelieferter Dichtungsbahnen ist der Verwender sofort zu benachrichtigen, damit Folgeschäden auf der Baustelle vermieden werden. Nach Abstellen der Mängelursachen sind die betreffenden Prüfungen – soweit erforderlich – zu wiederholen.

Dichtungsbahnen, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind auszusondern.

5.4.2 Fremdüberwachung

Fremdüberwachung ist auf der Grundlage eines Überwachungsvertrages zwischen dem Hersteller einerseits und einer anerkannten Materialprüfstelle oder einer anerkannten Überwachungs-/Güteschutzgemeinschaft andererseits zu verwirklichen.

Zu Beginn der Fremdüberwachung hat die betreffende Stelle zunächst eine umfassende Grundlagenprüfung durchzuführen, und zwar sämtliche physikalischen, chemischen und biologischen Prüfungen gemäß Abschnitt 5.2. Die fremdüberwachende Stelle hat die Proben aus der laufenden Fertigung zu entnehmen und zu ermitteln, ob das Dichtungsbahnenmaterial den Anforderungen entspricht. Sie hat sich außerdem davon zu überzeugen, daß die personellen, geräte- und maschinenmäßigen Voraussetzungen für eine ständige ordnungsgemäße Fertigung gegeben sind. Die Eignungsprüfung nach Abschnitt 5.3 kann gleichzeitig als Grundlagenprüfung dienen.

Die fremdüberwachende Stelle prüft zweimal jährlich Art und Umfang der Eigenüberwachung durch Werksbesuche und Einblicke in die Aufzeichnungen. An entnommenen Proben führt sie zweimal im Jahr Prüfungen durch und zwar alle Prüfungen gemäß Abschnitt 5.2.1 mit Ausnahme derjenigen gemäß Abschnitt 5.2.1.7.

Wird bei einer Überwachungsprüfung festgestellt, daß Anforderungen nicht erfüllt werden, so hat der Hersteller die verursachenden Mängel in einer angemessenen Frist, die im Regelfall einen Monat nicht überschreiten darf, zu beseitigen. Die Fremdüberwachungsprüfung wird nach dieser Frist wiederholt.

6. Planung des Dichtungssystems

6.1 Planbearbeiter

Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen bedürfen einer umfassenden und sorgfältigen Planung. Der verantwortliche Ingenieur muß insbesondere fundierte Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiete des Erd- und Grundbaus besitzen und wenn möglich auch auf dem Gebiet der Deponietechnik.

Körperschaften des öffentlichen Rechts, die mit der Beseitigung von Abfällen beauftragt bzw. für diese verpflichtet sind, Ingenieurfirmen und dgl. kommen nur dann für derartige Planungsarbeiten infrage, wenn sie nachweislich über qualifizierte Fachleute verfügen.

Soweit im Einzelfall erforderlich, sind spezifisch erfahrene Sachverständige zur Bearbeitung von Sonderfragen heranzuziehen, wie etwa auf den Gebieten der

- Hydrologie,
- Geologie,
- Bodenmechanik,
- Abfalltechnik oder der
- Werkstofftechnik bei Dichtungsbahnen.

Haben sich die werkstoffmäßigen Voraussetzungen oder die Fertigungsverfahren bei der Herstellung eines Dichtungsbahnenmaterials so verändert, daß im praktischen Einsatz Änderungen seines Verhaltens auftreten können, so ist eine neue Grundlagenprüfung durchzuführen.

5.5 Kennzeichnung

Die auf die Baustelle gelieferten Bahnen müssen vom Hersteller so gekennzeichnet sein, daß sie vom Verwender anhand der Produktionsprotokolle hinsichtlich Herstellungsdatum, verarbeiteten Rohstoffen und der spezifischen Eigenschaften identifiziert werden können (siehe Abschnitt 5.2.1.1).

Bei Dichtungsbahnen, die im Herstellerwerk zu größeren Einheiten (Planen) zusammengefügt wurden (Vorkonfektion) gilt Analoges. Sie dürfen nur dann mit einer Kennzeichnung versehen werden, wenn adäquate Prüfzeugnisse einer anerkannten Materialprüfstelle über die Qualität der werksseitig hergestellten Nähte vorliegen und ein Überwachungsvertrag (siehe Abschnitt 5.4.2) abgeschlossen worden ist.

6.2 Planerische Einflußgrößen

Bei der planerischen Bearbeitung des Dichtungssystems sind die wasserwirtschaftlichen und die sonstigen relevanten Gegebenheiten des Deponiestandes eingehend zu erfassen, zu beurteilen und schließlich in sorgfältiger Weise bei der Erstellung der Planunterlagen zu berücksichtigen. Daneben hat die Planung darauf abzielen, daß unter Nutzung der örtlichen Gegebenheiten das entworfene Dichtungssystem eine technisch zweckmäßige und wirtschaftlich vertretbare Lösung darstellt.

Im einzelnen können die nachfolgend dargestellten planerischen Einflußgrößen von Bedeutung sein.

6.2.1 Gegebenheiten des Standortes

6.2.1.1 Topographische Verhältnisse

Gestalt der Geländeoberfläche, wie Flachzone, Mulde, Tal, Berghang, Abgrabung, Gestalt und Neigung von Böschungen und dergleichen. Pflanzenarten und -gemeinschaften. Bauwerke Anlagen.

6.2.1.2 Geologische Verhältnisse

- Gesteinsarten
(Zusammensetzung, Verbreitung, Mächtigkeit)
- Geologische Struktur
(Lagerungsverhältnisse, Klüfte, Verwerfungen)
- bergbauliche Faktoren.

6.2.1.3 Bodenphysikalische Verhältnisse

- Bodenarten
(Lockergesteinsarten, soweit bautechnisch relevant),
siehe DIN 18 196 [11];
Mächtigkeiten, bodenmechanische Kennwerte.
- Felsarten
(Festgesteinsarten, soweit bautechnisch relevant);
Mächtigkeiten, felsmechanische Kennwerte.

6.2.1.4 Hydrologische Verhältnisse

- **Hydrologische Basisdaten:**
Niederschlag, Verdunstung, (oberirdischer) Abfluß,
Infiltration.
- **Oberirdische Gewässer:**
Fließende Gewässer, stehende Gewässer (See, Teich).
Hochwasserabflußgebiete, Überschwemmungsgebiete;
wasserwirtschaftliche Nutzung, Trinkwasserschutzgebiete,
usw.
- **Unterirdische Gewässer:**
Freie Grundwasseroberfläche, Grundwasseroberfläche bei
gespanntem Grundwasser, Grundwassergefälle, extreme
Grundwasserstände usw.; Grundwasserflurabstände,
Durchlässigkeit des Untergrundes (k_f -Wert), Grundwasser-
nutzung (Fördermengen, unterirdische Einzugsgebiete),
Trinkwasserschutzgebiete, usw.; Grundwasseraustritte
(Quellen, Kluftwasser).
- **Oberflächenentwässerung (künstlich, natürlich):**
Abflußpenden, Fließrichtung, Fließzeiten, Abfluß in
offenen Gerinnen, usw.
- **Vorbelastung der Gewässer (ober- und unterirdisch):**
Natürliche Belastung, gegebenenfalls anthropogene Be-
lastung.
- **Nutzung der Gewässer (ober- und unterirdisch):**
derzeitig, zukünftig.

6.2.1.5 Meteorologische Verhältnisse

- Lufttemperatur.
- Luftbewegung (Windstärke, Windrichtung).
- Niederschlag (soweit nicht schon unter 6.2.1.4 betrachtet).
- Luftfeuchtigkeit.

6.2.2 Aufbau des Deponiekörpers

Aus der konstruktiven Gestaltung, der Art der baulichen Ausführung und des Betriebes der Deponie ergeben sich die Beanspruchungen bzw. Lastfälle für die Dichtung (siehe Abschnitt 3).

Anhand der Schüttpläne und der Aufeinanderfolge der einzelnen Betriebsabschnitte sind insbesondere die statischen Lastfälle zu ermitteln, wobei nicht zuletzt auch das Aufbringen der Dränschicht und einer etwaigen Schutzschicht eingehend zu betrachten sind.

6.2.3 Abzulagernde Abfälle

Art, Menge, Lagerungsdichte, Konsistenz, Herkunft und Reaktionsverhalten der Abfälle geben wichtige Hinweise auf die zu erwartenden physikalischen, chemischen und biologischen Beanspruchungen (siehe Abschnitt 3). In diesem Zusammenhang muß berücksichtigt werden, ob es sich jeweils um eine Deponie für Siedlungsabfälle oder eine solche für industrielle Abfälle handelt.

6.2.4 Deponiesickerwasser

Der planerischen Erfassung von Menge und Beschaffenheit des anfallenden Deponiesickerwassers ist besondere Bedeutung beizumessen. Allerdings muß man sich darüber im klaren sein, daß die Vorgänge und Prozesse, die zur Sickerwasserentstehung führen, einer genaueren rechnerischen Erfassung im konkreten Einzelfall kaum oder nur sehr bedingt zugänglich sind. Sorgfältige **Abschätzungen** sind aber durchaus möglich, um zu brauchbaren planerischen Ausgangsdaten zu kommen. Dazu sind entweder Untersuchungsergebnisse bestehender und vergleichbarer Deponien heranzuziehen oder, wenn dies nicht möglich oder sinnvoll ist, Versuche in einem geeigneten Maßstab durchzuführen.

Bei Messungen an Betriebsdeponien hat sich gezeigt, daß die Sickerwassermengen im wesentlichen abhängig sind von den klimatischen Bedingungen, den jeweiligen Schütthöhen, der Gestaltung der Deponie bzw. des Deponiekörpers, der Technik des Betriebes – hierbei spielt die Verdichtung der Abfälle eine besondere Rolle – und von der Abfallart. Bei Betriebsdeponien, auf denen vorwiegend Hausmüll oder ähnlicher Abfall abgelagert wird, kann im Jahresmittel mit einer Sickerwassermenge von 0,05–0,10 l/s. ha gerechnet werden.

Die Sickerwasserbeschaffenheit derartiger Deponien verändert sich mit zunehmendem Deponiealter. Dabei nehmen die Konzentrationen organischer Inhaltsstoffe schneller ab als die der anorganischen Inhaltsstoffe.

Bei Hausmülldeponien kommt es im abfließenden Deponiesickerwasser zu einer Ansäuerung mit Werten von pH ca. 4,5 bis 6,5. In der Regel können jedoch nur innerhalb der ersten zwei bis acht Deponie-Betriebsjahre Werte von pH < 7 festgestellt werden; danach ist das Sickerwasser neutral bis schwach alkalisch (pH ca. 7,0 bis 9,0).

Für eine mittlere Sickerwasserbeschaffenheit bei Hausmülldeponien (Alter etwa 6 bis 8 Jahre) lassen sich, stark vereinfacht, folgende Orientierungswerte angeben:

pH-Wert	6,0–9,0
Gesamtrückstand	20,0 g/l
ungelöste Stoffe	2,0 g/l
Leitfähigkeit	20 000 $\mu\text{S/cm}$ (bei + 20° C)

Anorganische Inhaltsstoffe:

Alkali- und Erdalkaliverbindungen (berechnet als Metall)	8,0 g/l
Schwermetallverbindungen (berechnet als Metall)	0,01 g/l
Eisenverbindungen (Fe gesamt)	1,0 g/l
NH ₄ ⁺ (berechnet als N)	1,0 g/l
SO ₄ ²⁻	1,5 g/l
HCO ₃ ⁻	10,0 g/l

Organische Inhaltsstoffe:

BSB ₅	4,0 g/l
CSB	6,0 g/l
Phenol	0,05 g/l
Detergentien	0,05 g/l
methylenchlorid-extrahierbare Stoffe	0,6 g/l
wasserdampf-flüchtige organische Säuren (berechnet als Essigsäure)	1,0 g/l

Mit Hilfe der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung [5] werden die Werte vorgenannter Prüfparameter ermittelt.

6.3 Gestaltung und Entwurf

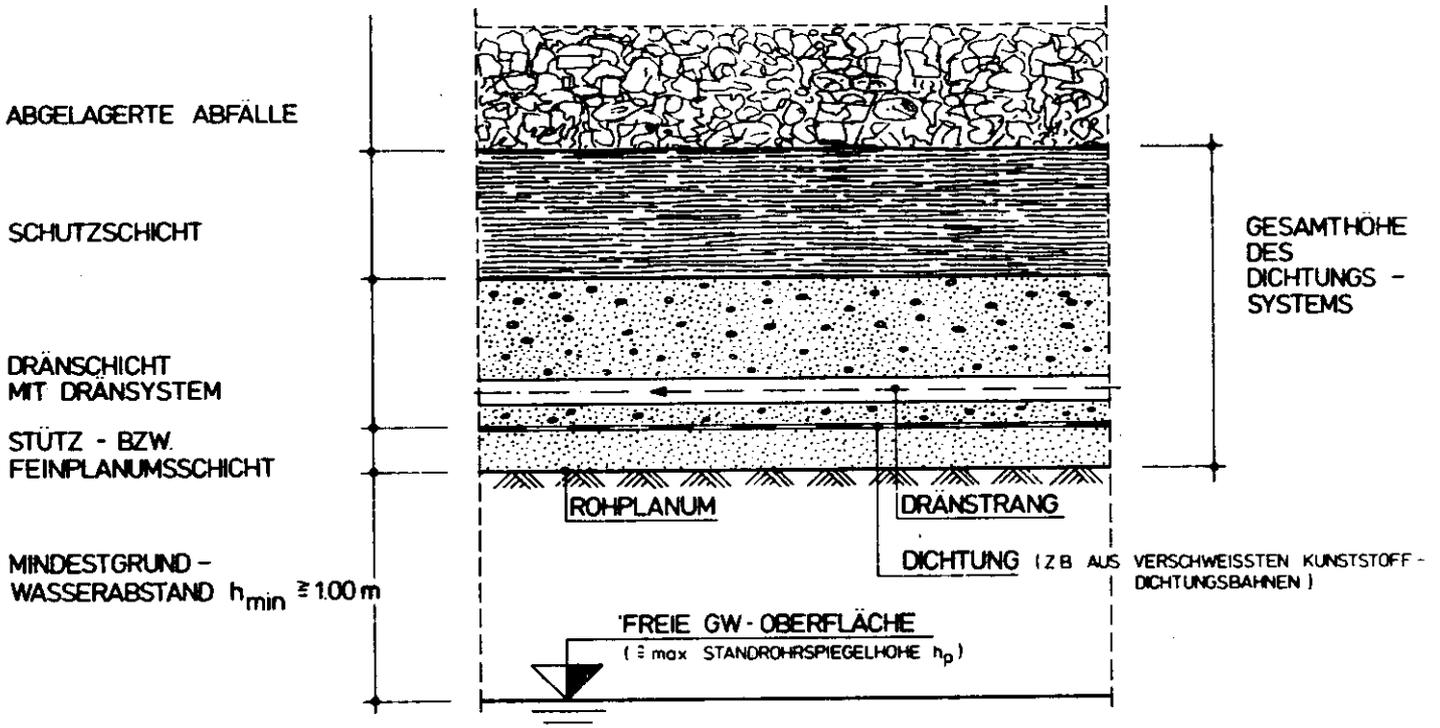
6.3.1 Grundlagen

Als Dichtungssystem wird zumeist das Regeldichtungssystem (siehe Abschnitt 2.2) infrage kommen. Es besitzt gemäß Abb. 1 folgende Komponenten:

- Stütz- bzw. Feinplanumsschicht,
- Dichtung,
- Dränschicht (mit oder ohne Dränsystem),
- Schutzschicht.

Jede Komponente hat spezifische Aufgaben zu erfüllen. Aus diesem Grunde sind konstruktive Einzelheiten, Werkstoffe bzw. Materialien sowie der Einbau der Komponenten in zweckentsprechender Weise zu bestimmen.

Der Abstand zwischen der freien Grundwasseroberfläche (Standrohrspiegelhöhe h_p) und jeder beliebigen Stelle der Unterseite des Dichtungssystems darf in keinem Fall – auch nicht kurzfristig bei außergewöhnlich hohen Grundwasserständen – das Maß von 1,00 m unterschreiten (siehe Abb. 1). Dies ist insbesondere zur Vermeidung von Auftriebsproblemen erforderlich.



REGELDICHUNGSSYSTEM EINER DEPONIEBASIS

SCHEMATISCHER QUERSCHNITT

Abb. 1: Regeldichtungssystem einer Deponiebasis

6.3.2 Unterbau

Die Standsicherheit und Wirksamkeit des Dichtungssystems hängen in wesentlichem Maße von den bodenphysikalischen Eigenschaften des natürlich anstehenden oder gegebenenfalls des künstlich aufgetragenen Baugrundes ab. Diese sind – erforderlichenfalls in Verbindung mit gezielten geologischen Untersuchungen – nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu ermitteln (siehe DIN 1054 [11] und hier zitierte sonstige Baugrundnormen). In diesem Zusammenhang ist zu beachten, daß das Dichtungssystem einen integrierenden Teil des gesamten Deponiekörpers darstellt, und zwar – grundbaustatisch gesehen – seinen Gründungskörper. Hinsichtlich der mechanischen (statischen) Beanspruchungsfaktoren siehe Abschnitt 3.1.1.

Bei den grundbaustatischen Untersuchungen ist besonderer Wert zu legen auf eine zutreffende Beurteilung von Standsicherheit und Setzungsverhalten des Baugrundes, da sonst Schäden und Undichtigkeiten an der Dichtung nicht auszuschließen sind. Der Frage ungleichmäßiger Setzungen ist in diesem Zusammenhang besonderer Wert beizumessen.

Die Gefälleverhältnisse des Rohplanums (Gründungssohle) ergeben sich in erster Linie aus der hydraulischen Berechnung der Dränschicht bzw. des in sie eingebetteten Dränsystems sowie aus den vorgegebenen Neigungen etwaiger Böschungen. Diese sind im übrigen in sinnvoller Weise auf die grund- und erdbaustatischen Anforderungen einerseits und die Anforderungen, die sich aus einer zweckmäßigen Verlegetechnik der Dichtungsbahnen andererseits ergeben, abzustimmen. In der Regel werden Böschungsneigungen von $n \leq 1:2,5$ notwendig sein.

Flächen des Rohplanums, die unterschiedliche Gefälle und Gefällrichtungen aufweisen, sind unter Herstellung genügend großer Abrundungen ineinander überzuführen.

Bei den Planungsarbeiten zur Gestaltung des Rohplanums ist auf den ausreichenden Abtrag des Oberbodens und der sonstigen von Pflanzen durchwurzelten Bodenhorizonte Rücksicht zu nehmen (siehe Abschnitte 3.3.2 und 7.1).

6.3.3 Die Komponenten des Dichtungssystems

6.3.3.1 Stützschiicht

Die Stützschiicht (Feinplanumsschiicht) hat die Aufgabe, den einzubauenden Dichtungsbahnen als geeignete, d. h. nachteilige Beanspruchungen sicher ausschließende Unterlage zu dienen. Sie ist immer dann erforderlich, wenn das hergerichtete Rohplanum diesen Anforderungen nicht genügen kann.

Wenn damit gerechnet werden muß, daß durch den anstehenden Baugrund, auf dem die Stützschiicht aufliegt, ungünstige statische bzw. mechanische Beanspruchungen auf die Dichtungsbahnen ausgeübt werden, so kann die Stützschiicht auch dem Zweck dienen, daß Beanspruchungen dieser Art durch lastverteilende oder ausgleichende Wirkung weitgehend abgebaut werden können. Derartige Fälle sind z. B.

bei unterschiedlich setzungsempfindlichem oder grobkörnigem Untergrund denkbar. Daher hat die Stützschiicht nach Verdichtung eine ausreichende Dicke, mindestens jedoch eine solche von 10 cm, aufzuweisen.

Die Oberfläche der Stützschiicht muß im Sinne von „glatt abgezogen“ geformt sein sowie die vorgesehenen Neigungs- und Krümmungsverhältnisse aufweisen. Die Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Höhen (NN + ... m) dürfen nicht mehr als ± 3 cm betragen.

Zur Herstellung der Stützschiicht sollten schwach bindige Sande (Korn- ϕ 0,06 bis 2,0 mm) verwendet werden. Überkorn bis zu einem Durchmesser von 10 mm und mit einem Anteil bis zu 15% ist zulässig. Der Einsatz gleichwertiger Bodenarten oder sonstiger gleichwertiger Materialien ist vertretbar. Scharfkantiges Korn, welches zu Beschädigungen der Dichtungsbahnen führen kann, ist in jedem Falle zu vermeiden.

6.3.3.2 Dichtung

Die Dichtung stellt die wichtigste Komponente des Dichtungssystems dar, da ihr die eigentliche Aufgabe des Abdichtens der Deponie gegen den Untergrund zufällt. Insofern sind bei ihrer planerischen Bearbeitung eine Reihe von Gesichtspunkten sorgfältig zu beachten, damit den allgemeinen Anforderungen an das Dichtungssystem gemäß Abschnitt 2.3 in notwendigem Maße entsprochen werden kann:

1. Die mechanischen Beanspruchungsfaktoren (statische Lasten) gemäß Abschnitt 3.1.1, nämlich
 - ständige (unveränderliche) Lasten,
 - bewegliche (vorwiegend und nicht vorwiegend ruhende) Lasten (Verkehrslasten) und
 - Sondereinflüsse (ungleichmäßige Setzungen, Schubkräfte im Böschungsbereich, Wärmeeinwirkungen)
 sind mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln.
2. Die statischen Lasten sind so zu überlagern, daß der jeweils mögliche, ungünstigste Lastfall (kritischer Lastfall) der Festigkeits- sowie Standsicherheitsuntersuchung der miteinander verschweißten Dichtungsbahnen zugrunde gelegt wird. Dabei sind die last- und zeitabhängigen Veränderungen der Materialeigenschaften zu berücksichtigen.
3. Das Reibungsverhalten der Dichtung auf seiner Unterlage ist bei geneigten Flächen für den hierfür kritischen Lastfall zu berücksichtigen. Erweist es sich als ungenügend, so sind besondere, Abhilfe schaffende Maßnahmen vorzusehen, z. B. durch Wahl anderer Dichtungsbahnen mit einem höheren Reibungswert, durch geeignete konstruktive Maßnahmen, etwa durch Einbinden der Dichtung in den Baugrund in verhältnismäßig kurzen Abständen und dergleichen mehr.
4. Das Dichtungssystem, seine Anschlüsse an andere Bauteile und sein Unterbau sind so zu gestalten bzw. anzuordnen, daß theoretisch denkbare örtliche Undichtigkeiten nicht zu einer rückschreitenden Erosion führen können.

5. Die Wahl des Werkstoffs, der Abmessungen und des konstruktiven Aufbaus der Dichtungsbahnen muß unter Berücksichtigung der Verlegevorschriften des Herstellers, der bei der Bauausführung und dem Deponiebetrieb zum Einsatz kommenden Geräte und Maschinen sowie der Gestalt der zu dichtenden Flächen vorgenommen werden.
6. Bei der Auswahl des Bahnenmaterials sind auch die übrigen unter Abschnitt 3 genannten Beanspruchungen zu berücksichtigen. Dichtungsbahnen, die UV-empfindlich sind, sind vor Lichteinwirkungen zu schützen. Ist dieses durch bau- oder betriebstechnische Maßnahmen nicht möglich, so sind Dichtungsbahnen aus UV-stabilisiertem Material zu verwenden. Dies gilt insbesondere für den Böschung- und Anschlußbereich.

6.3.3.3 Dränschicht

Die Dränschicht (mit oder ohne Dränsystem) hat die Aufgabe, das an der Basis der Deponie sich ansammelnde Sickerwasser – auch auf Dauer – so schnell wie möglich und vollständig abzuführen. Die Mindestdicke der Dränschicht beträgt 30 cm. Damit Beschädigungen der unterliegenden Dichtungsbahnen durch die Auflasten ausgeschlossen werden, darf für die Dränschicht nur Material aus rundem Korn (Flußkies, Grubenkies, usw.) Verwendung finden. Scharfkantiges Material, wie Splitt und Schotter, ist nicht vertretbar.

Besteht die Dränschicht aus nichtbindigen, weniger durchlässigen Bodenarten (Sanden), so ist sie zur Verbesserung der Dränwirkung mit einem Dränsystem zu versehen, welches im Grundsatz einer Rohrdränung gemäß DIN 18 308 [11] entspricht. Es gliedert sich in Dränabteilungen, der jeweils ein Sammler und die notwendige Anzahl von Saugern zugeordnet sind. Der Abstand der Sauger (lichter Mindest- \varnothing 100 mm) sollte je nach Erfordernis 15–30 m und das Gefälle der Sammler (lichter Mindest- \varnothing 150 mm) wenigstens 1,0 % betragen. Die Dränleitungen sind unter Berücksichtigung ihrer Rohrschlitzabmessungen mit tragfähigem Filtermaterial zu umhüllen. Filtervliese sind hierbei nicht zu empfehlen, da sie sich mit den suspendierten Inhaltsstoffen des Deponiesickerwassers rasch zusetzen können und somit die Durchlässigkeit des Filtermaterials weitgehend verloren geht. Die Mindestüberdeckung über Rohrscheitel soll 30 cm nicht unterschreiten (Anhebung der Dränschicht im Dränstrangbereich). Eine muldenförmige Absenkung der Dichtung im Bereiche der Dränstränge kann zweckmäßig sein, um diesen das anfallende Deponiesickerwasser definierter zuführen zu können.

Soweit im Einzelfall erforderlich, sind die Leitungsquerschnitte der Sammler hydraulisch nachzuweisen.

Auf eine statische Untersuchung der Sauger und Sammler darf im Interesse eines dauerhaften Bestandes des Dränsystems nicht verzichtet werden. Die Anordnung statisch bemessener Deformationselemente oberhalb der Rohrscheitel kann in vielen Fällen zweckmäßig sein, um die Rohrlasten zu verringern.

Besteht die Dränschicht aus nichtbindigem, hochdurchlässigem Boden mit geeigneter Kornverteilung (Flächendränage

aus einem Sand-Kies-Gemisch, max. Korn- \varnothing 16 mm), so kann auf die Anordnung eines Dränsystems im eigentlichen Sinne verzichtet werden. Sammler sind allerdings im notwendigen Maße vorzusehen. Eine zusätzliche Anordnung von einfachen Sickerrohren kann zweckmäßig sein. Auch hier ist scharfkantiges Korn zu vermeiden (s.o. und Abschnitt 6.3.3.1).

In Analogie zu einem städtischen Entwässerungsnetz sind die Sickerwassersammler mit Kontrollschächten (Einstiegsschächten) zu versehen. Die Schachtabstände sind so zu wählen, daß die zugehörigen Sammlerabschnitte (Haltungen) jederzeit mit Hilfe geeigneter Reinigungsgeräte (Windenzuggeräte, Hochdruckspülgeräte) von etwaigen Ablagerungen befreit werden können. In der Regel ist von einem Höchstabstand der Schächte von 200 m auszugehen. Ein Mindestdurchmesser der Sammler von 200 mm kann notwendig sein, wenn eine optische Kontrolle der Sammler durch ein sog. Kanalfernaugie für zweckmäßig erachtet wird. Soweit vorstehende Festlegungen dies zulassen, sollten die Kontrollschächte außerhalb des Ablagerungsbereiches der Abfälle angeordnet werden.

Um ein Eindringen von Luftsauerstoff in die Sammler zu verhindern und damit u. a. Verockerungen, kann es zweckmäßig sein, das Deponiesickerwasser in geschlossenen gasdichten Rohren durch die Kontrollschächte zu führen. Ausreichend bemessene Reinigungsöffnungen (Reinigungsrohre) sind vorzusehen. Am Auslauf des gesamten Sammlersystems ist ein gasdichter Verschluss in Gestalt eines Syphons o. ä. in jedem Fall erforderlich.

6.3.3.4 Schutzschicht

Die Schutzschicht hat die Aufgabe, die Dichtung vor Schäden durch physikalische (mechanische, thermische) Beanspruchungen zu schützen.

Im Regelfall wird es ausreichend sein, der Dränschicht gleichzeitig auch die Funktion als Schutzschicht der Dichtung zuzuweisen. In jedem Einzelfall ist allerdings zu prüfen, ob eine derartige Schutzschicht ausreichend ist oder eine zusätzliche Verstärkung erfahren muß (siehe Abb. 1). Die zusätzliche Schicht hat aus dauerhaft wasserdurchlässigem Material zu bestehen. Im Falle von Hausmülldeponien hat sich in der Praxis eine 1–2 m dicke Schicht aus Hausmüll ohne sperrige Anteile (Feinmüll) bewährt.

6.3.4 Konstruktive Einzelheiten

Mit besonderer Sorgfalt sind folgende Teile des Dichtungssystems zu planen:

- Durchdringungen der Dichtung (z.B. durch Rohrleitungen)
- Anbindungen der Dichtung (z.B. an Kontrollschächte der Sickerwassersammler, an vorhandene Dichtungsabschnitte)
- Einbindungen der Dichtung (z.B. in Böschungskronen)
- Trassen der Sickerwassersammler
- Gründungsbereiche von Bauwerken (z.B. bei Sickerwassersammelschächten).

Im Bereich von Durchdringungen und Anbindungen muß mit unterschiedlichen Setzungen gerechnet werden. Durch konstruktive Maßnahmen, die im wesentlichen auf eine ausreichende Beweglichkeit der eingebauten Dichtungsbahnen abzielen müssen, ist sicherzustellen, daß infolge der Setzungen keine schädlichen Beanspruchungen der Dichtung auftreten.

Bei ihrem Einbau können die Dichtungsbahnen durch den zugehörigen Einsatz von Baugeräten und -maschinen erhöhten mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sein. Durch planerische und konstruktive Maßnahmen, z. B. durch eine zweckmäßige Reihenfolge der zu dichtenden Abschnitte, durch Auslegen zusätzlicher Dichtungsbahnen zum Schutze der während der Ausführung noch freiliegenden Dichtung und anschließende Entfernung dieser Bahnen unmittelbar vor der Herstellung der Dränschicht sowie durch Wahl geeigneter Baugeräte und -maschinen können derartige Beanspruchungen weitestgehend ausgeschlossen werden.

6.4 Berücksichtigung des Deponiebetriebes

Bei den derzeit üblichen Techniken zur Ablagerung von Abfällen auf Deponien, und zwar in Bezug auf Einbau und Verdichtung, ist dann mit keinen nachteiligen Einflüssen auf die eingebauten Dichtungsbahnen und Dränstränge zu rechnen, wenn die Dränschicht bzw. die zusätzliche Schutzschicht gemäß den Abschnitten 6.3.3.3 und 6.3.3.4 geplant und her-

gestellt worden sind, erforderlichenfalls mit einer zusätzlichen Verstärkung. Bei Entwurf und Ausschreibung des Dichtungssystems ist von vornherein darauf zu achten, daß die Dichtung nur so lange ungedeckt bleibt, wie dies im Zuge der Bauausführung, einschließlich der Dichtigkeitsprüfung, unumgänglich notwendig ist (siehe auch Abschnitt 7.3.3).

Bereiche des Dichtungssystems, die zunächst noch nicht mit den abzulagernden Abfällen beschickt werden können, sind von den Betriebsbereichen deutlich sichtbar abzugrenzen und darüber hinaus gegen Befahren durch Fahrzeuge aller Art, wie Kompaktoren, Müllsammelfahrzeuge, usw. ausreichend zu schützen. Dies kann zweckmäßigerweise durch Schutzwälle von 1,0–2,0 m Höhe geschehen, die aus Material hergestellt werden, welches auch für die Verstärkung der Schutzschichten geeignet wäre. Entsprechendes gilt ganz besonders für den Schutz noch freiliegender **Böschungsbereiche** des Dichtungssystems.

Es sind solche Abfälle von einer Ablagerung auszuschließen, die nach Art oder Inhaltsstoffen von der betreffenden Deponieplanung nicht erfaßt wurden und die zu einer für die eingebauten Dichtungsbahnen schädlichen Veränderung des Sickerwassers führen können.

Zur Entnahme von Grundwasser- und Deponiesickerwasserproben sowie zur Ermittlung des Sickerwasseranfalls sind geeignete bauliche meßtechnische Einrichtungen vorzusehen (Grundwassermeßstellen, Sickerwassermeßstationen).

7. Bauausführung

Die Arbeiten zur Herstellung des Dichtungssystems an Ort und Stelle sind durch leistungsfähige Firmen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik auszuführen, z. B. nach [7], wobei sicherzustellen ist, daß Bestand und Funktionsfähigkeit des Dichtungssystems nicht beeinträchtigt werden.

Beim Einbau der Dichtung ist besonders darauf zu achten, daß

- die Dichtungsbahnen in einem einwandfreien Zustand angeliefert, während und nach dem Einbau nicht beschädigt und auch nicht in ihren Eigenschaften nachteilig verändert werden,
- die für die jeweiligen Dichtungsbahnen spezifischen Füge-techniken ohne nachteilige Einflüsse verwirklicht werden und
- die Funktionsfähigkeit des gesamten Dichtungssystems gemäß Entwurf in vollem Umfang gewährleistet ist.

Grundsätzlich sind alle baulichen Maßnahmen zwischen Planer, Auftraggeber, örtlicher Bauleitung und Auftragnehmer sorgfältig abzustimmen, erforderlichenfalls auch im Einvernehmen mit der überwachenden oder genehmigenden Behörde.

7.1 Baugrund, Rohplanum

Sind im Zusammenhang mit der baulichen Ausführung des Dichtungssystems oder sonstiger Anlagen des Deponiekörpers, wie etwa der Kontrollschächte, noch Erkundungen des Baugrundes (Schürfe, Bohrungen, Probebelastungen usw.) erforderlich, so sind diese vor Inangriffnahme der betreffenden Arbeiten durchzuführen.

Das Rohplanum (Gründungssohle) muß bereits das vorgegebene Gefälle der Deponiebasis aufweisen. Es muß vollständig frei sein von Pflanzenresten und -wurzeln (siehe Abschnitt 3.3.2) sowie von sperrigen Teilen wie größeren Steinen, Bauschutt und dergleichen.

Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Baugrundes, der Standsicherheit des Deponiekörpers oder einzelner seiner Teile sind nach den **allgemein anerkannten Regeln der Technik** durchzuführen. Müssen hierbei Grundsätze zum Zuge kommen, die dem **Stand der Technik** entsprechen, so ist Einvernehmen zwischen allen für die Maßnahme Verantwortlichen (s. o.) herbeizuführen.

7.2 Einbau der Stützschrift

Die Stützschrift ist gemäß Abschnitt 6.3.3.1 herzustellen. Es ist darauf zu achten, daß die geplanten Gefälle, die vorgeschriebene Verdichtung und die zulässigen Toleranzen zwischen Ist- und Sollhöhen eingehalten werden. Im übrigen ist der Einbau der Stützschrift, einschließlich Verdichtung, nach den allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik vorzunehmen [7], [10], [11].

7.3 Einbau der Dichtung

Die Dichtung darf nur

- von besonders fachkundigen, leistungsfähigen und zuverlässigen Firmen,
- von geschulten Fachkräften und
- nach Angaben des Dichtungsbahnenherstellers

eingebaut werden. Die betreffenden Leistungen sind auf der Grundlage einer beschränkten Ausschreibung zu vergeben [7].

7.3.1 Anliefern und Lagern der Dichtungsbahnen

Die Dichtungsbahnen sind nach Angaben des Herstellers anzuliefern und zu lagern. Die örtliche Bauaufsicht des Trägers der Baumaßnahme muß die Kennzeichnung (siehe Abschnitt 5.5) und den Anlieferungszustand überprüfen. Schadhafte Bahnen sind im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit zu untersuchen. Es ist im Benehmen mit der örtlichen Bauaufsicht festzulegen, ob diese Bahnen von der Verwendung auszuschließen sind oder durch geeignete Maßnahmen nachgebessert werden können.

Zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen und Alterungseinflüsse werden Dichtungsbahnen nicht selten in einer besonderen Verpackung transportiert und gelagert. Diese ist bei der Anlieferung oder rechtzeitig vor dem Einbau der Dichtungsbahnen auf ihren Zustand zu überprüfen. Weist die Verpackung Schäden auf, so sind auch die Dichtungsbahnen auf solche zu untersuchen. Über deren Verwendbarkeit ist, wie vorstehend beschrieben, besonders zu entscheiden, wenn entsprechende Mängel festgestellt werden.

7.3.2 Verlegen der Dichtungsbahnen

Vor Beginn der Verlegearbeiten ist der Zustand der Stützschrift, insbesondere ihr Planum (Feinplanum), im Benehmen mit der örtlichen Bauleitung vom Verleger abzunehmen (siehe auch § 4, Nr. 3 VOB Teil B [7]).

Das Verlegen der Dichtungsbahnen erfolgt in der Regel in zwei Arbeitsschritten:

- Auslegen der Dichtungsbahnen,
- Herstellen der Verbindungen.

Die Verlegung hat nach einem sorgfältig erarbeiteten Verlegeplan zu erfolgen, aus dem die Lage jeder einzelnen Bahn hervorgeht. In diesem Plan ist der Arbeitsfortschritt einzutragen.

Werden die Dichtungsbahnen bei verhältnismäßig hohen oder auch niedrigen Außentemperaturen – insbesondere auf stärker geneigten Flächen (Böschungen) – verlegt, so ist das charakteristische Wärmeverhalten des betreffenden Bahnenwerkstoffs eingehend zu berücksichtigen. Andernfalls können Schäden bei großflächigen, fertig gefügten Dichtungen nicht ausgeschlossen werden, wenn sich die Temperaturen wieder in den Normalbereich, etwa 5–25°C, zurückbewegen.

Die ausgelegten bzw. die verlegten, jedoch noch nicht mit der Dränschicht abgedeckten Dichtungsbahnen sind gegen Bewegungen, die durch stärkeren Wind verursacht werden (z. B. Auffliegen), im notwendigen Maße zu sichern. Aufgelegte Sandsäcke können hierbei sehr zweckmäßig sein. Auf stärker geneigten Böschungen kann ihr Abrutschen durch eine geeignete Seilsicherung vermieden werden.

7.3.2.1 Auslegen der Dichtungsbahnen

Das Auslegen der Dichtungsbahnen kann von Hand oder mit geeigneten Geräten erfolgen.

Beim Auslegen der Bahnen ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß der Oberflächenzustand der Stützschrift nicht nachteilig verändert wird. Entstandene Unebenheiten sind wieder zu beseitigen.

Nach Ausrollen der Bahnen sind diese so in Position zu bringen, daß die für die jeweilige Verbindungstechnik notwendige Überlappung vorhanden ist. Vor Beginn der Fügearbeiten sind die Dichtungsbahnen erneut auf etwaige Schäden zu untersuchen. Werden Schäden festgestellt, ist analog Abschnitt 7.3.1 zu verfahren.

7.3.2.2 Fügen der Dichtungsbahnen

Das Fügen bzw. Verbinden der Dichtungsbahnen (siehe Abschnitt 4.3) hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Der Vorgang des Fügens läßt sich in der Regel in folgende Arbeitsschritte aufteilen:

- Vorbehandlung der Fügezone,
z.B. Reinigung, Entfernen von Kaschierungen,
- Herstellen der Verbindung und
erforderlichenfalls
- Nachbehandlung der Fügestellen,
z.B. Abdeckung oder Versiegelung der Fügezone.

Das Fügen der Dichtungsbahnen hat nach der Technik (Methode) zu erfolgen, die vom Bahnenhersteller und von der für die abfallrechtliche Zulassung zuständigen Behörde angegeben bzw. festgelegt worden ist. In diesem Zusammenhang hat der Hersteller in geeigneter Weise, z. B. durch ein amtliches Prüfzeugnis, nachzuweisen, welche Güte die Füge-naht der von ihm zu liefernden Dichtungsbahnen besitzt.

Es ist sicherzustellen, daß während der Fügearbeiten laufend diejenigen Verarbeitungsparameter überwacht und den sich

möglicherweise ändernden Umgebungsbedingungen angepaßt werden, die für die Werkstoffeigenschaften und die zugehörigen Fügetechniken maßgebend sind. Dabei sind je nach Sachlage und Notwendigkeit zu erfassen und zu protokollieren:

– Umgebungsbedingungen

Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Lufttemperatur, Windstärke und -richtung,

– Verarbeitungsparameter

Temperatur (z. B. der Heißluft, des Extrudats, des Heißbitumens für die Nahtverbindung, des Heizkeils), Fügegeschwindigkeit (z. B. Gerätevorschub);

Durchsatz, Menge

(z. B. der Heißluft, des Extrudats, des Heißbitumens);

Druck (z. B. Anpreßdruck).

7.3.3 Prüfen der Verbindungen

Die Prüfung der Fügenähte hat sich sowohl auf ihre Dichtigkeit als auch auf ihre mechanische Festigkeit (Nahtfestigkeit) zu erstrecken. Letztere ist bei Bitumen-Dichtungsbahnen allerdings nicht relevant (siehe Abschnitt 5.2.1.12).

Beim Prüfen der Fügenähte kann im einzelnen unterschieden werden zwischen:

- Eigen- und Fremdüberwachung,
- durchgehender und stichprobenartiger Prüfung,
- zerstörender und zerstörungsfreier Prüfung.

Bei den Prüfungen auf der Baustelle ist auf den vorgesehenen Baufortschritt Rücksicht zu nehmen. Insbesondere ist darauf zu achten, daß die Durchführung der Prüfungen möglichst zügig abgewickelt wird, und die eingebauten Dichtungsbahnen nicht länger, als zur ordnungsgemäßen Durchführung der Prüfung unvermeidbar erforderlich, ungeschützt bleiben.

Festgestellte Mängel sind im Einvernehmen mit der örtlichen Bauaufsicht des Auftraggebers nach den Verarbeitungsrichtlinien des Dichtungsbahnenherstellers sorgfältig nachzubessern.

7.3.3.1 Dichtigkeitsprüfung

Grundsätzlich sind alle bauseits hergestellten Fügenähte **durchgehend** auf ihre Dichtigkeit zu prüfen. Es sind dabei materialspezifische Prüfverfahren zu wählen, z. B. solche, bei denen mit Druckluft, Ultraschall oder Vakuum gearbeitet wird. Derartige zerstörungsfreie Prüfungen können durchaus ergänzt werden durch stichprobenartige, zerstörende Prüfungen analog Abschnitt 7.3.3.2.

Die Dichtigkeitsprüfungen sind vom Verleger unter der örtlichen Bauaufsicht des Auftraggebers oder einem erfahrenen, vom Auftraggeber besonders bestimmten Fachmann vorzunehmen. Die Prüfergebnisse sind in Protokollen festzuhalten.

7.3.3.2 Festigkeitsprüfung

Die mechanische Festigkeit der Fügenähte (Nahtfestigkeit) ist durch stichprobenartige, zerstörende Prüfung zu überwachen.

Dazu sind von den eingebauten Dichtungsbahnen an geeigneten Stellen Proben bestimmter Abmessungen aus den Fügenahtbereichen zu entnehmen. Die Probenahme erfolgt nach Weisung und unter Kontrolle der örtlichen Bauaufsicht des Auftraggebers. Die Prüfungen selbst sind durch eine anerkannte Materialprüfstelle vorzunehmen.

Die Festigkeitsprüfung der Fügenähte gilt nicht für Bitumenbahnen (siehe Abschnitt 7.3.3 und 5.2.1.12).

7.3.4 Verlegetechnische Sonderfragen

Bei der Ausführung konstruktiver Einzelheiten wie

- Durchdringungen der Dichtung (z. B. durch Rohrleitungen),
- Anbindungen der Dichtung (z. B. an Kontrollschächte der Sickerwassersammler, an vorhandene Dichtungsabschnitte),
- Einbindungen der Dichtung (z. B. in Böschungskronen)

ist im besonderen Maße auf das gewählte Dichtungsbahnenmaterial Rücksicht zu nehmen. Die spezifischen Angaben der Dichtungsbahnenhersteller sind hierbei sorgfältig zu beachten. Im übrigen vgl. Abschnitt 6.3.4 und DIN 18 195, Teil 9 [11].

7.4 Schutzschichten

Erst nach förmlicher Abnahme (siehe § 12 VOB Teil B [7]) der gesamten in Auftrag gegebenen Dichtung oder eines genau begrenzten Teiles derselben – der betreffenden Abnahme müssen im übrigen sämtliche Prüfungen gemäß Abschnitt 7.3.3 und die Nachbesserungen vbrangegangen sein – darf mit dem Einbau der überlagernden Schichten (Dränschicht, zusätzliche Schutzschicht) begonnen werden. Der Einbau hat so zu erfolgen, daß eine Beschädigung der Dichtungsbahnen oder eine technisch nicht vertretbare Deformation der Stüttschicht ausgeschlossen ist. Beim Einsatz von maschinengetriebenen Baugeräten, wie Transport- und Planierfahrzeugen, Verdichtungsgeräten usw. ist hierauf besonders zu achten, wobei es wichtig ist, daß die Flächenpressungen aus den Laufflächen der Räder gering sind.

Vom Hersteller oder Verleger vorgeschriebene Maßnahmen zum Schutz der Dichtungsbahnen sind mit Sorgfalt zu befolgen. Das unmittelbare Befahren der Dichtungsbahnen sollte, soweit wie möglich, vermieden und, falls vom Hersteller oder Verleger verlangt, ausgeschlossen werden.

Es ist darauf zu achten, daß die Dichtungsbahnen beim Einbau der Schutzschicht möglichst wellenfrei, d. h. flach auf der Stüttschicht aufliegen. Bei stärkerer Wellenbildung, z. B. durch Sonneneinstrahlung bei erhöhten Temperaturen, ist der Einbau der Schutzschichten zu unterbrechen oder so fortzuführen, daß eine Überfaltung der Dichtungsbahnen vermieden wird.

Ist der Einbau einer zusätzlichen Schutzschicht vorgesehen (siehe Abschnitt 6.3.3.4), so sind auch hier Baugeräte mit geringen Flächenpressungen an den Radaufstandsflächen einzusetzen. In diesem Zusammenhang ist nicht nur die Belastbarkeit von Stüttschicht und Dichtung, sondern auch diejenige der Dränschicht, einschließlich des Dränsystems, zu berücksichtigen.

Anhang**Anlage 1****Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen****Medien zur chemischen Prüfung von Dichtungsbahnen****1. Gruppe A: Hochkonzentrierte flüssige Medien**

Lfd. Nr.	Stoffgruppen	Zusammensetzung der Prüfflüssigkeiten
1	Benzine (Otto-Kraftstoffe) und aromatische Kohlenwasserstoffe	40 Vol.-% 2,2,4 Trimethyl-pentan (Isooktan) 15 Vol.-% Benzol, 20 Vol.-% Methylbenzol (Toluol) 15 Vol.-% Dimethylbenzol (Xylol) 10 Vol.-% Methylnaphthalin
2	Heizöl, Dieselmotorenstoffe, Paraffinöle, Schmieröle	35 Vol.-% Dieselmotorenstoff 35 Vol.-% Paraffinöl (C ₁₀ -C ₂₀) 30 Vol.-% Schmieröl HD 30
3	Amine	Dimethylamin
4	Alkohole	30 Vol.-% Methanol, 30 Vol.-% Propanol-(2) (Isopropanol) 40 Vol.-% Ethandiol-(1,2) (Glykol)
5	aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe	30 Vol.-% Trichlorethen (Trichlorethylen) 30 Vol.-% Tetrachlorethen (Tetrachlorethylen) 40 Vol.-% Dichlormethan (Methylenchlorid)
6	aliphatische Ester und Ketone	50 Vol.-% Ethansäure-ethyl-ester (Ethylacetat) 50 Vol.-% 4-Methyl-pentanon-(2) (Methylisobutylketon)
7	aliphatische Aldehyde	40 % ige wässrige Methanallösung (wässrige Formaldehydlösung)
8	organische Säuren	50 Vol.-% Ethansäure (Essigsäure) 50 Vol.-% Propansäure (Propionsäure)
9	anorganische Mineralsäuren (oxidierend)	50 Vol.-% Schwefelsäure, 50 Vol.-% Salpetersäure
10	anorganische Laugen	60 % ige Natronlauge
11	anorganische Neutralsalzlösungen	gesättigte NaCl/Na ₂ SO ₄ -Lösung (Verhältnis 1 : 1)

2. Gruppe B: Verdünnte flüssige Medien und Eluate

Lfd. Nr.	Stoffgruppen	Zusammensetzung der Prüfflüssigkeiten															
1–11	Analoge Stoffgruppen der Gruppe A	10 Gew.-% der Prüfflüssigkeiten der Gruppe A in wässriger bzw. gesättigter* wässriger Lösung															
12	Deponiesickerwasser	Unverdünntes Deponiesickerwasser aus einer Hausmülldeponie (siehe Abschnitt 5.2.2.3) mit den Beschaffenheitswerten (Kennwerten): <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>BSB₅</td> <td>≥</td> <td>4,0 g/l</td> </tr> <tr> <td>CBS</td> <td>≥</td> <td>6,0 g/l</td> </tr> <tr> <td>Leitfähigkeit</td> <td>≥</td> <td>20 000 μ S/cm</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ (berechn. als N)</td> <td></td> <td>0,5–2,0 g/l</td> </tr> <tr> <td>pH-Wert</td> <td></td> <td>6,0–9,0</td> </tr> </table>	BSB ₅	≥	4,0 g/l	CBS	≥	6,0 g/l	Leitfähigkeit	≥	20 000 μ S/cm	NH ₄ ⁺ (berechn. als N)		0,5–2,0 g/l	pH-Wert		6,0–9,0
BSB ₅	≥	4,0 g/l															
CBS	≥	6,0 g/l															
Leitfähigkeit	≥	20 000 μ S/cm															
NH ₄ ⁺ (berechn. als N)		0,5–2,0 g/l															
pH-Wert		6,0–9,0															

* Erforderlich, wenn die geringe Löslichkeit der betreffenden Substanz die Einstellung einer Lösung von 10 Gew.-% nicht zuläßt.

3. Gruppe C: Gase

Als Prüfgas ist in der Regel eine wasserdampfgesättigte Mischung von 50 Vol.-% Methan (CH₄) und 50 Vol.-% Kohlendioxid (CO₂) zu verwenden. Beide Komponenten sind als wichtigste gasförmige Reaktionsprodukte zu betrachten, die bei biochemischen Abbauprozessen abgelagerter organischer Abfälle entstehen. Ist ausnahmsweise damit zu rechnen, daß die abzulagernden Abfälle in verhältnismäßig starkem Maße auch andere Gase entstehen lassen können, ist die Zusammensetzung eines adäquaten Prüfgases besonders festzulegen.

Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen

**Zusammenstellung
der
Anforderungen bei Polymer- und Bitumenbahnen
und zugehöriger Prüfvorschriften**

Tabelle 1.1: Physikalische Anforderungen bei Polymerbahnen

Tabelle 1.2: Physikalische Anforderungen bei Bitumenbahnen

Tabelle 2: Chemische und biologische Anforderungen bei Polymer- und Bitumenbahnen

Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus DichtungsbahnenTabelle 1.1: Physikalische Anforderungen bei Polymerbahnen¹⁾

Kenngröße	Prüfgröße	Kennwerte (Merkmale)	Prüfverfahren, Prüfvorschriften	Richtlinienabschnitt
1	2	3	4	5
Allgemeine physikalische Anforderungen				
Äußere Beschaffenheit	Oberfläche	geschlossen	visuelle Beurteilung	5.1.1.1 5.2.1.1
	Homogenität des Materials	frei von Fehlern (Poren, Lunker, Fremdeinschlüsse)		
	Formverhalten	kantengerades und gleichmäßig breites Abrollen		
Dicke (Nenndicke)	Mindest-Nenndicke Mittelwert Einzelwert	2,0 mm ≥ Nenndicke ≥ - 10 %, ≤ + 10 % bezogen auf Mittelwert	DIN 53 370	5.1.1.2 5.2.1.2
Warmlagerungsverhalten	Maßänderung	± 2,0 %	DIN 53 377	5.1.1.3 5.2.1.3
	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine oder nur unwesentliche	visuelle Beurteilung	
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	≤ 20 %	DIN 53 455	
Wasseraufnahme	Gewichtsänderung	≤ 1,0 Gew.-%	DIN 53 495	5.1.1.4 5.2.1.4
Witterungsverhalten	Änderung mech. Eigenschaften	≤ 25 %	Freibewitterung	5.1.1.5 5.2.1.5
Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen				
Verhalten bei Zugbeanspruchung	einachsige Zugbeanspruchung: Zugkraft bei 5 % Dehnung	≥ 400 N/50 mm	DIN 53 455	5.1.2 5.2.1.6
	mehrachsiges Zugbeanspruchung: Bruchdehnung	≥ 10 %	Systemversuch, Proben-Ø = 1,00 m. Berstversuch	
Widerstand gegen Weiterreißen	Weiterreißkraft	≥ 200 N	DIN 53 363	5.1.2 5.2.1.8
Widerstand gegen punktförmige Durchdringung	mech. Durchschlagfestigkeit	≥ 750 mm bei 500 gr keine Undichtigkeit	DIN 16 726	5.1.2 5.2.1.9
Verhalten bei niedrigen Temperaturen	Kältesprödigkeit	keine Risse bis zu - 20°C	DIN 53 361	5.1.2 5.2.1.10
Verhalten bei hohen Temperaturen	einachsige Zugbeanspruchung: Zugkraft bei 5 % Dehnung	≥ 100 N/50 mm	DIN 53 455	5.1.2 5.2.1.11
Nahtfestigkeit	Schweißfaktor	≥ 0,9 bei teilkristallinen Hochpolymeren	DIN 53 455	4.3.1 5.1.2 5.2.1.12
		≥ 0,6 bei amorphen Hochpolymeren		

¹⁾ Mindestanforderungen: Siehe jeweils zutreffende DIN-Norm (Stoffnorm) Vgl. auch Abschnitt 5.1. 1. Absatz.

Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus DichtungsbahnenTabelle 1.2: Physikalische Anforderungen bei Bitumenbahnen¹⁾

Kenngröße	Prüfgröße	Kennwerte (Merkmale)	Prüfverfahren, Prüfvorschriften	Richtlinienabschnitt
1	2	3	4	5
Allgemeine physikalische Anforderungen				
Äußere Beschaffenheit	Oberfläche	geschlossen	visuelle Beurteilung	5.1.1.1 5.2.1.1
	Homogenität des Materials	frei von Fehlern (Poren, Lunken, Fremdeinschlüsse)		
	Formverhalten	kantengerades und gleichmäßig breites Abrollen		
Dicke (Nenndicke)	Mindest-Nenndicke Mittelwert Einzelwert	5,0 mm ≥ Nenndicke ≥ - 10 %, ≤ + 10 % bezogen auf Mittelwert	DIN 52 123	5.1.1.2 5.2.1.2
Warmlagerungsverhalten	Maßänderung	± 1,0 %	DIN 53 377	5.1.1.3 5.2.1.3
	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine oder nur unwesentliche	visuelle Beurteilung	
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	keine	DIN 52 123	
Wasseraufnahme	Gewichtsänderung	≤ 1,0 Gew.-%	DIN 53 495	5.1.1.4 5.2.1.4
Witterungsverhalten	Änderung mech. Eigenschaften	≤ 25 %	Freibewitterung	5.1.1.5 5.2.1.5
Besondere physikalisch-mechanische Anforderungen				
Verhalten bei Zugbeanspruchung	einachsige Zugbeanspruchung: Zugkraft bei 5 % Dehnung	≥ 200 N/50 mm	DIN 53 455	5.1.2 5.2.1.6
	mehrachsige Zugbeanspruchung: Bruchdehnung	≥ 10 %	Systemversuch, Proben-Ø = 1,00 m. Berstversuch	
Widerstand gegen Weiterreißen	Weiterreißkraft	≥ 200 N	DIN 53 363	5.1.2 5.2.1.8
Widerstand gegen punktförmige Durchdringung	mech. Durchschlagfestigkeit	≥ 750 mm bei 500 gr keine Undichtigkeit	DIN 16 726	5.1.2 5.2.1.9
Verhalten bei niedrigen Temperaturen	Kältebeständigkeit	keine Risse bis zu - 10°C	DIN 52 123	5.1.2 5.2.1.10
Verhalten bei hohen Temperaturen	einachsige Zugbeanspruchung: Zugkraft bei 5 % Dehnung	≥ 100 N/50 mm	DIN 53 455	5.1.2 5.2.1.11
Nahtfestigkeit	Schweißfaktor	keine Anforderungen möglich; Schweißnahtbreite beachten		4.3.1 5.1.2 5.2.1.12

¹⁾Mindestanforderungen: Siehe jeweils zutreffende DIN-Norm (Stoffnorm). Vgl. auch Abschnitt 5.1, 1. Absatz.

Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus DichtungsbahnenTabelle 2: Chemische und biologische Anforderungen bei Polymer- und Bitumenbahnen¹⁾

Kenngröße	Prüfgröße	Kennwerte	Prüfverfahren, Prüfvorschriften	Richtlinien- abschnitt
1	2	3	4	5
Chemische Anforderungen				
Beständigkeit gegenüber hochkonzentrierten flüssigen Medien	Gewichtsänderung	≤ 15 %	DIN 53 521	5.1.3 5.2.2.1
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	≤ 25 %	DIN 53 455	
Beständigkeit gegenüber verdünnten flüssigen Medien und Eluaten	Gewichtsänderung	≤ 10 %	DIN 53 521	5.1.3 5.2.2.2
	Änderung mech. Eigenschaften (aus Zugversuch)	≤ 20 %	DIN 53 455	
Beständigkeit gegenüber Deponiesickerwasser (von Hausmülldeponien)	Gewichtsänderung	≤ 5 %	DIN 53 521	5.1.3 5.2.2.3
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	≤ 20 %	DIN 53 455	
Beständigkeit (Verhalten) gegenüber Gasen	Gewichtsänderung	≤ 5 %	DIN 53 521	5.1.3 5.2.2.4
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	≤ 20 %	DIN 53 455	
Biologische Anforderungen				
Beständigkeit gegen Mikroorganismen	Gewichtsänderung	≤ 5 %	BPG Kunststoffbahnen 1982, 4.9 DIN 53 521	5.1.4 5.2.3.1
	Änderung mech. Eigenschaften (aus dem Zugversuch)	≤ 15 %	DIN 53 455	
Beständigkeit gegen höhere pflanzliche Organismen	Wurzelfestigkeit	kein Durchwuchs	BPG Kunststoffbahnen 1982, 4.10	5.1.4 5.2.3.2
Beständigkeit gegen höhere tierische Organismen	Nagetierbeständigkeit	keine Durchnagungen; Annagungen vom Rand 50 mm	BPG Kunststoffbahnen 1982, 4.8	5.1.4 5.2.3.3

¹⁾ Mindestanforderungen: Siehe jeweils zutreffende DIN-Norm (Stoffnorm). Vgl. auch Abschnitt 5.1, 1. Absatz.

Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen**Schrifttums- und Regelwerksverzeichnis**

-
- [1] *Saechting, H.*: Kunststoff-Taschenbuch, Carl-Hanser-Verlag, München, Wien, 1983.
- [2] Bitumen- und Asphalt-Taschenbuch; herausgeg. v. Winfried Fuhrmann. 5. Neubearb. Aufl. 1976, Bauverlag Wiesbaden
- [3] *Heerten, G.*: „Anforderungen an Kunststoffprodukte für Filter- und Dichtungsaufgaben im Wasseraufbau“. Mitt. aus dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen, Nr. 26, WS 77/78
- [4] *Steffen, H.*: „Flexible Außenhautdichtungen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anschlüsse“. Mitt. aus dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen, Nr. 22, WS 77/78
- [5] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Herausgeber: Fachgruppe Wasserchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Verlag Chemie, Weinheim (Bergstraße), 12. Lieferung 1983
- [6] Untersuchungen über das Verhalten von Abdichtungsfolien gegen Nagetiere; Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Forschungsbericht 102 03 401; Jan. 1982
- [7] VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 1979, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Köln, Frankfurt/M.
- [8] Bau- und Prüfgrundsätze für Kunststoffbahnen als Abdichtungsmittel von Auffangwannen und Auffangräumen für die Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten (BPG Kunststoffbahnen), Fassung August 1982, herausgegeben vom Institut für Bautechnik, 1000 Berlin 30
- [9] VDI-Richtlinien, Beuth Verlag GmbH, Postfach 1145, 1000 Berlin 30
- [10] ZTVE-Zusätzliche technische Verordnungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Maastrichter Str. 45, 5000 Köln 1
- [11] DIN Normen
Beuth Verlag GmbH, Postfach 1145, 1000 Berlin 30
- 1054 Baugrund; zulässige Belastungen des Baugrundes
- 1995 Bituminöse Bindemittel für den Straßenbau; Anforderungen
- 7864 Elastomer-Bahnen für Abdichtungen
Anforderungen, Prüfung
- 16726 Kunststoff-Dach- und Dichtungsbahnen; Prüfungen
- 16730 Kunststoff-Dachbahnen
Dachbahnen aus PVC-weich, nicht bitumenbeständig, trägerlos
Anforderungen, Prüfungen
- 16732 Kunststoff-Dachbahnen
Dachbahnen aus Äthylencopolymerisat-Bitumen (ECB)
Anforderungen, Prüfung
T. 1 einseitig kaschiert
T. 2 nicht kaschiert
- 16733 Kunststoff-Dachbahnen
Dachbahnen aus chloresulfoniertem Polyäthylen (CSM), bitumenbeständig
Anforderungen, Prüfung
T. 1 einseitig kaschiert
T. 2 nicht kaschiert

- 16734 Kunststoff-Dachbahnen
Dachbahnen aus weichmacherhaltigem Polyvinylchlorid (PVC-weich) mit Verstärkung aus Synthefäden, nicht bitumenverträglich
Anforderungen, Prüfungen
- 16925 Tafeln aus PE (Polyäthylen)
Anforderungen, Prüfungen
- 18195 Bauwerksabdichtungen
T. 9 Durchdringungen, Übergänge, Abschlüsse
- 18196 Erdbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen
- 18300 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen,
Teil C: Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen, Erdarbeiten
- 18308 Dränarbeiten für landwirtschaftlich genutzte Flächen
- 52123 Prüfung von Bitumenbahnen
- 52131 Schweißbahnen
T. 1 Bitumen-Schweißbahnen
T. 2 Polymerbitumen-Schweißbahnen
- 53354 Prüfung von Kunstleder – Zugversuch –
- 53361 Prüfung von Kunstleder und ähnlichen Flächegebilden
Bestimmung des Verhaltens beim Falzen in der Kälte
- 53363 Prüfung von Kunststoffolien; Weiterreißversuch an trapezförmigen Proben mit Einschnitt
- 53370 Prüfung von Kunststoffolien; Bestimmung der Dicke durch mechanische Abtastung
- 53377 Prüfung von Kunststoffolien; Bestimmung der Maßänderung
- 53455 Prüfung von Kunststoffen; Zugversuch
- 53495 Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung der Wasseraufnahme nach Lagerung in kaltem Wasser
- 53521 Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung des Verhaltens gegen Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase
- 53735 Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des Schmelzindex von Thermoplasten
- [12] DVS-Merkblätter
Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Aachener Str. 172, 4000 Düsseldorf

II.

Hinweis

**Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums
und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen**

Nr. 8 v. 15. 8. 1985

(Einzelpreis dieser Nummer 7,80 DM zuzügl. Portokosten)

Teil I – Kultusminister

Ämtlicher Teil

Verordnung über die Bildung von regierungsbezirksübergreifenden Schulbezirken für Bezirksfachklassen an Berufsschulen vom 11. Juni 1985	465	Landespersonalvertretungsgesetz; Zusammensetzung der Hauptpersonalräte beim Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen. Bek. d. Kultusministers v. 3. 7. 1985	488
Bearbeitung von Personalangelegenheiten der Angestellten und Arbeiter; Zuständigkeiten im Geschäftsbereich des Kultusministers; Änderung. RdErl. d. Kultusministers v. 11. 7. 1985	468	Bekanntgabe der Hauptvertrauensleute beim Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen. Bek. d. Kultusministers v. 12. 7. 1985 ..	489
Einführung des griechisch-orthodoxen Religionsunterrichts. RdErl. d. Kultusministers v. 28. 6. 1985	468	Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des gehobenen Archivdienstes im Lande Nordrhein-Westfalen vom 10. Juli 1985	489
Entlassungstermine Schuljahr 1985/86; Datum des Konferenzbeschlusses im Entlassungszeugnis. RdErl. d. Kultusministers v. 2. 7. 1985	468	Nichtamtlicher Teil	
Beratung der Erziehungsberechtigten beim Übergang in weiterführende Schulen. RdErl. d. Kultusministers v. 10. 7. 1985	468	Stellenausschreibungen im Geschäftsbereich des Kultusministers ...	491
Vorläufige Ordnung der Abiturprüfung an Kollegschulen (VOAP-KS). RdErl. d. Kultusministers v. 15. 7. 1985	468	Lehrerfortbildung – Sport – durch den Westdeutschen Schwimm-Verband e.V. (WSV)	494
Berücksichtigung frauenspezifischer Belange in den Richtlinien und Lehrplänen für die Schulen im Lande Nordrhein-Westfalen. RdErl. d. Kultusministers v. 11. 7. 1985	486	Alte Schulbücher gesucht	494
Vervielfältigung zu Unterrichtszwecken. RdErl. d. Kultusministers v. 24. 7. 1985	486	Veröffentlichungen des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (LDS)	494
Beteiligung der Schulen an der Durchführung der schulpraktischen Studien für die einzelnen Lehrämter. RdErl. d. Kultusministers v. 15. 7. 1985	486	Inhaltsverzeichnis des Gemeinsamen Amtsblattes – Teil II – Minister für Wissenschaft und Forschung – vom 15. August 1985	494
Verordnung zur Änderung der Ordnung der Ausbildung und Prüfung für Fachlehrer an Sonderschulen im Bereich geistig oder körperlich behinderter Schüler und im Bereich der vorschulischen Erziehung von seh- oder hörgeschädigten Kindern (APO/Fachl.SoSCh) vom 11. Juli 1985	487	Inhaltsverzeichnis des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 9. bis 31. Juli 1985	495
		Inhaltsverzeichnis des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 5. bis 26. Juli 1985	496
		Anzeigen	
		Kostenpflichtige Stellen- und Werbeanzeigen	499

Teil II – Minister für Wissenschaft und Forschung

Ämtlicher Teil

Einführung, Änderung und Aufhebung von Studiengängen nach §§ 54 und 58 FHG. Bek. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 15. 5. 1985	508	Promotionsordnung der Universität Dortmund für den Fachbereich Erziehungswissenschaften und Biologie vom 28. Juni 1985	519
Einschreibungsordnung der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn vom 12. Juni 1985	509	Ungültigkeitserklärung eines Dienstausweises. Bek. d. Direktors der Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen Dortmund v. 2. 7. 1985	523
Zweite Satzung zur Änderung der Einschreibungsordnung der Universität – Gesamthochschule – Duisburg vom 24. Juni 1985	512	Nichtamtlicher Teil	
Diplomprüfungsordnung für den integrierten Studiengang Physik an der Universität – Gesamthochschule – Essen vom 25. Juni 1985	512	Inhaltsverzeichnis des Gemeinsamen Amtsblattes – Teil I – Kultusminister – vom 15. August 1985	523
Ordnung zur Prüfung zum Magister Legum der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster vom 1. Juli 1985	518	Inhaltsverzeichnis des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 9. bis 31. Juli 1985	524
		Inhaltsverzeichnis des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 5. bis 26. Juli 1985	525

Einzelpreis dieser Nummer 11,- DM

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den August Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für
Abonnementsbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 68 88/238 (8.00-12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1
Bezugspreis halbjährlich 81,40 DM (Kalenderhalbjahr), Jahresbezug 162,80 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahres-
bezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10. für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim Verlag vorliegen.

Die genannten Preise enthalten 7% Mehrwertsteuer

Einzelbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 68 88/241, 4000 Düsseldorf 1

Einzellieferungen gegen Voreinsendung des vorgenannten Betrages zuzügl. Versandkosten (je nach Gewicht des Blattes), mindestens jedoch DM 0,80 auf das
Postscheckkonto Köln 85 16-507. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.) Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes
für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim Verlag vorzunehmen, um späteren
Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benach-
richtigung ergeht nicht.

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1
Verlag und Vertrieb: August Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf 1
Druck: A. Bagel, Graphischer Großbetrieb, 4000 Düsseldorf 1
ISSN 0177-3500