



Tiefbauamt Graubünden
Uffizi da construcziun bassa dal Grischun
Ufficio tecnico dei Grigioni

Bauausführung PBD Abdichtungen





Bauausführung PBD Abdichtungen

Inhaltsverzeichnis

1. Funktion der Abdichtungen	3
2. Grundlagen	3
3. Eignung und Vorbereitung des Untergrundes	5
3.1. Geometrische Anforderungen	5
3.2. Anforderungen an den Untergrund	6
4. Abdichtungen mit Polymerbitumen- Dichtungsbahnen (PBD)	10
4.1. Systemgarantie	10
4.2. Ausgleich zu grosser Rauhtiefen bzw. ungenügender Ebenheit	10
4.3. Haftvermittler	11
4.4. Polymerbitumen-Dichtungsbahnen.....	14
4.5. Applikation	19
4.6. Schutzschicht	23
4.7. An- und Abschlüsse	24
4.8. Kontrollen und Prüfungen.....	26
4.9. Schäden und Mängel	29



1. Funktion der Abdichtungen

Infrastrukturbauten wie Brücken, Lehenbrücken und Galerien werden durch das zunehmende Verkehrsaufkommen und im Besonderen durch den Einsatz von Tausalzen hoch beansprucht. Um den Wert und die Gebrauchstauglichkeit dieser Kunstbauten langfristig zu wahren, sind entsprechende Schutzsysteme erforderlich. Ein wichtiger Bestandteil ist der Schutz durch eine alterungsbeständige Abdichtung.

Die Abdichtung schützt die darunterliegenden Bauteile vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und Wasser mit den darin gelösten Schadstoffen (z.B. Chlorid). Sie besteht in der Regel aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD), Kunststoff-Dichtungsbahnen (KDB) oder Flüssigkunststoff (FLK).

Das Abdichtungssystem besteht aus folgenden aufeinander abgestimmten Schichten:

- Rauigkeitsausgleich auf Betonuntergrund (Kratzspachtelung oder Reprofilierung)
- Haftvermittler (Voranstrich oder Kleber)
- Abdichtung
- Schutzschicht (Schutzbelag, Schutzmatte oder Schutzmörtel)

2. Grundlagen

Normen

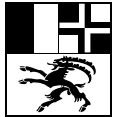
Vertragsnormen:

- SIA 118/271 Allgemeine Bedingungen für Abdichtungen von Hochbauten
- SIA 118/272 Allgemeine Bedingungen für Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und Untertag
- SIA 118/273 Allgemeine Bedingungen für Abdichtungen von befahrenen Flächen im Hochbau

Systemnormen:

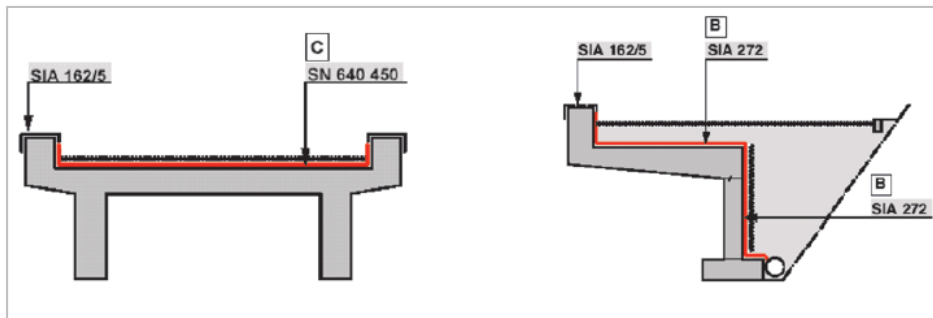
Die Systemnormen legen die Anforderungen an die Baustoffe und Abdichtungssysteme, die spezifischen Regeln für die Projektierung und die Grundlagen der Ausführung fest. Sie dienen somit vor allem der Projektierung und Anwendungen und müssen folglich lokalen objektspezifischen Gegebenheiten Rechnung tragen:

- SN 640 450a Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken
- SIA 270 Abdichtungen und Entwässerungen
- SIA 271 Abdichtungen von Hochbauten
- SIA 272 Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau
- SIA 273 Abdichtung von befahrenen Flächen im Hochbau
- SIA V 274 Fugenabdichtungen in Bauwerken (in Bearbeitung)

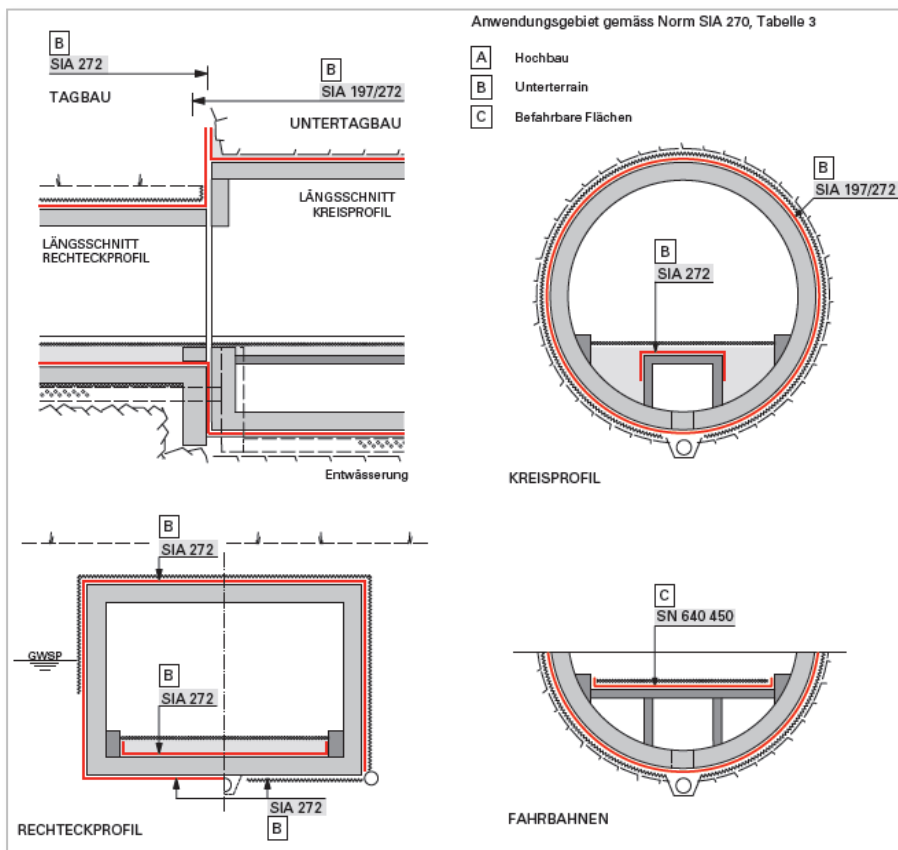


Bauausführung PBD Abdichtungen

Aufteilung der Systemnormen für Abdichtungen von Brücken und Lehenbrücken:



Aufteilung der Systemnormen für Abdichtungen im Tag- und Untertagebau:



Produktenormen:

- SIA 280 Kunststoffdichtungsbahnen
- SIA 281 Bitumenhaltige Dichtungsbahnen (Produkte- Baustoffprüfungen)
- SIA 281/2 Polymerbitumen-Dichtungsbahnen Schälzugprüfungen
- SIA 281/3 Bitumenbahnen - Haftzugprüfungen
- SIA 282 Flüssig aufzubringende Abdichtungen (Produkte- Baustoffprüfungen)
- SIA 283 Gussasphalt
- SIA 284 Fugendichtungsmaterial



Bauausführung PBD Abdichtungen

- EN 1542 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken (Prüfverfahren, Messung der Haftfestigkeit im Abreissversuch)
- EN 1766 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken (Prüfverfahren, Referenzbetone für Prüfungen)

Richtlinien

- Besondere Bestimmungen Teil 2 (BB2) Anhang12/ 13 , Tiefbauamt Graubünden
- Projektierungsgrundlagen, für die Projektierung von Kunstbauten, Tiefbauamt Graubünden
- Konstruktive Einzelheiten von Brücken, ASTRA
- Fachordner Kunstbauten, ASTRA
- ZTV-ING Teil 3, zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinie für Ingenieurbauten

Ausschreibungsgrundlagen

- NPK 172 Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain und für Brücken

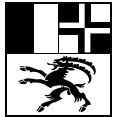
3. Eignung und Vorbereitung des Untergrundes

Durch geeignete Verfahren, Materialien und Geräte ist sicherzustellen, dass die Oberflächenvorbereitung die Eigenschaften des Betonuntergrundes nicht nachteilig verändert. Die Auswahl der Mittel richtet sich nach dem Zustand des Betonuntergrundes und danach, wie die Anforderungen an die nachfolgenden Systemelemente am besten erfüllt werden.

- Geometrische Anforderungen
- Anforderungen an den Untergrund (Haftzugfestigkeit, Ebenheit, Rauigkeit)

3.1. Geometrische Anforderungen

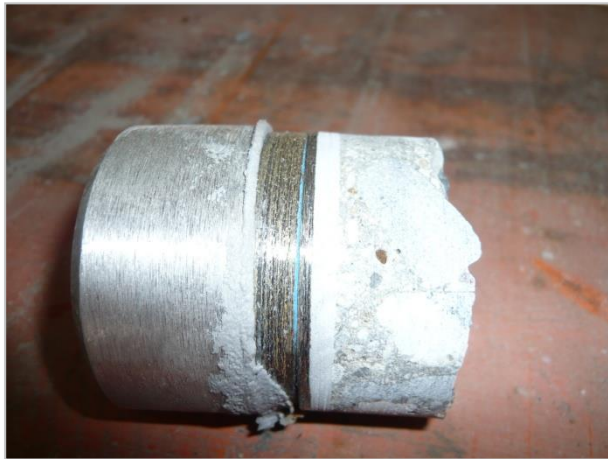
Um die Entwässerung einer Oberfläche zu gewährleisten sind gewisse geometrische Anforderungen zu erfüllen. Für eine Brückenfahrbahnplatte zum Beispiel, ist nebst einem Längsgefälle, ein Fallliniengefälle von 2.5% zu gewährleisten. Gefällswechsel sind möglichst kurz auszuführen. Diese Vorgaben und alle anderen Projektierungsdetails, welche bereits in der Projektierungsphase definiert werden, müssen durch den Unternehmer ausgeführt, bzw. durch die örtliche Bauleitung kontrolliert und durchgesetzt werden.



3.2. Anforderungen an den Untergrund

Festigkeit des Betonuntergrundes

Unter der Festigkeit des Betonuntergrundes wird die Haftzugfestigkeit f_h an der Oberfläche, gemäss EN 1542 "Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken", verstanden. Gefordert wird ein Minimalwert von f_h 1.5 N/mm². Werden die geforderten Werte nicht erreicht, müssen angemessene Massnahmen zur Verbesserung der Festigkeit des Betonuntergrundes getroffen werden.



Haftzugprüfung

Ebenheit des Betonuntergrundes

Unter Ebenheit werden die maximalen Vertiefungen unter der 2-m-Latte verstanden, gemessen an verschiedenen Stellen des abzudichtenden Bauteiles. Dabei darf der maximale Abstich 10 mm (gemäss BB2, Anhang 10, 2.4.04) nicht überschreiten. Wird dieser Wert überschritten, muss sichergestellt werden, dass der Einbau durchführbar und die Entwässerung gewährleistet ist. Andernfalls muss die erforderliche Ebenheit mit Hilfe einer Kratzspachtelung oder Reprofilierung hergestellt werden.



Kontrolle der Ebenheit

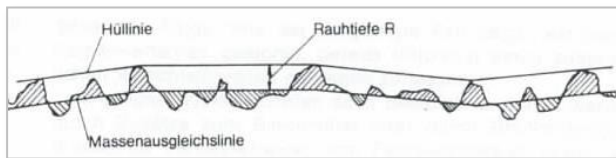


Bauausführung PBD Abdichtungen

Rauhigkeit des Betonuntergrundes

Die Anforderungen an eine sachgemässe Herstellung der Betonoberfläche richten sich nach der EN 1766 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Referenzbetone für Prüfungen“. Die Rauhigkeit wird mit dem Sandflächenverfahren geprüft. Bei einem Sandvolumen (Quarzsand 0,2- 0,5mm) von 50 cm³ darf der Durchmesser nicht kleiner als 23 cm sein.

Rauhtiefe	Durchmesser (cm)	Massnahme
Rt<0.5	> 35 cm	Aufräuen
Rt 0.5 – 1.5*	35 -23 cm	Keine Massnahme erforderlich (*gemäß BB2, Anhang 10, 2.4.04)
Rt >1.5*	< 23 cm	Rauhigkeitsausgleich erforderlich



Darstellung der Rautiefe im Profilschnitt

Kontrolle der Rauigkeit

Um ein Eindringen des Voranstriches in den Betonuntergrund und somit den Verbund zu gewährleisten, muss die Zementhaut der Betonoberfläche entfernt werden. Dieser als Oberflächenvorbereitung bezeichnete Arbeitsschritt muss auf jeden Fall unabhängig davon, welche Rauigkeit vorherrscht ausgeführt werden. Dabei stehen verschiedene Verfahren zur Auswahl:

- Hochdruckwasserstrahlen (HDW) ca. 750 bar
- Sandstrahlen (Sand-Wasser-Gemisch)
- Schleifen



Bauausführung PBD Abdichtungen



Entfernen der Zementhaut mittels HDW (750 bar)



Entfernen der Zementhaut mittels Schleifteller

Betonfeuchtigkeit

Um allfällige Verbundstörungen zwischen Betonuntergrund und Voranstrich/ Kleber zu verhindern, sowie die darüber liegende Abdichtung ohne Blasen bzw. ohne lokale Ablösungen aufzubringen, muss die Betonfeuchtigkeit beachtet werden.

Die Feuchtigkeit des Betonuntergrundes darf den vom Systemlieferanten der nachfolgenden Schicht angegebenen Grenzwert nicht überschreiten. Dieser beträgt im Allgemeinen weniger als 4 Masse-%. Im Normalfall wird diese Anforderung mit einem Betonalter > 3 Wochen erfüllt. Unmittelbar vor dem Aufbringen der Schicht muss der Betonuntergrund gemäss Sichtprüfung trocken sein.

Die Feuchtigkeit des Betonuntergrundes wird mit der Calciumcarbid-Methode (CM-Methode), oder mit einem Feuchtigkeitsmessgerät bestimmt.

Calciumcarbid-Methode (CM-Methode; SIA 273, Anhang B):

Durch Zugabe von Calciumcarbid zum pulverisierten Messgut in einem gasdichten Gefäss bildet sich in einer Reaktion mit dem im Messgut vorhandenen freien Wasser Acetylgas. Dadurch entsteht ein messbarer Druck, aus dem der Wassergehalt errechnet werden kann.



Feuchtigkeitsmessgerät



CM- Methode



Bauausführung PBD Abdichtungen

Beschaffenheit des Betonuntergrundes

Die Oberflächenbeschaffenheit des Betonuntergrundes hat folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Sauber abgezogen, keine Brauen, keine Kanten, keine Überzähne
- keine Reste von Beschichtungen und Nachbehandlungsfilmen sowie keine oberflächlichen Verunreinigungen
- keine rauen und porösen Stellen, wie Kiesnester, Poren und Lunkern
- keine Spuren von alten Abdichtungen, kein Öl, Fett usw.
- kein Wasser, kein Staub und keine losen Teile
- keine freiliegenden Bewehrungsteile usw.

Das Säubern des Betonuntergrundes erfolgt durch die Reinigung mit Druckwasser (50-200 bar) sowie mittels Abblasen mit ölfreier Druckluft. Das Ausbessern von Kiesnestern, Poren und Lunkern hat mit Spezialmörtel zu erfolgen.

Nicht geschalte Betonoberflächen sind genau im Profil abzuziehen und sauber abzutaloschieren. Zudem müssen Fahrbahnplatten (Brücken, Lehnbrücken, Platte der auskragenden Mauerkordone), Decken usw. mit einem Oberflächenvibrator nachverdichtet werden.



Nachverdichten und talochieren des frisch eingebrachten Fahrbahnbetons

Eignung des Untergrundes

Vor Beginn der Abdichtungsarbeiten muss der Untergrund durch einen Vertreter der Abdichtungsfirma und der für die Betonoberfläche verantwortlichen Unternehmung, im Beisein des Bauherrn oder dessen Vertreters, abgenommen und protokolliert werden.

Werden die Anforderungen erfüllt, kann mit der Verlegung der Abdichtung begonnen werden. Werden sie nur teilweise erfüllt, sind die Massnahmen zwischen Abdichtungsfirma und Unternehmung festzustellen. Nach Durchführung allfälliger Massnahmen muss der Untergrund nochmals abgenommen werden.



4. Abdichtungen mit Polymerbitumen- Dichtungsbahnen (PBD)

4.1. Systemgarantie

Die Verträglichkeit sämtlicher Stoffe ist durch den Hersteller bzw. Vertreiber der Polymerbitumen-Dichtungsbahnen zu garantieren (Systemgarantie).

Am Bauobjekt treten Kontaktstellen zwischen der PBD- Bahn und anderen bituminösen Baustoffen auf (Bsp. Randabschlussband mit Heissbitumen zwischen PBD-Bahnen eingiessen) Die Kontaktstellen können ausölen und je nach Ausmass der Ölabgabe die Verbundstellen gefährden bzw. die Eigenschaften der einzelnen Materialien verändern. Aus diesem Grund muss mit der Systemgarantie auch der Voranstrich und das Polymerbitumen für den Randabschluss festgelegt bzw. die Zustimmung zu allen zur Anwendung gelangenden Produkten erteilt werden (Systemkonformität).

Es dürfen nur Dichtungsbahnen verwendet werden, die im Register des SIA aufgeführt sind. Die bei den Haft- und Schälzugprüfungen geforderten Werte müssen für das gesamte System (in der Bahn und im Verbund mit dem Untergrund) gewährleistet werden.

4.2. Ausgleich zu grosser Rauhtiefen bzw. ungenügender Ebenheit

Kratzspachtelung

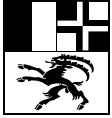
Die Kratzspachtelung besteht aus Epoxidharz mit Quarzsandfüllung. Die Kratzspachtelung dient dem Ausgleich zu grosser Rauhtiefen und wird mit Sand abgestreut. Sie kann lokal oder vollflächig aufgetragen werden. Die Bearbeitungsfläche ist mit ungefülltem Epoxidharz vorzustreichen. Die Kratzspachtelung ist unmittelbar danach nass in nass aufzutragen und über den Hochpunkten abzuziehen.



Loakle Kratzspachtelung aus Epoxidharz mit Quarzsandfüllung

Bitumenhaltige Ausgleichsmasse

Die bitumenhaltige Ausgleichsmasse dient ebenfalls dem Ausgleich von zu grossen Rautiefen. Sie darf nur beim System mit Haftvermittlern auf Bitumenbasis angewendet werden. Die Ausgleichsmasse wird dabei über den Haftvermittler eingebaut. Der Betonuntergrund ist vorgängig schonend zu erwärmen. Die Ausgleichsmasse darf nur punktuell, für Flächen < 0.1m² eingesetzt werden.



Reprofilierung

Die Reprofilierung dient der Herstellung bzw. der Wiederherstellung der geforderten geometrischen Form eines Bauteils durch Beton- oder Mörtelauftrag.



Reprofilierung mit Überbeton

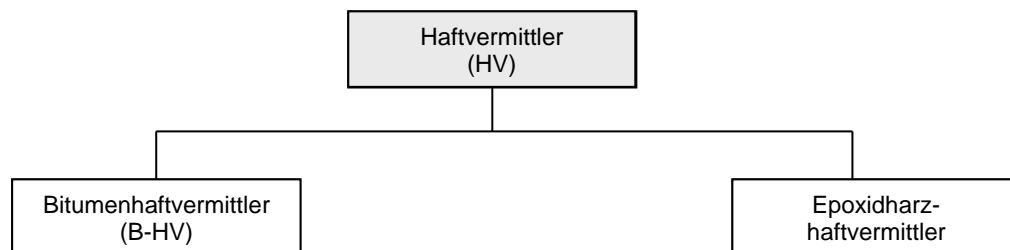


Reprofilierung mit einem Flächenspachtel

4.3. Haftvermittler

Haftvermittler stellen den Verbund zwischen Betonuntergrund und der Abdichtung sicher.

Als Haftvermittler werden folgende Materialien verwendet:



In den 1980er Jahren des letzten Jahrhunderts begann in der Schweiz aufgrund des Umweltschutzes die Diskussion um lösungsmittelfreie Bitumenhaftvermittler (Emulsionen), da allein bei Brückenabdichtungen durch Voranstriche auf Lackbitumenbasis jährlich ca. 20 Tonnen Lösungsmittel in die Umwelt eingebracht wurde. Die Entwicklung von anwendungstauglichen Bitumenemulsionen brauchte Zeit. Aus diesem Grund werden Bitumenemulsionen erst in letzter Zeit angewendet.

Ebenfalls in den 1980er Jahren wurde im deutschen Bundesland Hessen nach unbefriedigenden Erfahrungen mit Bitumenvoranstrichen das System mit Haftvermittler aus Epoxidharz entwickelt (Hessensiegel). In der Schweiz ist dieses System unter dem Namen „Bundessiegel“ bekannt.



Bauausführung PBD Abdichtungen

Haftvermittler auf Bitumenbasis

Unmittelbar vor dem Aufbringen des Voranstriches ist der Betonuntergrund mit ölfreier Druckluft zu säubern. Der Voranstrich wird mittels Roller auf den Traggrund aufgetragen. Dabei ist auf folgendes zu achten:

- Verarbeitungstemperatur 5°C- 30°C
- Auftragsmenge bei $R_t < 2$ mm ca. 80- 150 g/m²
- (Struktur des Betons muss noch erkennbar sein)
- Staubtrocken in 30 min bei 20°C
- Abluftzeit bei Lösungsmittelhaltigen Voranstrichen 24 h bei 20°C !
- Dauer zwischen Einbau Voranstrich und PBD < 1 Woche

Bis zum Einbau der PBD Abdichtung müssen die flüchtigen Anteile aus dem Voranstrich verdunstet sein. Der in den Technischen Merkblättern des Lieferanten gemachten Hinweis zur Auslüftungszeit und der Verbrauchsmenge muss eingehalten werden.



Bitumenhaftvermittler

Haftvermittler auf Epoxidharzbasis

In der Schweiz konzentriert sich die Anwendung von Epoxidharz- Haftvermittler vor allem auf Baustellen des ASTRA und einzelner Kantone. Generell aber ist eine Tendenz zu vermehrter Anwendung feststellbar. In Deutschland ist der „Hessensiegel“ für den Brückenbau obligatorisch.

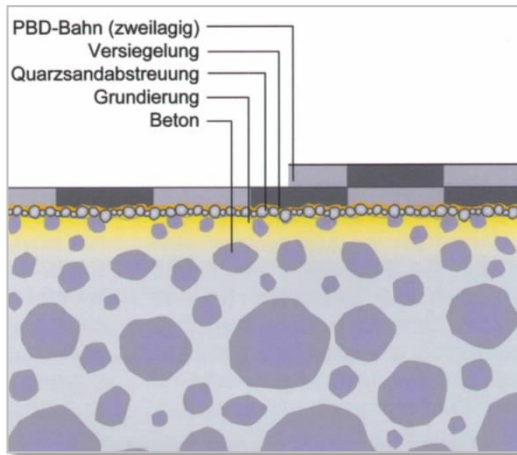
Die Versiegelung besteht aus einer Grundierung (Epoxidharz), welche durch Fluten eingebracht wird (ca. 500 g/m²) und aus einer zweiten Schicht Epoxidharz (ca. 600g/m²). Die Grundierung wird vor Aufbringen der zweiten Schicht mit Quarzsand 07/1.2 mm abgestreut. Das nicht haftende Abstreugut wird nachträglich entfernt.

Dabei ist auf folgendes zu achten:

- Epoxidharz darf nur bei fallenden Temperatur appliziert werden
- Verarbeitungstemp. 10°C - 40°C
- Lachenbildung von Epoxidharz ist zu vermeiden
- Begehbar nach 24 h bei 23°C , nach 3 Tagen bei 8°C
- Dauer zwischen Einbau Voranstrich und PBD < 1 Woche



Bauausführung PBD Abdichtungen



Aufbau des Abdichtungssystems auf Epoxidharzbasis

Abstreuen der Epoxidharzgrundierung mit Quarzsand

Der aufgebrauchte Epoxidharzhaftvermittler hat die Eigenschaft den Untergrund zu versiegeln, und somit als Dampfbremse zu wirken. Für Diffusionsvorgänge ist er nahezu dampfdicht. Weist der Epoxidharz jedoch Poren auf, so konzentriert sich unter Wärmeeinfluss (beim Aufklämmen der PBD- Bahn) ausdehnende Luft und Betonrestfeuchtigkeit auf diese einzelnen Poren und führt an diesen Punkten zu lokaler grossen Volumenzunahme und zu Blasen



Blasenbildung innerhalb PBD



*Aufgeschnittener Blasenohlraum zwischen Träger-
einlage und oberer Dichtungsmasse*



Bauausführung PBD Abdichtungen

	Bitumenhaftvermittler (B-HV)	Epoxidharzhaftvermittler (E-HV)
Wirkung	<ul style="list-style-type: none">▪ Eindringen in Betonoberfläche und Verschluss der Betonporen und Kapillaren▪ Verbessern des Haftens von PBD auf Beton	<ul style="list-style-type: none">▪ Eindringen in Betonoberfläche und Verschluss der Betonporen und Kapillaren▪ Verbessern des Haftens von PBD auf Beton▪ Versiegeln zur Verhinderung des Hochsteigens der Betonfeuchtigkeit
Vorteile	<ul style="list-style-type: none">▪ Kostengünstig▪ Einfache Verarbeitung	<ul style="list-style-type: none">▪ Umweltfreundlich (keine Lösungsmittel)▪ Sperrschicht der Betonfeuchtigkeit▪ Hohe Haftfestigkeit zu PBD▪ Geringe Abhängigkeit von der Betonrauigkeit
Nachteile	<ul style="list-style-type: none">▪ Witterungsanfällig ($t < 5^{\circ}\text{C}$, Regen)▪ Langsame Abbindezeit▪ Betonrauigkeit▪ Evtl. Lösungsmittelhaltig	<ul style="list-style-type: none">▪ Teure und Aufwendige Applikation▪ Witterungsanfällig (Taupunkt, Sonneneinstrahlung)▪ Bei unvorsichtigem Aufflämmen der PBD-Bahn kann sich Epoxidharz zersetzen▪ Lagerung bei $> 10^{\circ}\text{C}$ (Kristallisationsgefahr)

4.4. Polymerbitumen-Dichtungsbahnen

PBD- Bahnen sind flexible, streifenförmige Abdichtungsmaterialien, bestehend aus einer Polymerbitumen-Dichtungsmasse, einer oder mehreren darin eingebetteten Trägereinlagen und einem Oberflächenschutz.

Dichtungsmasse

Die Dichtungsmasse der PBD- Bahnen besteht aus Polymermodifizierten Bitumen. Einer Mischung von Bitumen, Polymeren und mineralischen Beimengungen. Die Kombination von Polymeren mit Bitumen erweitert die Gebrauchsspanne im hohen und tiefen Temperaturbereich und erhöht den Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen. In der Schweiz wird dabei fast ausschliesslich SBS (Styrol- Butadien-Styrol Copolymer) oder APP (ataktisches Polypropylen) als Polymermodifizierung des Bitumens verwendet. Durch Zugabe von SBS oder APP wird die Dichtungsmasse bei tiefen Temperaturen weniger steif und bei hohen Temperaturen zäher.

Trägereinlagen

Trägereinlagen sind Materialien wie Gewebe, Vlies oder Folien, die als Träger der Dichtungsmasse dienen und ihr die erforderliche, mechanische Stabilität und Festigkeit verleihen. Für PBD- Bahnen sind nach (SN 640 490b) nur Trägereinlagen aus anorganischen Fasern und Kunststofffasern zu verwenden. Vorwiegend wird Polystervlies, zum Teil noch Glas- bzw. Glasgittervlies, eingesetzt. Oft weisen die PBD- Bahnen eine zweite Trägereinlage aus Glasvlies oder Aluminium auf. Diese zweite Einlage soll den Hauptträger (Polystervlies) vor Überhitzung schützen (Schmelzpunkt des Polystervlies ca. 255°C).



Bauausführung PBD Abdichtungen

Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz auf der PBD-Bahn Oberseite dient dazu, mechanische Verletzungen beim Einbau, Überhitzung, aber auch Aufsteigen von Polymerbitumen in den Walzasphalt zu verhindern.

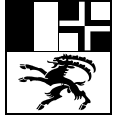
Dieser besteht aus einem Sand/ Talkgemisch oder Schieferschuppen. Auf der Bahnunterseite ist eine sehr dünne Plastikfolie aus Polypropylen aufgesetzt, diese verhindert das Zusammenkleben der aufgerollten Bahn bei der Lagerhaltung. Die Plastikfolie wird beim Aufklappen sofort verbrannt, so dass die geschmolzene Dichtungsmasse ungestört auf der Oberfläche des Haftvermittlers haften kann. Es ist aber darauf zu achten, dass die Plastikfolie vollständig verbrannt wird, ansonsten hat dies negative Folgen auf den Verbund.



Oberflächenschutz Sand-/ Talkgemisch



Trennfolie an der Unterseite der PBD-Bahn



Bauausführung PBD Abdichtungen

Anforderungen

In der SIA 281 «Bitumen- und Polymerbitumen- Dichtungsbahnen- Anforderungswerte und Materialprüfungen» sind Anwendungsgruppen wie folgt definiert worden:

Gruppe	CEN: SN EN-Produkte- Standards EOTA: ETAG	Anwendungsgebiet	Anforderungs- /Systemnormen
Abdichtungen von Hochbauten (A)			
A1	SN EN 13707	<ul style="list-style-type: none">• Unter Schutz- & Beschwerungsschicht (ohne Nutzung)• Unter Nutzschicht begeh- und befahrbar	SIA 271, 273, 274
A2	SN EN 13707	<ul style="list-style-type: none">• Ohne Schutz- & Beschwerungsschicht (Nacktdach) der Witterung ausgesetzt	SIA 271, 274
A3	ETAG 006	<ul style="list-style-type: none">• mechanisch befestigt	SIA 271, 274
A4	ETAG 022	<ul style="list-style-type: none">• Nassräume	SIA 271,274
Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau (B)			
B1	SN EN 13969	<ul style="list-style-type: none">• In Unterterrain-Abdichtungen gegen nichtdrückendes & drückendes Wasser	SIA 272, 274
B2	SN EN 13491	<ul style="list-style-type: none">• Tagbau- & Untertagebautunnel	SIA 272, 274
B3	SN EN 13361	<ul style="list-style-type: none">• Erdverlegte Wasserbecken & Staudämme	SIA 272,274
B4	SN EN 13362	<ul style="list-style-type: none">• Kanäle	SIA 272, 274
B5		<ul style="list-style-type: none">• Schwimmbecken	SIA 272, 274
B6		<ul style="list-style-type: none">• Reservoirs	SIA 272, 274
B7		<ul style="list-style-type: none">• Klärbecken	SIA 272, 274
Abdichtungen von befahrenen Flächen (C)			
C1	SN EN 14695	<ul style="list-style-type: none">• Verkehrsflächen aus Asphaltbelägen und Betonbrücken	SN 640 450a
C2	SN EN 14695	<ul style="list-style-type: none">• Befahrene Flächen im Hochbau	SIA 273, 274
C3	SN EN 15382	<ul style="list-style-type: none">• Abdichtungen unter Verkehrsflächen	-
Abdichtungen gegen Wasserdampf (D)			
D	SN EN 13970	<ul style="list-style-type: none">• Wand, Boden, Dach	SIA 232,251/1, 252, 271, 274
Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchtigkeit (G)			
E	SN EN 14967	<ul style="list-style-type: none">• Mauerwerk, Boden	SIA 251/1, 274
Abdichtungen in Deponien (F)			
F	SN EN 13492; SN EN 13493	<ul style="list-style-type: none">• Flüssig- & Feststoffabfalldeponien (F)	SIA 203
Abdichtungen von Steildach und Aussenwand (G)			
G	SN EN 13859-1 SN EN 13859-2	<ul style="list-style-type: none">• Unterdach im Steildach• Aussenwand (hinterlüftete Fassade)	SIA 232 SIA 233

Die Abdichtungen von befahrenen Verkehrsflächen aus Asphaltbelägen auf Betonbrücken unterliegen den Anforderungen an die Gruppe C1.



Bauausführung PBD Abdichtungen

Die Anforderungen sind in der SN 640 450a «Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken» definiert:

- zugelassene Produkte gemäss SIA Register
- Nenndicke 5 mm
- Etikettierung gemäss SIA 281 «Bitumen- und Polymerbitumen-
Dichtungsbahnen -Anforderungswerte und Materialprüfungen»
- Risskraft, Reissdehnung, Kältebiegung, Wärmestandfestigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit, Masshaltigkeit usw.



Bauausführung PBD Abdichtungen

Produktbezeichnung

Bsp. Sopralen EP 5 Strada – **E-P-5.0-tf-AC (C1)**

Der erste Buchstabe (gross) steht für die Art des Bitumens:

- O Oxidationsbitumen
- **E Elatomerbitumen**
- P Plastomerbitumen

Der zweite Buchstabe (gross) steht für die Trägereinlage. Zusätzliche Trägereinlagen werden durch ein Komma abgetrennt:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| - P Polyestervlies | - J Jutegewebe |
| - V Glasvlies | - K Kupferfolie |
| - G Glasgittervlies | - T PET-Folie bzw. -Vlies |
| - W Glasgewebe | - C Kohlenfaser |
| - A Aluminiumfolie | - M Composite |

Die Zahlengruppe steht für die Dicke (mm): **5.0 mm**

Die dritte Buchstabengruppe (klein) steht für die Art der Oberflächenausrüstung an der Oberseite (erster Buchstabe) und an der Unterseite (zweite Buchstabe):

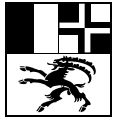
- | | |
|----------------------------------------|---------------------------|
| - t Talk bzw. Talk-Sand Gemisch | - f Flammfolie |
| - s Feinsand | - e PET-Folie bzw. -Vlies |
| - a Schieferschuppen oder Granulat | - p PP-Folie bzw. -Vlies |
| - m Metallfolie | |

Die vierte Buchstabengruppe (gross) steht für spezielle Zuordnungen:

- WF für den Einsatz in wurzelfesten Systemen
- MA für den Einsatz unter Gussasphalt
- **AC für den Einsatz unter Asphaltbeton**

Zusätzlich zur Produktbezeichnung werden in Klammer die Anwendungsgruppen angegeben

- A Abdichtungen von Hochbauten (A1-A4)
- B Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau (B1-B7)
- **C Abdichtungen von befahrenen Flächen (C1-C3)**
- D Abdichtungen gegen Wasserdampf
- E Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchtigkeit
- F Abdichtungen in Deponien
- G Abdichtungen von Steildach und Aussenwand



4.5. Applikation

Vorbereitungsarbeiten

Die PBD- Bahnen müssen auf der Baustelle fachgemäss gelagert werden. Die Rollen müssen stehend deponiert, vor übermässigen Wärmeeinfluss ($>30^{\circ}\text{C}$) und direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Eine längere Lagerung soll an einem trockenen Ort mit möglichst kleinen Temperaturschwankungen erfolgen.

Vor dem Einbau muss der Untergrund gemäss Kapitel 3 „Eignung und Vorbereitung des Untergrundes“, als geeignet bezeichnet werden. Die Oberfläche ist mit ölfreier Druckluft nach zu reinigen. Beim Einbau muss ein besonderes Augenmerk auf die Witterung gelegt werden. Dabei darf der Taupunkt Abstand von 3°C nicht unterschritten werden. Die Einbautemperatur beläuft sich zwischen ca. 3°C - 35°C . Während des Einbaus muss die Witterung trocken sein. Die Vorschriften des Herstellers bezüglich Witterungsbedingungen sind einzuhalten.

Der Zustand der PBD- Bahnen ist vor dem Einbau visuell zu kontrollieren. Banderolen und Etiketten der PBD- Bahn sind zu entfernen. Die Banderolen und Etiketten schmelzen ungenügend und vermischen sich nicht mit dem Bitumen, was zu Verbundstörungen führt. Die Trennfolie darf belassen werden da diese vollständig eingeflämmt wird.



Lagerung der Abdichtungsrollen



Vor dem Einbau müssen die Baderolen entfernt werden

Applikation der Bahn

Abdichtungen aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen müssen einen kraftschlüssigen, vollflächigen und dauerhaften Verbund zum Untergrund aufweisen. Aus diesem Grund werden die PBD- Bahnen im Schweissverfahren appliziert. Der Einsatz geeigneter Gliederwalzen zum Anpressen der aufgeflämmten Bitumenbahnen wird in der SN 640 450 zwingend vorgeschrieben. Das Walzen bzw. Andrücken der Bahn presst das verflüssigte Bitumen in die Vertiefungen, zusätzlich können allfällig durch den Einbau entstandene Verbrennungsgase oder Lufteinschlüsse verdrängt werden. Diesbezüglich ist auch ein besonderes Augenmerk auf die Auf- und Abbordungen zu legen, der vollflächige Verbund ist auch an diesen Stellen zu gewährleisten.

Grundsätzlich sind die Einbautappen so zu wählen, dass der Einbau von „unten nach oben“ erfolgen kann, d.h., dass am tiefsten Punkt der Fläche begonnen werden muss. Die Überlappung der einzelnen Bahnen von 10 cm muss eingehalten werden. Die Stösse der Querüberlappungen sollten von den nebenliegenden Bahnen um min. 50 cm versetzt angeordnet werden, mehr als 3-fach-Überlappungen sind nicht zulässig.

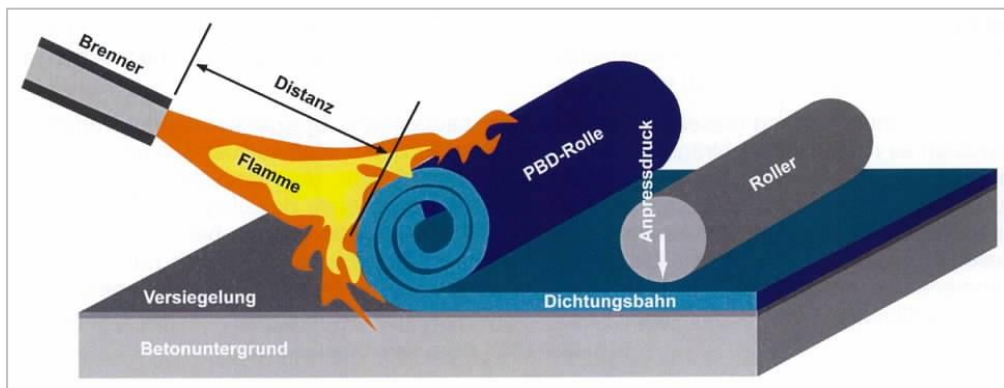


Bauausführung PBD Abdichtungen



Korrekt eingebrachte Abdichtung

Die Applikation der PBD-Bahnen kann von Hand oder maschinell erfolgen. Die Schweissgeräte sind so einzusetzen, dass der Betonuntergrund mit dem Haftvermittler genügend, aber nicht übermässig erwärmt wird. Es darf keine Abplatzungen und keine Sengspuren geben. Die PBD-Bahnen sind durch das Aufschweissen nicht zu beschädigen.



Schematische Darstellung des Schweissvorgangs

Stark brennendes und überhitztes Dichtungsbahn-Bitumen bildet kurzzeitig auch nach dem Abrollen der Bahn noch Verbrennungsgase, die unter der Bahn eingeschlossen werden. Die Verbrennungsgase hinterlassen Hohlräume und bilden damit Blasenkeime aus. Für den Handeinbau soll eine Brennergrösse von maximal 80 mm verwendet werden. Die Flamme muss in einem Abstand von 25- 30 cm vor der Abdichtungsbahn auf den wärmebeständigen Untergrund gerichtet sein. Dadurch wird erreicht, dass das Feuer die Bahn gleichmässig erhitzt und dass zugleich der Untergrund durch das Vorwärmen vor einem thermischen Schock geschützt wird.

Die bei der manuellen Verlegemethode visuell verfolgbaren Abläufe (Kontrolle der Überhitzung der Bahn infolge zu hoher Temperaturen des Brenners) bedürfen bei der Arbeit mit der Verlegemaschine erhöhter Aufmerksamkeit, da das Gerät auf Korrekturen träge reagiert. Die Farbe der Flamme sollte beim Einbau rot/ gelb (Temperatur 500-800°C) und auf gar keinen Fall blau/ weiss (Temperatur bis 1800°C) sein. Die verflüssigte Polymerbitumenmasse darf beim Entfernen des Schweissgerätes (zu Kontrollzwecken) höchstens 2 bis 3 Sekunden weiterbrennen.



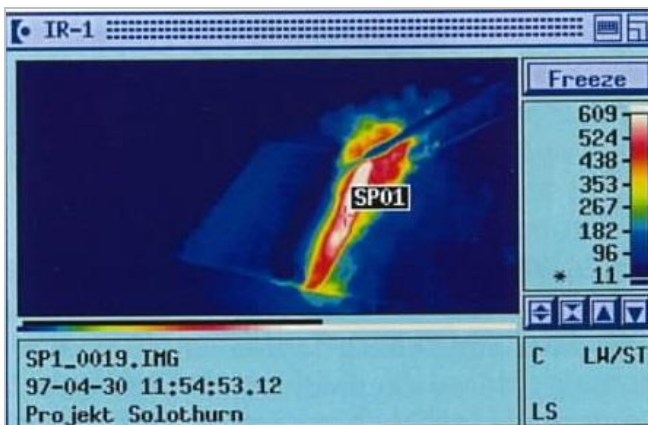
Bauausführung PBD Abdichtungen



Handeinbau



Maschineller Einbau



Thermographie während Einbau SP01= 566°C



Flamme bei maschinellem Einbau

Der vollflächige Verbund ist auch entlang der Überlappungen zu gewährleisten. Beim Erstellen der Längsüberlappung wird der Rand der unteren Bahn oft zu stark erhitzt. Die Gefahr des Schmelzens oder auch des Verbrennens der Trägereinlagen ist dabei gegeben. Dabei bilden die so entstandenen Verbrennungsgase entlang der unteren Bahn Hohlräume.

Entlang der Überlappungsstöße müssen immer Schweissraupen von ca. 50 mm sichtbar sein. Ein zu grosser Schweissrand zeigt an, dass zuviel gebläht wurde und dass deshalb unter der Abdichtung nur noch wenig Polymerbitumen vorhanden ist. Bei Schweissraupen übermässig ausgetretenes Polymerbitumen im Stossbereich muss schonend entfernt oder mit mineralischen Stoffen (z. B. Talkum) abgestreut werden. Mehr als 5 mm dicke Schweissraupen-Wülste sind zu verstreichen. Es besteht sonst das Risiko, dass das ausgeflossene Material beim Belageinbau in den Belag aufsteigt. Dabei können flüchtige Bestandteile wie Weichmacher, Alterungsschutzmittel und Aromate in den Belag eindringen und die bituminösen Bestandteile des Belags zersetzen.



Bauausführung PBD Abdichtungen



Unterschiedliche grosse Schweissraupen



Ungenügend aufgeflämmtter Rand

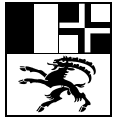


*Auffalten der maschinell eingebrachten PBD-
Abdichtung infolge Längsradius*



Unsorgfältiger Einbau (maschinell)

Die Dichtungsbahunterseite weist je nach Bahntyp bis 3 mm Bitumen auf, wovon beim Aufflämmen gut 1 mm verflüssigt wird. Mit diesem Bitumen müssen einerseits sämtliche Untergrundrauigkeiten ausgefüllt werden, andererseits darf kein Kontakt zwischen Untergrundoberfläche und Trägereinlage der Dichtungsbahn entstehen. Weist nun der Untergrund eine grossflächige oder tiefere Rauigkeit auf, so kann diese mit der Dichtungsbahn nicht aufgefüllt werden, es bleiben folglich Hohlräume zurück, die als Blasenkeime funktionieren.



4.6. Schutzschicht

Die Abdichtung muss innerhalb einer Woche mit der Schutz-/ Tragschicht geschützt werden. Sie darf nur soweit begangen oder befahren werden als für den Einbau der nächsten Schicht (Schutz-/ Tragschicht) unbedingt nötig ist. Bei starker Sonneneinstrahlung sind sofort Schutzmassnahmen gegen die Erwärmung der Abdichtung zu treffen (z.B. Schutz durch Thermomatten). Materialdepots auf der eingebrachten Abdichtung sind zu unterlassen.



Materialdepots bzw. Parkflächen auf der eingebrachten Abdichtung

Vor dem Einbau der Schutz-/ Tragschicht ist die Abdichtung zu reinigen. Der Einbau der Schutz-/ Tragschicht ist auf eine trockene Abdichtung auszuführen.



Reinigung der Abdichtung mit ölfreier Druckluft



Einbau der Schutz- / Tragschicht



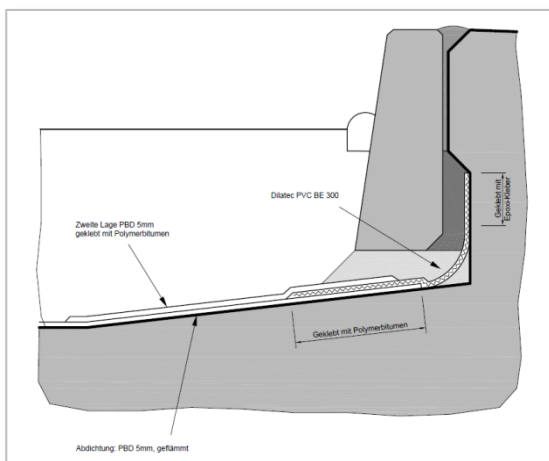
4.7. An- und Abschlüsse

An- und Abschlüsse bilden die Grenzlinie des Abdichtungssystems und sind daher mit der entsprechenden Sorgfalt auszuführen. Die Anschlüsse zwischen der Abdichtung, den Rändern oder den Einbauten müssen zur Verhinderung der Unterläufigkeit dicht und dauerhaft sein. Die Anschlüsse der Einbauten müssen vor dem Einbau der Abdichtung entsprechend gereinigt und entfettet werden. Je nach Material ist, im Hinblick auf die Haftung, die Oberfläche aufzurauen und mit einem Haftvermittler zu versehen.

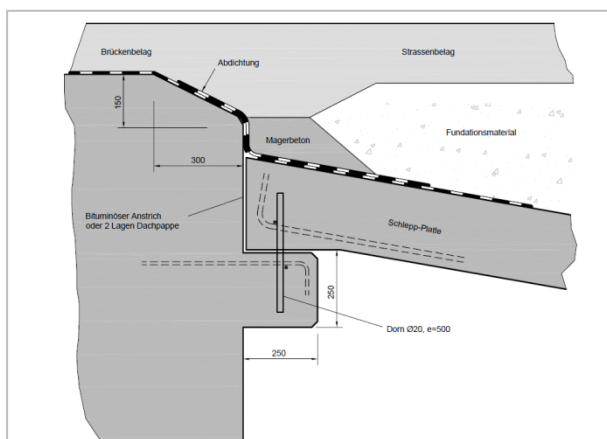
Abdichtungsdetails:

- Seitlicher Randabschluss
- Brückenabschluss
- Anschluss an Belagsentwässerungstrichter/ an Entwässerungsschächte
- Anschluss Kordonfuge
- Anschluss an Fahrbahnübergänge

Die Ausführung der Abdichtungsdetails hat gemäss den TBA Blätter zu erfolgen. Die eingesetzten Materialien müssen in der Systemgarantie (Kap. 4.1) aufgeführt sein.



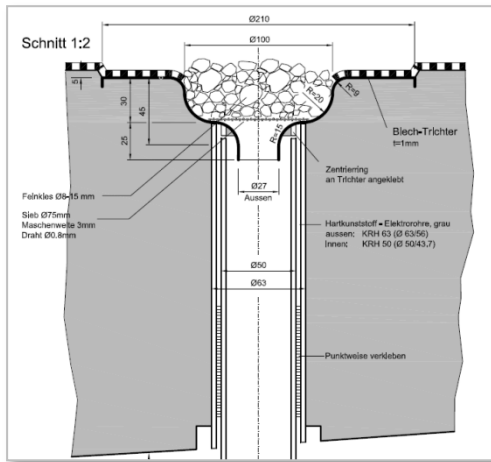
TBA Blatt 4136/ 4137 Randabschluss PBD



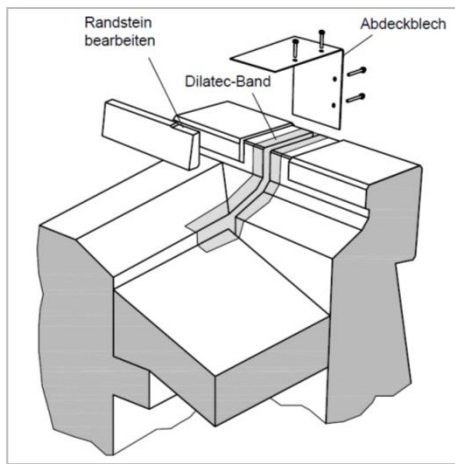
TBA Blatt 4443 Schlepp-Platte



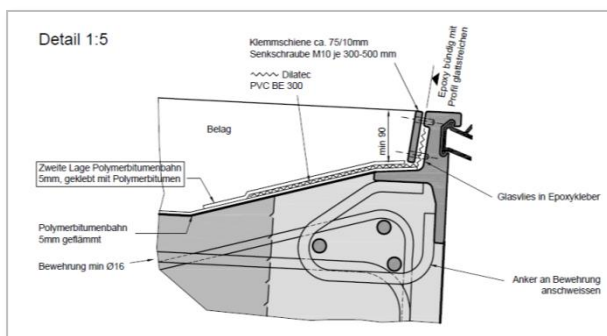
Bauausführung PBD Abdichtungen



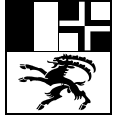
TBA Blatt 4260 Abdichtungsentwässerung



TBA Blatt 4436 Blechabdeckung Kordonfuge



TBA Blatt 4430 Fahrbahnübergang



Bauausführung PBD Abdichtungen

4.8. Kontrollen und Prüfungen

Visuelle Kontrolle

Kontrolle vor Einbau:

Eigenschaft	Anforderung
Anforderungen an den Untergrund	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anforderungen bzgl. Rauhtiefe, Ebenheit, Feuchtigkeit eingehalten ▪ Allfällig angeordnete Massnahmen ausgeführt ▪ Betonfeuchtigkeit $\leq 4\%$ ▪ Oberfläche schmutzfrei und trocken
Voranstrich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ablüftzeit eingehalten ▪ Auftragsmenge eingehalten
Witterungsverhältnisse	<p>Vorschriften des Herstellers eingehalten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbautemperatur ▪ Taupunktabstand ▪ Trockene Witterung

Kontrolle während Einbau:

Eigenschaft	Anforderung
Eigenkontrolle mittels Schälzugfestigkeit (v. Hand)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach Einbau der 1 Bahn Kontrollmessung ausführen
Witterungsverhältnisse	<p>Vorschriften des Herstellers eingehalten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbautemperatur ▪ Taupunktabstand ▪ Trockene Witterung
Einbautemperatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flammenfarbe rot/gelb (ca. 500-800 °C) ▪ Schweissraupenbreite ca. 50 mm

Kontrolle nach Einbau:

Eigenschaft	Anforderung	Kontrollumfang
Hohlstellenfreiheit	PBD-Bahnen vollflächig aufgeflämmt (akustische Kontrolle mit Reissbesen)	Ganze Fläche
Schweissraupenbreite	ca. 50 mm	Ganze Fläche
Überlappungsbreite	10 cm, Stösse versetzt angeordnet	Ganze Fläche
Beschaffenheit, Zustand	Keine mechanischen Verletzungen	Ganze Fläche
Sauberkeit	Keine Verunreinigungen	Ganze Fläche
Anschlussdetails	gemäss TBA Blätter erstellt	Alle Details



Bauausführung PBD Abdichtungen

Prüfungen

Anzahl Prüfstellen gemäss Besondere Bestimmungen Teil 2 (BB2), Anhang 13:

Bei den eingebauten PBD- Bahnen müssen bei Flächen < 50 m² an 2 Prüfstellen, zwischen 50 und 250 m² an 3 Prüfstellen und für jede weitere 250 m² an 1 zusätzlichen Prüfstelle pro Etappe bzw. Bauteil (horizontal bzw. vertikal) Prüfungen ausgeführt werden. Jede Prüfstelle umfasst je eine Serie von 3 Haftzugprüfungen und 3 Schälzugprüfungen mit nachfolgenden Anforderungen:

Haftzugprüfung:

Gemäss SN 640 450a „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“

Diese verlangt: Bei 5°C $\beta_{HZ} \geq 0.76 \text{ N/mm}^2$
 Bei 30°C $\beta_{HZ} \geq 0.26 \text{ N/mm}^2$

Schälzugprüfung:

Gemäss SN 640 450a „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“

Diese verlangt: Bei 5°C $\beta_{SZ} \geq 6.2 \text{ N/mm}$
 Bei 30°C $\beta_{SZ} \geq 1.0 \text{ N/mm}$

Die Prüfungen erfolgen gemäss SIA 281/2 Polymerbitumen-Dichtungsbahnen Schälzugprüfungen sowie 281/3 Bitumenbahnen-Haftzugprüfungen.



Schälzugprüfung



Haftzugprüfung



Bauausführung PBD Abdichtungen



Handprüfung mit Klaue



Handprüfung nach SIA 281/2



Bauausführung PBD Abdichtungen

4.9. Schäden und Mängel

Schäden können während der gesamten Lebensdauer eines Bauwerks entstehen. Sie können bereits während der Einbauphase oder erst in der Nutzungsphase entstehen. Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Schadensentwicklung ist komplex. Der Ursprung eines Mangels kann durch äussere Einflüsse entstehen oder von einem der beteiligten Materialien ausgehen.

- Verbundmängel adhäsive Schwachstellen zwischen zwei Schichten
 kohäsive Schwachstelle innerhalb einer Schicht
- Blasenkeime best. Hohlräume auf dem Abdichtungsuntergrund
- Blasen Hohlräume, die bei der Applikation der Abdichtung entstehen
- mechanische Schäden

Verbundmängel	
Untergrund/ Haftvermittler	<ul style="list-style-type: none">▪ Betonfeuchtigkeit, die das Eindringen des Haftvermittlers behindert▪ „glasige“ Untergrundoberfläche, die das Eindringen des Haftvermittlers verhindert▪ Geringes Eindringvermögen infolge hoher Viskosität des Haftvermittlers. (Hohe Viskosität infolge hohem Bitumengehalt, hoher Lösungsmittelviskosität oder zu kaltem Material und Umgebungstemperatur)▪ Applizieren von zu viel Bitumen-Haftvermittler (zu grosser Flächenauftrag) hat zur Folge, dass die geringere kohäsive Festigkeit massgebend wird.▪ „Staub“ auf der Oberfläche, verhindert das Eindringen des Haftvermittlers in den Betonuntergrund Verbund
Bitumen-Haftvermittler/ PBD-Bahn	<ul style="list-style-type: none">▪ Bitumenverträglichkeit zwischen Bitumen-Haftvermittler und PBD-Bahn. Bei Bitumen deren Bitumenöle sich gegenseitig abstossen, entsteht eine ölige Schmierschicht▪ „Staub“ auf der Oberfläche verhindert den Verbund zwischen HV/ PBD
PBD- Bahn/ Untergrund	<ul style="list-style-type: none">▪ Ungenügendes Erwärmen der PBD- Bahn▪ Ungenügendes Anpressen der Dichtungsbahn▪ Ungenügendes Schmelzen u. Vermischen der Flammfolie
Blasenkeime/ Blasen	
Untergrund/ PBD-Bahn	<ul style="list-style-type: none">▪ Nicht ausgeglichene Betonrauhigkeit (z.B. Lunkern, Kiesnester usw.)▪ Eingeschlossene Verbrennungsgase (durch das Aufblähen der PBD-Bahn)▪ Beim Aufblähen der PBD- Bahn durch Poren im Beton oder im Epoxidharzhaftvermittler sich ausdehnendes Medium aus dem Untergrund▪ Aufsteigende Betonfeuchtigkeit, der entstehende Dampfdruck bildet Blasen
Mechanische Schäden	
Schäden beim Einbau	<ul style="list-style-type: none">▪ Zu hohe Einbautemperaturen was zur Schädigung der Trägereinlage führen kann