Sanieren und Abdichten von schadhaften Dichtungsbelägen mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD): Anwendungsbeispiel und Fragen der Materialprüfung

Autor(en): **Junker, Jürg P. / Kehrli, Walter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 10

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75418

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sanieren und Abdichten von schadhaften Dichtungsbelägen mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD)

Anwendungsbeispiel und Fragen der Materialprüfung

Von Jürg P. Junker, Dübendorf, und Walter Kehrli, Meilen

Am Beispiel eines Ausgleichsbeckens in den Schweizer Alpen wird der Versuch zur Sanierung und Abdichtung eines teilweise undichten Böschungsbelages beschrieben. Eine grössere Fläche mit offenen Nähten und Rissen im zweischichtigen Dichtungsbelag wurde durch 3 Versuchsfelder mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen PBD abgedeckt. Mit diesem Versuch konnte die Verlustwassermenge stark reduziert werden. Nach 7 Jahren kann das Verhalten der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen als gut bezeichnet werden. Weitere Anwendungen werden empfohlen. Die in der Schweiz angewendete Materialprüfung an Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen gemäss neuer Norm SIA 281 wird in einer Übersicht kurz vorgestellt. Auf spezielle Versuche zur Ermüdung (Risse-Überbrückung) wird hingewiesen.

As an example referring to a bassin in the Swiss Alpes, the test for sanitation and sealing of a leak covering of a slope will be described. A large area with open joints and cracks in the bituminous linings, consisting of two layers has been covered with polymer bitumen sheetings over three test fields. With this test, the loss of water could be very much reduced. After seven years, the behaviour of the polymer bitumen sheetings can be described as good. Further applications will be recommended. The testing of material for polymer-bitumen sheetings used in Switzerland is presented in an outlay. We refer to special fatigue tests (bridging of cracks).

Un essai d'assainissement et d'étanchement du revêtement d'étanchéité des talus d'une digue présentant par endroits des fuites est décrit sur l'exemple d'un bassin de compensation situé dans les Alpes suisses. Une surface importante comportant des fissures et des joints disloqués des deux couches de son revêtement d'étanchéité a été recouverte de lés de bitume polymère (LBP) répartis en 3 parcelles d'essai. Cet essai a permis de réduire fortement le volume des pertes d'eau. Sept ans après leur pose, le comportement des lés d'étanchéité peut être qualifié de bon, ce qui permet de conseiller ce procédé pour d'autres applications du même genre. Dans la suite, les essais de matériaux appliqués en Suisse aux lés de bitume polymère selon la nouvelle norme SIA 281 font l'objet d'une brève description qui s'étend aussi à des essais de fatigue spéciaux visant à déterminer leur capacité de «pontage» des fissures.

Einleitung

Verschiedene Ausgleichsbecken zeigen Schäden in den Dichtungsbelägen. Vor allem sind Öffnungen in den Belagsnähten und Risse in hohlraumreicheren Zonen der Böschungsflächen sowie Ausmagerungen der Beläge festzustellen. Grundsätzlich muss nach einer Beurteilung des Gesamtzustandes der Dichtungsbeläge sowie aufgrund der in den Seitendrainagen (obere Böschungsflächen) und in der Drainage am Böschungsfuss (unter Böschungsfläche und Sohle) anfallenden Verlustwassermengen entschieden werden, ob

- Gesamterneuerung der Dichtungsbeläge oder
- Sanierungsarbeiten und Abdichten an und auf der Belagsfläche

erfolgen sollen.

Am Beispiel des nachfolgend beschriebenen Ausgleichsbeckens werden Sanierungsarbeiten an Dichtungsbelägen und das Abdichten auf der Belagsfläche einer Böschung mit *Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD)* erläutert.

Objekt

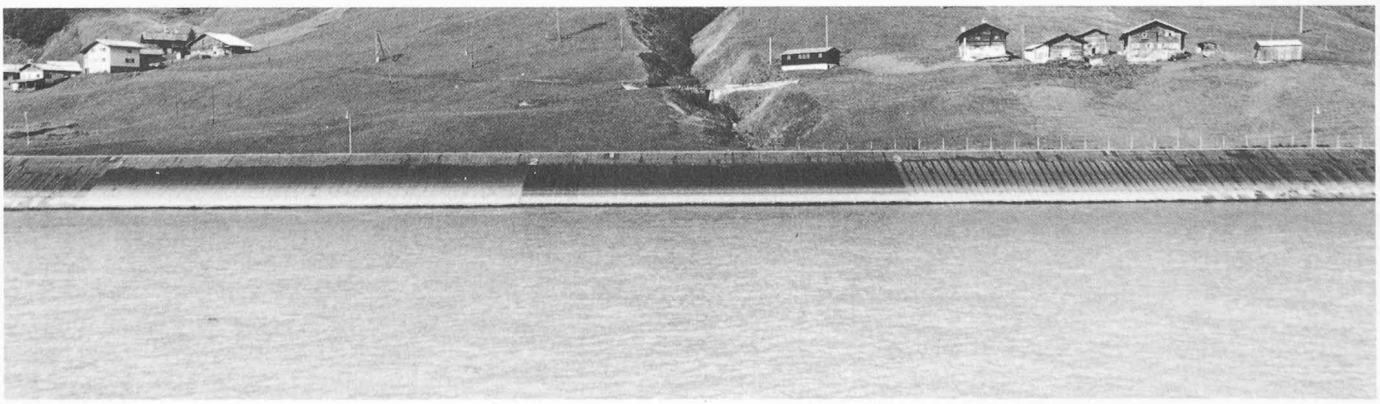
Beschreibung

Das Ausgleichsbecken wurde 1958 in Betrieb genommen. Es liegt auf einer Höhe von 1720 m über Meer. Bild 1 zeigt eine Übersicht; erkennbar sind die drei Versuchsfelder 1, 2 und 3. Die Längsachse des Ausgleichsbeckens ist südwest-nordost-orientiert. Die westliche Böschungsfläche mit den Versuchsfeldern 1 bis 3 wird daher ganzjährig relativ grossen Klimaeinflüssen, insbesondere Temperaturwechseln und Wasserspiegelschwankungen, ausgesetzt. Das Fassungsvermögen des Beckens beträgt 300 000 m³, seine Länge 300 m und seine Breite 100 m. Die maximale nutzbare Wassertiefe beträgt 10 m. Die Böschungsneigungen betragen wasserseitig 1:2 (Freibord 1,5 m), luftseitig 2:3. Die geschüttete Dammkubatur erreichte 160 000 m³, die Fläche des Dichtungsbelages ohne Dammstrasse beträgt 44 000 m².

Ein schematischer Querschnitt des Dammes ist in Bild 2 dargestellt.

Der *Dichtungsbelag* besteht aus zwei Schichten zu je 30 mm. Die Gesamtdikke beträgt somit nur 60 mm. Die Belagsstreifen von 2 m Breite sind in der unteren und oberen Schicht jeweils um die Hälfte, d.h. um 1 m, gegeneinander versetzt. Als Mittelwert der beim Bau erreichten Verdichtung wurde 5,8 Vol.-% Hohlraum im Belag angegeben (Streuung zwischen 4,2–7,2 Vol.-%). Der Hohlraumgehalt ist als relativ hoch anzusehen. Eine Erhöhung des Filler- und Bindemittelgehaltes um je 1 Masse-% wurde für andere Objekte vorgeschlagen. Zudem fehlt eine Nachver-

Bild 1. Gesamtaufnahme der Böschung mit den Versuchsfeldern 1, 2 und 3 mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD)



dichtung durch Verkehr wie allfällig im Strassenbau.

Zur Zeit der Erstellung konnte man sich noch kaum auf Erfahrungen von Dichtungsbelägen bei schweizerischen Ausgleichsbecken stützen. Es hat sich im Verlauf der Beobachtungen gezeigt, dass die gesamte Schichtdicke von 60 mm zu knapp bemessen war.

Die Belagszusammensetzung umfasste:

Filler:	9,3 Masse-%
Sand 0,075–3 mm:	21,6 Masse-%
Splitt 3–8 mm:	61,9 Masse-%
Bitumen B 80/100:	7,2 Masse-%

Die Dichtigkeitsprüfung erfolgte nur im Labor. Die Ergebnisse waren infolge des hohen Hohlraumgehaltes nur knapp zufriedenstellend.

Die am Becken auftretenden Wasserverluste betrugen gesamthaft ca. 5 l/s. Eine Verminderung wurde durch Verschlammen der Belagsoberfläche erwartet. Als zusätzliche Massnahme wurde ein Porenschluss durch Aufstreuen und Einbürsten von Asphaltmehl ausgeführt.

Aufgetretene Schäden

In der sehr hohlraumreichen Böschungsfläche West traten nach einigen Jahren vermehrt Öffnungen der Belagsnähte und weitere Risse auf, die teilweise durch beide Belagsschichten bis auf die Sickerschicht durchgingen.

Insbesondere wurde nach 10 Jahren (1967) eine deutliche Erhöhung der Verlustwassermenge auf ca. 15–20 l/s bei der seitlichen Drainage festgestellt. Festzustellen war zudem, dass der aufgebrachte Porenschluss durch Abwitterung und Erosion weitgehend verschwunden war.

Aufgrund des Gesamtzustandes des Beckens und vor allem durch die Häufung von Schadstellen auf der westlichen Böschungsfläche wurden Sanierungsarbeiten unumgänglich. Dies vor allem, um ein Ausschwemmen der Feinanteile im Dammkörper durch eine erhöhte Sickerwassermenge zu verhindern.

Etappen der Sanierung

Die Sanierung erfolgte in zwei Etappen.

A – Örtliche Reparaturen breiter Risse

Örtliche Reparaturen, vor allem das Schliessen breiter Risse, erfolgte unter versuchsweiser Anwendung verschiedener Produkte, wie

- Schlämmen,
- Mastices,
- Heiss- und Kaltvergussmassen und
- Kunststoffmörtel.

Zudem erfolgte das Anlegen kleiner Versuchsfelder, verteilt auf der ganzen Böschungsfläche zwecks Erprobung verschiedener bituminöser Anstrichmittel als Porenschluss der Belagsoberfläche.

Feststellungen

Nach einem Jahr konnte festgestellt werden, dass nur mit einer kunststoffmodifizierten Bitumenemulsion ein guter Porenschluss zu erreichen war, der jedoch bezüglich Dauerhaftigkeit nicht genügte. Die Reparatur der Risse mit Schlämmen, Mastics, Heiss- und Kaltvergussmassen sowie Kunststoffmörtel befriedigte nicht. Vor allem war ein Ablösen dieser Materialien vom Dichtungsbelag festzustellen.

Ergänzend wurde dann in dieser ersten Etappe das Ausfüllen der Risse *mit stark stabilisiertem Mastix* vorgenommen, und anschliessend erfolgte das Überkleben der gefüllten Risse mit verschiedenen *Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen*. Im Jahre 1976 wurde eine weitere Zunahme der Risse in der Böschungsfläche West festgestellt, was zu dringenden Massnahmen sowie aufgrund der gemachten Erfahrungen in der Etappe A der Sanierung zur nachstehend beschriebenen Etappe B führte.

B – Grossflächiges Abdichten der Versuchsfelder 1 bis 3 mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD)

In der Zone mit den meisten Rissen in der Böschungsfläche West wurden 3 Versuchsfelder, 1, 2 und 3, mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen angelegt, die sich nach Produkten wie folgt unterscheiden:

Feld 1: Produkt 1 = PBD mit Plastomer-Modifizierung der Masse, ohne Abstreuung (PBD/Pl/oA)

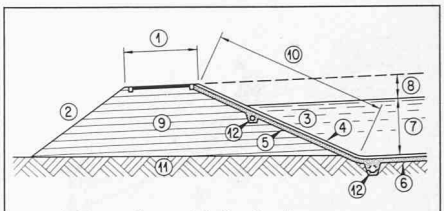
Feld 2: Produkt 2 = PBD mit Elastomer-Modifizierung der Masse, ohne Abstreuung (PBD/El/oA)

Feld 3: Produkt 2 = PBD mit Elastomer-Modifizierung der Masse, mit Abstreuung (PBD/El/mA)

Ausführung der Versuchsfelder

Eine Übersicht der ausgeführten Versuchsfelder zeigt Bild 1 (Zustand nach 7 Jahren Liegedauer).

Die Ausführung der Versuchsfelder erwies sich als recht schwierig und aufwendig, vor allem in bezug auf die *Fräsarbeiten*. Zuerst mussten spezielle Geräte für das Fräsen der Risse und der offenen Belagsnähte, gemäss Bilder 3 und 4, entwickelt werden.



1 Dammkrone bis 5 m breit
2 luftseitige Böschung 2:3
3 wasserseitige Böschung 1:2
4 Dichtungsbelag 2×30 mm
5 Sickerschicht Böschung, 120 mm Körnung 30/60
6 Sickerschicht Sohle, 200 mm Körnung 30/60
7 max. Wasserspiegel 10 m
8 Freibord ca. 1,5 m
9 Dammkörper
10 Böschung, Zone der Versuchsfelder
11 Gewachsener Boden, vorverdichtet
12 Drainagen

Bild 2. Normalquerschnitt des Dammes

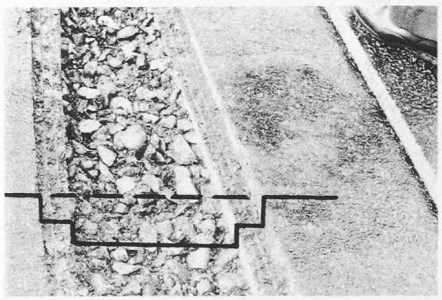


Bild 3 Aufgefräste Naht/Riss, Querschnitt T-förmig, sichtbar ist die Sickerschicht

Die Risse wurden zum Teil T-förmig gefräst, d.h. die obere Belagsschicht wurde breiter ausgefräst als die untere Belagsschicht. Sichtbar wird dadurch der Dammkörper, d.h. die Sickerschicht gemäss Bild 3. Nach dem Fräsen wurde die T-förmige Öffnung *mit stark stabilisiertem Mastix aufgefüllt.*

Verschiedene Erfahrungen und Beobachtungen haben gezeigt, dass auf das Fräsen weitgehend verzichtet werden kann. Dadurch können wesentliche Kosten eingespart werden.

Aufschweissen der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen

Anschliessend an das Auffüllen mit Mastix erfolgte das Aufschweissen der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen. Dies wurde durch *Abrollen* von unten nach oben, unter gleichseitigem Anpressen mit einer von einer Seilwinde gezogenen Element-Rollenwalze, durchgeführt, gemäss Schema und Foto in den Bildern 4 und 5.

Wichtig war beim *Verschweissen* das Erreichen eines konstanten Ablaufens flüssiger Deckmasse von der unteren Seite der Dichtungsbahn, um eine gute Haftung der Dichtungsbahn auf dem Dichtungsbelag zu gewährleisten. Das

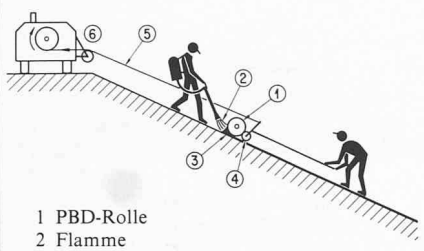


Bild 4. Schema der Anordnung Aufschweissen der PBD

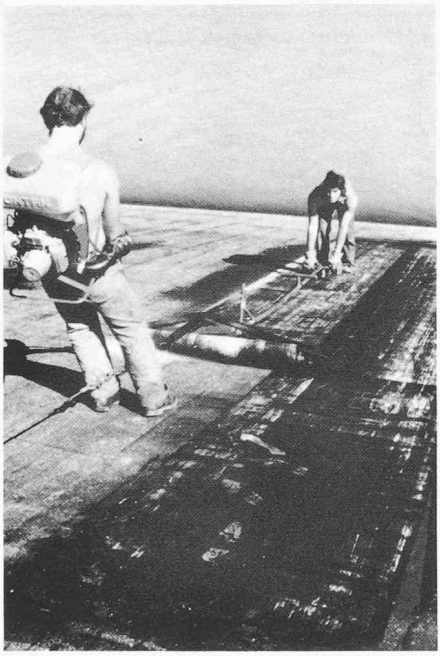


Bild 5. Beispiel Aufschweissen der PBD

Bild 6. Erneuter Riss im mit Matrix geflickten Dichtungsbelag, Überbrückung durch die Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn (PBD). Die PBD wurde bewusst nicht bis ganz hinaufgezogen



vorgängige Aufbringen eines Voranstriches als Haftbrücke erwies sich als erforderlich. Das Aufschweissen der Dichtungsbahn zeigt Bild 5.

Ein wesentlicher Hinweis ist bezüglich *Abstreuung bzw. Begehbarkeit* der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn zu machen. Es zeigte sich schon beim Einbau, dass das Begehen der Flächen ohne Abstreuung (Versuchsfelder 1 und 2) nur beschränkt möglich ist.

Kontrollen und Beobachtungen

Seit der Ausführung (1976/77) wurden die Versuchsfelder 1 bis 3 regelmässig beobachtet. Nach 7jähriger Liegedauer ist der Zustand der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD) gesamthaft als sehr gut zu bezeichnen.

Das Produkt 2 der Felder 2 und 3 mit Elastomer-Modifizierung der Masse (PBD/El) zeigt bezüglich Haften auf dem Dichtungsbelag sowie unter örtlicher Beanspruchung über den Rissstellen etwas besseres Verhalten.

Versuchsfeld 3 mit Produkt 2 mit Abstreuung ist bezüglich Begehbarkeit sehr gut. Aufgrund der gemachten Erfahrung ist eine *Abstreuung unbedingt erforderlich für die Begehung* in der schiefen Ebene, dies speziell im Hinblick auf die periodische Kontrolle der Abdichtungsoberfläche.

Bezüglich Abdichten haben die Versuchsfelder ihre Wirksamkeit vollumfänglich erreicht. Dies ist daran festzustellen, dass in der Seitendrainage nach der Sanierung ein sofortiges Absinken der Verlustwassermenge eintrat.

Zusammenfassende Beurteilung der Versuchsfelder 1 bis 3

Gesamthaft zeigen die Versuchsfelder 1 bis 3 ein gutes Verhalten, sowohl in optischer Hinsicht wie auch bezüglich Abdichtungsfunktion. Zu empfehlen sind nur Materialien mit Abstreuung, die ein sicheres Begehen der schiefen Ebene gestatten. Anzustreben sind bei Bewegungen der Böschung eher Materialien mit Elastomer-Modifikation der Beschichtungsmasse sowie solche mit relativ hoher Trägerfestigkeit und einem hohen Dehnvermögen (hohe Reisskraft und Reissdehnung im Zugversuch ≡ Höchstlast und zugehörige Dehnung im Zugversuch gemäss Definition).

Selbstverständlich geht man nicht davon aus, dass eine aufgeschweisste Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn allfällige Bewegungen der Unterlage aufhalten kann, doch ist ein *gewisses Überbrückungsvermögen* (Kraftverteilung bzw. Übertragung auf den Untergrund beidseitig des Risses bei höherer Trägerfestigkeit) bei solchen und ähnlichen Anwendungen sicher von Vorteil. Zu diesem Punkt sind im Abschnitt *Materialprüfung an PBD* einige Hinweise festgehalten. Diese Problematik veranschaulicht Bild 6. Sie zeigt eine Rissstelle im Dichtungsbelag, die mit stark stabilisiertem Mastix ausgefüllt wurde (Länge des Risses bis Wasserspiegel). Bewusst wurde bei der Sanierung (Etappe B) die Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn nicht bis an die Böschungskante nach oben gezogen.

Der nach dem Aufschweissen der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn im Laufe der Zeit (Kriechen des Dichtungsbelages) wieder eingetretene Riss ist in Bild 6 sichtbar bis zur Dichtungsbahn (Massstab). Er läuft nicht durch die Dichtungsbahn durch, d.h. diese erfüllt ihre Abdichtungsfunktion trotz des im Dichtungsbelag und in der Mastixfüllung weiterlaufenden Risses und weist dadurch ein gewisses Rissüberbrückungsvermögen auf. Eine Prüfung für das Erarbeiten von Anhaltspunkten in Richtung dieser Materialbeanspruchung wurde in die neue Schweizer Norm SIA 281 aufgenommen, vorläufig ohne Anforderungen. Im nächsten Abschnitt werden Prüfeinrichtungen dazu kurz vorgestellt.

Materialprüfung an PBD in der Schweiz

Allgemeines und Normentwurf

Nach mehrjähriger Kommissionstätigkeit des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) ist die erste Fassung der Norm SIA 281, «Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD) - Anforderungswerte und Materialprüfung», erschienen.

Die Einteilung der PBD nach Anwendungsgebieten zeigt die Tabelle 1 (für die Ausführung der Versuchsfelder 1 bis 3 gilt Gruppe A2). Die Anforderungswerte sind aus den Tabellen 3 und 4 ersichtlich. (Numerierung der Tabellen wie in der Norm SIA 281.)

Ermüdungsversuche (Prüfung Nr. 12)

Nachfolgend wird kurz und auf erste Ergebnisse einer in Anlehnung an die Ermüdungsprüfung nach CSTB an der EMPA-Dübendorf entwickelten Prüfung hingewiesen. Vorteil dieser Neuentwicklung ist die Möglichkeit des Feststellens tatsächlicher Undichtheit durch Testen auf Durchlassen von Flüssigkeit und der Möglichkeit der Kraftmessung am Riss. Diese prüftechnische Neuentwicklung dürfte zudem auch für Untersuchungen von Beschichtungen,

beispielsweise von Brückenkordons grosse Aktualität aufweisen und wertvolle neue Erkenntnisse ermöglichen.

Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung ist aus Bild 8 ersichtlich. Horizontal sind in einer Ebene gegeneinander verschiebbare Platten angeordnet. Darauf werden spezielle Trägerplatten mit der aufgeschweissten, geklebten oder geklemmten Polymer-Bitumen-Dichtungsbahn geschraubt. Diese Trägerplatten sind entweder geschlossen oder weisen eine «Anfangsrissöffnung» A auf.

Ab dieser Ausgangsstellung wird bis auf eine «maximale Rissöffnung» M unter einer Dreiecksfunktion gefahren, gemäss Bild 7.

Versuchsdurchführung/Prüfkörper

Zu prüfen sind mindestens 3 Prüfkörper von 200×350 mm. Der Prüfkörper wird auf die Trägerplatten, auf einer Fläche von 150×300 mm (eigentliche Prüffläche), vollflächig aufgeklebt bzw. aufgeschweisst, aufgelegt und geklemmt.
Durch die Bewegung einer oder beider Trägerplatten wird die Anfangsrissöffnung A auf die vorgegebene maximale Rissöffnung M erweitert. Die Prüfung wird weggesteuert mit einer Halbwelle unter Dreiecksfunktion gefahren. Für die Halbwelle beträgt die Amplitude $a_h = M - A$. Der Prüfkörper wird seitlich so aufgebordet, dass die eigentliche Prüffläche von 150×300 mm mit etwa 10 mm Flüssigkeit überdeckt werden kann.
Durch Anordnung einer geeigneten elektrischen Messeinrichtung (Auffanggefäss unter der Rissöffnung, Tropfnasen an Trägerplatten) wird der Moment des Undichtwerdens des Prüfkörpers durch Angabe der bis zu die-

Tabelle 1 (Nr. gemäss Norm SIA 281). Gruppeneinteilung der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen nach Anwendungsgebieten

Gruppe A	Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen in Flachdach-Abdichtungen
A 1	Verlegung unter Schutz- und Beschwerungsschicht, lose verlegt oder mit der Unterlage teilweise oder vollständig verklebt/verschweisst, die einzelnen Lagen untereinander verklebt/verschweisst
A 2	Verlegung ohne Schutz-und Beschwerungsschicht, der Witterung ausgesetzt, mechanisch befestigt oder sturmsicher auf eine dazu geeignete Unterlage (evtl. Wärmedämmung) aufgeklebt oder aufgeschweisst
Gruppe B	Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen als Unterterrain-Abdichtung gegen drückendes oder nicht drückendes Wasser, nicht dem Temperaturwechsel ausgesetzt, mit dem Untergrund verklebte oder auf diesen aufgeschweisste Abdichtung gegen drückendes oder nicht drückendes Wasser
Gruppe C	Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen als Abdichtung von Ingenieurbauwerken, vollflächig auf den Untergrund aufgeschweisst und mit Heissmischbelag abgedeckt

Spezielle Zuordnungen:	
Umkehrdächer	
- vollflächig aufgeklebt oder geschweisst	Gruppe B
- lose verlegte Abdichtung	Gruppe A 1
Aufbordungen und Randabschlüsse der Witterung ausgesetzt	Gruppe A 2

Tabelle 3 (Nr. gemäss Norm SIA 281). Anforderungswerte für Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD)

Nr.	*Prüfung*	*Gruppe A1*	*Gruppe A2*	*Gruppe B*	*Gruppe C*	*Einheiten, Bemerkungen*
1	Reisskraft und Reissdehnung	Tabelle 4, Anforderungswerte für Reisskraft und Reissdehnung bei verschiedenen Trägermaterialien				-
2	Formänderung infolge Wärmeeinwirkung	--*	≦ 0,40 ≦ 0,25	≦ 0,40 ≦ 0,25	≦ 0,40 ≦ 0,25	% Verkürzung in Längsrichtung % Verlängerung in Querrichtung
3	Nahtfestigkeit	≧ 66	≧ 66	≧ 66	≧ 66	% der Mittelwerte nach Prüfung Nr. 1 Werte über 500 N/50 mm gelten in jedem Fall als erfüllt
4	Wärmestandfestigkeit	80	100	80	80	°C
5	Wasserdampfdurchlässigkeit	•	•	--	--	keine Anforderungen
6	Biegung in der Kälte	−10 // 15		−10 // 25		°C // mm Biegeradius
7	Thermische Alterung	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	wie Prüfung Nr. 6
8	Schubfestigkeit	--	--	--	•	N/mm²
9	Brandkennziffer	IV/1	V/1	--	--	-
10	Bewitterung im Freien (Nur Gruppe A2)	- Prüfungen Nr. 1, 2, 3, 6, 7 und 14 vor und nach 5 Jahren der Bewitterung - Prüfungen Nr. 6, 9 und 14 nach 2½ Jahren der Bewitterung				gemäss Text der Prüfung
11	Mech. Durchschlagfestigkeit	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	Fallhöhe 700 m
12	Ermüdung	•	•	•	•	Anzahl Lastwechsel bis zur Undichtheit
13	Wurzeldurchwuchs	•	--	•	--	-
14	Hagelschlag	--	≧17	--	--	m/sec
15	Penetration bei 25 °C	--	--	--	--	1/10 mm
16	Erweichungspunkt Ring und Kugel	--	--	--	--	°C

• = Prüfung ohne Anforderung -- = Prüfung nicht erforderlich * bei Verwendung thermoplastischer Träger, Anforderung wie bei Gruppe A2

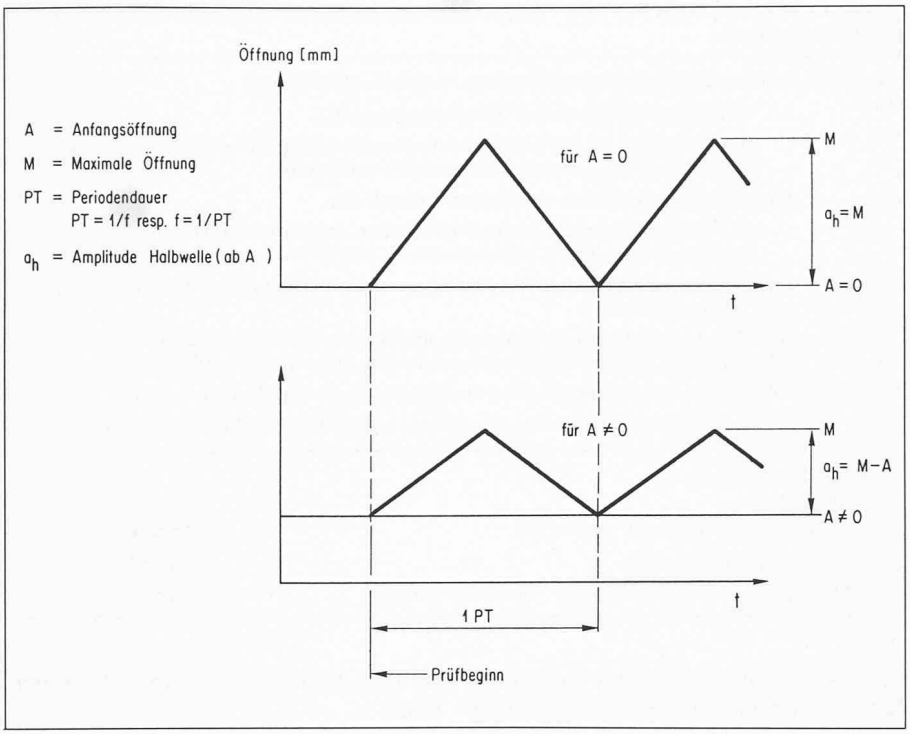


Bild 7. Ermüdungsversuch (Risse-Überbrückung). Schema zum Versuchsablauf (weggesteuert am Riss)

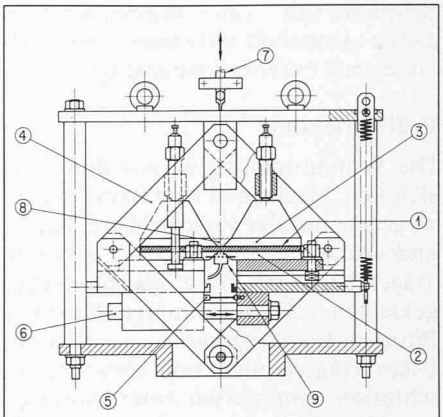


Bild 8. Einbau für Prüfung Nr. 11, Ermüdung in Prüfmaschine mit Klimakammer von −30 °C bis +80 °C gemäss Bild 9

Tabelle 4 (Nr. gemäss Norm SIA 281). Anforderungswerte für Reisskraft und Reissdehnung bei verschiedenen Trägermaterialien

Trägermaterial		*Reisskraft*	*Reissdehnung*
Glasvlies	längs (l) quer (q)	≧250 N/50 mm ≧200 N/50 mm	≧2% ≧2%
Glasgewebe	l+q	≧500 N/50 mm	≧2%
Jutegewebe	l+q	≧500 N/50 mm	≧3%
Polyestervlies	l+q	≧500 N/50 mm	≧30%

sem Zeitpunkt ausgeführten Zyklenzahl festgehalten (1 Zyklus bedeutet eine Bewegung ab Anfangsrissbreite A auf die maximale Rissöffnung M und wieder zurück auf die Anfangsstellung A). Massgebendes Kriterium für die Prüfung ist die erreichte Zykluszahl bis zum Undichtwerden des Prüfkörpers (siehe Bild 8).

Für die Durchführung der Prüfung werden verschiedene Versuchsparameter vorgesehen, wobei eine Beschränkung auf bestimmte Werte von A, M, f und T erforderlich wird, da nicht alle Kombinationen der Parameter gefahren werden können. Eine Festlegung der definitiven Versuchsparameter erfolgt nach weiteren Versuchen.

Erste Versuche wurden bei Temperaturen von $T = -10$ °C und 0 °C durchgeführt, ab geschlossenen Platten ($A = 0$) und Anfangsrissöffnungen A von 0,25 bis 2,0 mm sowie maximalen Rissöffnungen M von 1 bis 4 mm unter Frequenzen von 0,001 bis 1 Hz.

Ergebnisse

- Bei Anfangsrissbreiten $A > 1$ mm haben PBD mit Elastomer-Modifikation der Masse deutlich grössere Zyklenzahlen N bis zum Undichtwerden als PBD mit Plastomer-Modifikation.
- Bei den Elastomer-Bitumen-Dichtungsbahnen ist deutlich ein langsameres Abfallen der maximalen Zugkraft am Riss festzustellen als bei den Plastomer-Bitumen-Dichtungsbahnen (bei gleichem Träger).
- Bei Anfangsrissöffnungen $A \leqq 0{,}5$ mm und Amplituden $(M - A) \leqq 0{,}5$ mm zeigen Plastomer- und Elastomerbahnen ähnliches Verhalten. Die überdehnte Masse, insbesondere der Plastomer-Bitumen-Dichtungsbahn (Dehnung relativ bis 100%), wird im Riss wieder gestaucht.
- Mittelstarke Träger (Masse ca. 200 g/m²) mit Reisskraft von ca. 800–1000 N/50 mm und Reissdehnungen von ca. 60% schneiden am besten ab.
- Ablösungen der PBD von der Unterlage in der Nähe der Rissöffnung («am Rissufer») erhöhen N wesentlich.
- Härteste Versuchsbedingungen sind Aufschweissen und Einklemmen der PBD auf den Trägerplatten und unter den Klemmplatten.

Materialprüfung und Verhalten der Baustoffe in der Praxis – Hinweis

Die neue Norm SIA 281 – Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD), Anforderungswerte und Materialprüfung – hält zu Tabelle 3 fest:

> «Die Anforderungswerte gelten im Zeitpunkt des Materialeinbaus. Veränderungen dieser Werte dürfen die Funktionstüchtigkeit der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen im Gebrauchstemperaturbereich und während der zu erwartenden Gebrauchsdauer nicht beeinträchtigen».

Dadurch ist definiert, dass die Anforderungswerte im Zeitpunkt des Einbaus der Materialien, somit in der Regel im Zeitpunkt der Lieferung beziehungsweise nach Herstellung gelten. Die Anforderungswerte bilden daher einen Rahmen für die verschiedenen Materialkennwerte, die in ihrer Gesamtheit der *Qualitätssicherung* und dem relativen Vergleich zwischen verschiedenen Materialien dienen.

Eine Erweiterung im Hinblick auf Aussagen (Einflüsse durch Klimabeanspru-

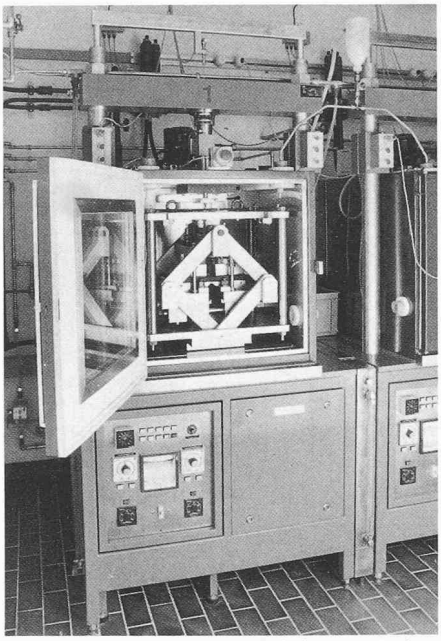


Bild 9. Prüfmaschine «Dynasphalt» mit Einbau für Ermüdungsprüfung gemäss Bild 8

chungen) bezüglich des tatsächlichen Praxisverhaltens stellt insbesondere die Prüfung Nr. 10, «Bewitterung im Freien», dar. Innerhalb dieser Prüfung werden gemäss Tabelle 3 verschiedene Normprüfungen im Zeitpunkt 0, vor der Bewitterung (beim Materialeinbau) sowie gleiche Untersuchungen erneut nach 2½ und nach 5 Jahren Bewitterung wiederholt.

Weitere Prüfungen zur Charakterisierung der Materialien bezüglich Praxisverhalten unter mechanischer Beanspruchung sind die vorstehend beschriebene Prüfung Nr. 12, Ermüdung, sowie die Prüfungen Nr. 8, 9, 11, 13 und 14, nämlich

- Schubfestigkeit, Brandkennziffer, mechanische Durchschlagsfestigkeit, Prüfung auf Wurzeldurchwuchs, Hagelschlag.

Zur *Beurteilung des tatsächlichen Verhaltens* der Abdichtungsmaterialien in der Praxis müsste der Schritt von der Materialprüfung am Einzelbaustoff zur Prüfung ganzer Aufbauten - beziehungsweise von Ausschnitten ganzer Aufbau-Systeme erfolgen.

Der Aufwand an Probenherstellung, an prüftechnischen Einrichtungen und in der Versuchsdurchführung wird für Systemprüfungen jedoch sehr gross. Entsprechende Untersuchungen können nur innerhalb umfangreicher Forschungsaufgaben angegangen werden und müssten beispielsweise umfassen:

- Art und Behandlung des Untergrundes (Beton)
- Variation des Aufbaus (System, Mehrlagigkeit, Anordnung der Dämmstoffe, Dampfsperren etc.)
- Beanspruchungsarten (mechanische Beanspruchung, Klimaeinflüsse, eigentliche Dichtigkeitsprüfung)

Dadurch sollte die Erweiterung der Prüftechnik von der eigentlichen Basis, der Materialprüfung als Qualitätskontrolle gemäss der neuen Norm SIA 281, zur Prüfung der Funktion der Baustoffe (vor allem Dichtigkeitsprüfungen) im System angestrebt werden, wobei die genannten mechanischen Prüfungen Nr. 8–14 der neuen Norm, insbesondere die Prüfung Nr. 10, Bewitterung, und Nr. 12, Ermüdung, mögliche Ansatzpunkte bilden könnten.

Literatur

Kehrli, W.: «Der Bau von Ausgleichsbecken». Hoch- und Tiefbau Zürich, Nr. 6, 7, 8/1960

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: «Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD), Anforderungswerte und Materialprüfung». Norm SIA 281, Zürich 1983

Junker, J. P.: EMPA-F+E-Berichte 10 504 und 10 741, Mehrfach-Prüfanlage «Dynasphalt» und «Universalprüfmaschine UVP 150 kN». Prüfmaschinen mit Baukastensystem verschiedener Einbauten für Festigkeitsprüfungen, nicht publiziert.

Junker, J. P.: «Assainissement et étanchement de bassins de compensation au moyen de lés de bitume polymère» («Watertight Facing of Pumped-Storage with Polymerous Bitume Lining»); Vortrag am Colloque «Etanchéité superficielle», session 4, Barrages, Février 1983, Paris.

Evrard, C. et Chaize, A.: «Contribution à l'étude du comportement des revêtements d'étanchéité sous l'effet de mouvements differentiels du support». Cahiers du centre scientifique et technique du bâtiment, No 133.

Adressen der Verfasser: *J. P. Junker,* dipl. Ing. ETH/SIA, c/o EMPA, Abteilung Strassenbau/Abdichtungen, 8600 Dübendorf, und *W. Kehrli,* dipl. Ing. ETH/SIA, Ing.-Büro Kälin, Dorfstr. 194, 8706 Meilen.

Bituminöse Abdichtungen mit Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen

Anwendung und Ausführung

Von Rolf Brändle, Zürich

Technische Fortschritte der Materialherstellung haben Abdichtungen ermöglicht, die in ihrem Aufbau einfacher und sicherer geworden sind. Trotzdem sind die Konstruktionsdetails aufmerksam zu planen, und die Verlegearbeiten sind mit der nötigen Sorgfalt auszuführen. Der Verfasser des vorliegenden Beitrags verfügt über Erfahrung in der Herstellung und Verarbeitung von Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD) und erläutert die praktische Anwendung und Verarbeitung der Bahnen.

Für die Planung und Ausführung von bituminösen Abdichtungen gelten die Empfehlungen SIA 271 «Flachdächer» und SIA 272 «Grundwasserabdichtungen» [1, 2]. Diese Empfehlungen haben sehr normativen Charakter mit konkreten Ausführungsvorschriften. Daneben hat die Wirtschaftsgruppe der schweizerischen Hersteller von Bitumen-Dichtungsbahnen (Wisda) Richtlinien für die Planung und Ausführung herausgegeben. Diese sind ein praktisches Hilfsmittel mit grundlegender Information über die Materialien und über die fachgerechte Anwendungstechnik [3].

Materialeigenschaften der PBD

Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen wurden aus den herkömmlichen Bitumen-Dichtungsbahnen weiterentwickelt. Die ursprünglichen Eigenschaften von Bitumen-Dichtungsbahnen sind vollständig erhalten geblieben.

Verbessert wurden besonders folgende Eigenschaften:

a) die Elastizität im niederen Temperaturbereich
b) die Beständigkeit bei hohen Temperaturen
c) die chemische Stabilität der Dichtungsmasse gegen Entmischung, Alterung, UV-Strahlung und Angriff von Lösungsmittel
d) die Haftfestigkeit bei Verschweissung der Bahnen unter sich und auf anderen Materialien infolge der vernetzten Molekularstruktur.

Wegen den besonderen Eigenschaften bei Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen erfolgte innert wenigen Jahren eine *breite Verteilung* und *beliebte Anwendung* dieser Bahnen. Die Hersteller der Bahnen verfügen über Kenntnisse der Modifikation von Bitumen und der besonderen Eigenschaften der Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen. Sie über-