



Kunstbauten Richtlinie

V 1.3 / 28.05.2021

Tiefbauamt

Eine Dienstabteilung des Tiefbau- und Entsorgungsdepartements

Qualität

ISO 9001

Impressum

Tiefbau- und Entsorgungsdepartement

Tiefbauamt, Kunstbauten + Objektmanagement

Beat Jörger

Abbildung 1: Bild Titelseite; Negrellisteg Hauptbahnhof Zürich

Version 1.3 / 28.05.2021

Versionen:

V1: Überarbeitung der Richtlinie vom 06.2013	9.05.2017
V1.1 Anpassung Kap. 7 Graffitienschutz, Ergänzung mit Kap. 8 Hydrophobierung	22.09.2017
V1.2 Anpassung Belagsskizzen (Splittabstreuerung)	22.03.2018
V1.3 Entfernen Normquerschnitt Busplatte / Ergänzung Hydrophobierung	28.05.2021

Inhalt

1	Ausgangslage	5
2	Abdichtung und Beläge	5
2.1	Grundlagen Abdichtung und Beläge	5
2.2	Abgrenzung	5
2.3	Allgemeine Bestimmungen	6
2.4	Beanspruchungsgrad	6
2.5	Entscheidungskriterien Belagsaufbau	7
2.6	Gussasphalt	8
2.7	Walzasphalt	9
2.8	Betondecke	10
2.9	Belagsentwässerung	12
2.10	Rückhaltesystem	14
2.11	Belagsaufbau Tramgleis	15
3	Entwässerung	16
3.1	Hydraulische Bemessung	16
4	Korrosionsschutz	18
4.1	Definitionen Korrosionsschutz	19
4.2	Entscheidungshilfe Korrosionsschutz	19
4.3	Übersicht Korrosionsschutz – Exposition	21
4.4	Beispiele Systemauswahl Korrosionsschutz	22
5	Fahrbahnübergänge	23
5.1	Grundsätze	23
6	Lager	25
7	Graffitienschutz	26
7.1	Betonoberflächen	26
7.2	Natursteinmauerwerk	26
7.3	Betriebs- und Unterhaltsplan	26
7.4	Farbgestaltung	26
8	Hydrophobierung	27
8.1	Planung und Ausführung	27
9	Anhang	28
9.1	Anhang 1: Kontrollplan Abdichtung und Beläge	28
9.2	Anhang 2: Korrosionsschutzspezifikationen / Kontrollpläne	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bild Titelseite; Hertersteg über die Sihl (02F/W22)	2
Abbildung 2: Gussasphalt	8
Abbildung 3: Walzasphalt	9
Abbildung 4: Belagsentwässerung Neubau	12
Abbildung 5: Belagsentwässerung Instandsetzung	13
Abbildung 6: Rückhaltesystem	14
Abbildung 7: Belagsaufbau Bereich Tramgleis	15
Abbildung 8: Systemschema Situation Brückenentwässerung	16
Abbildung 9: Lettenviadukt vor der Sanierung 2012 / Baujahr 1925	18
Abbildung 10: Schemaschnitt FB-Übergang	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grundlagen Abdichtung und Beläge	5
Tabelle 2: Definition Beanspruchungsgrad	7
Tabelle 3: Entscheidungskriterien Belagsaufbau	7
Tabelle 4: Schichtaufbau Gussasphalt	8
Tabelle 5: Schichtaufbau Walzasphalt	9
Tabelle 6: Massgebendes Einzugsfläche [m ²] für die Anordnung der Abläufe auf Brücken mit einem Quergefälle $\geq 2,5\%$	16
Tabelle 7: Abfluss in Sammel- und Ablaufableitungen [l/s]	17
Tabelle 8: Beurteilung der Baulichen Massnahmen am Übergang von der Brückenentwässerung auf die Sammelleitung der Strasse	17
Tabelle 9: Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2	20
Tabelle 10: Übersicht Korrosionsschutz – Exposition	21
Tabelle 11: Beispiele Systemauswahl Korrosionsschutz	22

Abkürzungen

FLK-Abdichtung	Flüssigkunststoff-Abdichtung
PMMA	Polymethylmetacrylat-Basis Abdichtung
MA	Gussasphalt
PmB	Polymermodifiziertem Bitumen
T1 – T4	Verkehrslastklassen (siehe VSS Norm 640 342 Dimensionierung Strassenaufbau)

1 Ausgangslage

Grundsätzlich wendet das TAZ für den Bereich Kunstbauten die Richtlinien des ASTRA (Bundesamt für Strassen) an.

Die Richtlinie des TAZ bildet im Wesentlichen einen Auszug aus dem Richtlinienwerk des ASTRA, wobei für gewisse Bereiche Modifikationen vorgenommen wurden. Wo weitergehende Angaben bezüglich Konstruktionsdetails und Ausführung erforderlich sind, sind die entsprechenden ASTRA Richtlinien zu konsultieren. Bei widersprüchlichen Vorgaben ist die TAZ Richtlinie anzuwenden.

Mit der vorliegenden Zusammenfassung sind die wichtigsten Ausführungsdetails und allfällige anderslautende Vorgaben definiert. Die Auswahl der Konstruktionsdetails und anzuwendenden Schichtaufbauten sind aus den Erfahrungen des Betriebs und Unterhalts der Kunstbauten in der Stadt Zürich hervorgegangen und sind auf die besonderen Rahmenbedingungen und das Umfeld der städtischen Verhältnisse angepasst.

Weitere Fachunterlagen wie z.B. die Projektbasis, Nutzungsvereinbarung und Betriebs- und Unterhaltsplan sind für jedes Bauwerk zu erstellen. Vorlagen dazu stehen auf der TAZ-Homepage zur Verfügung und sind gemäss vorgegebener Struktur für jedes Bauwerk anzuwenden.

Innerhalb geltender technischer Weisungen, Richtlinien und Normen sind die Ausführungsmöglichkeiten auf wenige Standardlösungen und -prinzipien zu reduzieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass unter Gewährleistung der Sicherheit das beste Kosten-Nutzenverhältnis über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen nachzuweisen ist, der Strassenraum für Betrieb und Unterhalt möglichst wenig beansprucht wird und Einheitlichkeit von der Projektierung über die Beschaffung bis zu Betrieb und Unterhalt geschaffen wird.

In der vorliegenden Richtlinie sollen diese Beschränkungen auf technische Standardlösungen festgelegt werden.

2 Abdichtung und Beläge

Die möglichen Abdichtungs- und Belagsaufbauten wurden bewusst auf wenige anzuwendende Aufbaustandards reduziert. Damit wird erreicht, dass ein wirtschaftlicher Einsatz und ein einfacher Unterhalt der Beläge und Abdichtungen sichergestellt werden kann.

Die vorgeschlagenen Standards sind im Grundsatz anzuwenden. Wenn in der Ausbildung abgewichen wird, oder wenn ein anderer Aufbau eingesetzt werden soll, ist bei der Entwicklung, Planung und Ausschreibung der Bereich Kunstbauten und Objektmanagement einzubeziehen.

2.1 Grundlagen Abdichtung und Beläge

VSS SN 640 420b	Asphalt Grundnorm
VSS SN 640 440c	Gussasphalt
VSS SN 640 444	Prüfplan für Gussasphalt
VSS SN 640 450a	Abdichtungssysteme und bituminöse Schichten auf Betonbrücken
Kunstbauten (FHB K) 22 001	ASTRA Fachhandbuch, Ausgabe Januar 2016

Tabelle 1: Grundlagen Abdichtung und Beläge

2.2 Abgrenzung

Die vorgeschlagenen Abdichtungen und Beläge sind auf Brücken und Unterführungsbauwerken bei Betonkonstruktionen anzuwenden. Der Übergang zu Walzasphalt oder anderen Oberflächen ist entsprechend auszubilden, siehe Kap. 5 Fahrbahnübergänge.

2.3 Allgemeine Bestimmungen

Die angegebenen Schichtstärken sind als *Maximalstärken* einzubauen. Eine grössere Schichtstärke bringt keine Verbesserung sondern eine Verschlechterung der Standfestigkeit. Pro Schicht ist das grösstmögliche Korn einzubauen, da dadurch der Belag standfester wird. *Falls eine grössere Belagsstärke erforderlich ist, ist der Ausgleich mit Konstruktionsbeton zu schaffen.*

Es ist eine FLK-Abdichtung auf PMMA Basis zu verwenden. Bei dieser kann auf eine Epoxidharzversiegelung verzichtet werden. Da die PBD-Abdichtung in den Stössen bis zu 3 Lagen aufweist, wäre diese weicher und damit weniger geeignet.¹

2.3.1 Bitumen

Es sind in allen Schichten zwingend Polymermodifizierte Bitumen (PmB) zu verwenden:

- Es ist niederviskoser Bitumen (NV-Bitumen) zu verwenden.²
- Die Qualität der Bitumen ist vor dem Einbau zu prüfen (siehe Vorlage Kontrollplan, Kap. 9.1 Anhang 1: Kontrollplan Abdichtung und Beläge).

2.3.2 Einbauten

Jede Einbaute ist ein Störfaktor und damit ein potentieller Schwachpunkt der Konstruktion. Die Anzahl ist auf das absolute Minimum zu reduzieren. Schächte müssen am Rand der Fahrbahn angeordnet werden. Für den Einbau und Ausführung ist ein Kontrollplan zu erstellen (siehe Vorlage Kontrollplan, Kap. 9.1 Anhang 1: Kontrollplan Abdichtung und Beläge)

2.3.3 Einbaubedingungen

Gussasphalte werden lediglich vergossen und nicht verdichtet. Aus diesem Grund ist beim Einbau besonderes Augenmerk auf die Verarbeitungstemperatur zu legen.

Alle Schichten sind bei warmer und trockener Witterung einzubauen. Bei Niederschlag darf nicht eingebaut werden. Die Temperatur der Unterlagen muss mind. +10 °C betragen. Bei starkem Regen, wenn ein geschlossener Wasserfilm entsteht, dürfen Binder- und Tragschichten nicht eingebaut werden.

Beim Gussasphalt sind die Längsnähte versetzt anzuordnen. Bevor die neue Schicht eingebaut wird, sind die Flanken der alten Schicht mit Wärme zu aktivieren.

Gussasphaltschichten sind nicht besonders nachzubehandeln. Allerdings ist eine ausreichende Abkühlzeit (mindestens eine vollständige Nacht) einzuplanen. Im Sommer ist auch die Möglichkeit von Nächten mit Temperaturen über 20 °C bei der Bauplanung zu berücksichtigen und die Abkühlzeit auf mindestens zwei Nächte zu verlängern. Eine künstliche Beschleunigung des Abkühlvorgangs mit Wasser führt zu grossen Temperaturdifferenzen in den Schichten, damit zu Spannungen und möglicherweise sogar zu Spannungsrisen. Daher ist darauf zu verzichten.

2.4 Beanspruchungsgrad

Aufgrund der aufgeführten Kriterien ist der Beanspruchungsgrad zu definieren, welcher den Belagsaufbau vorgibt. Eine Abweichung von den vorgegebenen Rahmenbedingungen ist mit dem Fachbereichsleitung Kunstbauten und Objektmanagement abzusprechen.

¹ VSS-Norm SN 640 450a Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken

² VSS-Norm SN 640 440c Gussasphalt

Es wird unter folgenden Beanspruchungsgruppen unterschieden:

Beanspruchungsgrad	Beanspruchungsdefinition
I. leichte Beanspruchung	▪ ausschliesslich Langsamverkehr
II. normale Beanspruchung	▪ Verkehrslastklassen bis T4, ohne besondere Einwirkungen gem. Beanspruchungsgrad III
III. hohe Beanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ab Verkehrslastklasse T5 ▪ ab Verkehrslastklasse T4 und stehendem oder bremsendem Verkehr (STOP Markierung oder LSA) ▪ ab Verkehrslastklasse T4 und bei engen Radien $r < 100$ m ▪ ab Verkehrslastklasse T4 und starkem Längsgefälle ab 7 %³ ▪ ab Verkehrslastklasse T4 und starker Sonneneinstrahlung (z.B. Ausrichtung nach Süden oder Südwesten, ohne Beschattung durch Häuser oder Bepflanzungen)

Tabelle 2: Definition Beanspruchungsgrad

2.5 Entscheidungskriterien Belagsaufbau

Bei der Entscheidung, welcher Belagsaufbau für eine Kunstbaute zu verwenden ist, sind nachfolgende Kriterien massgebend.

Grundsätzlich ist von einem Gussasphaltaufbau auszugehen, alle anderen Belagsaufbauten sind zu begründen. Bei besonderen Verhältnissen kann Objektbezogen ein Walzasphalt (grosse Objekte) oder eine Betondecke (kleine Objekte, Unterführungen) bevorzugt werden.

Die definitive Wahl des Oberflächensystems hat immer in Absprache mit der Fachbereichsleitung «Kunstbauten & Objektmanagement» zu erfolgen.

Gussasphaltaufbau	Grundsätzlich anwenden
	▪ => Standardaufbau
Walzasphaltaufbau	Anwendung möglich wenn: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sehr grosse Einbautappen möglich sind (z.B. Hardbrücke) ▪ Offene Strecke und Lärmempfindliche Umgebung
Betondecke ⁴	Anwendung möglich wenn: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kleine Flächen (Massnahmen zur Rissverhinderung treffen) ▪ Unterführungen Langsamverkehr

Tabelle 3: Entscheidungskriterien Belagsaufbau

³ Nach SN 640 100 / SN 640 110: max. Längsneigung für 50 km/h: 11 %; min. Radius für 50 km/h: 75 m

⁴ Der Bauablauf, resp. die prov. Verkehrsführung kann massgebend die Entscheidung für oder gegen Beton sein.

2.6 Gussasphalt

Grundsätzlich ist ein Gussasphaltaufbau anzuwenden.

2.6.1 Belagsaufbau Gussasphalt

	Gehweg		Fahrbahn leichte Beanspruchung		Fahrbahn normale Beanspruchung		Fahrbahn hohe Beanspruchung	
Deckschicht:	MA 11N	35 mm	MA 11N	35 mm	MA 8N	25 mm	MA 11H	30 mm
Binderschicht:	--	--	--	--	MA 11N	30 mm	MA 11H	30 mm
Schutzschicht:	MA 11N	35 mm	MA 11N	35 mm	MA 11N	30 mm	MA 11H	30 mm
Abdichtung: ⁵	FLK-PMMA		FLK-PMMA		FLK-PMMA		FLK-PMMA	
Total Schichtstärke	70 mm		70 mm		85 mm		90 mm	

Tabelle 4: Schichtaufbau Gussasphalt

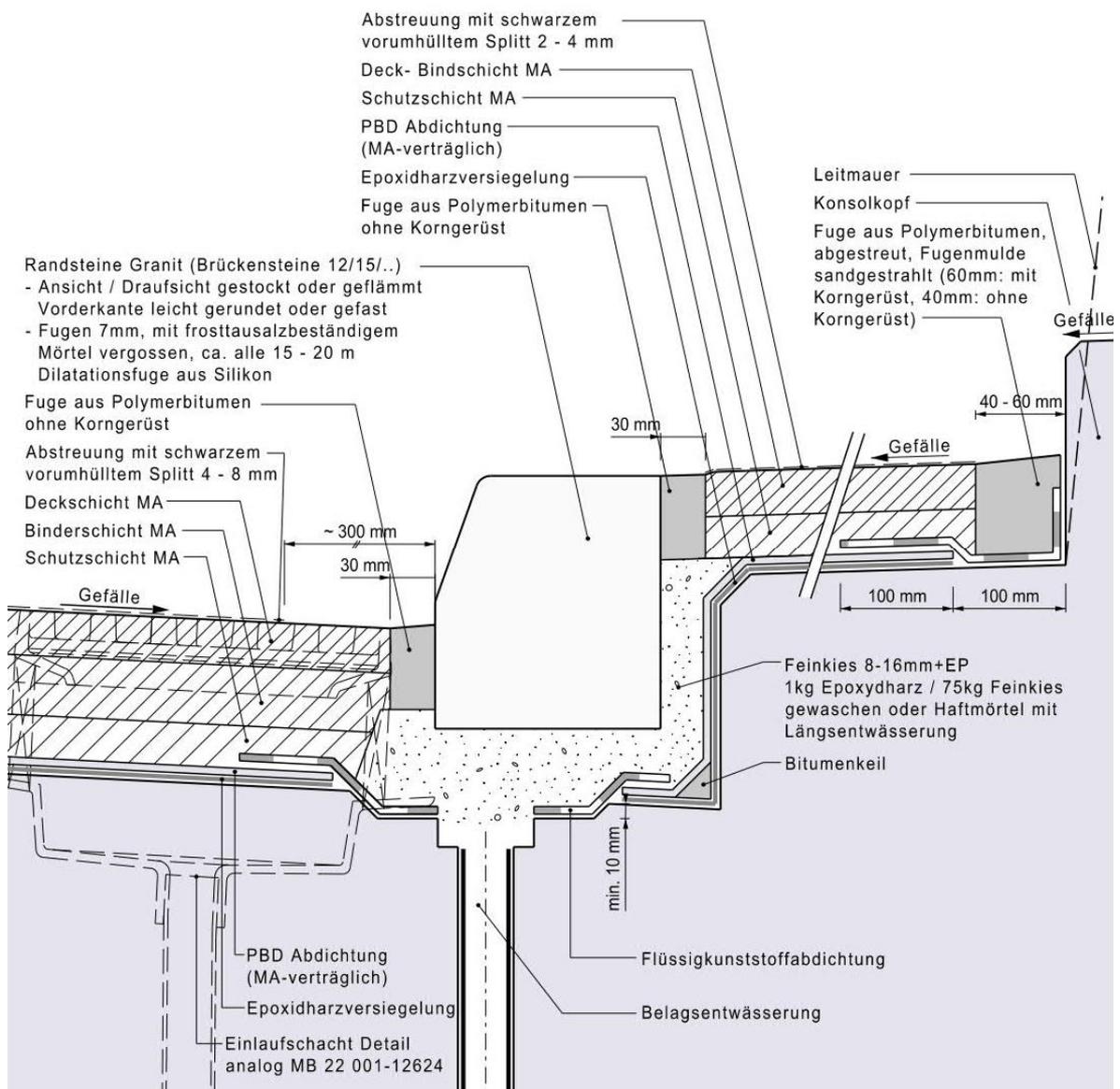


Abbildung 2: Gussasphalt

⁵ Alternativ zur vorgeschlagenen PBD Abdichtung kann auch eine FLK Abdichtung eingesetzt werden

2.7 Walzasphalt

Ein Walzasphaltaufbau ist nur bei Grossen Etappen anzuwenden. Die Anwendung ist zu begründen und mit dem FB «Kunstbauten & Objektmanagement» abzusprechen.

2.7.1 Belagsaufbau Walzasphalt

	Gehweg		Fahrbahn leichte Beanspruchung		Fahrbahn normale Beanspruchung		Fahrbahn hohe Beanspruchung	
Deckschicht:	MA 11N	35 mm	--	--	--	--	AC MR8	25 mm
Binderschicht:	--	--	--	--	--	--	AC B 11H	35 mm
Schutzschicht:	MA 11N	35 mm	--	--	--	--	MA 11H	30 mm
Abdichtung: ⁶	PBD-Abdichtung						PBD-Abdichtung	
Total Schichtstärke	70 mm						90 mm	

Tabelle 5: Schichtaufbau Walzasphalt

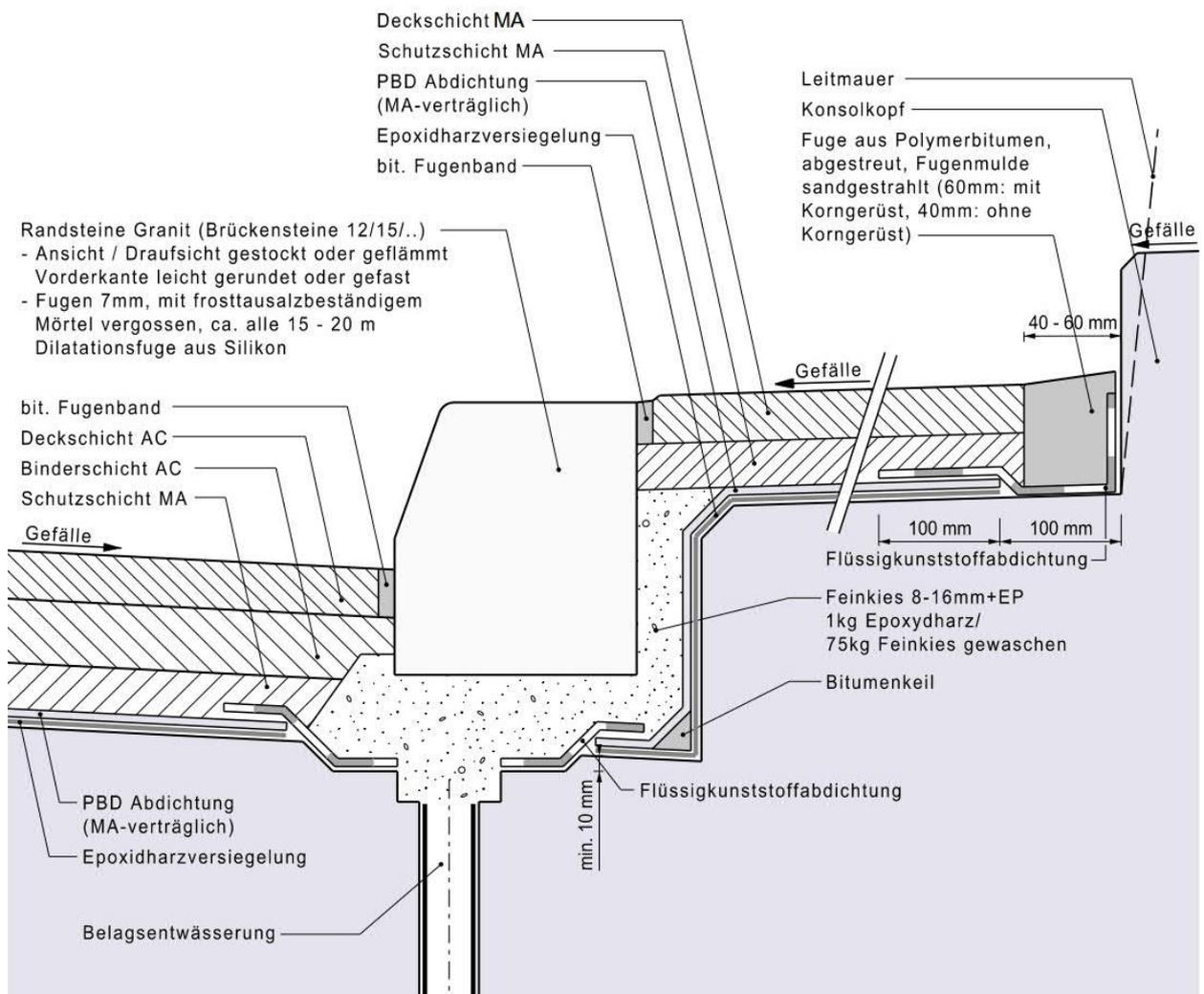


Abbildung 3: Walzasphalt

⁶ Alternativ zur vorgeschlagenen PBD Abdichtung kann auch eine FLK Abdichtung eingesetzt werden

2.8 Betondecke

Eine Betondecke ist nur bei kleinen Objekten zweckmässig. Zu beachten sind die erschwerten Ausführungsbedingungen (Sperrung des Bereichs, Befahrbarkeit erst Tage nach dem Einbringen etc.).

2.8.1 Untergrundvorbereitung

Unebenheiten sind vorgängig auszugleichen, da sie zu Rissen in der Betondecke führen können. Danach ist der Untergrund mit HDW aufzurauen (Rauhigkeit mind. 8 mm, kein Haftvermittler, Haftzug > 1.5 N/mm²). Vor dem Betonieren ist der Untergrund zu reinigen und solange vorzunässen bis er wassergesättigt ist (während mindestens 12 Stunden).

2.8.2 Beton

Mindestdicke 100 mm; C30/37 XC4, XD3, XF4; $D_{\max} = 32$ mm; CI = 0.1; C2 bei Handeinbau, C1 bei maschinellem Einbau; w/z = 0.4 – 0.45; Luftporengehalt: 3 % - 6 %

Zement CEM III/B (Hochofenzement): CEM III/B hat eine geringere Hydratationswärme-Entwicklung und ist somit weniger rissanfällig als CEM I. Zudem ist der Chloridwiderstand höher und die Leitfähigkeit geringer, was sich positiv auf das Korrosionsrisiko auswirkt.

2.8.3 Bewehrung

$A_s \geq 300$ mm²/m ($d \leq 100$ mm), $A_s \geq 450$ mm²/m ($d > 100$ mm);

Bewehrung mit erhöhtem Korrosionswiderstand kann in Betracht gezogen werden, wenn die Bewehrung dem Tragwiderstand angerechnet wird oder wenn sich die Bewehrung im Bereich von negativen Momenten befindet. Beim Top 12 Stahl zum Beispiel tritt eine Depassivierung erst bei Chloridgehalten grösser als 1 M% auf. Bindedrähte sind nach unten zu biegen.

Anstelle der Bewehrung können auch Kunststofffasern mit hohem E-Modul eingesetzt werden (z.B. Concretum Superfiber H880/40).

2.8.4 Klebeanker

Ø 12 mm, Bewehrungsstahl oder Injektionsanker (z.B. Hilti-HY 150), Setztiefe ≥ 120 mm, Abstand 1000 mm, Randabstand 500 mm

2.8.5 Fugen

Vorgeformtes Fugenprofil (Quetschprofil) 50 mm, Spaltenbreite: 12 mm, Fase: 3 mm. Bei Betonbelägen sind Fugen aus Polyurethan (PU) ebenfalls geeignet. Es werden nur die Bauwerksfugen übernommen. Ansonsten werden nur Fugen erstellt, wenn sie vom Bauablauf her erforderlich sind (z.B. Arbeitsfugen, Etappenfugen). Ausnahme bilden sehr dünne Betondecken, wie sie beim Whitetopping zum Einsatz kommen. Fahrbahnübergänge werden nur bei grösseren Brücken angeordnet. Bei kürzeren Brücken (bis ca. 20 m) reicht ein Fugenverguss (20 mm) zwischen Brücke und Vorlandbereich. Die Unterläufigkeit der Betondecke ist mit den folgenden Massnahmen zu verhindern: Aufräuen des Betonuntergrunds, Untergrund ausreichend vornässen, Beton ausreichend verdichten.

2.8.6 Belagsaufbau Betondecke

Der Belagsaufbau für eine Betondecke (Busplatte) auf Konstruktionsbeton ist situativ zu planen!

Grundsätzlich ist die Busplatte durch eine Abdichtung gegenüber dem Konstruktionsbeton zu trennen.

Bei der Planung der Abdichtung ist eine Belagsentwässerung vorzusehen.

2.9 Belagsentwässerung

2.9.1 Notwendigkeit

Da die vergossenen Fugen entlang des Randsteins mit der Zeit undicht werden können, sind die Randabschlüsse zu entwässern.

Kriterien zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Belagsentwässerung:

- Auf Brücken **ohne Fahrbahnübergänge** ist keine Belagsentwässerung vorzusehen.
- Eine Belagsentwässerung ist für Beläge mit Schichten aus AC- und AC B/T, nicht jedoch für Schichten aus MA notwendig.

Wenn eine Belagsentwässerung erforderlich ist, hat dies gemäss den Richtlinien ASTRA zu erfolgen.

2.9.2 Belagsentwässerung Neubau

- Je nach Situation und Gefällsverhältnissen ca. alle 10 m¹ – 25 m¹.
- Auf unten liegende Fahrbahnen darf nicht entwässert werden (Eiszapfenbildung).

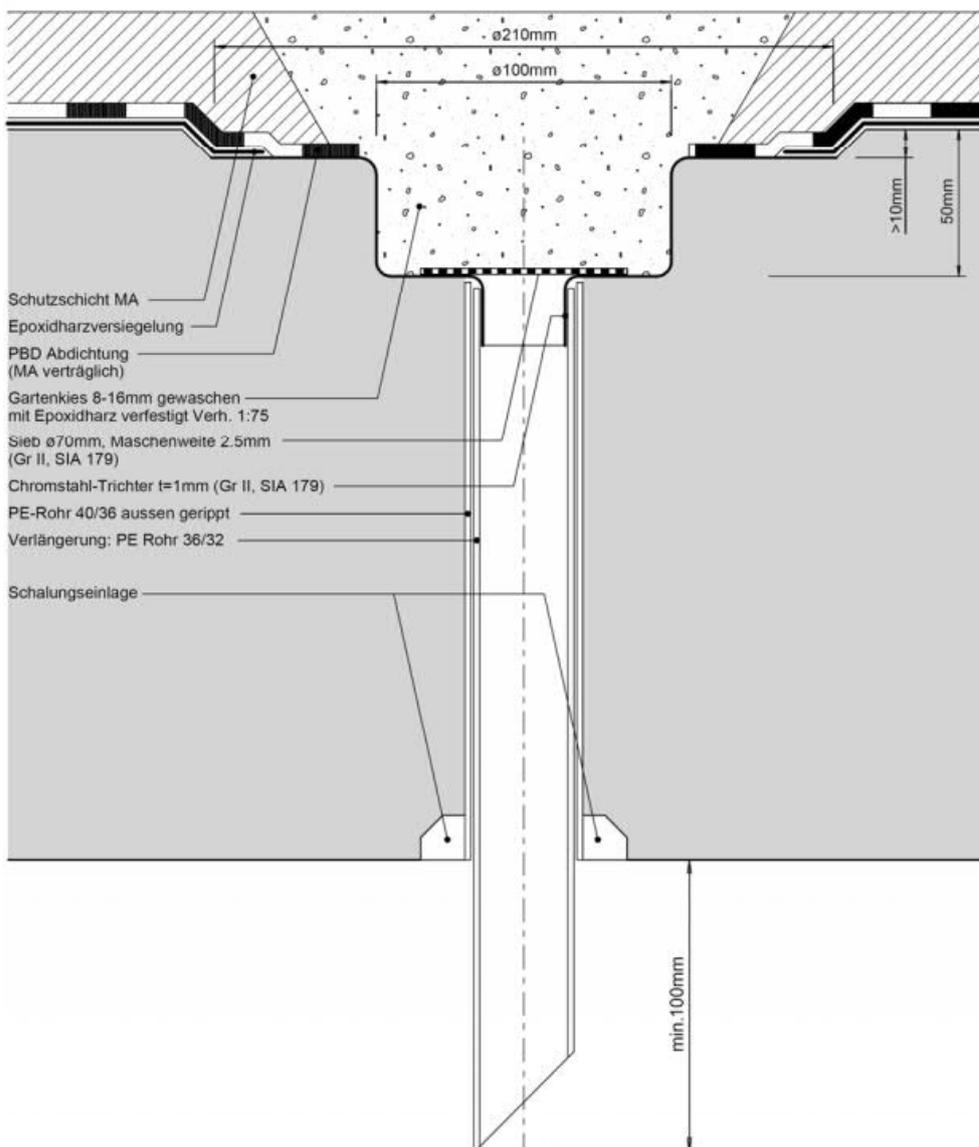


Abbildung 4: Belagsentwässerung Neubau

2.9.3 Belagsentwässerung Instandsetzung

- Je nach Situation und Gefällsverhältnissen ca. alle 10 m¹ – 25 m¹
- Auf unten liegende Fahrbahnen darf nicht entwässert werden (Eiszapfenbildung).

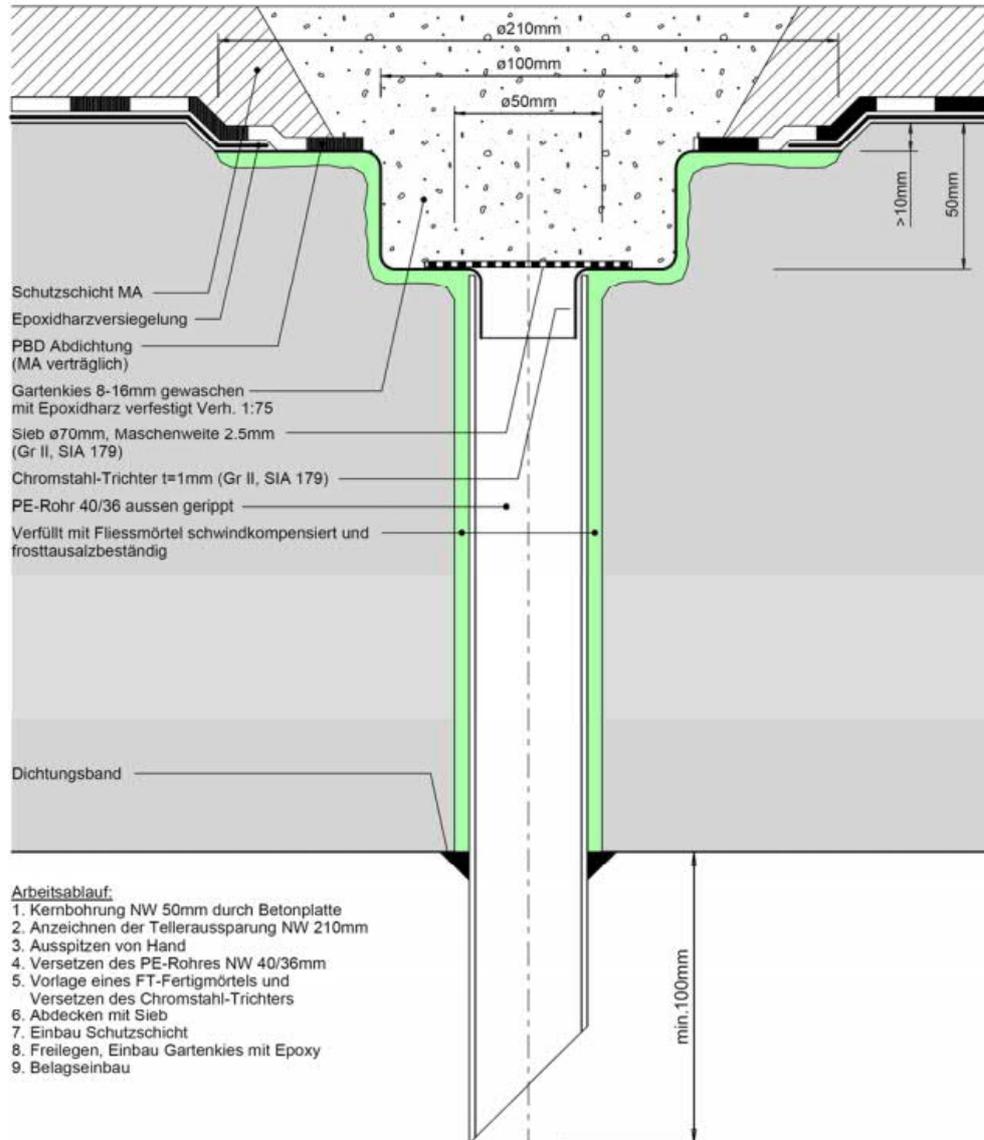


Abbildung 5: Belagsentwässerung Instandsetzung

2.10 Rückhaltesystem

Rückhaltesystem und Geländer sind ausnahmslos mittels Fussplatte und Verbundanker mit Konter-schrauben zu befestigen. Einbetonierte Geländerpfosten oder ähnliche System sind nicht zugelassen.

Bei Rückhaltesystemen ist immer ein statischer Nachweis gem. SN 505 261, Kap 13 Abschränkungen zu erstellen. Für jede statische Berechnung sind die Berechnungsgrundlagen in einer Projektbasis und Nutzungsvereinbarung vorgängig festzuhalten.

Bei Systemgeländer genügt i.d.R der Nachweis der Befestigung, wobei bei Neuentwicklungen der Nachweis immer über das Gesamtsystem zu erbringen ist.

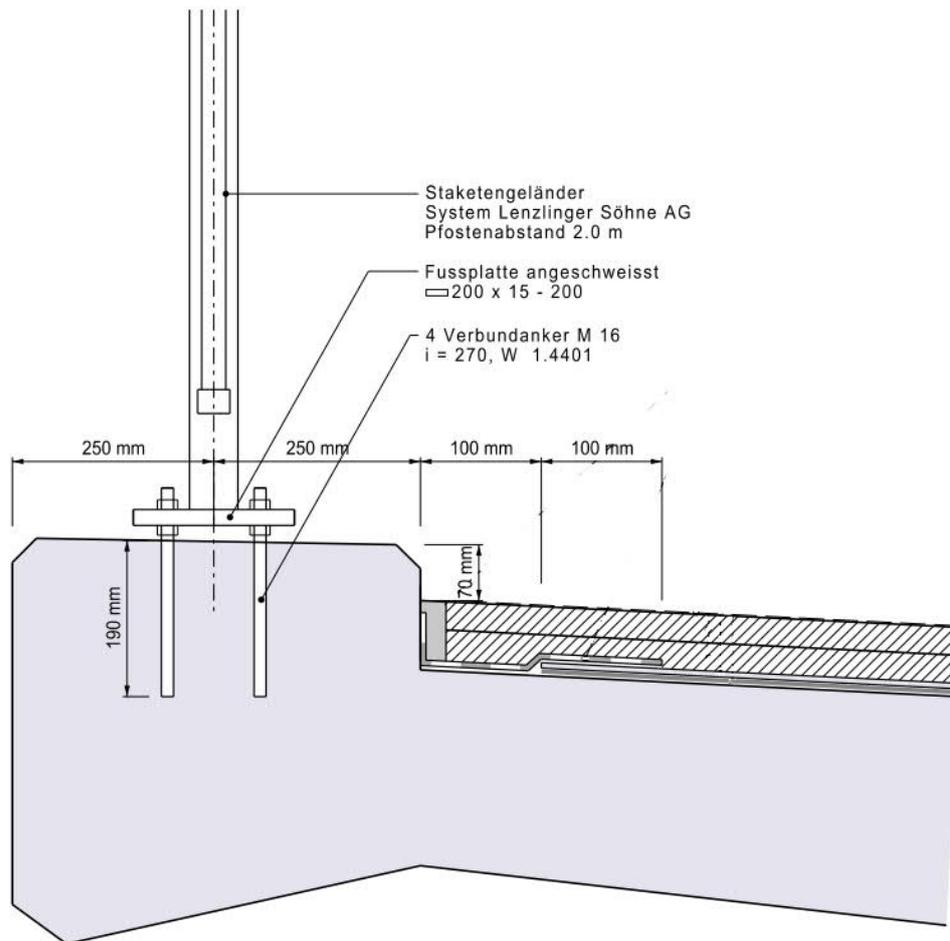


Abbildung 6: Rückhaltesystem

2.11 Belagsaufbau Tramgleis

Der Belagsaufbau bei Tramgleisen ist so zu konzipieren, dass die Abdichtung unter dem Gleisunterbeton zu liegen kommt.

Die Abdichtung ist ohne Unterbrüche unter dem Gleiskörper zu erstellen.

Bei anderen Systemaufbauten ist der Fachbereich «Kunstbauten & Objektmanagement» einzubeziehen. Diese Ausnahmen sind explizit durch den Fachbereich «Kunstbauten & Objektmanagement» genehmigen zu lassen.

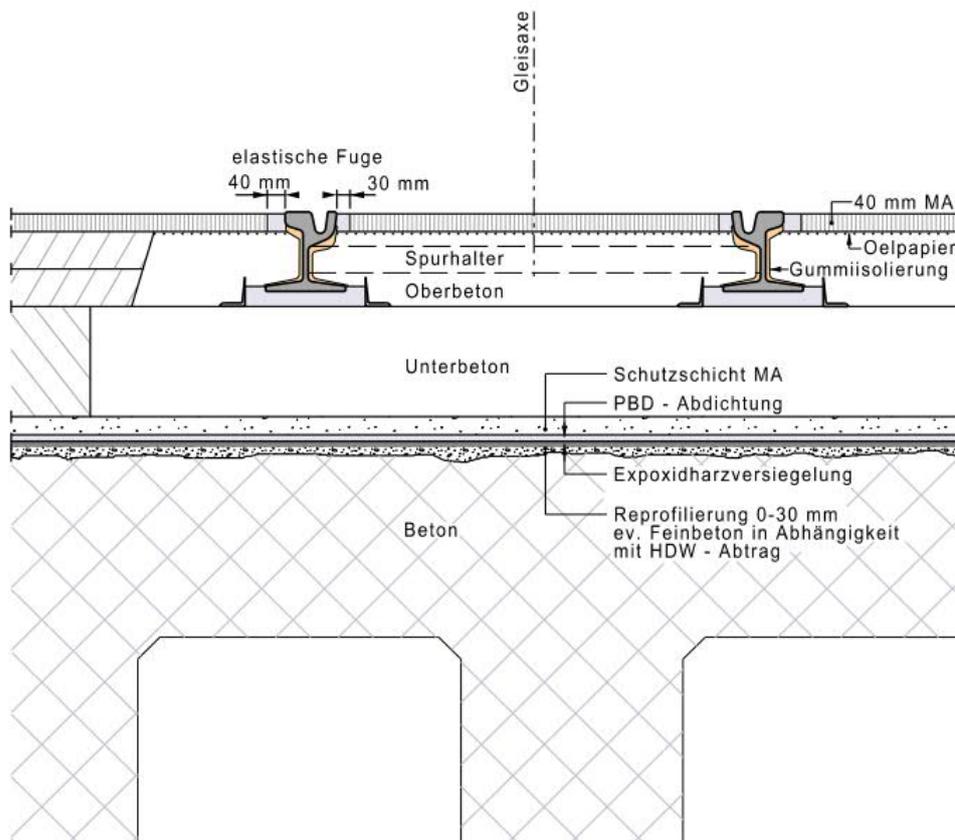


Abbildung 7: Belagsaufbau Bereich Tramgleis

3 Entwässerung

Wenn immer möglich (Fläche, Abflussverhältnisse) ist auf eine Brückenentwässerung zu verzichten. Das Entwässerungskonzept ist in der Projektbasis zu definieren.

Wenn eine Brückenentwässerung erforderlich ist, ist dies nach den Richtlinien ASTRA zu dimensionieren und auszuführen (konstruktive Details beachten).

3.1 Hydraulische Bemessung

3.1.1 Regenintensitäten

Die Anordnung der Abläufe und die Bemessung der Leitungen basiert auf den folgenden Regenintensitäten gemäss der Norm SN 640 350 (VSS), Oberflächenentwässerung von Strassen; Regenintensitäten.

- Mittelland, Voralpen, Tessin Nord, Jura 60 mm·h⁻¹ (165 l·s⁻¹·ha⁻¹)
- Alpen, Wallis, Engadin 35 mm·h⁻¹ (100 l·s⁻¹·ha⁻¹)
- Tessin Süd 80 mm·h⁻¹ (220 l·s⁻¹·ha⁻¹)

Für die Stadt Zürich ist mit 60 mm·h⁻¹ (165 l·s⁻¹·ha⁻¹) (Mittelland) zu rechnen.

3.1.2 Abflusskoeffizient

Der Abflusskoeffizient beträgt 0,9 gemäss der Norm SN 640 353 (VSS), Strassenentwässerung; Abfluss.

3.1.3 4.2 Abstände der Abläufe

Die Abstände a der Abläufe gemäss Abbildung 8, werden basierend auf den massgebenden Einzugsgebieten für Strassen mit und ohne Standstreifen festgelegt. Die angegebenen Werte basieren auf Abläufen mit einem Schluckvermögen von 20 l/s bei einer Wassertiefe vor dem Ablauf von 45 mm. Die massgebende Einzugsfläche für Brücken mit und ohne Standstreifen findet sich in der Tabelle 6.

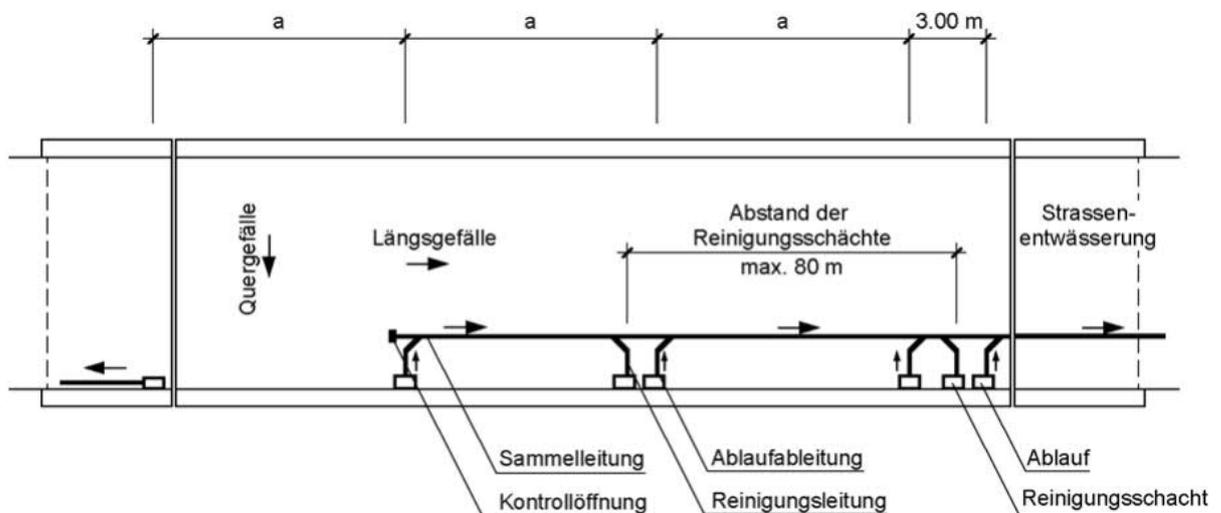


Abbildung 8: Systemschema Situation Brückenentwässerung

Region	Regenregion Längsgefälle der Brücke [%]			
	≤ 1,0	1,1 - 1,5	1,6 - 3,0	3,1 - 5,0
Mittelland, Voralpen, Tessin Nord, Jura	200	350	600	800

Tabelle 6: Massgebendes Einzugsfläche [m²] für die Anordnung der Abläufe auf Brücken mit einem Quergefälle ≥ 2,5%

3.1.4 Bemessung der Leitungen

Die Dimensionierung der Sammel- und Ablaufableitungen erfolgt gemäss der Tabelle 7.

Aussendurchmesser	Innendurchmesser	Längsgefälle der Leitung						
		1%	1.5%	2%	3%	4%	5%	6%
Rohrserie SDR 26								
125	115,4	8	10	12	14	16	18	20
160	147,6	16	19	22	27	32	35	39
Rohrserie SDR 33								
200	187,6	30	37	42	52	60	67	74
250	234,6	55	65	75	95	110	120	135
315	295,6	100	120	140	175	200	225	245
355	333,2	135	170	195	240	275	305	335
400	375,4	190	230	270	330	380	420	460
450	422,0	260	310	360	440	510	570	630
500	469,0	340	410	480	590	680	760	830
560	525,2	460	560	640	790	910	1020	1120
630	590,8	620	760	880	1080	1240	1390	1520

Tabelle 7: Abfluss in Sammel- und Ablaufableitungen [l/s]

Bei den Ablaufableitungen ist ein Einstau zulässig. Ausser in speziellen Fällen ist deshalb in den Ablaufableitungen der Rohrserie SDR 26 mit einem Aussendurchmesser 125 ein Abfluss von 20 l/s gewährleistet.

3.1.5 Übergang von der Brückenentwässerung auf die Vorflutleitung

Im Gegensatz zur Strassenentwässerung können auf Brücken keine Schlamm-sammler angeordnet werden. Um Ablagerungen in der Sammelleitung der anschliessenden Strasse zu vermeiden, ist die Anordnung eines Schlamm-sammlers oder eines Kies-/Sandfanges (Absetzbecken) erforderlich. Als Grundlage für die Beurteilung dient die Tabelle 8.

Strasstyp	Gefälle der anschliessenden Sammelleitung der Strasse	Fläche der entwässerten Brückenplatte	Bauliche Massnahmen
Autobahn / Autostrasse	nicht massgebend	nicht massgebend	Kontrollschacht
Übrige Strasse	>3%	nicht massgebend	Kontrollschacht
	<3%	>2000 m ²	Spezialprojekt für Kies- / Sandfang
		<2000 m ²	Schlamm-sammler

Tabelle 8: Beurteilung der Baulichen Massnahmen am Übergang von der Brückenentwässerung auf die Sammelleitung der Strasse

4 Korrosionsschutz

Um eine wirtschaftliche und nachhaltige Unterhalt und Betrieb der Bauwerke gewährleisten zu können, ist es wichtig, dass das Thema Korrosionsschutz bereits in den Projektierungsphasen Vorstudie und Vorprojekt aktiv angegangen wird. Von Seiten Bauherr sind klare Vorgaben bezüglich der geforderten Qualität und daraus abgeleitet des erforderlichen Korrosionsschutzes zu machen. Dies bedingt, dass die beauftragte Planer die entsprechende Fachkompetenz bezüglich Korrosionsschutz vorweisen können oder , dass mit der Beauftragung gleichzeitig ein Spezialist für Korrosionsschutz beigezogen wird. Wenn dem Korrosionsschutz während der Planungs- und Ausführungsphasen nicht genügend Beachtung geschenkt wird, sind Schadenfälle, Umtriebe, Mehrkosten und Reputationsschäden und massiv erhöhten Unterhalt die Folgen.

Korrosionsschutz muss auch bei «kleinen» Objekten kompetent und technisch richtig geplant und ausgeführt werden. Somit erfordern auch Objekte, welche primär keine Stahlteile aufweisen schlussendlich eine gezielte Planung von Korrosionsschutz, denn i.d.R. sind Absturzsicherungen erforderlich, welche häufig aus Stahl erstellt werden. Auch bei diesen untergeordneten Bauteilen ist ein korrekter Korrosionsschutz wichtig, welcher geplant und korrekt ausgeführt werden muss.



Abbildung 9: Lettenviadukt vor der Sanierung 2012 / Baujahr 1925

4.1 Definitionen Korrosionsschutz

4.1.1 Feuerverzinken (FZ)

Durch Feuerverzinken wird ein metallischer Zinküberzug auf Eisen oder Stahl durch Eintauchen in geschmolzenes Zink (bei etwa 450°C) aufgebracht. Dabei bildet sich an der Berührungsfläche eine widerstandsfähige Legierungsschicht aus Eisen und Zink und darüber eine sehr fest haftende reine Zinkschicht. Feuerverzinken ist eine von mehreren Methoden, um zu verzinken.

4.1.2 Nass-Beschichten B(N)

Die Nass-Beschichtung kann auf unterschiedlichen Materialien und Oberflächen appliziert werden. Dadurch können auch nicht leitfähige Werkstoffe veredelt werden.

Die Lackierung qualifiziert sich dadurch hervorragend für komplizierte Geometrien der Werkstücke und unterschiedliche Losgrößen von Metall und Kunststoff.

4.1.3 Pulver-Beschichtung B(P)

Die Pulverbeschichtung ist eine beliebte Oberflächentechnik, um verschiedenste Werkstücke aus Aluminium oder Stahl zu veredeln. Dabei werden elektrisch leitfähige Werkstücke in der Vorbehandlung gereinigt. Anschliessend wird eine Schicht aus elektrostatisch aufgeladenem Farbpulver in einer Applikationsanlage auf die Werkstücke aufgesprüht und in einem Ofen eingebrannt.

Durch den Verzicht auf Lösungsmittel und Verdünnungen ist das Pulverbeschichten besonders umweltfreundlich. Das nicht genutzte Beschichtungsmaterial kann gesammelt, aufbereitet und wiederverwendet werden.

Grundsätzlich können alle Metalle pulverbeschichtet werden. Ausnahmen bestätigen wie überall die Regel: Kalt gelötete Metalle, Reinzinkware oder Ware mit Zinkspray können nicht pulverbeschichtet werden. Wichtig: Jedes Werkstück wird für ca. 30 Minuten auf rund 200°C erhitzt. Aus diesem Grund müssen alle Elemente des Werkstückes diesen Temperaturen standhalten.

Die Grösse der zu beschichtenden Teile ist begrenzt (ca. 7m Länge, 2m Höhe)

4.2 Entscheidungshilfe Korrosionsschutz

4.2.1 Verantwortung

Die Verantwortung der objektgerechten Korrosionsschutzwahl liegt beim Planer.

4.2.2 Planungsgrundlagen

Als Planungsgrundlagen dienen folgende Dokumente:

- Auswahlhilfe für Korrosionsschutz (dieses Dokument)
- Korrosionsschutzspezifikation für Beschichtungen (Nass-Beschichtungen)
- Korrosionsschutzspezifikation für Beschichtung auf Spritzverzinkung
- Korrosionsschutzspezifikation für Feuerverzinkung / Duplex-Systeme: Feuerverzinkung und Beschichtung (Nass- und Pulverbeschichtungen)

Diese Dokumente definieren die Anforderungen an die Planungs- und Ausführungsarbeiten des Korrosionsschutzes.

Mit der Bezeichnung «Nass-Beschichtung» werden diejenigen Beschichtungssysteme bezeichnet, die in der SN EN ISO 12944 behandelt werden. Der Begriff der «Pulver-Beschichtungen» richtet sich nach der DIN 55633.

4.2.3 Korrosivitätskategorien

Für die Festlegung der Umgebungsbedingungen werden in DIN EN ISO 12944-2 für atmosphärische Umgebungsbedingungen (C) und für Wasser und Erdreich (im) die folgenden Korrosivitätskategorien festgelegt:

Korrosivitätskategorie		Beispiele
C1	Unbedeutend	Nur innen: Geheizte Gebäude mit neutralen Atmosphären
C2	Gering	Ländliche Bereiche, ungeheizte Gebäude, in denen Kondensation auftreten kann, z. B. Lager, Sporthallen
C3	Mässig	Stadt- und Industrielatmosphäre mit mässiger Luftverunreinigung, Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung, Produktionsräume mit hoher Luftfeuchte und etwas Luftverunreinigung (z. B. Lebensmittelherstellung, Wäschereien, Brauereien)
C4	Stark	Industrielle Bereiche, Küstenbereiche mit mässiger Salzbelastung, Chemieanlagen, Schwimmbäder
C5-I	Sehr stark (Industrie)	Industrielle Bereiche mit hoher Luftfeuchte und aggressiver Atmosphäre
C5-M	Sehr stark (Meer)	Küsten- und Offshorebereich mit hoher Salzbelastung, Gebäude mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Luftverunreinigung
Im1	Süsswasser	Flussbauten, Wasserkraftwerke
Im2	Meer- oder Brackwasser	Hafenbereiche mit Stahlbauten, Schleusentoren, Molen, Offshoreanlagen
Im3	Erdreich	Behälter im Erdbereich, Stahlspundwände, Stahlrohre

Tabelle 9: Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2

Für die Stadt Zürich, Kunstbauten sind nur die rot markierten Korrosivitätskategorien C4, C5-I, C5-M, Im1 massgebend und einzusetzen!

4.2.4 Information durch Bauherr

Die Bauherrschaft informiert den Planer über Objektart, Objektnutzung, Lage des Objekts und Objektwartung (z.B. Tausalanzwendungen etc.). Dies entspricht einer eigentlichen Definition der Exposition.

Anhand dieser Information wählt der Planer in der Folge das geeignete Korrosionsschutzsystem aus, unter anderem in Abhängigkeit der Bauteilgrösse (Feuerverzinkung) und der Profilart (Hohlprofile etc). Jedes Korrosionsschutzsystem ist in einer Spezifikation detailliert beschrieben.

4.2.5 Objekt Exposition

Grundsätzlich ist die Definition der Exposition (Korrosivitätskategorien C4, C5-I bzw. C5-M, Im1) derart zu wählen, dass Extremstellen an einem Bauwerk ausreichend geschützt sind. Als Extremstellen sind unter anderem zu berücksichtigen:

- Dauernasse Bereiche
- Überdeckte und nicht direkt beregnete Flächen
- Zonen, in denen sich Schmutz und Salze aufkonzentrieren können.
- etc.

4.2.6 Kontrollpläne

Jedes Korrosionsschutzsystem verfügt über einen eigenen Kontrollplan. Die Kontrollpläne sind als Anhang 2: Korrosionsschutzspezifikationen / Kontrollpläne zu den jeweiligen Spezifikationen aufgeführt.

4.3 Übersicht Korrosionsschutz – Exposition

Exposition Objekt	Städtisch: Korrosivitätskategorie C4 NORMALLFALL	Starke Belastung: Korrosivitätskategorien C5-M bzw. C5-I (z.B. Tunnel)	Wasserberührt, eingeedet: Korrosivitätskategorie Im1 / Im3
Brücken, Stege	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B (N) ▪ FZ + B (N oder P) ▪ FZ (nur bei geringer Salzbelastung) ▪ SZ + B (N) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B (N) ▪ FZ + B (N oder P) ▪ SZ + B (N oder P) 1) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B (N) ▪ SZ + B (N)
Objekte in Strassentunnels	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B (N) ▪ FZ + B (N oder P) ▪ SZ + B (N oder P) 1) 	-
Geländer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FZ + B (N oder P) ▪ FZ ▪ SZ + B (N) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SZ + B (N oder P) 1) 	-

Tabelle 10: Übersicht Korrosionsschutz – Exposition

4.4 Beispiele Systemauswahl Korrosionsschutz

Objekt	Mögliche Korrosionsschutzsysteme
 <p data-bbox="240 651 475 678">Seeuferweg Wollishofen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="805 286 975 313">▪ Stegelemente: <li data-bbox="805 318 1374 344">▪ C4: FZ + B (N); Nass-Beschichtung auf Feuerverzinkung <li data-bbox="805 383 911 409">▪ Stützen: <li data-bbox="805 414 1219 441">▪ Im1: B (N); Nass-Beschichtung auf Stahl
 <p data-bbox="240 1066 624 1093">Fussgängerüberführung Buecheggplatz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="805 696 911 723">▪ Stützen: <li data-bbox="805 728 1430 754">▪ C4: SZ + B (N); Nass-Beschichtung auf Spritzverzinkung, oder <li data-bbox="805 759 1382 786">▪ C4: FZ + B (P); Pulver-Beschichtung auf Feuerverzinkung <li data-bbox="805 824 970 851">▪ Trogelemente: <li data-bbox="805 855 1209 882">▪ C4: B (N); Nass-Beschichtung auf Stahl
 <p data-bbox="240 1473 352 1500">Quaibrücke</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="805 1111 1209 1137">▪ C4: B (N); Nass-Beschichtung auf Stahl
 <p data-bbox="240 1881 488 1908">Strassentunnel Milchbuck</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="805 1518 1158 1545">▪ Immer Korrosivitätskategorie C5-I! <li data-bbox="805 1550 986 1576">▪ C5-I: B (N) oder <li data-bbox="805 1581 986 1608">▪ C5-I: SZ + B (N) <li data-bbox="805 1612 986 1639">▪ C5-I: FZ + B (N)

Tabelle 11: Beispiele Systemauswahl Korrosionsschutz

5 Fahrbahnübergänge

5.1 Grundsätze

Im Entwurf sind folgende Grundsätze zu beachten:

- **Wenn möglich, ist das Objekt ohne Dilatationsfugen und Fahrbahnübergänge zu erstellen (statisches System entsprechend wählen).**
- Ein dilatiertes Brückenende ist so zu gestalten, dass der Fahrbahnübergang gut zugänglich, einfach kontrollierbar und mit möglichst wenig Aufwand auswechselbar ist.
- Wenn dies nicht möglich ist, so ist das statische System so auszugestalten, dass nur Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen erforderlich sind.
- Bei Widerlagern mit festen Lagern sind keine Fahrbahnübergänge erforderlich
- Die Breite des Fugenspalts (unterhalb der Fahrbahnübergangskonstruktion, siehe Abbildung 10: Schemaschnitt FB-Übergang) ist der Verformungskapazität und der Bauart des Fahrbahnübergangs anzupassen, sie muss jederzeit **mindestens 100 mm** betragen (Ausnahmen: Fahrbahnübergang Polymerbitumen). Damit soll während der Nutzungsdauer der Brücke eine gute Zugänglichkeit gewährleistet werden.
- Alle nicht einbetonierten Konstruktionsteile von Fahrbahnübergängen aus Stahl müssen einen Oberflächenschutz aufweisen, welcher mindestens die Korrosivitätskategorie C4 stark und eine Schutzdauer hoch (über 15 Jahre) abdeckt. In Ausnahmefällen kann nichtrostender Stahl zur Anwendung gelangen.

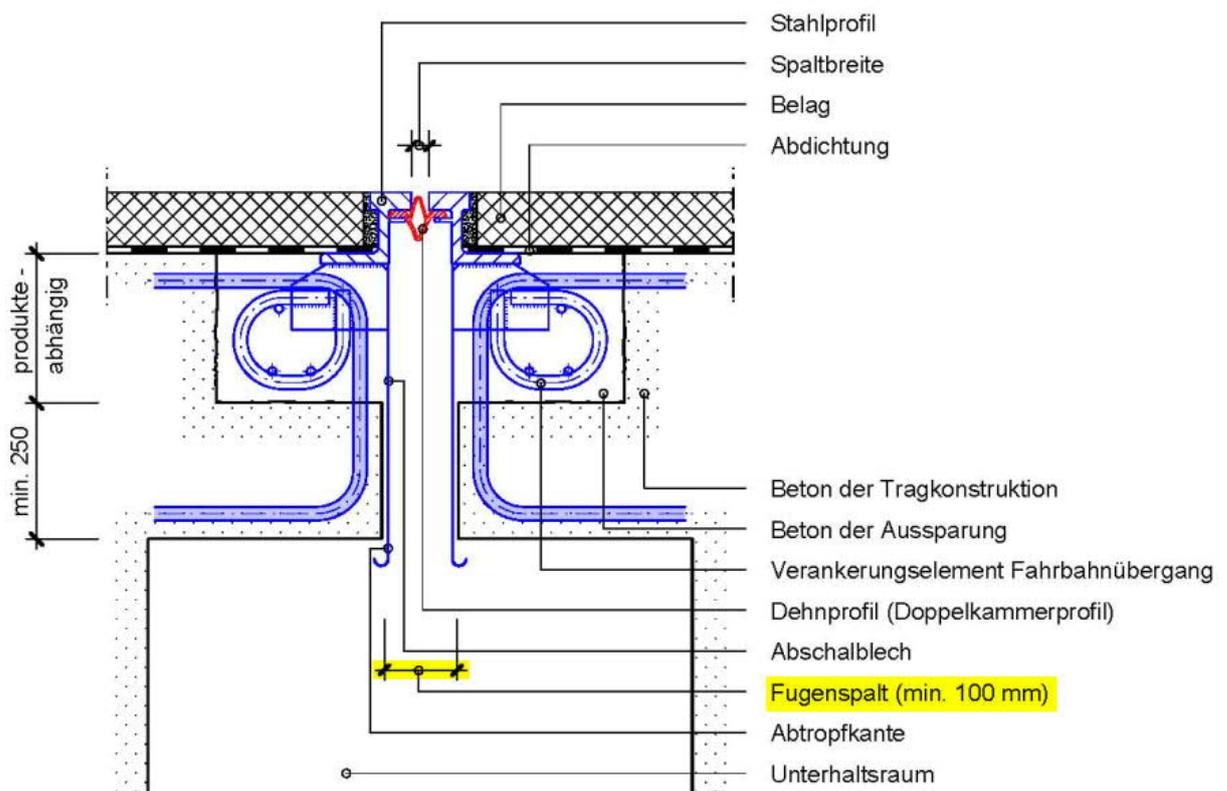


Abbildung 10: Schemaschnitt FB-Übergang⁷

Für die Projektierung und Konstruktionsdetails sind die Richtlinien des ASTRA zu beachten.

⁷ Quelle: ASTRA Fachhandbuch Kunstbauten (ASTRA 22 001), Ausgabe Jan. 2016

5.1.1 Nutzungsdauer

- Verschleissteile (auswechselbare Metallteile, nicht einbetoniert, Fugenprofil): 25 Jahre
- Übrige Teile (Einbetonierte Stahlteile) 50 Jahre

Der Ersatz des Fahrbahnübergangs sollte pro Fahrstreifen oder in Einzelteilen durchführbar sein.

Fahrbahnübergänge mit Sinusplatten eignen sich daher besonders für Brückenbauwerke in lärmempfindlichen Gebieten. Fahrbahnübergänge mit Sinusplatten werden in der Regel für Verschiebungen bis 100 mm angewendet (Spaltbreite 0 bis 100 mm).

6 Lager

Der Einsatz von zweckmässigen Brückenlagern ist situativ entsprechend dem statischen System zu bestimmen.

Bei der konkreten Auswahl von Brückenlagern ist die Fachbereichsleitung «Kunstbauten & Objektmanagement» einzubeziehen.

Der Entwurf der Lagerung, des Lagersystems und die Wahl der Lagerart erfolgt bei der Festlegung des Tragwerkskonzepts und muss in der Projektbasis festgehalten werden. Lagerung, Lagerungssystem und Lager sind so zu entwerfen, dass die Lager oder Teile davon einfach beobachtet, inspiziert, instand gehalten, allenfalls instand gesetzt oder ersetzt werden können. Damit soll während der Nutzungsdauer der Brücke eine funktionsgerechte Lagerung sichergestellt werden.

Im Entwurf sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Es sollen möglichst wenig Lager angeordnet werden.
- Es sind möglichst einfache Lager in folgender Rangordnung zu verwenden:
 - keine Lager (monolithische Verbindung)
 - einfache Elastomerlager ohne Festhaltekonstruktionen
 - feste Lager
 - zweiachsig verschiebliche Lager
 - einachsig verschiebliche Lager.

7 Graffitischutz

7.1 Betonoberflächen

Die Erstapplikation des Graffitischutzes wird mit der Erstellung oder Sanierung des Objektes ausgeführt und abgerechnet. Die zu schützenden Bereiche sind in Absprache mit dem Fachbereich «Kunstabauten & Objektmanagement» vor der Ausschreibung im Ausführungsprojekt festzulegen.

Die Aufwendungen für die Erstapplikation sind über den Projektkredit abzuwickeln.

Für den Graffitischutz ist das Produkt «Solvanex graffitiBLOCK C» einzusetzen. Solvanex Graffiti-BLOCK C ist eine temporäre Schutzschicht für Graffiti gefährdete Stellen. Die Schutzschicht basiert auf einem Spezialwachs und verhindert ein Eindringen von Sprayfarben in den Untergrund.

Das Produkt kann bei der Firma Duratec AG, Postfach 132, CH-6260 Reiden bezogen werden (<https://www.duratec.ch/de/produkte>).

7.2 Natursteinmauerwerk

Für Natursteinmauerwerk ist das Produkt Aravel® anzuwenden. Die Anforderungen wurden zusammen mit der städtischen Denkmalpflege und der Fachstelle Nachhaltiges Bauen definiert.

Der Graffitischutz Aravel kann bei Keimfarben AG, Diepoldsau, bezogen werden. Kontakt: 071 737 70 10, info@keim.ch.

Der Bezug innerhalb der Stadtverwaltung Zürich läuft über «Schöns Züri». Kontakt: 044 412 89 00, schoens.zueri@zuerich.ch.

Passend zum Graffitischutz Aravel wird ein Entfernerprodukt auf Alkoholbasis angeboten. Auch dieses entspricht höchsten bauphysikalischen und ökologischen Anforderungen.

Die Applikation und der Ankauf sind bei der Ausschreibung der Ausführungsarbeiten zu berücksichtigen.

7.3 Betriebs- und Unterhaltsplan

Im Betriebs und Unterhaltsplan sind die Bereiche mit Graffitischutz zu bezeichnen, zudem ist in der Materialliste das verwendete Produkt und der Hersteller zu bezeichnen.

7.4 Farbgestaltung

Bei gestalterischen Massnahmen mittels Farben, ist der Fachbereich Kunstabauten & Objektmanagement immer einzubeziehen.

Bei bestehenden Bauwerken in Bereichen mit vorhandenem Graffitischutz ist eine Farbgestaltung nicht möglich, da der vorhandene Graffitischutz nicht mehr restlos entfernt werden kann und somit die Farben für die Farbgestaltung nicht haften werden.

Bei neuen Bauwerken ist die Farbgestaltung zwingend mit dem Graffitischutz zu kombinieren.

Es ist im Betriebs- und Unterhaltsplan festzulegen, auf welche Zeitdauer die farbliche Gestaltung aufrechterhalten wird, wer für den Unterhalt (Reinigung und Wiederinstandstellung) zuständig ist und wie eine allfällige Auffrischung der farblichen Gestaltung zu erfolgen hat.

Die internen und externen Aufwendungen für den Betrieb, Unterhalt und die Erneuerung der Farbgestaltung sind in der Kreditweisung des Projektes auszuweisen.

8 Hydrophobierung

Die Applikation einer Hydrophobierung ist in der Nutzungsvereinbarung unter «Besondere Vorgaben der Bauherrschaft» festzulegen.

Hydrophobierungen ist, wenn erforderlich auf bestehenden – auch älteren – Betonoberflächen appliziert werden.

Bei neuen Betonkonstruktionen ist auf eine Hydrophobierung zu verzichten.

Wenn eine Hydrophobierung in Betracht gezogen wird, muss die Eignung des Untergrundes für eine Hydrophobierung vorgängig abgeklärt werden.

Hydrophobierungen sind grundsätzlich anwendbar auf Betone, die mit Portlandzement hergestellt sind und einen W/Z ≥ 0.4 haben. Liegt der W/Z unter 0.4 und/oder werden andere Zemente beziehungsweise Zusatzstoffe verwendet, ist im Einzelfall die Wirkung in entsprechenden Vorversuchen an Musterflächen nachzuweisen.

Bei neu erstellten Konstruktionen soll infolge der hohen Dichtigkeit des Betons generell auf eine Hydrophobierung verzichtet werden da Hydrophobierungen in neue dichte Betone kaum eindringen. Zudem müsste die Hydrophobierung alle 5 bis 10 Jahre erneuert werden, was einen unverhältnismässig hohen Unterhaltsaufwand generiert.

Wenn eine Hydrophobierung vorgesehen wird, sind zwingend die Abläufe und Vorgaben von Kap 8.1 Planung und Ausführung zu berücksichtigen.

Die konstruktive Ausbildung (Rissminimierung) und Betonüberdeckung der Armierung ist immer zwingend gemäss Normen einzuhalten.

8.1 Planung und Ausführung

Hydrophobierungen sind frühzeitig bei der Planung und Ausschreibung zu berücksichtigen. **Als Grundlage für die Planung und Ausschreibung ist die Empfehlung des ASTRA «Hydrophobieren von Betonoberflächen»⁸ anzuwenden.** Die darin beschriebenen Prüfungen sind zwingend durchzuführen und zu dokumentieren.

Die geforderten Prüfungen sind bei der Ausschreibung der Applikation zu definieren. Die Prüfergebnisse dienen der Qualitätskontrolle und Abnahme der Hydrophobierung. Es muss zwingend eine Nachprüfung vor Ablauf der 5-Jahresgarantie eingeplant und durchgeführt werden.

Im Betriebs- und Unterhaltsplan sind die hydrophobierten Flächen zu bezeichnen. Bei den Abgabeakten sind die Resultate der Prüfungen beizulegen. Aufgrund der Prüfergebnisse ist ein Intervall für die Erneuerung der Hydrophobierung im Betriebs- und Unterhaltsplan zu definieren.

In der Materialliste sind das verwendete Produkt und der Lieferant der Hydrophobierung zu bezeichnen.

⁸ Hydrophobierung von Betonoberflächen – Empfehlung für Planung und Applikation; Bundesamt für Strassen, Forschungsauftrag AGB 2002/029; Juli 2005

9 Anhang

9.1 Anhang 1: Kontrollplan Abdichtung und Beläge

9.2 Anhang 2: Korrosionsschutzspezifikationen / Kontrollpläne