Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation / Bundesamt für Strassen

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication / Office fédéral des routes

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni / Ufficio federale delle strade

Konstruktive Ausführung von Brückenrändern

Stand und Entwicklung

Dispositions constructives des bordures de ponts

Etat des connaissances et des développements

Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur

P. Bürkel, dipl. Ing. ETH
W. Bossert, dipl. Ing. HTL

Forschungsauftrag AGB 1999/161 (91/99) auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB)

Februar 2002

565

BUNDESAMT FÜR STRASSEN
Forschungsauftrag 91/99 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung

Konstruktive Ausführung von Brückenrändern

Stand und Entwicklung

Dispositions constructives des bordures de ponts

Etat des connaissances et des développements

Bürkel Baumann Schuler
Ingenieure + Planer AG
Winterthur

P. Bürkel, dipl. Ing. ETH
W. Bossert, dipl. Ing. HTL

Februar 2002

Zusammenfassung

An Brückenränder bestehen in Bezug auf die Geometrie, die Bemessung, die Möglichkeiten zur Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung sowie hinsichtlich der Dauerhaftigkeit vielfältige Anforderungen. Auf Grund der gegenüber dem Angriff von Tausalzlösungen exponierten Lage sind Brückenränder auch Elemente, die allgemein einen erhöhten Erneuerungsbedarf aufweisen. Im Zusammenhang mit der Forderung nach einem störungsfreien Betrieb der Autobahnen sind in der Forschungsarbeit die Möglichkeiten einer rationellen Erneuerung der Ränder sowie die Probleme der Verkehrsführung 4/0 untersucht worden. Der Forschungsbericht fasst den Stand der Erkenntnisse betreffend Brückenrändern zusammen.

In Bezug auf die Verkehrsführung 4/0 auf Autobahnbrücken wird festgestellt, dass bei einer Verkehrsgeschwindigkeit von 80 km/h eine lichte Breite von 12,10 m zwischen den Schutzeinrichtungen allgemein ausreicht. Bei höheren Geschwindigkeiten ist die lichte Breite um 1,00 bis 2,50 zu erhöhen. Bei der Verkehrsführung 4/0 werden auch die Wasserläufe an den Rändern befahren. Das führt bei Geschwindigkeiten über 80 km/h des Verkehrs zu einer massgeblichen Gefährdung wegen Aquaplanings. Dieses Problem kann behoben werden, wenn die Wasserläufe in Rinnen ausserhalb der Brückenplatte geführt werden.

Es wurden Vorschläge untersucht, bei denen die Abdichtung und der Belag bis zum Rand der Brückenplatte gezogen wird. Bei dieser Brückenrandausführung ist jedoch die Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung auf der Fahrbahnoberfläche - wie z.B. die der Leitschranken - erschwert. In vielen Fällen muss für die Befestigung die Brückenabdichtung durchdrungen werden. Die als ebenfalls kritisch erachtete Durchdringung der Brückenabdichtung mit Einlaufschächten fällt hingegen im Fall der Anordnung dieser Schächte und der Sammelrinne ausserhalb der Brückenplatte weg. Wegen der ungenügenden Zugänglichkeit beim Unterhalt des Entwässerungssystems sowie wegen der erschwerten Strassenreinigung wird dieses Entwässerungssystem jedoch nicht empfohlen.

Brückenrandausführungen mit Konsolköpfen gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken des Bundesamtes für Strassen sowie die Ausführungen mit Kappen gemäss den deutschen "Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke" werden insbesondere wegen der uneingeschränkten Befestigungsmöglichkeit von Elementen der Strassenausrüstung, in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und die Kosten als grundsätzlich zweckmässige Ausführung beurteilt. Es wird empfohlen, den Brückenrandtyp mit einer Kappe im Hinblick auf eine Standardisierung bezüglich der konstruktiven Einzelheiten, des Schutzes der Abdichtung im Bauzustand sowie des Arbeitsablaufes zu analysieren und weiter zu entwickeln.

Vorfabrizierte Konsolköpfe sind technisch noch nicht ausgereift und vergleichsweise teuer. Bei diesen bestehen grössere Probleme bei der Abdichtung der Fugen zwischen den einzelnen Elementen, der Genauigkeit der Geometrie der Auflageflächen der Elemente und der Befestigung an der Brückenplatte. Im Fall von gekrümmten Brückenplatten sind Spezialelemente notwendig. Die mit der Vorfabrikation von Konsolköpfen erzielbare Zeiteinsparung bei der Erneuerung von Brückenrändern ist allgemein gering.

Für Brücken mit Gehwegen wird eine Ausführung mit Gehwegkappen mit einem darüber aufgebrachten Gussasphaltbelag und Randabschluss empfohlen. Es wird festgestellt, dass Gehwege aufwändige Bauteile sind, deren Notwendigkeit im Einzelfall zu prüfen ist. Für Brücken mit einem kleine DTV kann in vielen Fällen anstelle eines Gehwegs ein Streifen für Fussgänger markiert werden.

Résumé

Les bordures de ponts doivent répondre à de multiples exigences quant à leur géométrie, leur dimensionnement, la possibilité de fixation d'équipements routiers ainsi que leur durabilité. En raison de leur extrême exposition à l'effet de saumure ces éléments demandent, en général, un rythme de renouvellement soutenu. Tenant compte de l'exigence d'une exploitation des autoroutes sans pertubations, ce travail de recherche étudie les possibilités du renouvellement rationnel des bordures ainsi que les problèmes du guidage du trafic 4/0. Le rapport de recherche résume l'état des connaissances actuel concernant les bordures de ponts.

En ce qui concerne le guidage du trafic 4/0 sur les ponts des autoroutes, il est constaté qu'une largeur libre de 12,10 m entre les installations de protection est généralement suffisante pour une vitesse de 80 km/h. En cas de vitesses plus élevées la largeur libre est à augmenter de 1,00 à 2,50 m. Lors du guidage du trafic 4/0 les rigoles d'écoulement en bordure sont aussi empruntées, ce qui entraîne, à des vitesses supérieures à 80 km/h, une augmentation significative du danger d'aquaplanage. Ce problème peut être résolu par la disposition des écoulements à l'extérieur du tablier du pont.

Des propositions visant la pose de l'étanchéité et du revêtement jusqu'aux bord du tablier ont été examinées. Cette exécution des bords du tablier rend difficile la fixation des éléments d'équipements routiers, p.ex. les glissières de sécurité. Dans de nombreux cas l'étanchéité doit être transpercée par les fixations. Le transpercement, également critiquable, de l'étanchéité par les sacs d'écoulement peut être évité par la disposition de ces sacs et des canalisation à l'extérieur du tablier du pont. En raison de l'accessibilité insuffisante pour l'entretien du système de canalisations et de la complication des travaux de nettoyage routier ce système n'est toutefois pas recommandé.

L'exécution des bordures de pont au moyen de têtes de consoles selon les "Détails de construction des ponts: directives" de l'Office fédéral des routes ainsi que celles avec des coiffes selon les "Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke" allemandes sont considérées comme opportunes, ceci spécialement en considération des possibilités illimitées de fixation des équipements routiers, de leur durée de vie et de leur coût. Il est recommandé d'analyser et de développer un type de bordure de ponts en forme de coiffe dans le but de standardiser les détails constructifs, la protection de l'étanchéité en phase de construction ainsi que de la mise en place.

Les bordures de pont préfabriquées ne sont pas encore au point techniquement et relativement onéreuses. Des problèmes majeurs existent dans les domaines de l'étanchéité des joints entre les éléments, de la précision des surfaces d'appui des éléments et de leur fixation sur le tablier. Le gain de temps par l'utilisation d'éléments préfabriqués lors de la rénovation des bordures de pont est généralement faible.

Pour les pont munis de trottoirs, on recommande l'exécution avec des bordures de trottoir avec couche de surface en asphalte coulé et bordure préfabriquée. Il est remarqué que les trottoirs sont des parties d'ouvrages chers et dont l'utilité est à examiner dans chaque cas. Pour les ponts avec un petit TJM le trottoir peut être remplacé dans bien des cas par une ligne délimitant la bande du cheminement piétonnier.

Inhaltsverzeichnis

1	**Ausgangslage und Auftrag**	**1**
2	**Vorgehen bei der Bearbeitung**	**1**
3	**Grobanalyse der Probleme**	**3**
3.1	Funktion des Brückenrandes	3
3.2	Analyse der Varianten	4
4	**Betrieb und Erhaltung**	**8**
4.1	Betrieb der Strasse	8
	4.1.1 Übersicht	8
	4.1.2 Verkehrsführung 4/0	8
	4.1.3 Verkehrsführung 4/0 mit einer lichten Breite zwischen den Leitschranken von 12,10 m	9
	4.1.4 Varianten für die Gewährleistung der Verkehrsführung 4/0	10
4.2	Betrieblicher Unterhalt	11
	4.2.1 Übersicht	11
	4.2.2 Lage der Leitschranke auf dem Konsolkopf	12
	4.2.3 Lage des Wasserlaufs	13
	4.2.4 Mechanische Einwirkungen auf den Konsolkopf durch Unterhalts-geräte	15
4.3	Erneuerung	16
	4.3.1 Mögliche Massnahmen zur Verminderung des Aufwandes für die Erneuerung	16
	4.3.2 Beurteilung der Effizienz von Massnahmen zur Verminderung des Aufwandes für die Erneuerung	16
5	**Elemente des Brückenrandes**	**16**
5.1	Dienststege	16
	5.1.1 Übersicht	16
	5.1.2 Autobahnbrücken mit Dienststegen in Deutschland	17
5.2	Einwirkungen auf Brückenränder	18
	5.2.1 Übersicht und Grundlagen	18
	5.2.2 Vertikallasten	18
	5.2.3 Anprallversuche zur Messung der Krafteinwirkungen auf die Kappe und den Überbau einer Brückenkonstruktion	19
5.3	Vorfabrizierte Konsolköpfe	20
	5.3.1 Erwartete Vorteile gegenüber einer Ausführung in Ortbeton	20
	5.3.2 Grundlagen	20
	5.3.3 Folgerungen	23

5.4	Brückenrandentwässerung	24
	5.4.1 Übersicht	24
	5.4.2 Lage des Wasserlaufs	24
	5.4.3 Verkehrsführung 4/0 und Unfallgefahr wegen Aquaplaning	25
	5.4.4 Verkehrsführung 4/0 und Überfahren der Einlaufschächte	26
	5.4.5 Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte	28
	5.4.6 Reinigung des Entwässerungssystems	30
	5.4.7 Anschlaghöhe der Randabschlüsse/Borde zum Rückhalten freigesetzter gefährlicher Flüssigkeiten	31
5.5	System Abdichtung und Belag	32
	5.5.1 Übersicht Systeme	32
	5.5.2 Systeme und Beurteilung	33
5.6	Schutzeinrichtungen	39
	5.6.1 Einsatz und Wahl der Schutzeinrichtungen	39
	5.6.2 Beurteilung und Vergleich Leitschranken und Leitmauern	42
5.7	Befestigung der Leitschranken	46
	5.7.1 Übersicht	46
	5.7.2 Fussplattenbefestigung mit Verbunddübel auf Konsolkopf aus Beton	47
	5.7.3 Fussplattenbefestigung mit Befestigungssystem mit Innengewindehülse	48
	5.7.4 Befestigung mit Anschlussplatte für Abdichtung	48
	5.7.5 Befestigung auf Betonsockel auf der Abdichtung	49
5.8	Leitmauern	50
	5.8.1 Allgemeines	50
	5.8.2 Prüfung von Leitmauern bezüglich der Verkehrssicherheit	50
	5.8.3 Profilierung der Leitmauern aus Beton	50
	5.8.4 Beurteilung der Brückenränder mit Leitmauern	52
5.9	Lärmschutzwände	61
	5.9.1 Allgemeines	61
	5.9.2 Massgebende Normen	62
	5.9.3 Beispiele von Lärmschutzwänden auf Brücken	64
	5.9.4 Folgerungen	67
5.10	Gehwege	68
	5.10.1 Allgemeines	68
	5.10.2 Randabschlüsse	68
	5.10.3 Geländer	69
	5.10.4 Beurteilung der Brückenränder mit Gehwegen	70
	5.10.5 Folgerungen	75
5.11	Schutzeinrichtungen zur Verhinderung des Abwurfs fester Gegenstände	75
	5.11.1 Gefährdung, Risiko und Rettungskosten	75
	5.11.2 Beispiel	76
6	**Schlussfolgerungen**	**76**
7	**Literatur**	**81**

1 Ausgangslage und Auftrag

Der Brückenrand als Träger der Rückhalteeinrichtung, als Abschluss des Systems Abdichtung und Belag, als Element der Brückenentwässerung aber auch als Teil des Tragwerks ist im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit der Brücke ein Bauteil mit einer besonderen Bedeutung. Zur Ausführung der Brückenränder wurden schon zu Beginn des Nationalstrassenbaus im Hinblick auf die heute aktuelle Erhaltung der Brücken Vorschläge für "ersetzbare Konsolköpfe" eingebracht. Eine solche Ausführung findet sich im nicht mehr aktuellen Dossier D 312 der Standardprojekte für Brücken [3]. Die nach diesem Dossier ausgeführten Kappen müssen heute primär wegen der funktionell ungenügenden Abdichtung ersetzt werden. In den letzten Jahren sind auch seitens von Brückeningenieuren von kantonalen Strassenverwaltungen Vorschläge für unkonventionelle Brückenränder bearbeitet worden.

Im Zusammenhang mit der Problematik der Erhaltung des Nationalstrassennetzes hat der Bundesrat die Bildung einer Arbeitsgruppe Substanzerhaltung der Nationalstrassen beschlossen. Diese hatte die Frage zu beantworten, wie eine technisch ausreichende Substanzerhaltung der Nationalstrassen möglichst kostengünstig sichergestellt werden kann. Die Brücken spielen dabei sowohl bezüglich der Erhaltungskosten als auch hinsichtlich der Einschränkungen bei der Betriebsbereitschaft eine bedeutende Rolle. Der von der Arbeitsgruppe bearbeitete Schlussbericht enthält keine direkten Hinweise auf die Brückenränder. Er befasst sich jedoch eingehend mit den Verkehrsbehinderungen, die durch die Unterhaltsarbeiten an Brücken verursacht werden. Dazu kann festgestellt werden, dass aufwändige Abbrucharbeiten am Brückenrand einen Erschwernisfaktor darstellen.

U.a. im Zusammenhang mit dem Vollzug des Berichts Substanzerhaltung der Nationalstrassenwerke hat die Arbeitsgruppe Brückenforschung bei der Kommission für Forschung im Strassenwesen des UVEK einen Antrag für eine Forschungsarbeit eingereicht, die eine umfassende Aufnahme über den Stand und die Entwicklung der Brückenränder liefern soll. In der Folge ist das Ingenieurbüro Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, mit Schreiben des ASTRA vom 11.11.99 mit der Bearbeitung beauftragt worden.

2 Vorgehen bei der Bearbeitung

Das Vorgehen bei der Bearbeitung der Forschungsarbeit ist in der Abbildung 1 dargestellt. Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass das Schwergewicht auf die Analyse der - wie im Folgenden gezeigt wird - zahlreichen Einzelaspekte sowie auf die Bearbeitung von möglichen Ausführungsvarianten gelegt werden musste. Im Zusammenhang mit den durchgeführten Recherchen hat sich vor allem der Bericht zum Versuch mit vorfabrizierten Konsolköpfen als Verschleissteil im Zusammenhang mit dem Objekt Lehnenviadukt Gurtnellen des Amtes für Tiefbau des Kantons Uri (Verfasser Spaltenstein Hoch- und Tiefbau AG und Ernst Winkler + Partner AG) als aufschlussreich erwiesen. Der Bericht liefert zahlreiche interessante Hinweise und Anregungen bezüglich der Ausführung.

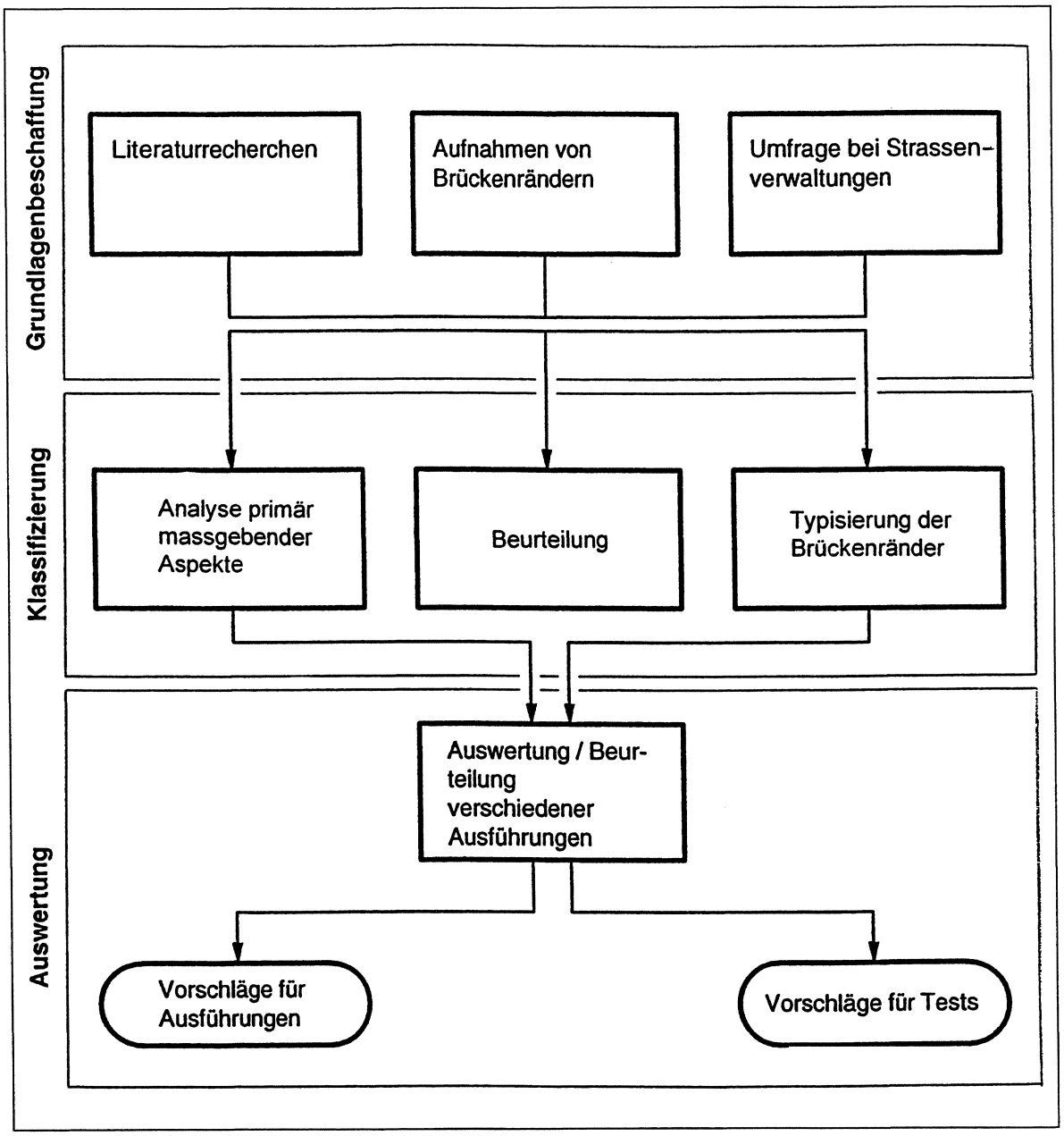


Abb. 1 Vorgehen bei der Bearbeitung der Forschungsarbeit

Im Bericht werden die massgebenden Aspekte im Zusammenhang mit der Konstruktion von Brückenrändern einzeln behandelt. Es ist jedoch zu beachten, dass die konstruktiven Randbedingungen praktisch immer aus Schnittbereichen hervorgehen. So können z.B. die Befestigungen der Strassenausrüstung am Brückenrand in einer direkten Beziehung zum Bereich Abdichtung und Beläge stehen. Diese Problematik kann dazu führen, dass der Überblick über die Gesamtheit der Aspekte teilweise erschwert ist.

3 Grobanalyse der Probleme

3.1 Funktion des Brückenrandes

Die Abb. 2 zeigt schematisch den Aufbau der Brückenplatte und gibt die massgeblichen Funktionen ihrer Elemente an.

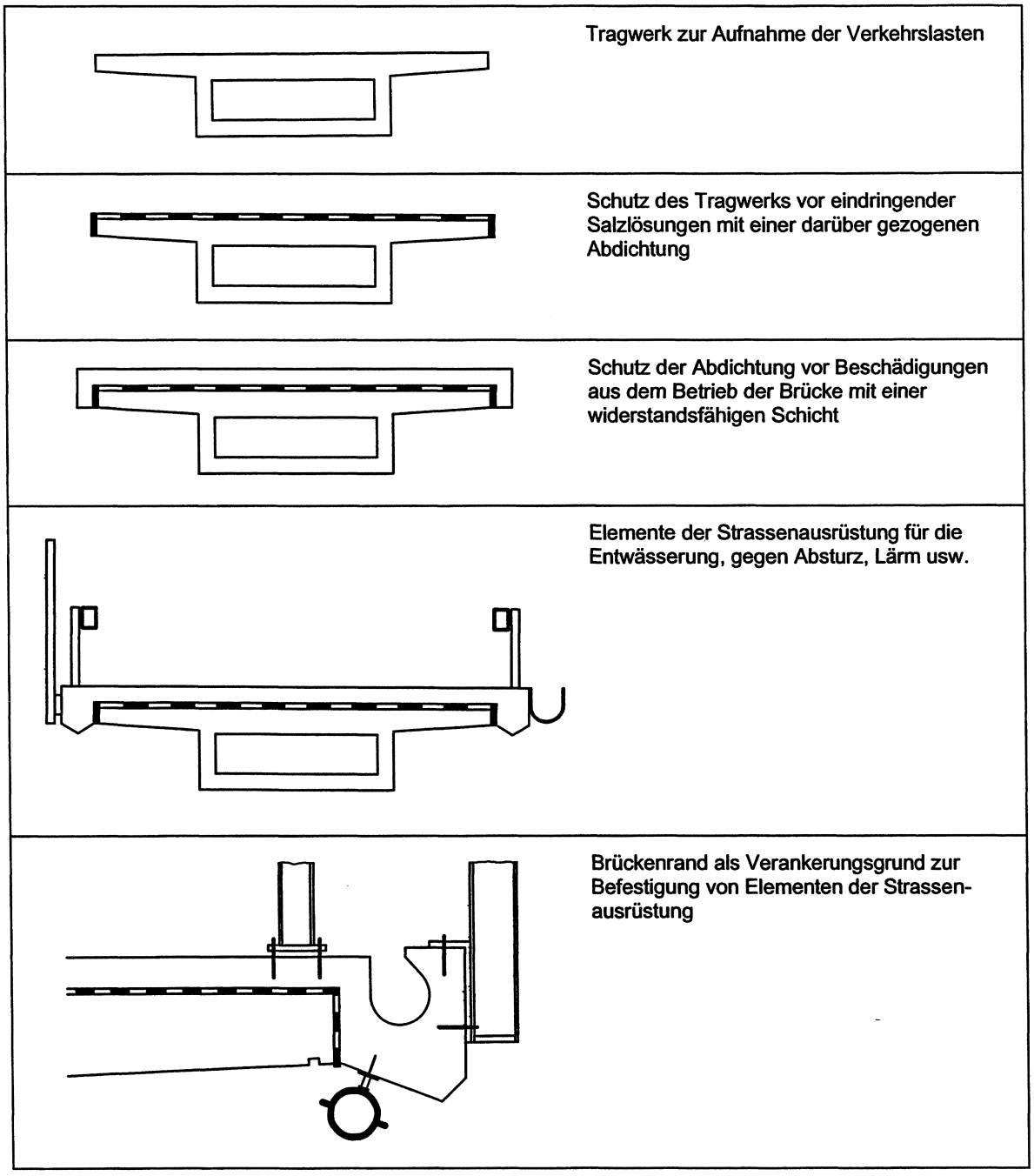


Abb. 2 Aufbau der Brückenplatte und massgebliche Funktionen des Brückenrandes

3.2 Analyse der Varianten

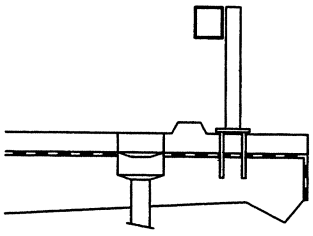
Die Tabellen 1 bis 6 geben einen Überblick über Varianten von Brückenrändern und eine grobe Beurteilung. Die einzelnen Elemente der Ränder werden unter Ziffer 5 im Detail behandelt. Die Varianten werden wie folgt unterschieden:

◊ System mit Belag und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte sowie durch Elemente der Strassenausrüstung

◊ Systeme mit angebauter Konsole aus Stahl, Belag und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte
- ohne Durchdringung der Abdichtung
- mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

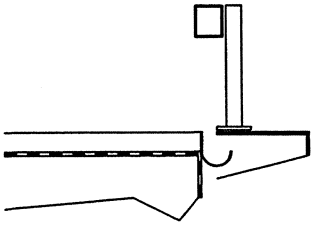
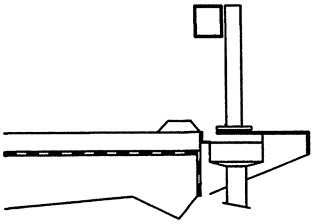
◊ Systeme mit Betonrand und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte
- ohne Durchdringung der Abdichtung
- mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

◊ System mit Anschluss der Abdichtung am Konsolkopf mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
	Hoher Koordinationsaufwand der Unternehmer Betonarbeit, Abdichtung, Belag, Leitschranken	+/–	–	–	–

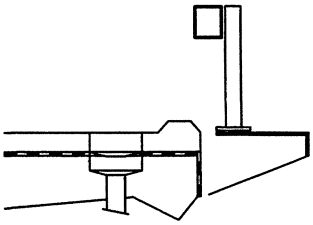
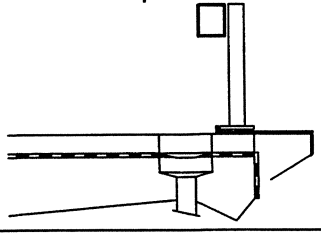
+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 1 System mit Belag und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte sowie durch Elemente der Strassenausrüstung

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
Wasserrinne aussen liegend 	Einfacher Einbau Abdichtung und Belag Problem Anschluss Wasserrinne und Befestigung Konsole	Erschwerte Zugänglichkeit der Wasserrinne hinter der Leitschranke	+	–	–
Wasserlauf auf Belag, Einlaufschächte aussen liegend 	Einfacher Einbau Abdichtung und Belag Problem Befestigung Konsole	Erschwerte Zugänglichkeit der Einlaufschächte hinter der Leitschranke	+	–	–

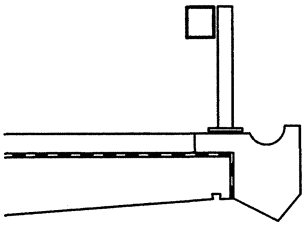
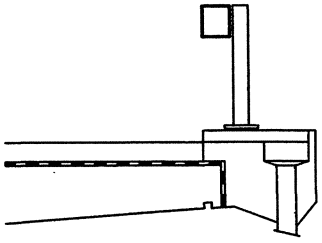
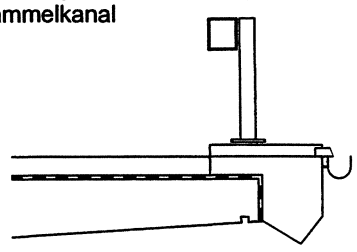
+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 2 Systeme mit angebauter Konsole aus Stahl, Belag und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte ohne Durchdringung der Abdichtung

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
Wasserlauf auf Belag 	Problem Befestigung Konsole	+	+	–	+
Wasserlauf auf Belag, Leitschranke über der Brückenplatte 	Problem Befestigung Konsole	+	+	–	–

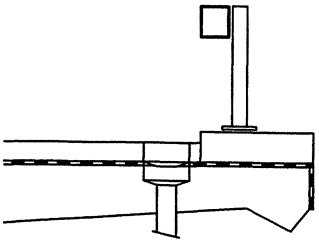
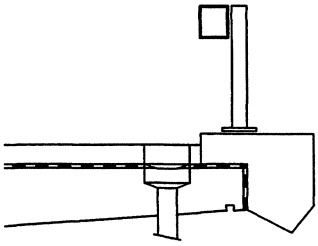
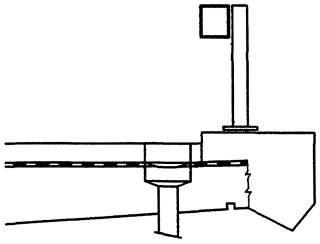
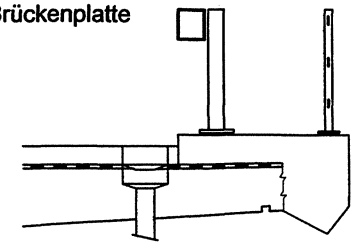
+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 3 Systeme mit angebauter Konsole aus Stahl, Belag und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte, mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
Wasserrinne aussen liegend 	Problem Befestigung Betonrand	Erschwerte Zugänglichkeit der Wasserrinne hinter der Leitschranke	+	–	+
Wasserlauf auf Belag, Einlaufschächte aussen liegend 	Problem Befestigung Betonrand	Erschwerte Zugänglichkeit der Einlaufschächte hinter der Leitschranke	+	–	+
Wasserlauf auf Belag, punktuelle Ableitungen zu aussen liegendem Sammelkanal 	Problem Befestigung Betonrand	Erschwerte Zugänglichkeit der Wasserrinne hinter der Leitschranke	+	–	–

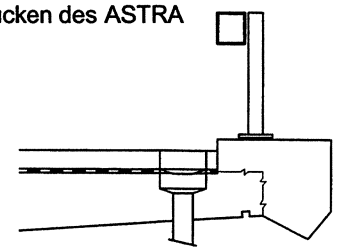
+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 4 Systeme mit Betonrand und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte ohne Durchdringung der Abdichtung

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
Betonplatte auf der Abdichtung 	Problem Befestigung Betonrand	+	+	–	+/–
Konsolkopf auf der Abdichtung 	Problem Befestigung Betonrand	+	+	–	+
Konsolkopf auf der Abdichtung mit Verbund Konsolkopf-Brückenplatte 	Probleme bei schmalen Rändern	+	+	+	+
Konsolkopf (Dienststeg) auf der Abdichtung mit Verbund Konsolkopf-Brückenplatte 	+	+	+	+	+

+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 5 Systeme mit Betonrand und Abdichtung bis zum Rand der Brückenplatte mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

Prinzipskizze	Beurteilung				
	Einfachheit der Ausführung	Aufwand für Unterhalt	Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung	Eignung für Ausführung mit Leitmauer	Dauerhaftigkeit
Konsolkopf gemäss den Richtlinien Konstruktive Einzelheiten von Brücken des ASTRA 	Problem Anschluss der Abdichtung am Konsolkopf	+	+	+	+/–

+ Beurteilung eher positiv
– Beurteilung eher negativ

Tab. 6 System mit Anschluss der Abdichtung am Konsolkopf mit Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

4 Betrieb und Erhaltung

4.1 Betrieb der Strasse

4.1.1 Übersicht

Es besteht eine starke Beziehung zwischen dem Betrieb der Strasse und dem geometrischen Normalprofil gemäss den Normen SN 640.200 ff., Geometrisches Normalprofil. Diese Normen enthalten auch die Angaben zu den einzelnen Elementen des geometrischen Normalprofils. Für Brückenquerschnitte ist vor allem die Regelung von Bedeutung, dass der Bereich "seitlicher Sicherheitszuschlag" über erhöhten Gehwegen oder Randkonstruktionen liegen darf.

In den Normen SN 640 200 ff. fehlen Angaben über die Zusätzliche lichte Breite. Diese finden sich in der Norm SN 640 566, Passiver Schutz im Strassenraum, Einsatz, Wahl und Anordnung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Strassen. Die minimale lichte Breite zwischen dem Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer und der Schutzeinrichtung (Leitschranke, Leitmauer) beträgt bei Normalbetrieb 0,5 m. In dieser Norm wird vor allem auch festgehalten, dass das geometrische Normalprofil nicht nur auf den Normalbetrieb der Strasse auszurichten ist, sondern dass auch die baustellenbedingten Verkehrsführungen zu berücksichtigen sind. Im Fall von Autobahnbrücken ist es die Verkehrsführung 4/0, welche in einer direkten Beziehung zur Ausführung des Brückenrandes steht.

4.1.2 Verkehrsführung 4/0

Geometrisches Normalprofil

Die Abmessungen der Fahrstreifen und der Zusätzlichen lichten Breite für die Verkehrsführung 4/0 sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Geschwindigkeit	Zusätzliche lichte Breite	Fahrstreifenbreite		Lichtraumprofil der Strasse
[km/h]	[m]	1. Fahrstreifen [m]	2. Fahrstreifen [m]	[m]
80 (evtl. 60)	0,30	3,00	2,50	12,10
100 (evtl 80)	0,30	3.25 ...3,50	2,75...3,25	13,10 .. 14,60

Tab. 7 Lichtraumprofil der Strasse mit der Verkehrsführung 4/0

4.1.3 Verkehrsführung 4/0 mit einer lichten Breite zwischen den Leitschranken von 12,10 m

Das Normalprofil mit einer lichten Breite von 12,10 m ist in der Abb. 3 dargestellt.

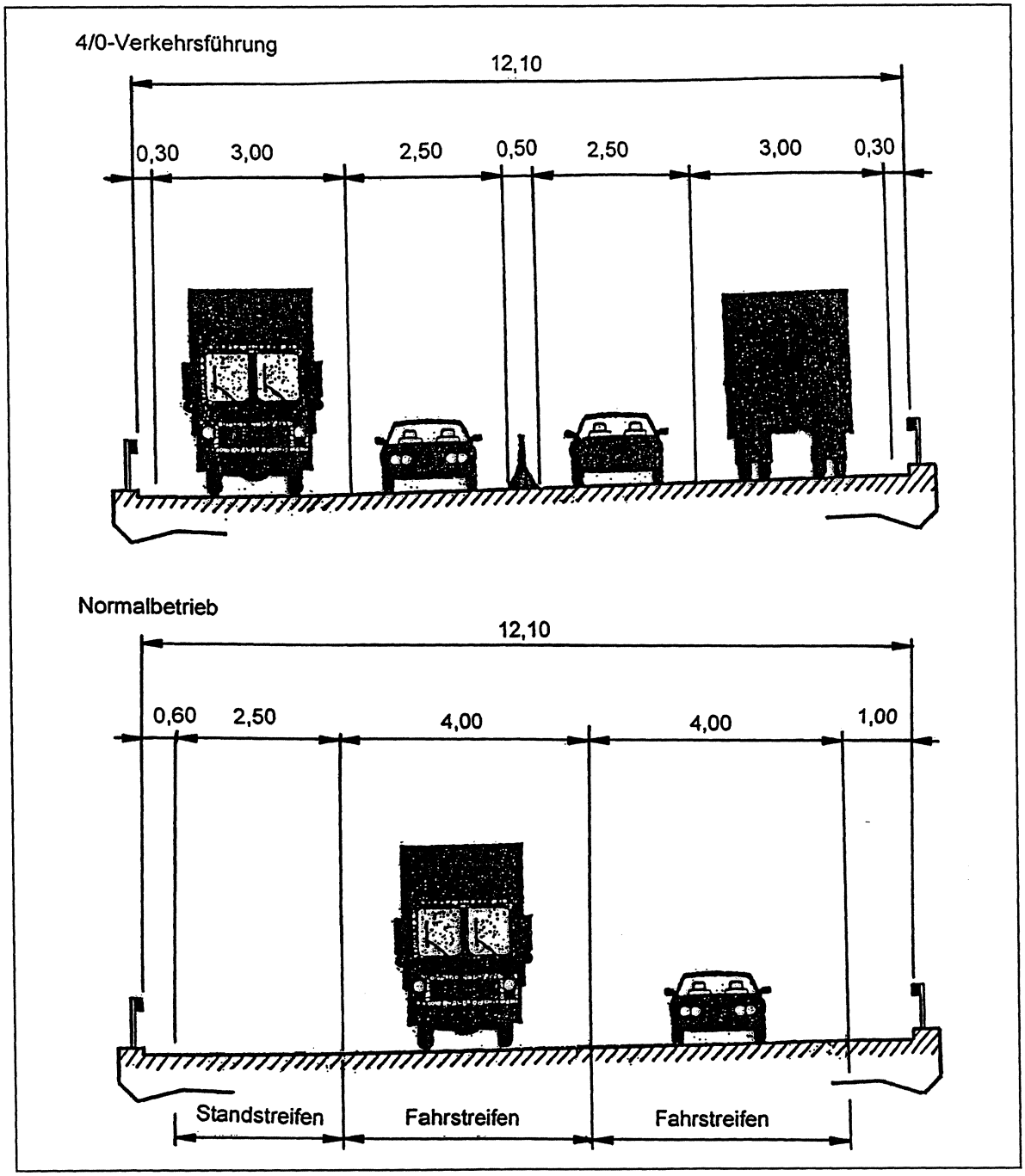


Abb. 3 Vergleich Verkehrsführung 4/0 und Normalbetrieb bei einer lichten Breite von 12,10 m

4.1.4 Varianten für die Gewährleistung der Verkehrsführung 4/0

Allgemeines

Auf Brücken mit grosszügigen Abmessungen des Standstreifens und zusätzlichen Breiten neben dem Fahrstreifen für den Normalbetrieb ist im Fall eines befahrbaren Mittelstreifens die notwendige lichte Breite für die Verkehrsführung gewährleistet. In den übrigen Fällen stellen die folgenden auf den Brückenrand ausgerichteten Varianten mögliche Lösungen dar.

Befahrbarer Brückenrand

Die Breite des Konsolkopfes bzw. des Brückenrandes ergibt sich aus Anprallversuchen an Leitschranken mit den massgebenden Fahrzeugen (PW, Bus, LW), Geschwindigkeiten und Anprallwinkeln. Für Hochleistungsstrassen wurden die Konsolkopfbreiten in den Richtlinien des ASTRA [1] mit 0,70 m festgelegt. Die in den letzten Jahren durchgeführten Anprallversuche mit einem Bus, 70 km/h, 20°, 13'000 kg und den aktuellen Leitschrankensystemen haben dieses Mass bestätigt. Für eine temporäre Verkehrsführung mit einer auf 80 km/h beschränkten Höchstgeschwindigkeit ist es grundsätzlich möglich, auch den Randbereich zu befahren, wobei in Einzelfällen die Leitschranken nach aussen versetzt werden müssen. Einen massgebenden Einfluss auf eine solche Lösung hat auch die Fahrbahnentwässerung. Die Aspekte der Entwässerung werden unter Ziffer 5.4 behandelt. Eine Übersicht über mögliche Dispositionen unter Einschluss der Variante "befahrbarer Dienststeg" findet sich in der Tabelle 8. In etlichen Fällen bestehen allerdings Schwierigkeiten, die Konsolköpfe befahrbar zu machen.

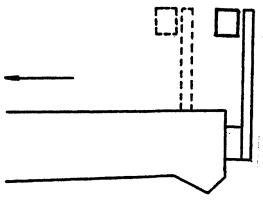
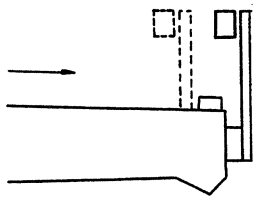
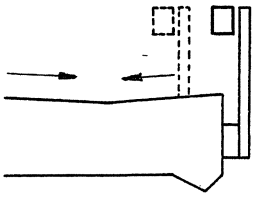
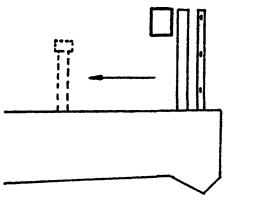
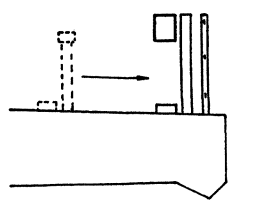
Variante		
Versetzte Leitschranke/ versetzter Randabschluss		
Versetzte Leitschranke/ Kontergefälle am Brückenrand		
Dienststeg als Brückenrand-verbreiterung		

Tabelle 8 Übersicht möglicher Verwendung des Brückenrandes von Autobahnbrücken mit Leitschranken für die Verkehrsführung 4/0

Befahrbarer Dienststeg

Die Aspekte eines Dienststeges werden im Einzelnen unter Ziffer 5.1 behandelt. Die Disposition bezüglich der Leitschranke und des Geländers ist in der Tabelle 8 dargestellt. Ein schematischer Querschnitt findet sich in der Abb. 4.

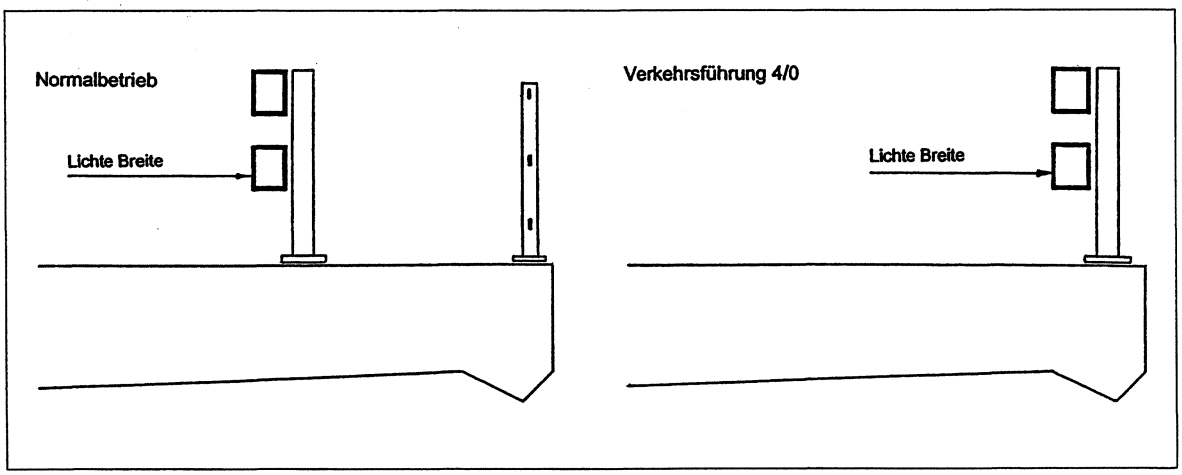


Abb. 4 Schematische Darstellung des Brückenrandquerschnittes für den Normalbetrieb der Autobahn und die Verkehrsführung 4/0

4.2 Betrieblicher Unterhalt

4.2.1 Übersicht

Die Beziehungen zwischen dem betrieblichen Unterhalt und der Ausführung sind in der Matrix, Tab. 9, dargestellt. Die Aspekte der Einwirkungen der Auftaumittel auf den Konsolkopf - letztlich auch ein Element des betrieblichen Unterhaltes - werden an dieser Stelle nicht behandelt.

Anforderung an die Konstruktion	Winterdienst, Einsatz Schneepflug	Reinigung der Fahrbahn	Reinigung des Entwässerungs-systems	Reinigung des Brückenrandes
Lage der Leitschranke bezüglich Vorderkant Konsolkopf	□	□		
Lage des Wasserlaufes	□		■	■
Einwirkungen/ Lasten auf den Konsolkopf	□			

Legende: □ Beziehung
■ Schnittbereich von grosser Bedeutung

Tab. 9 Beziehungen im Bereich des betrieblichen Unterhalts

4.2.2 Lage der Leitschranke auf dem Konsolkopf

Winterdienst, Einsatz des Schneepfluges

Zur Festlegung der Lage von Leitschranken am Brückenrand sind die Aspekte des Winterdienstes zu betrachten. Die drei Vorgehensarten beim Schneeräumen sind in der Abb. 5 zusammengestellt.

Das Vorgehen 1) muss in allen Fällen mit einem Schneewall auf dem Standstreifen oder am Fahrbahnrand gewählt werden. Es hat keinen Einfluss auf die Platzierung der Leitschranke.

Recherchen haben ergeben, dass sowohl das Vorgehen 2) als auch 3) praktiziert wird. Es ist deshalb angebracht, die gemäss den Richtlinien ASTRA [1] eingeführte und in der Abb. 6 dargestellte Anordnung der Leitschranke beizubehalten.

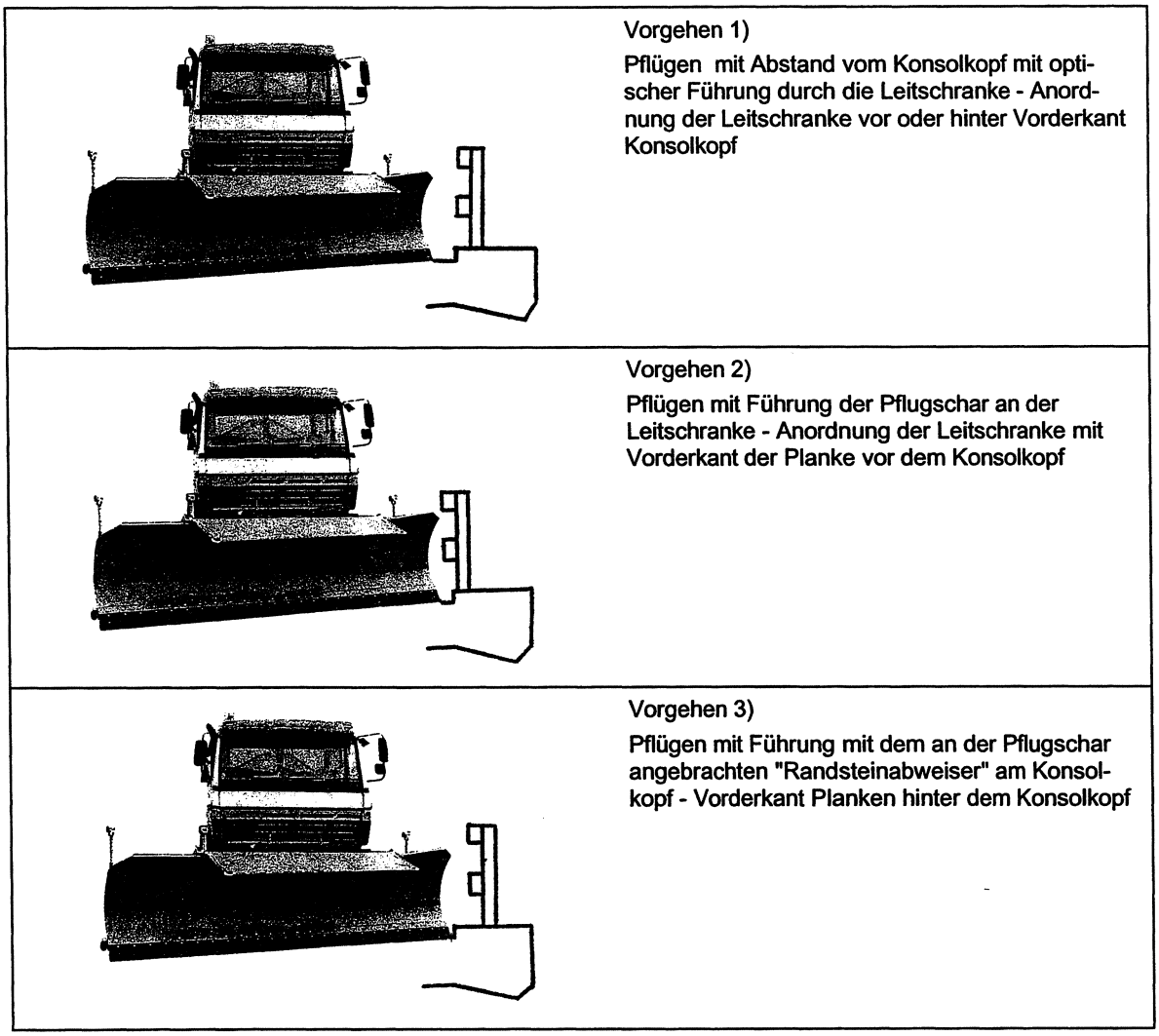


Abb. 5 Vorgehen beim Schneeräumen an Brückenrändern

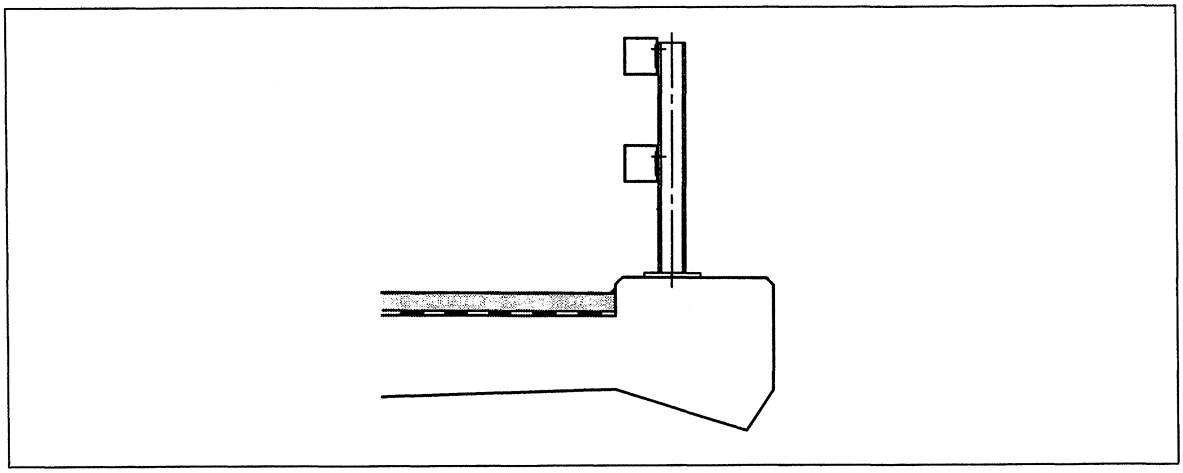


Abb. 6 Anordnung von Leitschranken auf dem Konsolkopf gemäss [1]

Fahrbahnreinigung

Auf Brücken erfolgt die Fahrbahnreinigung allgemein maschinell. Dabei werden Kehr- und Wischmaschinen eingesetzt. Kehrmaschinen bedingen eine Anordnung der Leitschranken hinter dem Konsolkopfrand. Die Disposition der Leitschranke gemäss den Richtlinien ASTRA [1] bzw. der Abb. 6 ist somit günstig. Sie wurde in der Praxis auch in keinem Fall kritisiert.

4.2.3 Lage des Wasserlaufs

Winterdienst

In schneereichen Gegenden wird zur Vermeidung von Winterglätte auf Fahrbahnen als Folge von Schmelzwasser, das über die Fahrbahn fliesst, ein Kontergefälle gemäss Abb. 7 vorgesehen. Das Kontergefälle erschwert den Belagseinbau nachhaltig und bedingt eine Entwässerung an beiden Fahrbahnrändern. Recherchen haben ergeben, dass keine einheitliche Meinung bezüglich der Notwendigkeit eines Kontergefälles besteht.

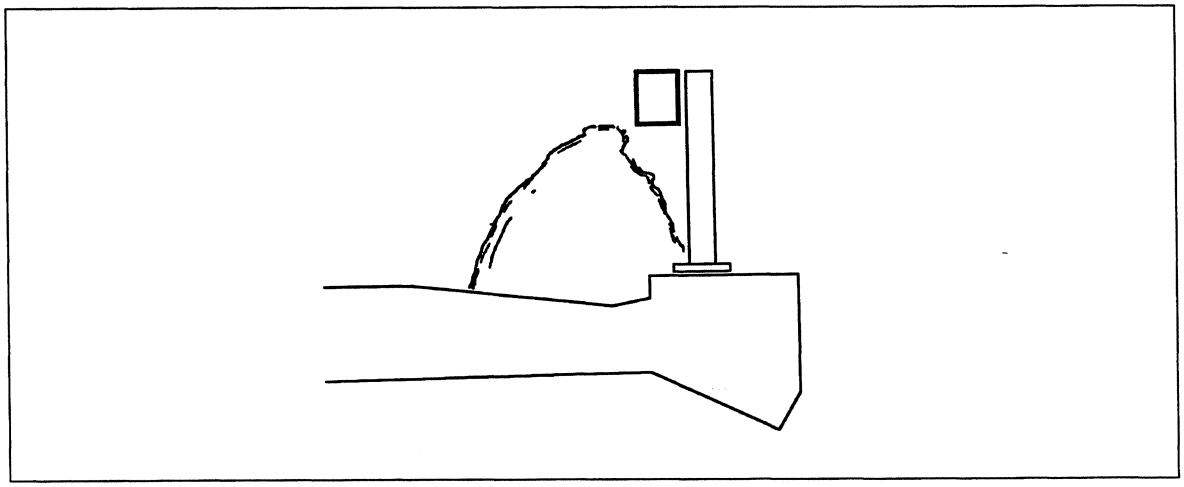


Abb. 7 Brückenrand ohne Standstreifen und mit Kontergefälle am Fahrbahnrand

Reinigung der Fahrbahn

Die beiden Varianten mit unterschiedlichen Profilierungen mit dem Wasserlauf bzw. dem Randabschluss vor und hinter der Leitschranke sind in der Abb. 8 dargestellt. Bei der Variante 1 ist eine effiziente Reinigung mit einer Wisch- oder Kehrmaschine möglich. Bei der Variante 2 wird die Verschmutzung mit dem abfliessenden Regenwasser hinter die Leitschranke geschwemmt. Der dadurch höhere Reinigungsaufwand ist nicht akzeptabel.

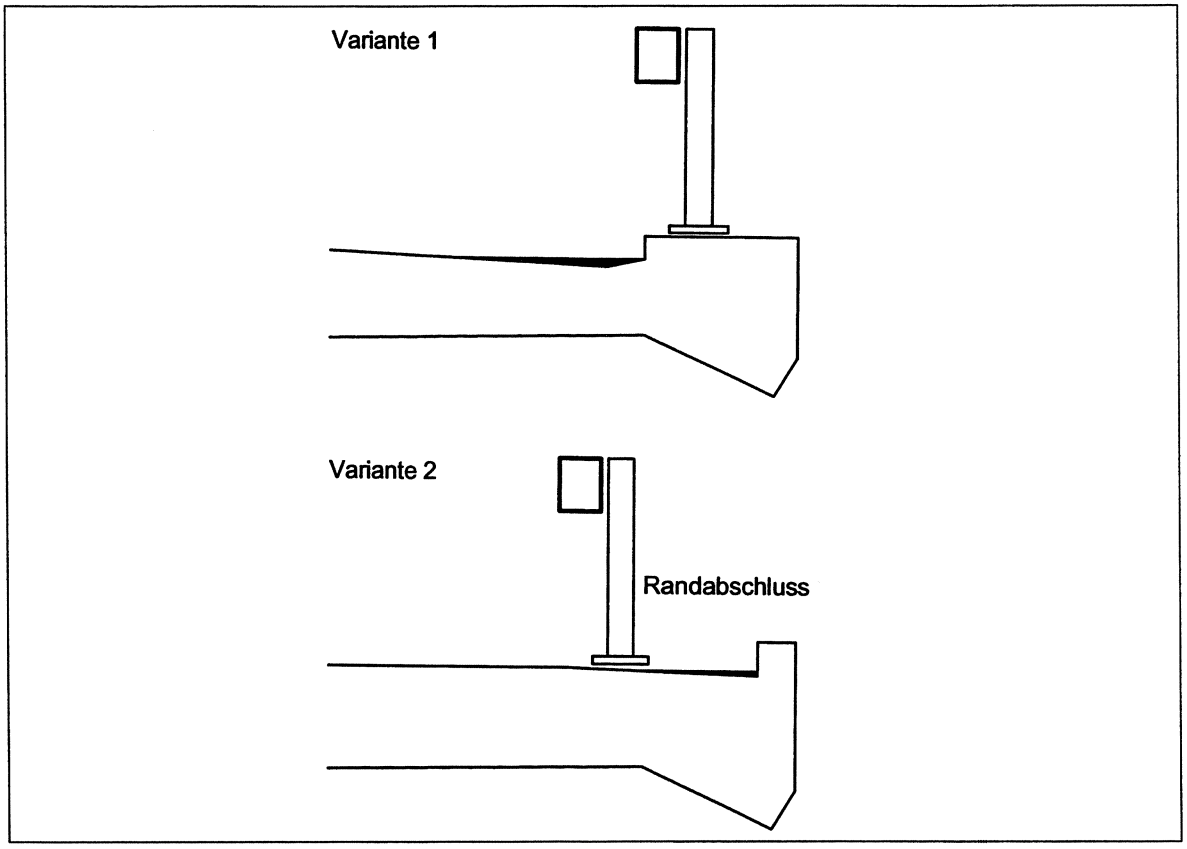


Abb. 8 Brückenrand mit Wasserlauf vor und hinter der Leitschranke

Reinigung des Entwässerungssystems

Die Reinigung des Entwässerungssystems umfasst primär das Spülen des Rohrleitungssystems mit dem Druckwasserspülgerät über die Reinigungsleitungen sowie die Reinigung der Einlaufschächte. In der Abb. 9 findet sich eine Darstellung eines Brückenrandes mit dem Wasserlauf hinter der Leitschranke. Im Hinblick auf den Mehraufwand sowie insbesondere die Gefährdung des Personals des Unterhaltsdienstes ist eine Durchführung der Reinigung hinter der Leitschranke ausschliesslich im Fall eines Brückenrandes mit einem Dienststeg eine akzeptable Lösung.

Im Fall einer Lösung mit einem Dienststeg bzw. mit einem Geländer am Brückenrand wird die Reinigung des Entwässerungssystems durch die Leitschranke als Hindernis zwischen "Saugwagen" und dem zu reinigenden Element erschwert. Im Fall einer Rinne am Brückenrand bedingt diese einen erheblichen Aufwand für die manuelle Reinigung. Dieser wird dadurch vergrössert, dass schwere Gegenstände wie Steine usw. nicht von der Rinne ferngehalten und zudem nicht einfach abgeschwemmt werden können.

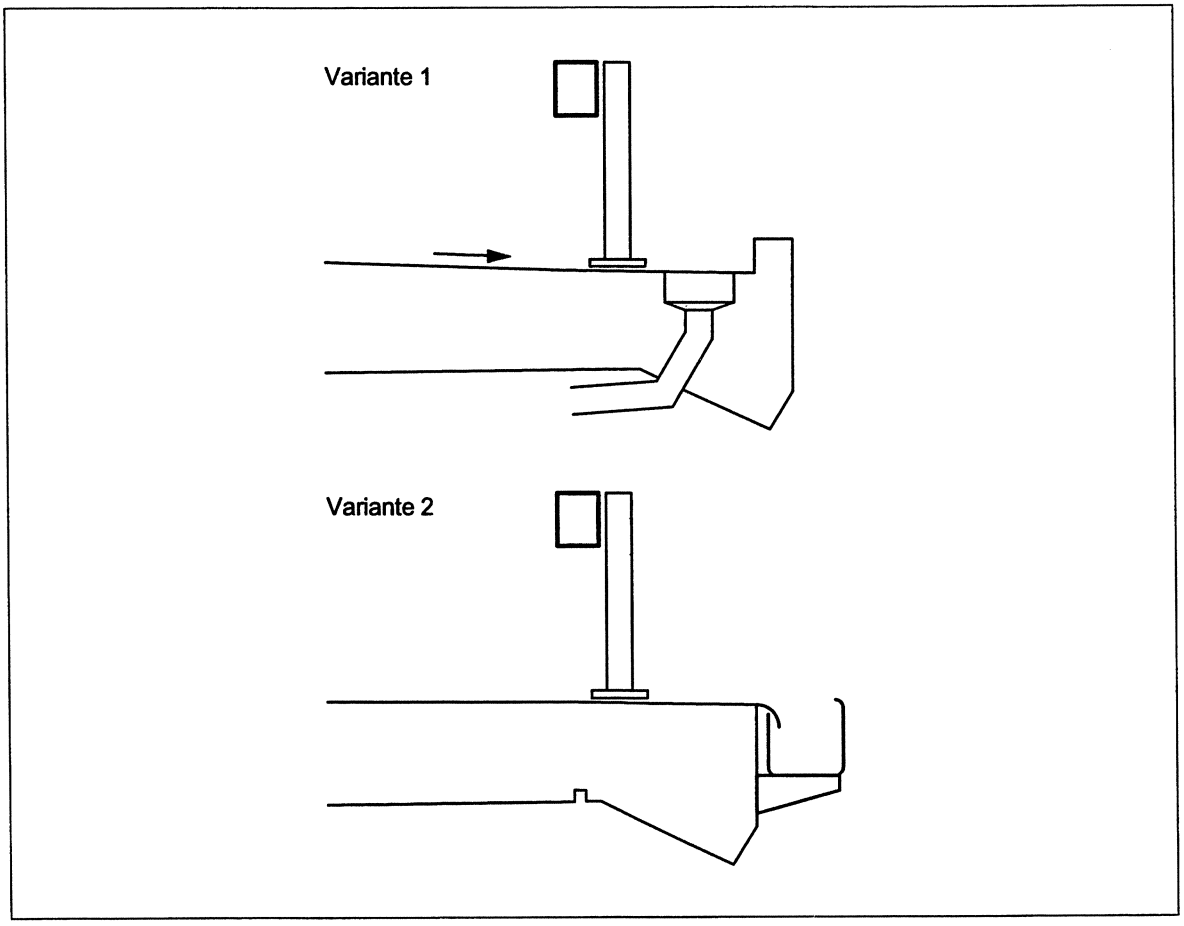


Abb. 9 Schematische Darstellung eines Brückenrandes mit Wasserlauf hinter der Leitschranke

Reinigung des Brückenrandes

Das Hängenbleiben der von der Fahrbahn abgeschwemmten Verschmutzung am Randabschluss bzw. am Konsolkopf ist aus den folgenden Gründen für den Unterhalt ungünstig:

- Das Unterhaltspersonal ist im Fall eines fehlenden Dienststeggeländers bezüglich Absturz gefährdet und müsste an jeder Stelle gesichert werden.
- Die Reinigung bedingt fahrbahnseits ein aufwändiges Entfernen von Schmutzteilen, die an den Leitschrankenpfosten hängen bleiben.
- Die Reinigung hinter der Leitschranke muss manuell durchgeführt werden.

Die Anordnung eines Randabschlusses zum Rückhalten von Wasser bzw. der Verschmutzung hinter der Leitschranke ist in Bezug auf den Unterhalt ungünstig.

4.2.4 Mechanische Einwirkungen auf den Konsolkopf durch Unterhaltsgeräte

Die Einwirkungen durch Geräte der Unterhaltsdienste sind im Vergleich zu anderen Einwirkungen nicht massgebend. Dies gilt auch für Schneepflüge, welche zum Schutz der Schar so konstruiert sind, dass die Härte von Stössen beschränkt wird. Die Aspekte der Einwirkungen auf Konsolköpfe bzw. Brückenrandkonstruktionen werden unter Ziffer 5.2 behandelt.

4.3 Erneuerung

4.3.1 Mögliche Massnahmen zur Verminderung des Aufwandes für die Erneuerung

Unter verschiedenen Ziffern, unter welchen die konstruktiven Einzelheiten beschrieben und beurteilt werden, finden sich Angaben zur Erneuerung der Brückenränder. Im Folgenden sind mit dem Ziel, eine Übersicht zu liefern, mögliche Massnahmen zur Verminderung des Aufwandes bei einer Erneuerung bzw. zur Vereinfachung des Vorgehens aufgezählt:

- Aufgelegte Konsolköpfe ohne Befestigung
- Aufgelegte Konsolköpfe mit einer einfach lösbaren Verbindung oder Befestigung
- Konsolköpfe in Ortbeton ohne monolithische Verbindung zur Fahrbahnplatte
- An der Fahrbahnplatte befestigter Konsolkopf in Ortbeton
- Konsolkopf mit einem einfach ersetzbaren Oberflächenschutzsystem

4.3.2 Beurteilung der Effizienz von Massnahmen zur Verminderung des Aufwandes für die Erneuerung

Die Beurteilung der Effizienz von Massnahmen beispielsweise im Zusammenhang mit dem Einsatz von vorfabrizierten Elementen hängt u.a. auch von den örtlichen Bedingungen ab. Generell ist der Einsatz von vorfabrizierten Elementen im Fall von gekrümmten Brücken erheblich ungünstiger als bei geraden.

Bezüglich der ökonomischen Beurteilung gilt vereinfacht die Regel, dass der Mehraufwand beim Bau höchstens 20 % bis 35 % der Minderkosten bei der Erneuerung betragen darf. Dies entspricht dem Gegenwartswert einer einmaligen Zahlung/ Abschreibung 35 Jahre/ Zins 5,0 %; bzw. Abschreibung 25 Jahre/Zins 4,5%.

5 Elemente des Brückenrandes

5.1 Dienststege

5.1.1 Übersicht

Das Bundesamt für Strassen ist bisher nie mit der Forderung nach einem Dienststeg konfrontiert worden. Gemäss der ersten Besprechung der Begleitkommission D: Ausrüstung, der Arbeitsgruppe Brückenforschung des UVEK, vom 11.05.00 wurde die Forschungsstelle beauftragt, die Anordnung von Dienststegen an Autobahnbrücken im Hinblick auf die Verkehrsführung 4/0 im Bereich von Baustellen zu untersuchen. Angaben zur Verkehrsführung 4/0 unter Einbezug eines "befahrbaren Dienststeges" finden sich unter Ziffer 4.1.4.

5.1.2 Autobahnbrücken mit Dienststegen in Deutschland

Entwicklung der Brückenränder

In Europa werden - ausser in Spezialfällen - nur in Deutschland die Autobahnbrücken mit Dienststegen ausgeführt. Mit Ausnahme der neuen Bundesländer ist in Deutschland der Brückenrand mit Dienststeg die Standardausführung. Der Ursprung dieser Randausführung liegt jedoch nicht beim Bedürfnis für einen Dienststeg, sondern beim eingesetzten standardisierten Leitschrankensystem, der Einfachen Distanzleitschranke. Dieses System, das auch in die Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken des ASTRA, Ausgabe 1982 [2], übernommen worden ist, weist einen grossen Wirkungsbereich auf. Dies bedingt einen breiten Deformationsraum hinter der Leitschranke, der in der Folge als Dienststeg genutzt worden ist. Die Ausführung gemäss dem Dossier Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke des BMV [5], ist in der Abb. 10 dargestellt.

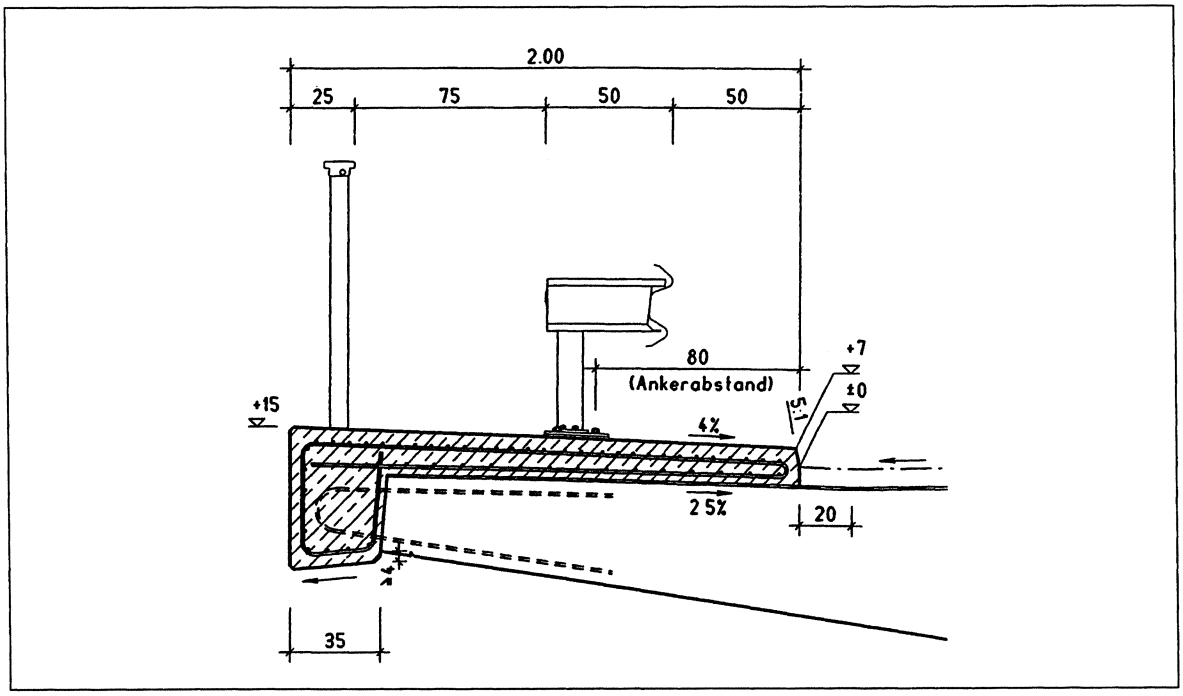


Abb. 10 Aussenkappe mit Einfacher Distanzleitschranke gemäss Richtzeichnungen [5]

Ausblick und Beurteilung

Bezüglich der künftigen Ausführung der Brückenränder auf den deutschen Autobahnen hat die Forschungsstelle am 01.02.99 die Anordnung von Dienststegen mit Vertretern der Bundesanstalt für Strassenwesen, den Herren Prof. Dr. Ing. F. Grossmann, Direktor, sowie Dr. A. Hemmert-Halswick, Oberregierungsrat, besprochen. Der Inhalt der Besprechung kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Dienststege an Autobahnbrücken werden als sinnvoll und notwendig beurteilt. Trotz der grösseren Kosten steht ein Verzicht nicht zur Diskussion.
- Der Dienststeg wird auch hinsichtlich seiner Funktion als Notweg als unentbehrlich beurteilt.

- Das System der Rückhalteeinrichtung für Fahrzeuge bestehend aus der Einfachen Distanzleitschranke und einem standardisierten Geländer mit einem Drahtseil D 20 mm sowie Seilschikanen und Endverankerungen, hat sich bezüglich des Absturzrisikos als angemessen erwiesen. Dieses System bedingt einen grossen Deformationsraum.
- Es ist nicht vorgesehen, die Brückenrandausführung gemäss der Richtzeichnung [5] zu verändern.

5.2 Einwirkungen auf Brückenränder

5.2.1 Übersicht und Grundlagen

Die Anprallkräfte an Leitmauern sind in der Norm SIA 160, Einwirkungen auf Tragwerke [28], bzw. in der prEN 1991-2, Allgemeine Einwirkungen - Verkehrslasten auf Brücken [19], festgelegt und werden als bekannt angenommen.

Zu den Einwirkungen auf Konsolköpfe liegen die folgenden Dokumente vor:

- Norm SIA 160, Einwirkungen auf Tragwerke [28]
- prEN 1991-2, Allgemeine Einwirkungen - Verkehrslasten auf Brücken [19]
- Publikation zu Versuchen Krafteinwirkung auf die Kappe und den Überbau einer Brückenkonstruktion infolge eines Anprallvorganges an eine Stahlleitschiene [26]

5.2.2 Vertikallasten

◊ Bemessungswert nach prEN 1991-2 [19]

Der Bemessungswert nach prEN 1991-2 beträgt 100 kN. Die Definition ist in der Abb. 11 angegeben. Dieser Wert ist definitionsgemäss jedoch nicht auf einen Konsolkopf mit einer Leitschranke ausgerichtet.

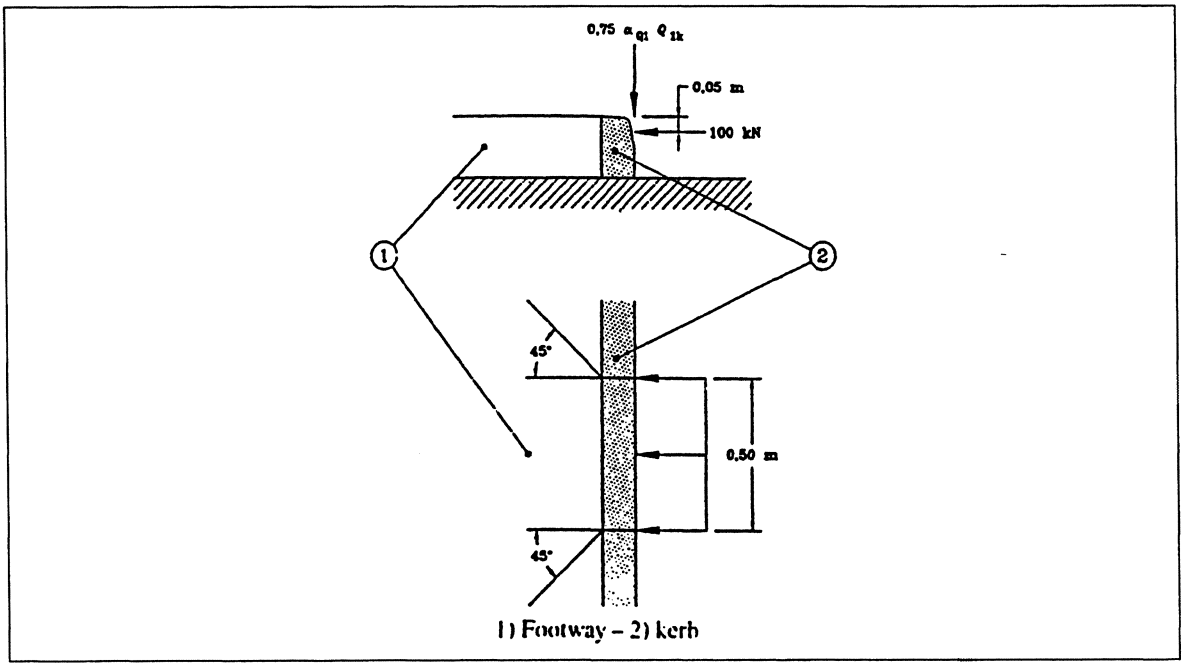


Abb. 11 Definition der Anprallkräfte an Borde gemäss prEN 1991-2 [19]

5.2.3 Anprallversuche zur Messung der Krafteinwirkungen auf die Kappe und den Überbau einer Brückenkonstruktion

Angaben zu den Versuchen

Bei der Untersuchung der Einwirkungen auf einen Konsolkopf gemäss der oben angegebenen Publikation [26] wurde ein Versuch mit den folgenden Charakteristiken durchgeführt:

- Bestimmung der Vertikal- und der Horizontallast beim Anprall eines schweren Lastfahrzeugs an eine auf einem Konsolkopf montierte Leitschranke
- Durchführung mit einem Konsolkopf aus Stahl
- Anprall gemäss der Testbedingung der Norm EN 1317-2 [11], Prüfung TB 51: Bus, 13'000 kg, 70 km/h, 20°

Vertikalkraft

Der Versuch ergab eine maximale Vertikalkraft von 210 kN. Dieser Wert wird nachfolgend diskutiert:

Bei einem Bus mit einer Masse von 13 t ergibt sich eine durchschnittliche Radlast von 30 - 40 kN. Es ist davon auszugehen, dass sich beim durchgeführten Versuch zum Zeitpunkt der grössten Vertikallast nur ein Rad auf den Konsolkopf abstützte. Wie aus der Abb. 12 ersichtlich ist, wird die grösste Radlast beim Umlenkvorgang mit dem linken Hinterrad aufgebracht. In diesem Zeitpunkt ist gemäss dem Bildausschnitt 8 der Giervorgang sowie das Rollen nach aussen abgeschlossen. Es ist davon auszugehen, dass die Federung der linken hinteren Radaufhängung zu diesem Zeitpunkt bis zum Anschlag zusammengedrückt worden ist. Dabei dürfte sich die im Vergleich zum Gesamtgewicht des Fahrzeugs sehr hohe Vertikallast auf den Konsolkopf aufgebaut haben. Die beim Versuch gemessene Vertikalkraft wirkte nur kurzzeitig. Es ist deshalb zu prüfen, in wie weit diese Kraft als Einwirkung überhaupt massgebend ist.

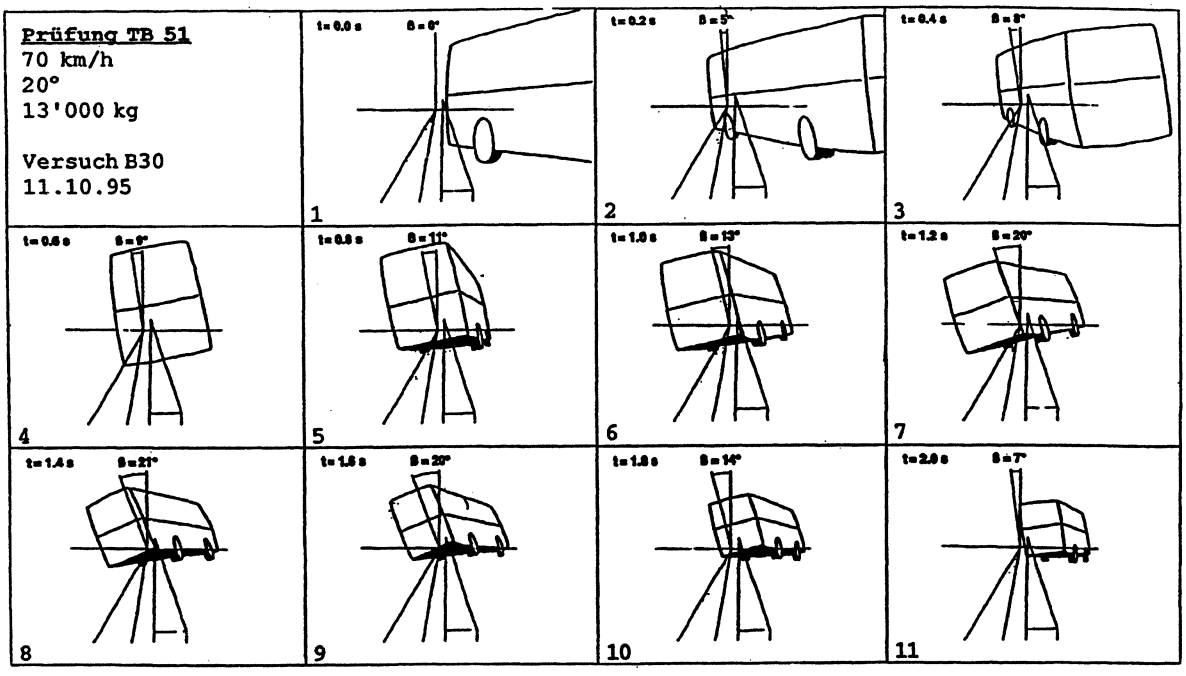


Abb. 12 Bewegung des Fahrzeugs beim Anpralltest TB 51 an eine Leitschranke mit zwei Kastenprofilen 150/180 mm und Pfosten IPE 120 (nicht identisch mit Test gemäss [26])

Horizontalkraft

Der Versuch ergab eine kurzzeitig wirkende maximale Horizontalkraft von F_h = 195 kN, die nachfolgend diskutiert wird:

- In Anbetracht des Umstandes, dass die vom Fahrzeug umgefahrenen Leitschrankenpfosten eine vergleichsweise geringe Steifigkeit aufweisen, erscheint die gemessene Kraft ausserordentlich hoch.
- Die Horizontalkraft setzt sich zusammen aus der Kraft zum Umbrechen der Pfosten und der Reibung der Reifen auf dem Konsolkopf beim Umlenken des Fahrzeugs. Da die Pfosten - wie erwähnt - nur geringe Horizontalkräfte aufnehmen können, muss der Hauptteil der Horizontalkraft von der Reibung sowie aus dem Anschlagen der Reifen an den aus dem Konsolkopf ragenden steifen Fussplattenbefestigungen stammen. Mit Berücksichtigung der oben erwähnten hohen Vertikalkraft beim Anprall lässt sich die hohe Horizontalkraft somit erklären.
- Auch im Fall der Horizontalkraft ist es möglich, dass es sich um eine als Einwirkung nicht massgebende kurzzeitige Spitzenbelastung handelt.

5.3 Vorfabrizierte Konsolköpfe

5.3.1 Erwartete Vorteile gegenüber einer Ausführung in Ortbeton

Im Zusammenhang mit der Erneuerung von Autobahnbrücken - insbesondere mit solchen an der betrieblichen Belastungsgrenze - hat die Vorfabrikation von Konsolköpfen eine neue Bedeutung erhalten. Von der Vorfabrikation werden die folgenden Vorteile erwartet:

- Generell eine Verkürzung der Bauzeit bzw. der Dauer von künftigen Erneuerungen
- Das Ausschalten klimatischer Einschränkungen speziell im Fall von Erneuerungen
- Geringere Abbaukosten bei künftigen Erneuerungen
- Eine verbesserte Resistenz gegenüber Tausalzeinwirkungen durch eine Fertigung unter günstigeren Bedingungen als in situ

5.3.2 Grundlagen

Dossier 340, Standardprojekte für Brücken, Konstruktive Einzelheiten

◊ Ausführungen

Im nicht mehr aktuellen Dokument Standardprojekte für Brücken, Kapitel 344, Brückenrand und Mittelstreifen (1972) [3], werden vorfabrizierte Brückenränder behandelt. Zwei Varianten werden nachfolgend dargestellt und beurteilt:

Ziffer 4.1.2, Brückenrand ohne Gehweg, Abb. 13

Ziffer 4.2.2 Brückenrand mit Gehweg, Abb. 14

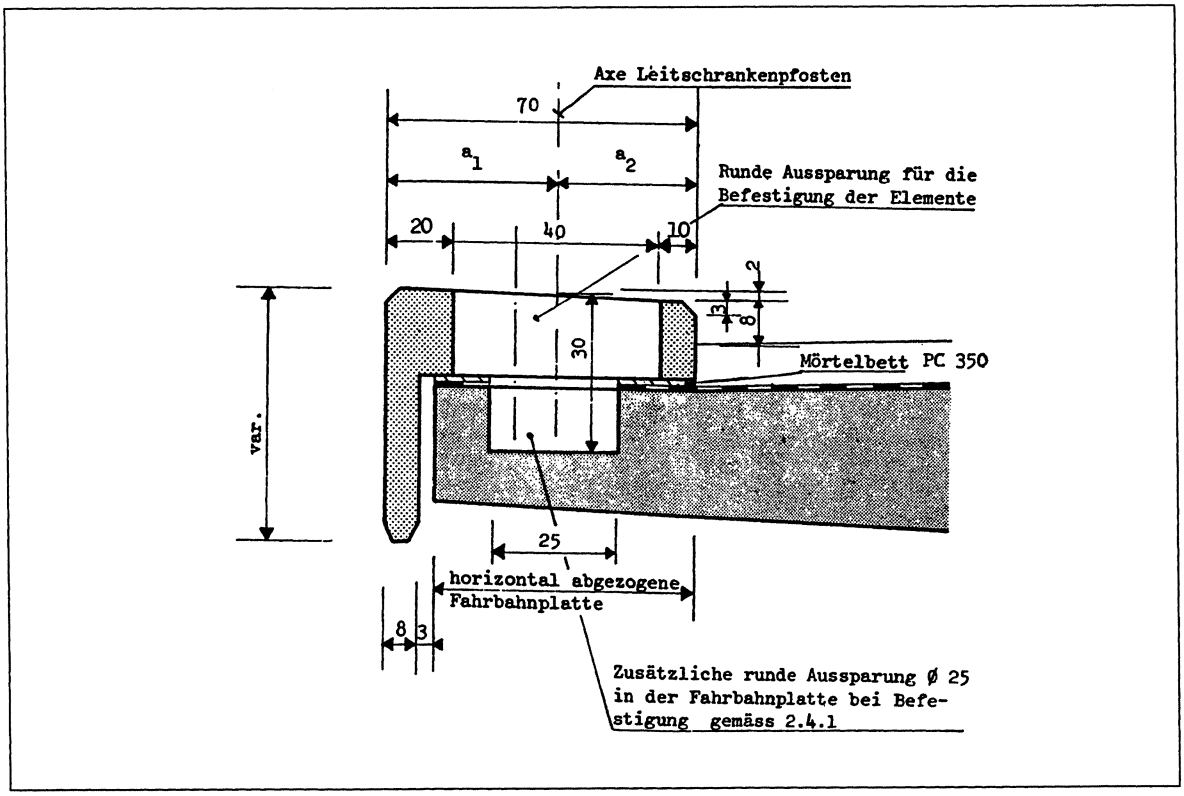


Abb. 13 Standardprojekte für Brücken, Ziffer 4.1.2, Brückenrand ohne Gehweg [3]

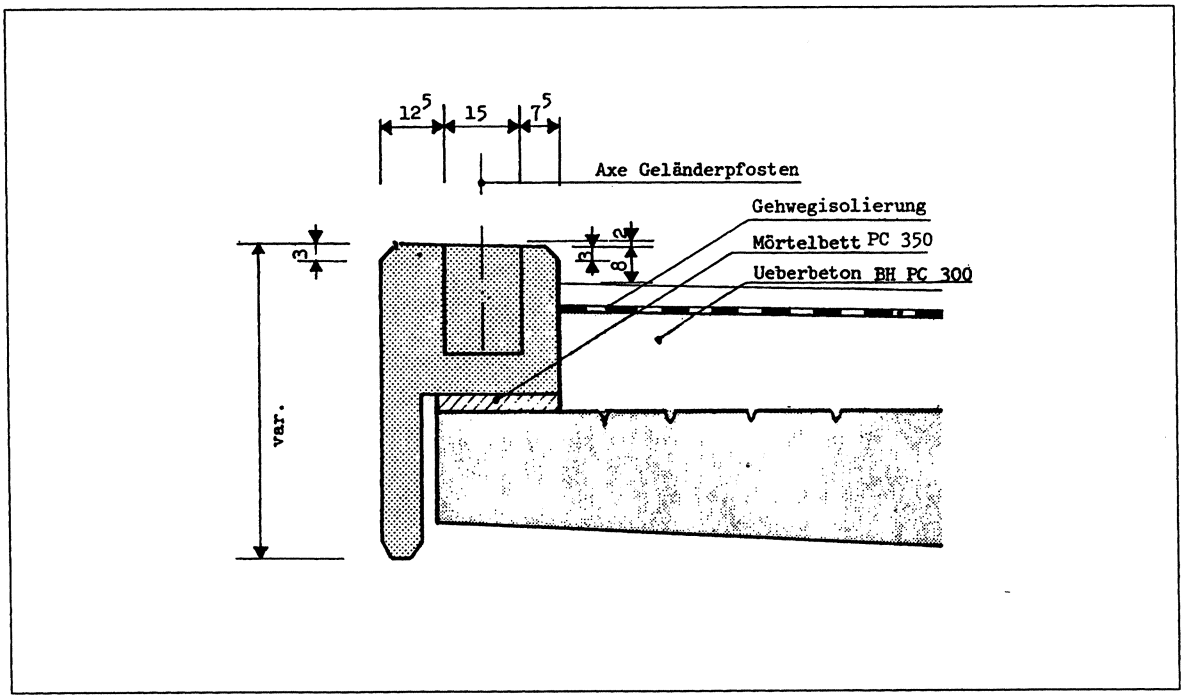


Abb. 14 Standardprojekte für Brücken, Ziffer 4.2.2, Brückenrand mit Gehweg [3]

Versuche N2, Kanton Uri, Lehnenviadukt Gurtnellen, Vorfabrizierter Konsolkopf als Verschleissteil

◊ Übersicht

Im Auftrag der Baudirektion des Kantons Uri haben die Firmen Spaltenstein Hoch- und Tiefbau AG sowie Ernst Winkler + Partner AG Versuche zur Herstellung und Montage von vorfabrizierten Konsolköpfen durchgeführt. Ausgangspunkt der Versuche war primär eine Beschleunigung der Erneuerungsarbeiten. Ziel der Tests war die Beschaffung von Erkenntnissen bezüglich der Machbarkeit, der Konstruktion, der Übertragung der Kräfte in die Brückenplatte, der Kosten und der Probleme von Brückenrändern mit vorfabrizierten Konsolköpfen.

◊ Ausführung

Auf einer Test-Brückenplatte von 11,0 m Länge wurden vorfabrizierte Konsolkopf-Elemente von 1,99 m (3 Stück) und 3,99 m (1 Stück) Länge montiert. Die Konsolkopf-Elemente wurden mit verschiedenen Typen von Verankerungen wie durch die Brückenplatte gehende Gewindestangen und Klebdübel befestigt. In der Abb. 15 ist ein Schnitt durch den Brückenrand dargestellt.

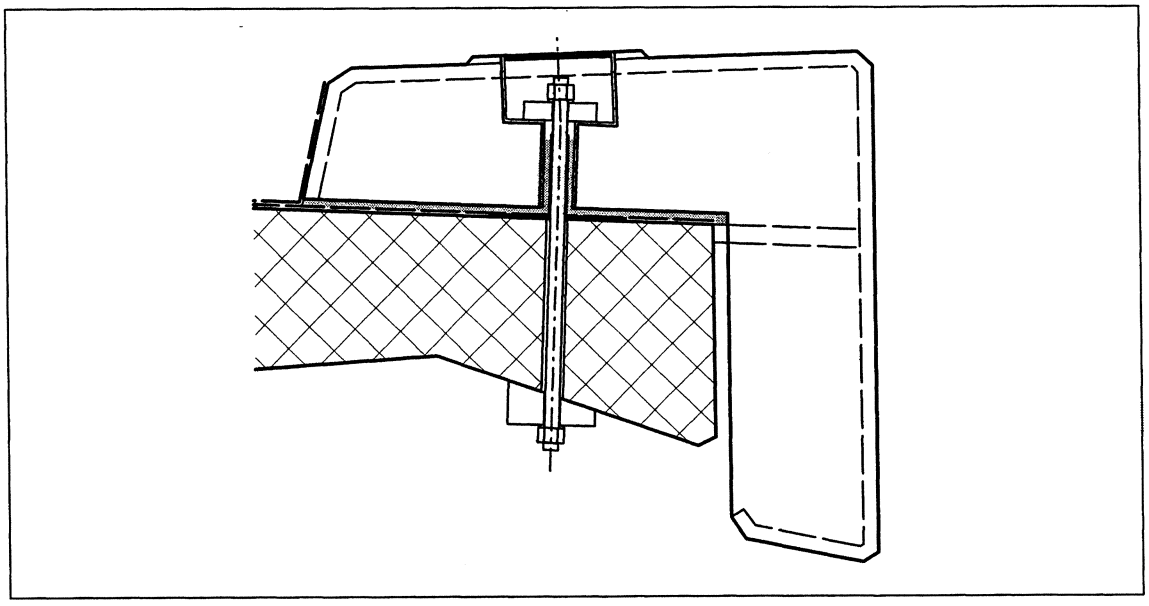


Abb. 15 Befestigung des vorfabrizierten Konsolkopfes, Variante mit einer durchgehenden Gewindestange

Erkenntnisse aus den Versuchen

Die Versuche konnten aus finanziellen Gründen nicht vollumfänglich ausgewertet werden. Die massgebenden vorläufigen Erkenntnisse sind nachfolgend zusammengestellt:

◊ Ausführungstechnische Probleme

- Die Herstellung der Elemente ist speziell für Brückenabschnitte in Kurven wegen möglichen Abweichungen des Randes von der Solllage aufwändig.
- Im Fall von Erneuerungen können sich generell Probleme wegen Toleranzen der Brücke ergeben.

◊ Künftiger Abbau der Elemente

Wegen der Toleranzen der Brückenplatte bzw. im Hinblick auf eine möglichst gleichmässige Pressung der Abdichtung wurden die Elemente in ein Mörtelbett verlegt. Im Weiteren wurde die Haftung des Mörtels am Element bzw. an der Brückenplatte für die Aufnahme der Verkehrslasten herangezogen. Diese Ausführung erschwert den Abbau des Konsolkopfes bei einer künftigen Erneuerung.

◊ Konstruktive Aspekte

- Der Anschluss des Systems Abdichtung und Belag wird unter Ziffer 5.5.2 behandelt. Eine Vereinfachung ist wahrscheinlich möglich.
- Für die Befestigung des Konsolkopfes wurde u.a. eine Ausführung mit vertikalen durch die Fahrbahnplatte geführten Stangen mit Ankerplatten und einer oben angebrachten Mutter in einer Aussparung ausgeführt. Diese Ausführung verursacht Probleme im Zusammenhang mit der Penetration von Wasser bzw. Tausalzlösung in die Aussparung.
- Die Fugendichtungen zwischen den Elementen werden als Schwachpunkt beurteilt. Sie bedingen zudem einen erheblichen Aufwand für die Kontrolle und Instandsetzung.

Es sind Ausführungsvarianten zu prüfen:

- Auffüllen der Aussparung wie im Fall der Ausführung der Verankerung von Kappen bestehender Bauwerke gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5]
- Eine Befestigung mit Verbundankern seitlich am Brückenrand
- Eine Aufnahme der kaum je auftretenden ausserordentlichen Verkehrslasten durch ein Verbinden der Elemente mit einem Zugband unter Akzeptanz einer Verschiebung einzelner Elemente im Ereignisfall

5.3.3 Folgerungen

- Es ist möglich, auch für Ortbetonkonsolköpfe Ausführungen zu entwickeln, welche hinsichtlich eines künftigen Abbaus zur Vorbereitung einer Erneuerung mit einem geringen Aufwand und auch rasch entfernt werden können. Im Vergleich Vorfabrikation und Ortbeton ist dies zu berücksichtigen.
- Die Erwartungen bezüglich der Einsparung von Bau- bzw. Erneuerungszeit sowie ein von der Jahreszeit unabhängiges Bauen werden mit der Vorfabrikation nur teilweise erfüllt. Das aufwändige Befestigen der Elemente vermindert den Zeitvorsprung gegenüber der Ausführung mit Ortbeton.
- Im Hinblick auf die Kosten ist eine Vorfabrikation am ehesten im Fall von geraden Brücken angezeigt.
- Eine Verbesserung der Betonqualität als Folge der Vorfabrikation ist zu erwarten.
- Lösungen zur Verbesserung der Fugen zwischen den vorfabrizierten Elementen müssten gefunden werden.

5.4 Brückenrandentwässerung

5.4.1 Übersicht

Die Beziehungen zwischen der Brückenrandausführung und den Aspekten der Brückenentwässerung sind in der Tab. 10 dargestellt. Wie aus der Matrix ersichtlich ist, sind die Auswirkungen der Entwässerung von grosser Bedeutung.

	Verkehrsführung 4/0, Lage des Wasserlaufs	Verkehrsführung 4/0, Überfahren Einlaufschächte	Durchdringung Abdichtung mit Einlaufschächten	Reinigung Entwässerungssystem	Freisetzung gefährlicher flüssiger Stoffe	Mechanische Einwirkungen auf Borde
Lage des Wasserlaufs und der Einlaufschächte	■	■	■	■		
Höhe der Borde/Randabschlüsse					■	■

Legende: ■ Schnittbereiche von grosser Bedeutung

Tab. 10 Beziehungen Brückenrand und Brückenentwässerung

5.4.2 Lage des Wasserlaufs

Mögliche Lagen

Die möglichen Lagen sind in der Abb. 16 zusammengestellt.

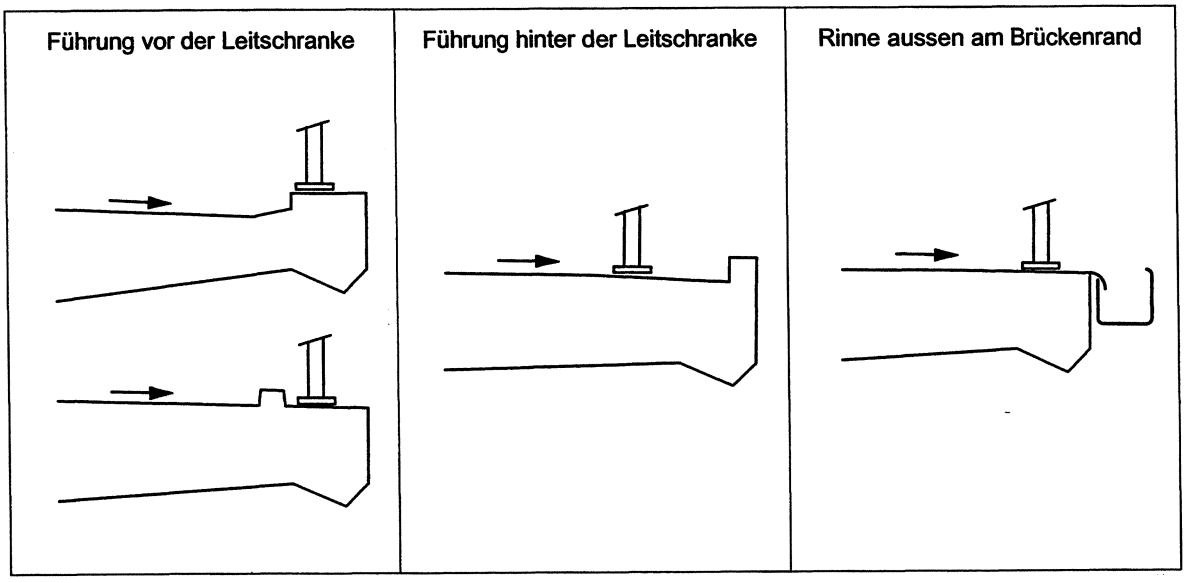


Abb. 16 Lage des Wasserlaufs

5.4.3 Verkehrsführung 4/0 und Unfallgefahr wegen Aquaplaning

Grundlagen

Die Unfallgefahr als Folge von Aquaplaning während der Verkehrsführung 4/0 ist ein zentraler Aspekt im Zusammenhang mit der Ausführung von Autobahnbrückenrändern. Im Folgenden sind die vorhandenen Grundlagen mit der auf Brückenränder bezogenen Auswertung zusammengestellt.

◊ Forschungsarbeit Abschätzung von Abflüssen aus versiegelten und unversiegelten Flächen und Einzugsgebieten, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft ETHZ, 2000 [29]

Diese Arbeit enthält u.a. die folgenden wichtigen Informationen:

- Extreme Starkregen haben in jedem Fall ein geringes Regenvolumen.
- Auf der Brückenoberfläche wird kurzzeitig Regenwasser gespeichert und damit die Abflussspitze nachhaltig gedämpft.
- Einlaufschächte mit Rosten weisen mit zunehmendem Zufluss eine nachhaltige Zunahme des Schluckvermögens auf.
- Gemäss den angegebenen Regen- und Abflusscharakteristiken ist die Breite und Tiefe des Wasserlaufs am Strassenrand bei Starkregen allgemein geringer als früher gemäss den Normen SN VSS berechnet. Die Entwässerungssysteme der Brücken verhalten sich somit "gutmütig".

◊ Ergänzende Informationsbeschaffung im Zusammenhang mit dem Abfluss bei der Verkehrsführung 4/0 und Aquaplaning

- Aquaplaning tritt gemäss Tests des TCS bei einer Wassertiefe von 7 mm und Geschwindigkeiten über 80 km/h auf. Aquaplaning wirkt sich vor allem beim Befahren von engen Kurven aus.
- Aquaplaning ist beim Bemessungsregen gemäss der Norm SN 640 353, Grundlagen zur Bemessung der Oberflächenentwässerung, d.h. einem Regen von ca. 80 mm/h, bezüglich Aquaplaning unproblematisch. Ein solcher Regen vermindert die Verkehrsgeschwindigkeit als Folge der Einschränkung der Sicht so nachhaltig, dass keine Aquaplaningprobleme auftreten.
- Die Praxis zeigt, dass auf Autobahnen bereits bei einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h praktisch keine Unfälle wegen Aquaplaning auftreten. Dies konnte in den Jahren 1973/74 während den Monaten mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h nachgewiesen werden.
- Gemäss Auskünften des Kommandos der Kantonspolizei Aargau haben sich während der Erneuerungsarbeiten 1999/2000 mit Verkehrsführungen 4/0 auf der Autobahn A1 keine durch Aquaplaning bedingte Unfälle ergeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Verkehr während Regenfällen einseitig im Wasserlauf und auch über Einlaufschächte rollte. Die günstige Unfallsituation wird auf die Geschwindigkeitsbeschränkung auf 80 km/h sowie die den Abfluss nachhaltig vermindernde Sprühnebelbildung zurückgeführt.

Folgerungen

Gemäss den zusammengestellten Recherchen ist eine Verkehrsführung 4/0 in Bezug auf Unfälle als Folge von Aquaplaning unabhängig von der Lage des Wasserlaufs bzw. der Einlaufschächte mit v = 80 km/h unproblematisch.

5.4.4 Verkehrsführung 4/0 und Überfahren der Einlaufschächte

Schäden

Als Folge des Überrollens der Einlaufschächte sind folgende Schäden möglich:

◊ Schäden am Anschluss der Abdichtungen

Gemäss Aussagen der Vertreter der Abteilung Strassenbau/Abdichtungen der EMPA sind Anschlüsse der Abdichtung an die Einlaufschachttassen (Verkleben der PBD am Rand, Klemmeinrichtung der Einlaufschächte Typ ECO der Firma Von Roll usw.) dicht und gegenüber Einwirkungen des Verkehrs im Wesentlichen resistent. Es ist dazu festzustellen, dass die Funktionstüchtigkeit des Anschlusses der Abdichtung im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit einer Brücke eine massgebende Anforderung darstellt.

◊ Schäden am Belag

Die Experten der EMPA beurteilen die Einwirkungen des Verkehr auf die Einlaufschächte in Bezug auf den Belag bzw. Gussasphalt als Standardausführung als ungünstig. Zusammen mit den thermischen Einwirkungen auf den Einlaufschacht sind Schäden möglich. Genaue Untersuchungen liegen jedoch nicht vor.

◊ Schäden an den Einlaufschächten

Grundsätzlich sind keine erheblichen Schäden an den Einlaufschächten wegen des Verkehrs bekannt. In Einzelfällen sind jedoch Verstellspindeln mit einem ungenügend grossen Durchmesser ein Schwachpunkt.

Massnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Einlaufschächte

◊ Einsatz von Einlaufschächten mit einer höheren Tragfähigkeitsklasse

Die Anforderungen an Einlaufschächte - u.a. an deren Tragfähigkeit - sind in der Norm SN EN 124, Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen, festgelegt. Auf einer Mehrzahl von Autobahnbrücken sind heute Schächte gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken des ASTRA, Kapitel 6, Entwässerung, rev. 1996, Ziffer 3.2.2, eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass diese Schächte der Tragfähigkeitsklasse C 250 gemäss der SN EN 124 zuzuordnen sind. Gemäss der SN EN 124 und davon abgeleiteten Dokumenten sind im Bereich von Fahrbahnen grundsätzlich Einlaufschächte der Klasse D 400 einzubauen. Mit der Einführung der Verkehrsführung 4/0 stellt sich somit die Frage, ob in Zukunft Einlaufschächte der Klasse D 400 eingesetzt werden müssen. Im gegenwärtigen Zeitpunkt werden in der Schweiz für Brücken allerdings keine Schächte der Tragfähigkeitsklasse D 400 angeboten.

◊ Einlaufschächte mit geringer Breite

Die Häufigkeit des Überfahrens kann mit einer Verminderung der Breite herabgesetzt werden. Gemäss den Richtlinien des Tiefbauamtes der Stadt Zürich sind Einlauf- und Spülschächte mit einer Breite von 180 mm erhältlich. Eine Darstellung dieses Einlaufschachtes findet sich in der Abb. 17. Deren Schluckvermögen ist jedoch vergleichsweise gering.

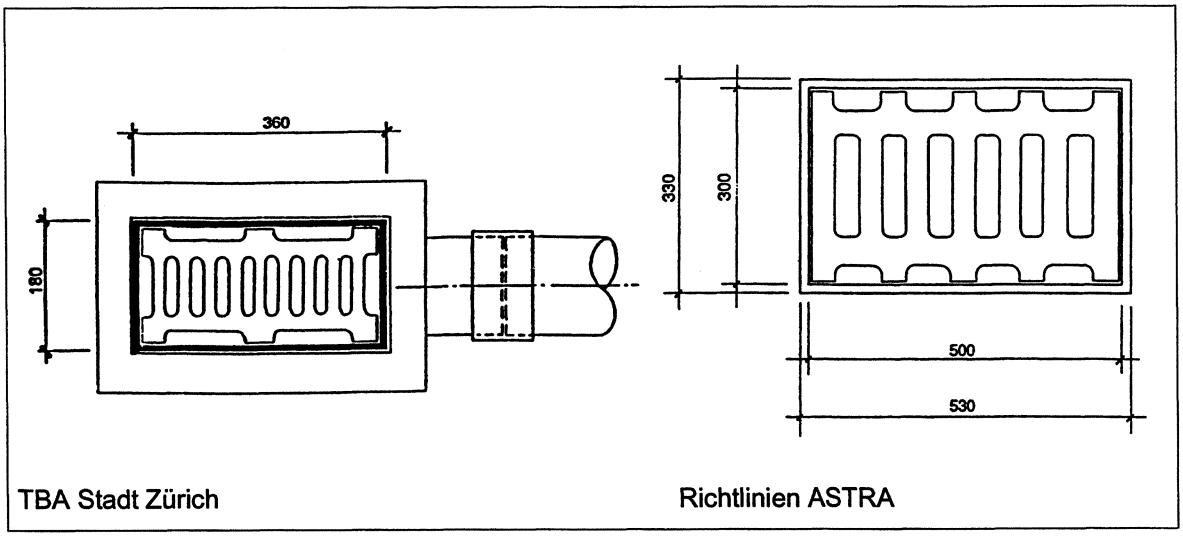


Abb. 17 Abmessungen von Rahmen und Rosten von Einlaufschächten

Verlegung der Einlaufschächte ausserhalb des Lichtraumprofils

◊ Verlegung in Nischen des Konsolkopfes

Die Verlegung der Einlaufschächte in Nischen bedingt wegen der Umleitung des Abflusses am Randabschluss sowie wegen der Einbindung in den Belag vergleichsweise grosse Nischen. Nischen allgemein und speziell grosse Nischen weisen bezüglich des Unterhalts die folgenden erheblichen Nachteile auf:

- Mangelnde Zugänglichkeit für die Wischmaschine
- Mehraufwand bei der Schneeräumung

◊ Anordnung aussen am Konsolkopf

Diese Variante gestattet es, eine Durchdringung des Systems Abdichtung und Belag zu vermeiden.

Folgerungen

Für die Ausführung von Brückenrändern von Autobahnen sind wegen der Verkehrsführung 4/0 und dem Überfahren der Einlaufschächte die folgenden Aspekte von Bedeutung:

- Das Überfahren von Einlaufschächten während der Verkehrsführung 4/0 ist grundsätzlich unproblematisch.
- Im Hinblick auf das Überfahren ist die Wahl der Einlaufschächte und die Ausführung des Anschlusses des Systems Abdichtung und Belag zu überprüfen.
- Die Anordnung der Einlaufschächte in Nischen ist eine mögliche Ausführung. Im Hinblick auf den baulichen Mehraufwand und den erschwerten betrieblichen Unterhalt wird eine solche Anordnung jedoch nicht empfohlen.

5.4.5 Durchdringung der Abdichtung durch die Einlaufschächte

Aktuelle Ausführung

◊ Ausführung gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken

Die Ausführung des Anschlusses des Systems Abdichtung und Belag gemäss den Richtlinien des ASTRA, Kapitel 6, Entwässerung, rev. 1996, Ziffer 3.2.4, ist in der Abb. 18 dargestellt. Diese Ausführung wurde für die Revision 1996 basierend auf umfassenden Recherchen festgelegt. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung der vorliegenden Studie wurde die Ausführung mit den für Brückenabdichtungen zuständigen Experten der EMPA sowie des Ingenieurbüros CES Bauingenieur AG, Lehmann und Erni, Sarnen, diskutiert.

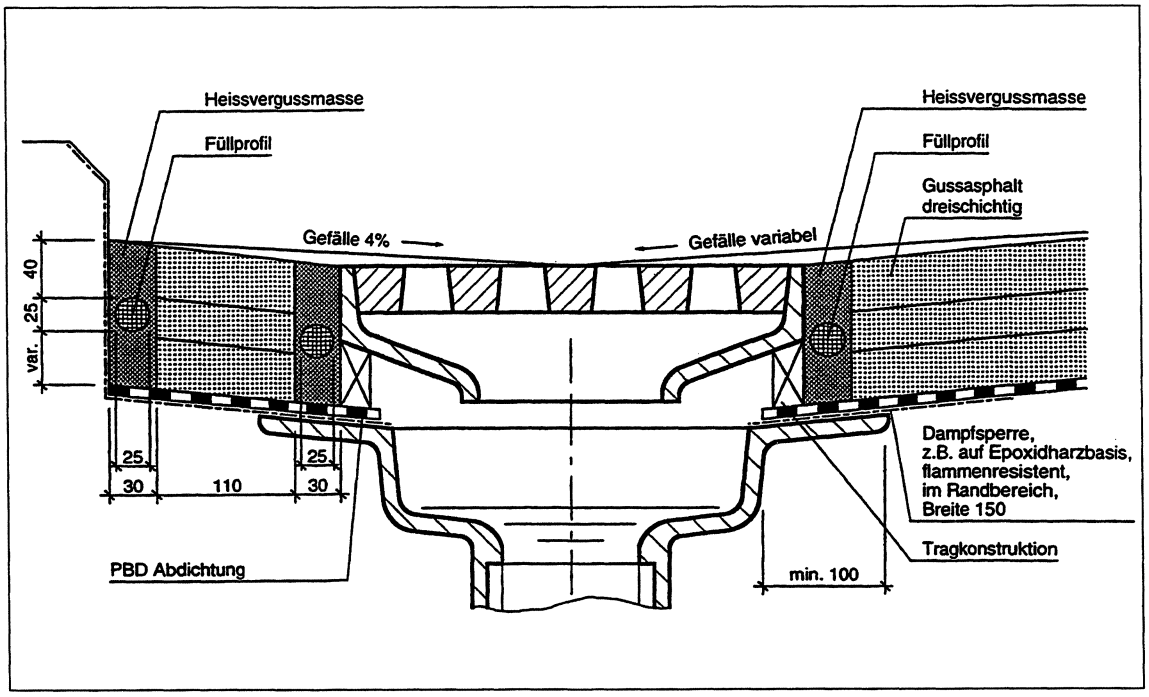


Abb. 18 Anschluss Abdichtung und Belag gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1]

Der Anschluss wird wie folgt beurteilt:

- Die als Dampfsperre bezeichnete Dampfbremse auf Epoxidharzbasis sollte auf dem Tassenrand nicht angebracht werden. Anstriche für Betonoberflächen sind vielfach auf Stahl ungeeignet. PBD haftet gut auf Stahl.
- Der Einbau des Gussasphalts zwischen Konsolkopf und Einlaufschacht mit einer Breite von 110 mm wird als nicht praktikabel beurteilt. Die Breite ist erheblich zu vergrössern.
- Die Platzierung der Füllprofile in der Heissvergussmasse in der vorgesehenen Lage ist nicht möglich. Die Wirkung der Profile kann dadurch negativ sein. Im Übrigen ist von den Profilen auch bei korrekter Plazierung keine massgebliche positive Wirkung zu erwarten.
- Die Breite der Verklebung der PBD auf dem Tassenrand von 100 mm wird als ausreichend beurteilt.

◊ Brückenablauf Typ ECO der Firma Von Roll

Bei diesen in der Abb. 19 dargestellten Brückenabläufen wird die PBD mit einer Klemmvorrichtung an die Tasse angeschlossen. Diese Anschlüsse werden positiv beurteilt.

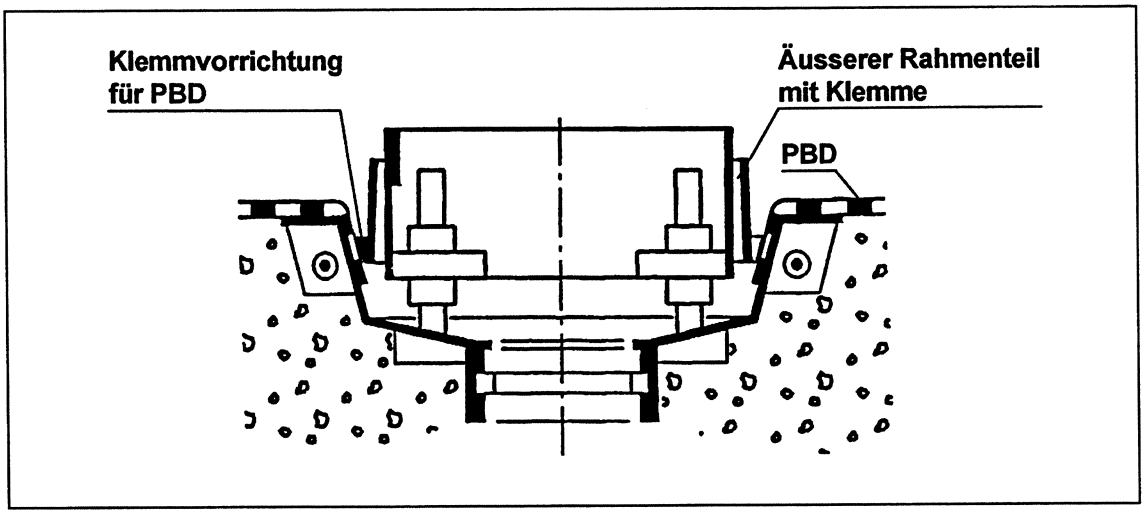


Abb. 19 Tasse und Rahmen des Brückeneinlaufschachtes ECO der Firma Von Roll mit Klemmvorrichtung für die PBD

◊ Anschluss der PBD am Tassenrand mit einem Flachstahlband

Der Anschluss der PBD am Konsolrand mit einem Flachstahlband wird als ungünstige Lösung beurteilt. Die Abdichtung wird in kurzer Zeit durch das Stahlband ausgedrückt. Eine dichtende Wirkung wird nicht erreicht.

Alternative Ausführung mit Polymerbitumen mit Korngerüst

Als Alternative zum konventionellen Anschluss des Belags mit einer mit Heissvergussmasse verfüllten Fuge steht auch eine Anordnung der Einlaufschächte in einem mit Polymerbitumen ausgeführten Bereich zur Diskussion. Polymerbitumen (Polymerbitumen-Beton) wird immer häufiger für Fahrbahnübergänge eingesetzt. Diese Variante wird vor allem ausführungstechnisch als einfach und risikolos beurteilt. Im Fall von Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen ist jedoch schon festgestellt worden, dass Bereiche, die nicht regelmässig von Reifen überrollt und dadurch nachverdichtet werden, rissig werden. Wegen der Lage der Einlaufschächte am Fahrbahnrand kann dieses ungünstige Phänomen bei der Anwendung neben Einlaufschächten ebenfalls auftreten und sich an dieser kritischen Stelle besonders ungünstig auswirken.

5.4.6 Reinigung des Entwässerungssystems

Mit einer Anordnung der Einlaufschächte hinter der Leitschranke bzw. einer Entwässerung über den Brückenrand in eine Rinne kann das Überfahren von Einlaufschächten gänzlich eliminiert werden. Eine Darstellung einer punktförmigen Entwässerung in eine Rinne ist in der Abb. 20 dargestellt.

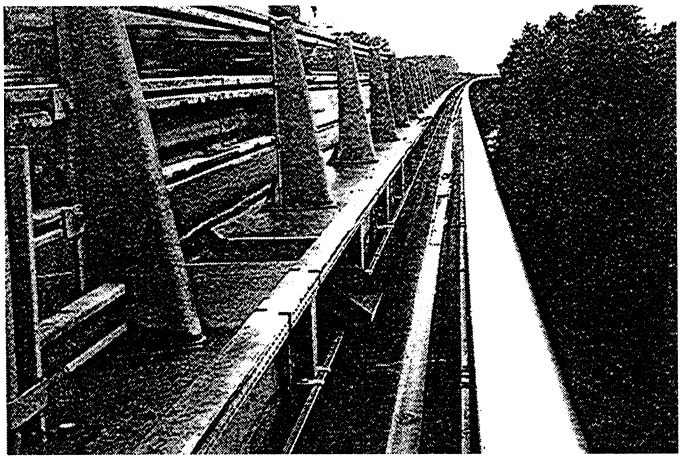


Abb. 20 Entwässerung über Auslaufrinnen in eine Sammelrinne aus [9]

In Bezug auf den betrieblichen Unterhalt werden Ausführungen mit aussen liegenden Entwässerungselementen wie folgt beurteilt:

- Die Reinigung von aussen am Brückenrand angeordneten Einlaufschächten mit einem Druckwasser-Reinigungsgerät bedingt möglicherweise ein Podest mit einem Geländer gemäss den Vorschriften der SUVA oder die Reinigung ist von einer Position des Reinigungspersonals fahrbahnseits der Leitschranke möglich.
- Die Reinigung der Leitungen mit dem Druckwasser-Spülgerät über den hinter der Leitschranke befindlichen Reinigungsschacht ist grundsätzlich möglich. Bei den Reinigungsschächten sind die gleichen Sicherheitsmassnahmen wie im Fall der aussen angebrachten Einlaufschächte vorzusehen.
- Im Fall einer Rinne aussen am Brückenrand ist der Reinigungsaufwand im Vergleich zu einer Rohrleitung sehr viel grösser. Es ist davon auszugehen, dass eine solche Rinne mit einem Dienststeg kombiniert werden müsste.

Folgerungen

- Der Einsatz einer Rinne aussen am Brückenrand anstelle einer Sammelleitung ist bezüglich des Unterhalts ungünstig.
- Der Einsatz einer Rinne mit einer direkten Entwässerung über den Brückenrand ist trotz der unterhaltsbedingten Nachteile prüfenswert.
- Die Anordnung von Einlaufschächten aussen am Brückenrand bedingt nur einen beschränkten Mehraufwand und ist deshalb als Variante zu prüfen.

5.4.7 Anschlaghöhe der Randabschlüsse/Borde zum Rückhalten freigesetzter gefährlicher Flüssigkeiten

Übersicht

Im Fall einer Freisetzung gefährlicher flüssiger Stoffe ist mit grossen Freisetzungsraten zu rechnen. Als massgebende Flüssigkeiten ist von Mineralölprodukten auszugehen, da nur diese in Mengen von über 20 m^3 transportiert werden. Bei einer Havarie ist im sehr wenig wahrscheinlichen Extremfall mit einer schwallartigen Freisetzung von bis zu 10 m^3 zu rechnen. Auf Brücken, bei denen das Überfliessen des Brückenrandes mit gefährlichen flüssigen Stoffen Unterlieger massgeblich gefährdet, hat der Randabschluss oder Konsolkopf ein Überfliessen über den Brückenrand zu verhindern.

Grundlagen

◊ Versuche in wirklicher Grösse zur Ableitung brennbarer Flüssigkeiten in Strassentunneln

Im Zusammenhang mit dem Brand- und Explosionsschutz in Tunnelräumen und Entwässerungen hat das Centre d'Etudes des Tunnels, F - Bron Cedex [30], Versuche zur Ausbreitung von Wasser auf Fahrbahnen in Tunneln durchgeführt. Diese erfolgten mit unterschiedlichen Parametern bezüglich Längs- und Quergefälle, Freisetzungsraten von 14 bis 35 l/s und schwallartigen Freisetzungen von 5 und 10 m3 sowie Entwässerungen mit Einlaufschächten und Schlitzrinnen. Die Ergebnisse bezogen auf die hinsichtlich der Tiefe des Abflusses ungünstigen schwallartigen Freisetzungen sind nachfolgend angegeben.

- Unabhängig von der Freisetzungsmenge, dem Vorhandensein einer Entwässerung mit Schlitzrinnen oder Einlaufschächten breitet sich die freigesetzte Flüssigkeit grossflächig aus. Damit ist die Tiefe der Bedeckung auch längs des Randabflusses vergleichsweise gering.
- Es ist davon auszugehen, dass die Tiefe des Wasserlaufs am Brückenrand 4 cm nicht übersteigt.

◊ Forschungsarbeit 16/95 des UVEK auf Antrag der VSS, Abschätzung von Abflüssen aus versiegelten und unversiegelten Flächen und Einzugsgebieten, IHW-ETHZ [29]

Die Forschungsarbeit des Instituts für Hydrodynamik und Wasserwirtschaft der ETHZ weist nach, dass die Retention von Flüssigkeiten auf der Strassenoberfläche erheblich ist und kurzzeitige Abflussspitzen als Folge von Starkregen dämpft. Die von der Forschungsstelle durchgeführten Versuche zeigen bezogen auf Starkregen, dass Abflusstiefen von 5 cm am Randabschluss kaum erreicht werden.

Folgerungen

Es ist davon auszugehen, dass die Höhe des Anschlages des Konsolkopfes von 7 cm gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten [1], Kapitel 6, allgemein ausreicht, um bei einer Freisetzung gefährlicher Flüssigkeiten diese ohne Überlaufen über den Brückenrand in das Entwässerungssystem abzuleiten.

5.5 System Abdichtung und Belag

5.5.1 Übersicht Systeme

Ein massgebender Schwachpunkt der Brückenrandkonstruktion ist der Randanschluss des Systems Abdichtung und Belag. In den letzten zwanzig Jahren sind laufend neue Ausführungen entwickelt und ausgeführt worden. Es ist jedoch keine Ausführung bekannt, die bezüglich der Einfachheit der Ausführung, der Funktionstüchtigkeit sowie der Dauerhaftigkeit als gute oder als optimale Lösung beurteilt wird.

Es ist auch nicht das Ziel dieser Studie, eine beste Ausführung zu evaluieren oder zu entwickeln. In der Tabelle 11 werden eingeführte und unkonventionelle Randanschlüsse als Auswertung von Grundlagen vorgestellt und beurteilt. Die Beschreibungen und Abbildungen der einzelnen Ausführungen finden sich in den folgenden Abschnitten.

Ausführungen / **Charakteristiken**	Kappe gemäss Richtzeichnungen BMV (D)	Brückenrand mit Randprofil, TBA Kt. LU	Anschluss gemäss Richtlinien ASTRA	Anschluss BPD mit PVC-Fugenband	Vorschlag Forschungsstelle	Vorfabrizierte Elemente, Viadukt Gurtnellen
System im Bereich des Randanschlusses						
Kunststoff gespritzt	☐		☐			☐
PBD	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Abdichtung unter Konsolkopf	☐					☐
Ausführung						
Einfachheit	+	+/-	+/-	-	+	-
Anforderungen Klima	+	+	+	-	+	-
Funktionstüchtigkeit	1)					
Ablösungen, Risse	+		+		+	
Verletzungen durch den Verkehr	+	+	+	+	+	-
Einsatz						
Konsolköpfe aus Ortbeton	☐	☐	☐	☐	☐	
Vorfabrizierte Betonelemente		☐	☐	☐		☐
Nur an Rändern ohne Wasserlauf		☐				

Legende. + Günstig - Eher ungünstig ☐ Zutreffend 1) Probleme im Fall von schmalen Rändern

Tab. 11 Charakteristiken und Beurteilung von Randanschlüssen

5.5.2 Systeme und Beurteilung

Kappe gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5]

Ein Beispiel eines Konsolkopfes findet sich in der Abb. 21. Diese Ausführung wird in zahlreichen Varianten - alle im Dossier Richtzeichnungen aufgeführt - seit langer Zeit eingesetzt. Abklärungen mit Experten der Bundesanstalt für Strassenwesen haben ergeben, dass sich die "Kappen" bewährt haben.

Es ist offensichtlich, dass diese Ausführungen die folgenden positiven Eigenschaften aufweisen:

- Einfache Ausführung der Abdichtung, da keine Randanschlussprobleme bestehen bzw. keine "Randanschlusskonstruktion" notwendig ist.
- Die gleichmässige Pressung der Abdichtung durch den Beton gewährleistet die Dichtheit, ohne dass an einer Stelle die Abdichtung ausgepresst wird.
- Die Konsolkopfkonstruktion beeinflusst die Wahl der Abdichtung nicht.
- Im Hinblick auf eine Erneuerung des Konsolkopfes ist es vorteilhaft, dass der Konsolkopf nicht an der Brückenplatte haftet.
- Die Befestigung von Elementen der Strassenausrüstung am Konsolkopf ist einfach möglich.

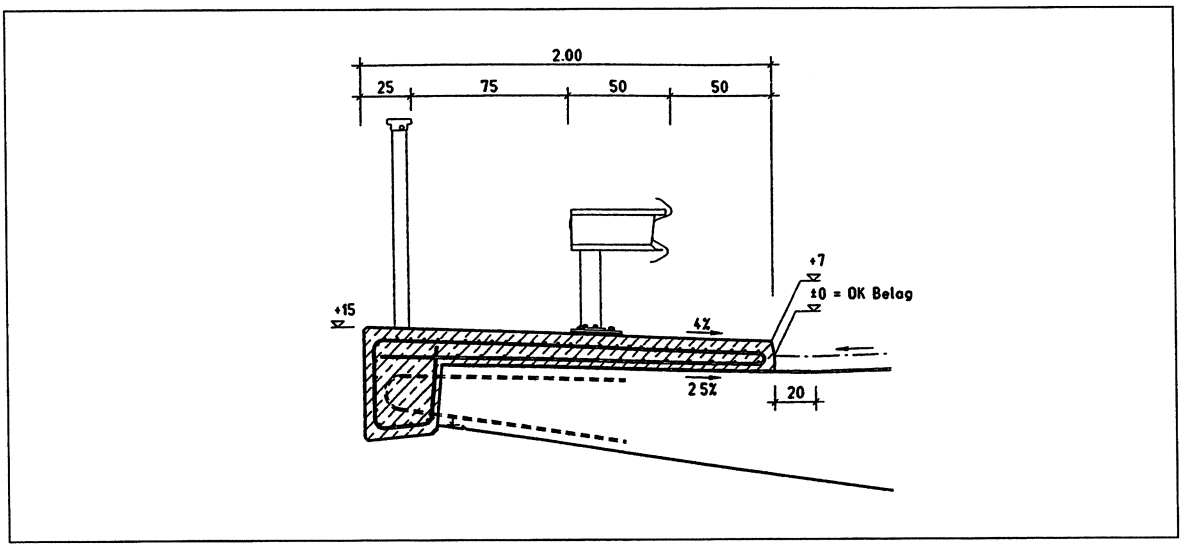


Abb. 21 Brückenkappe gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5]

Kappe mit herabgesetzter Breite

Die Abb. 22 zeigt eine Variante des "Kappen-Konsolkopfes" in einer gegenüber den Richtzeichnungen schmaleren Ausführung. Wegen dem schmaleren Streifen der Brückenplatte mit Kontergefälle ist dieses Gefälle zur Erschwerung der Penetration der Salzlösungen bis zum Rand der Abdichtung etwas zu vergrössern. Es ist davon auszugehen, dass die oben für die deutsche Standardkappe angegebenen günstigen Eigenschaften auch bei dieser Variante vorhanden sind.

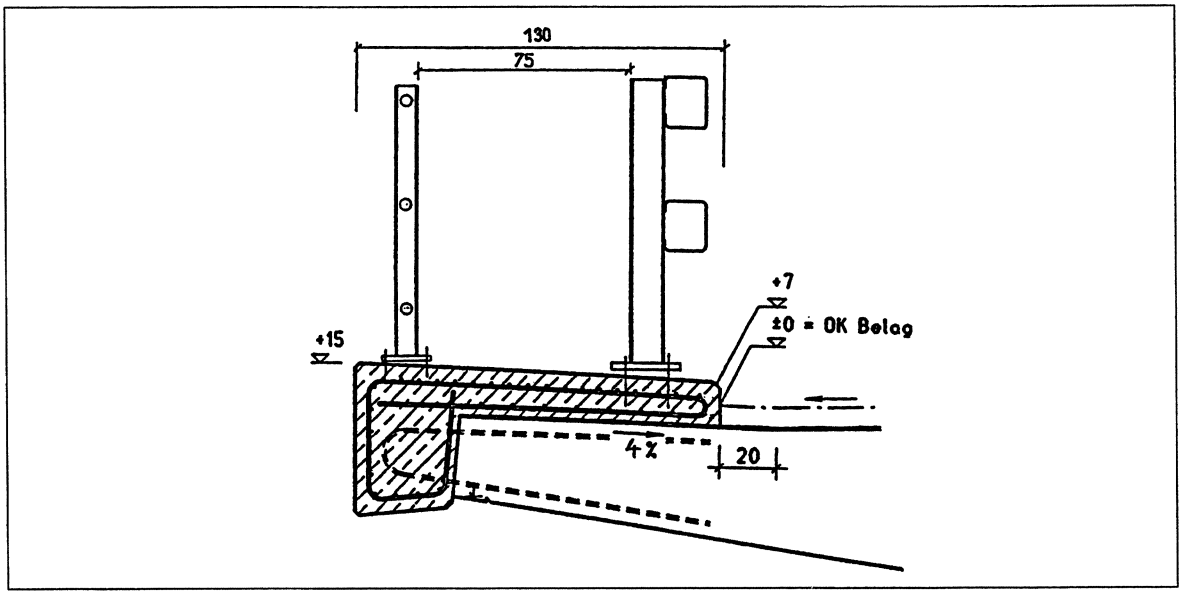


Abb. 22 Variante Brückenkappe in schmaler Ausführung mit Geländer und Leitschranke mit 2 Kastenprofilen

Brückenrandkonstruktion mit Randprofil gemäss den Richtlinien des Verkehrs- und Tiefbauamtes des Kantons Luzern [23]

Die Ausführung ist in der Abb. 23 dargestellt. Der Vorschlag stellt eine innovative Lösung eines Brückenrandes mit einem Anschluss einer PBD dar. Eine langjährige Erfahrung damit fehlt. Eine Beurteilung ist deshalb nur beschränkt möglich.

- Der "Stahlbau" am Rand eines Betonbauwerks entspricht nicht den Grundsätzen des einfachen Bauens.
- Die über das T-Profil gebogene PBD wird bezüglich der Biegung - verbunden mit der thermischen Einwirkung - als kritisch beurteilt.
- Die Klemmvorrichtung mit einer lokalen Pressung der PBD ist bezüglich ihrer Wirkung schwierig zu beurteilen.
- Die Dichtheit der Heissvergussmasse längs des Klemmprofils wird - sofern sie überhaupt notwendig ist - auf die Dauer möglicherweise nicht gewährleistet.

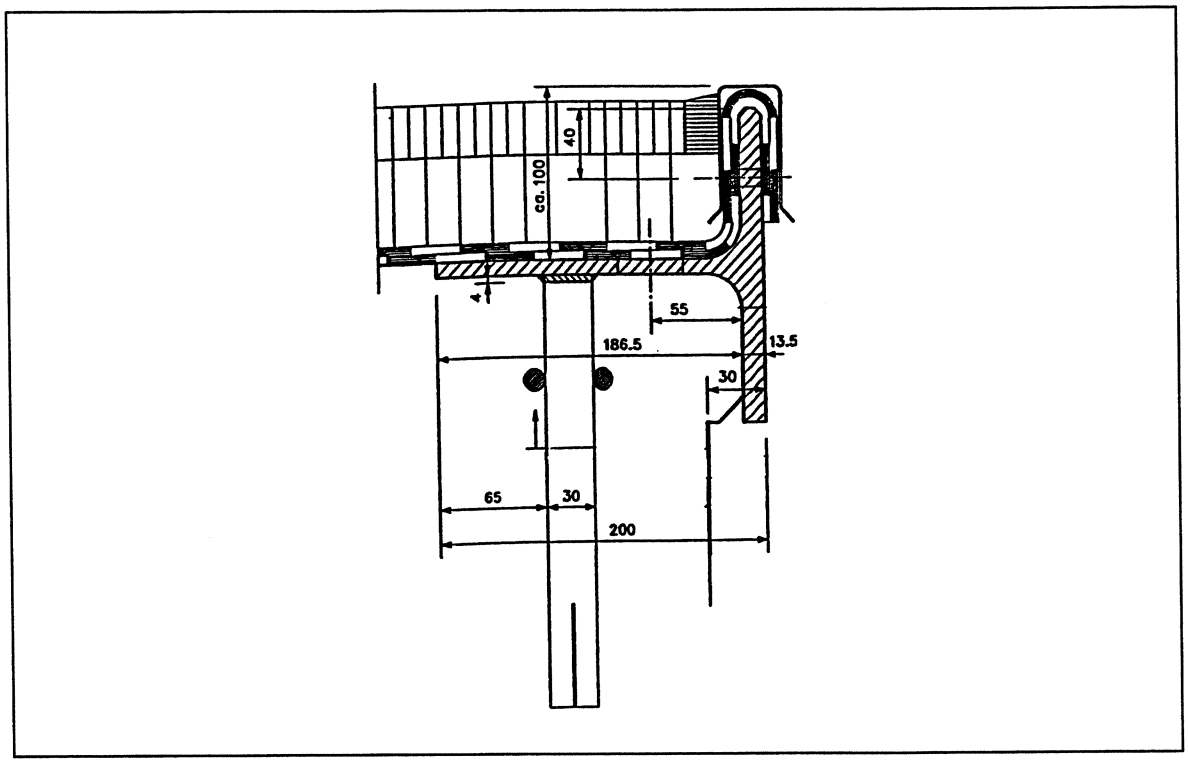


Abb. 23 Brückenrandkonstruktion mit Randprofil gemäss den Richtlinien des Verkehrs- und Tiefbauamtes des Kantons Luzern [23]

Anschluss für Kunststoffabdichtungen gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken des ASTRA [1]

Die Ausführung mit einer Kunststoffabdichtung als Beispiel ist in der Abb. 24 angegeben. Die Ausführung wird von Experten wie folgt beurteilt:

- Der Anschluss einer aufgespritzten Kunststoffabdichtung ist wesentlich einfacher und unproblematischer als im Fall einer PBD. Es ist möglich, einen Übergang von PBD auf Kunststoff im Randbereich anzuordnen. Ausserordentlich ungünstig ist dabei der Umstand, dass zwei gänzlich unterschiedliche Bauweisen für eine Arbeitsgattung zur Anwendung kommen.
- Das Aufbringen eines Kittkeils über der Fuge mit der Heissvergussmasse wird als nicht notwendig beurteilt. Der Kittkeil verhindert daneben die Kontrolle der Heissvergussmasse.
- Das Hochziehen der PDB bereitet Schwierigkeiten.

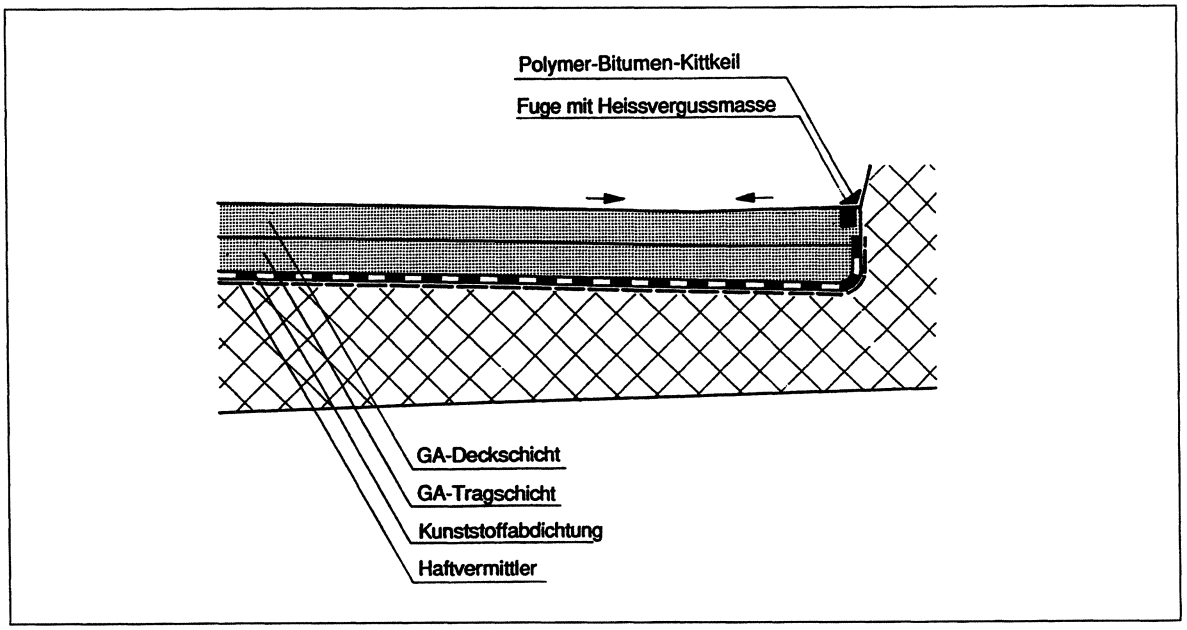


Abb. 24 Randanschluss für Kunststoffabdichtungen gemäss Kapitel 5, Abdichtungen und Beläge, der Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken

Anschluss der PBD mit PVC-Fugenband gemäss Untersuchungsbericht des Kantonsingenieurbüros Nidwalden

Der geklebte Anschluss auf Kunststoffbasis mit einem PVC-Fugenband gemäss der Abb. 10 des Untersuchungsberichts, Anschlüsse von Brückenabdichtungen aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen PBD [10], ist in der Abb. 25 dargestellt.

Die Beurteilung dieser neuartigen Anschlusskonstruktion ist unterschiedlich. Es ist offensichtlich, dass die Ausführung nicht einfach ist und dass bezüglich der klimatischen Verhältnisse beim Bau einengende Vorschriften beachtet werden müssen. Da dieser Anschluss bisher nur auf wenigen Bauwerken zur Anwendung gekommen ist, fehlen Erfahrungen bezüglich der Dauerhaftigkeit.

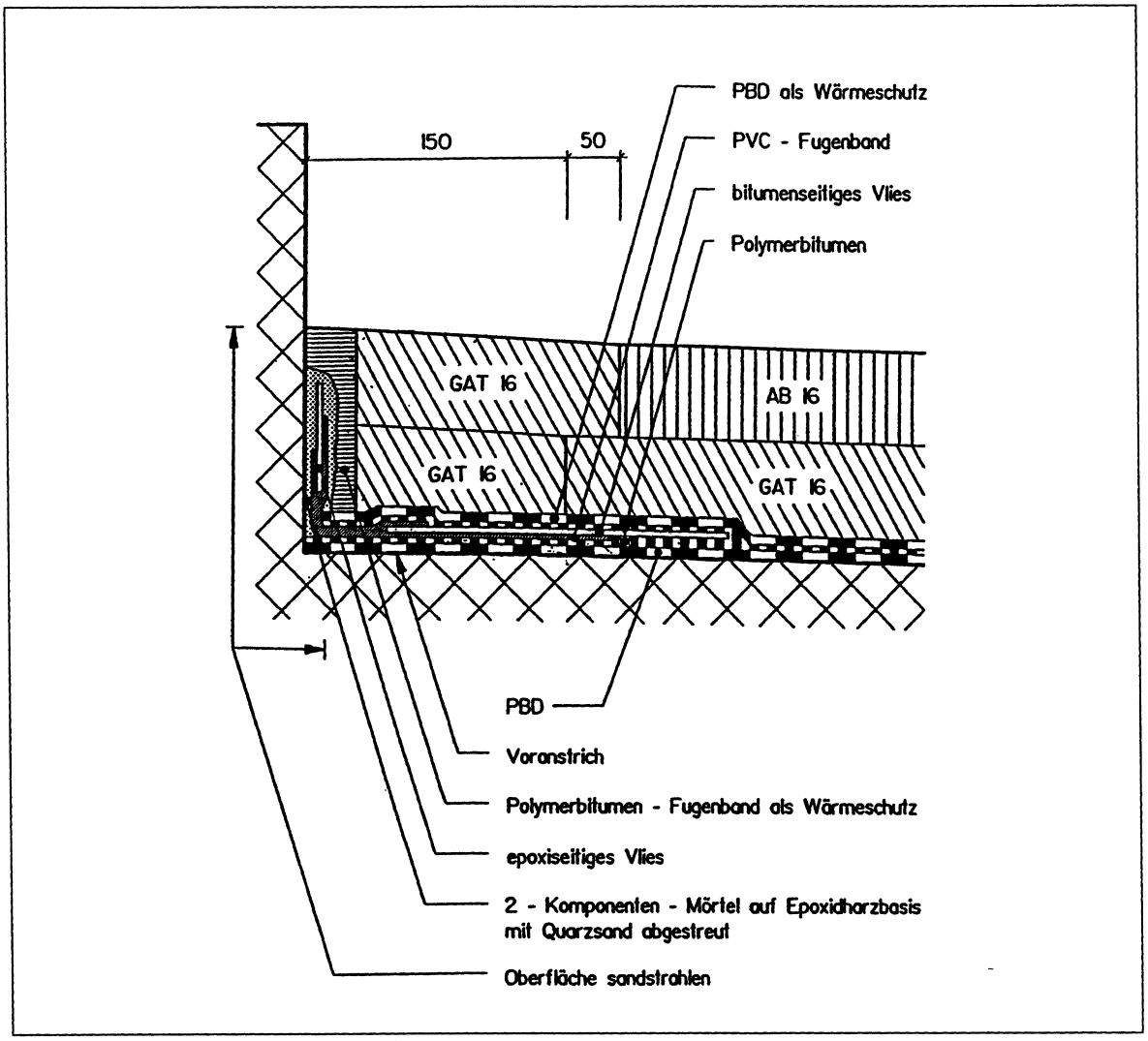


Abb. 25 Geklebter Anschluss mit PVC-Fugenband gemäss [10]

Vorschlag der Forschungsstelle

Bei dieser Konstruktion gemäss Abb. 26 wird vor dem Betonieren des Konsolkopfes ein mit einem grossen Radius gebogener Winkel aus korrosionsbeständigem Stahlblech auf die Brückenplatte aufgenagelt. Es werden zwei Varianten vorgeschlagen. Bei der Variante mit eingegossenem Winkel wird nach dem Befestigen des Winkels die Brückenabdichtung verlegt und der Konsolkopf gegossen, bei der Variante mit dem Winkel als verlorener Schalung wird die Abdichtung nach dem Giessen des Konsolkopfes verlegt. Die Beurteilung der Vorschläge stützt sich auf Vergleiche mit anderen Konstruktionen.

- Die Konstruktion nützt die vergleichsweise dichte Verbindung von Beton mit Stahl sowie von PDB mit Stahl aus. Sie kommt mit wenigen verschiedenen Elementen und Arbeitsgängen aus.
- Bei der Variante mit eingegossenem Winkel kommt das Ende der Abdichtung - gut geschützt - in den Konsolkopf zu liegen.
- Die Variante mit dem Winkel als verlorener Schalung wird ausführungstechnisch als einfach beurteilt.

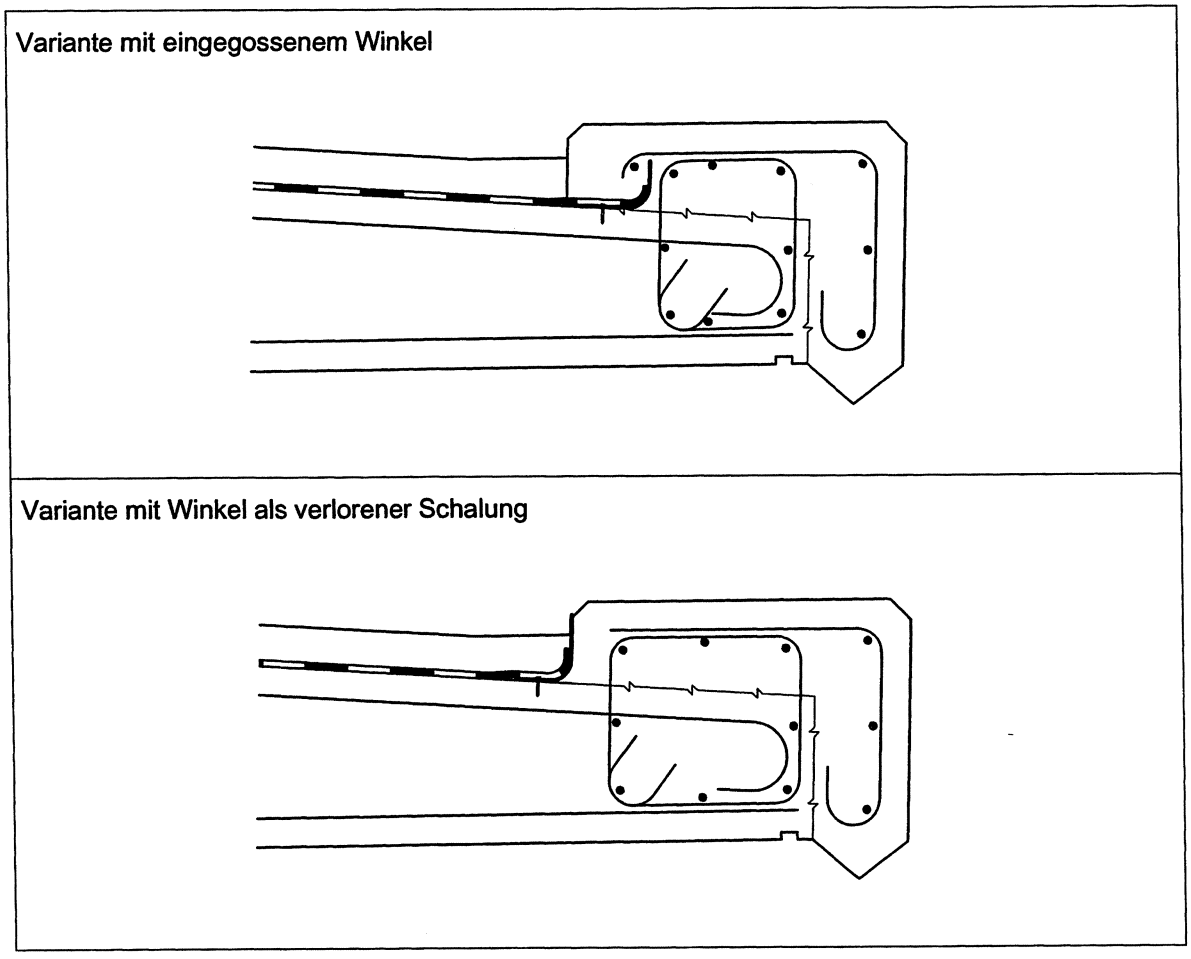


Abb. 26 Abdichtung an Stahlprofil, Vorschlag der Forschungsstelle

Vorfabrizierte Konsolköpfe als Verschleissteil, N2, Kanton Uri, Lehnenviadukt Gurtnellen [31]

Dieser Bericht behandelt die ausführungstechnischen Belange der durchgeführten Versuche mit vorfabrizierten Konsolköpfen. Im Folgenden werden lediglich die Aspekte des Randanschlusses der Abdichtung behandelt. Eine schematische Darstellung der gewählten Ausführung findet sich in der Abb. 27.

- Das Hochziehen einer Abdichtung bis OK Konsolkopf ist jedenfalls unüblich. Der gegen mechanische Einwirkungen ungeschützte Bereich über dem Belag wird beschädigt. Wie sich solche Schäden auf die Wirkung des Anschlusssystems auswirken ist unklar.
- Bereits kleine Verschiebungen des Konsolkopfes bewirken einen nachhaltigen Schaden am Anschluss der Abdichtung. Dies bedingt einen entsprechend grossen Aufwand für die Verbindung Konsolkopf und Brückenplatte.

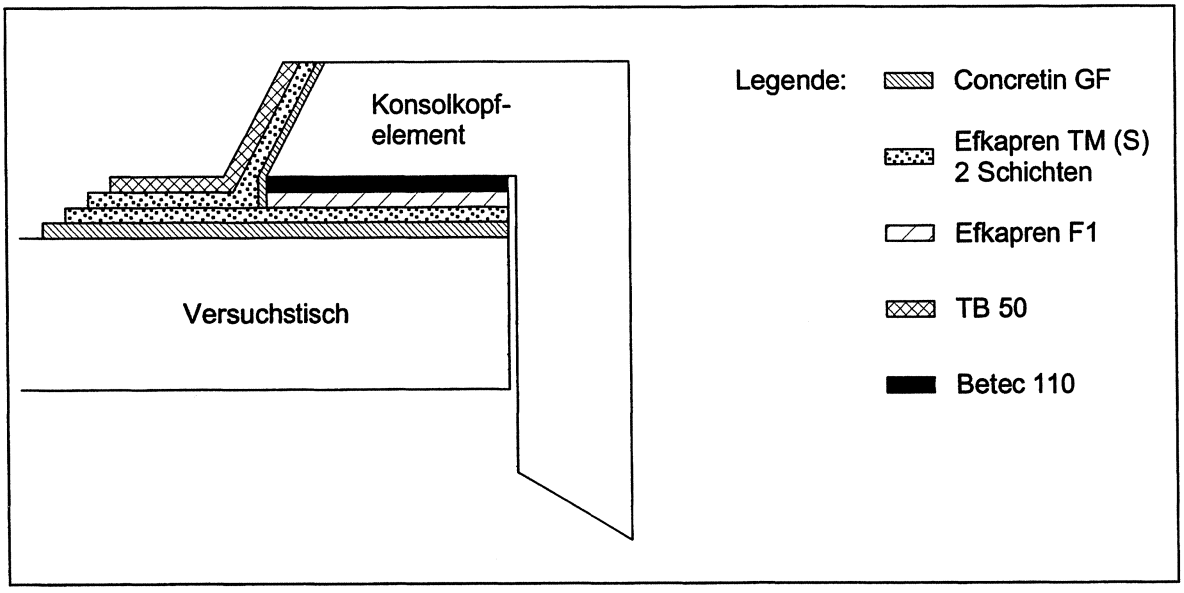


Abb. 27 Versuche mit vorfabrizierten Konsolkopfelementen für den Lehnenviadukt Gurtnellen, Abdichtungssystem des Konsolkopfes

5.6 Schutzeinrichtungen

5.6.1 Einsatz und Wahl der Schutzeinrichtungen

Grundlagen

Der Einsatz und die Wahl von Schutzeinrichtungen sind in den folgenden Grundlagen behandelt:

- Vornorm SN 640 566 (VSS), Passiver Schutz im Strassenraum, Einsatz, Wahl und Anordnung von Fahrzeugrückhaltesystemen (1995) [16]
- Bundesamt für Strassenbau, Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken (1982) mit Nachlieferung (1998) - Revision in Vorbereitung [2]

- Bundesamt für Strassenbau, Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken (1990), Kapitel 4, Brückenrand und Mittelstreifen, Revision in Vorbereitung [1]
- Schweizerische Bundesbahnen, Bauabteilung der Generaldirektion, Richtlinien für die Verhinderung von Abstürzen auf Gleise (1981) [33]
- Schweizerische Bundesbahnen, Baudirektion, Richtlinien für die Verhinderung von Abstürzen von Strassenfahrzeugen auf Gleisanlagen für Geschwindigkeiten über 160 km/h (1990) [34]
- Fonds für Verkehrssicherheit, Bürkel Baumann Schuler, Brückengeländer mit erhöhter Sicherheit (1994) [32]
- Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bürkel Baumann Schuler, Anforderungen an Passive Schutzeinrichtungen im Strassenraum, Forschungsauftrag 1/86, Bericht Nr. 358 (1996) [35]

Übersicht über die Schutzeinrichtungstypen

◊ Geländer

Die Beziehungen zwischen der Ausführung des Brückenrandes und den Anforderungen seitens des Geländers sind in vielen Belangen mit denjenigen im Fall der Leitschranken identisch. Die speziellen Belange der Geländer werden unter Ziffer 5.10, Gehwege, behandelt. Es ist jedoch zu beachten, dass Geländer häufig auch auf Brücken ohne Gehweg eingesetzt werden.

Es bestehen heute auch häufig eingesetzte Kombinationen von Leitschranken und Geländern wie z.B. die Leitschranke mit Planke Profil A und Handlauf gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken des ASTRA. In solchen Fällen ist insbesondere die Breite des Konsolkopfes auf die besondere Gefährdungssituation bezogen auf den Motorfahrzeugverkehr abzustimmen.

◊ Leitschranken

Die Unterschiede der Leitschrankentypen der aktuellen Generation sind bezogen auf die Ausführung der Brückenränder gering. Dabei geht es vor allem um die Steifigkeit der Pfosten. Neuere Brückenleitschranken weisen etwas steifere Pfosten auf, z.B. Profile IPE 120 statt IPE 100.

◊ Leitmauern

Es wird zwischen starren und verschiebbaren Leitmauern unterschieden.

- Starre Leitmauern haben unterschiedliche Höhen und sind mit oder ohne einen Leitholm ausgerüstet. Die Ausführung des Brückenrandes ist unabhängig von diesen Unterschieden bezüglich des baulichen Konzepts immer identisch. Die Brückenrandvarianten variieren vor allem in Bezug auf den Randanschluss des Systems Abdichtung und Belag. Die möglichen Ausführungen werden unter Ziffer 5.8 behandelt.
- Verschiebbare Leitmauern haben bis heute an Brückenrändern nur beschränkt Eingang gefunden. Dabei handelt es sich um Systeme aus Stahl gemäss Abb. 43 oder neue Systeme aus Beton, die mit einem Anschlag - beispielsweise einem Dorn in einem Schlitz - ausgerüstet sind.

- Der Einsatz von verschiebbaren auf der Brückenplatte bzw. auf dem Belag aufgestellten Systemen kann sich für die Ausrichtung von Brücken auf die Verkehrsführung 4/0 als günstig erweisen. Ein Vorschlag findet sich in der Abb. 28.

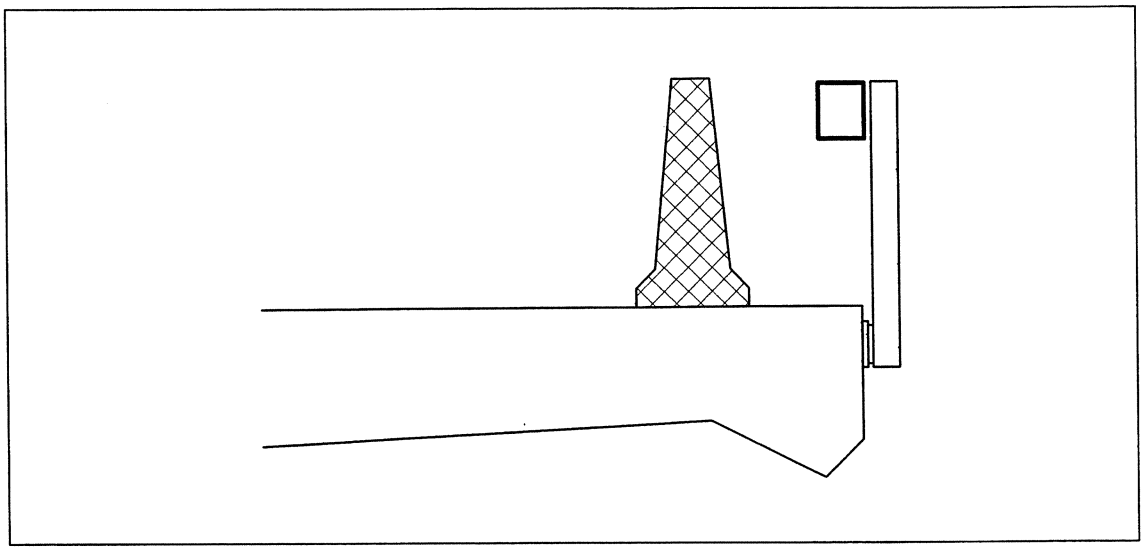


Abb. 28 Brückenrand mit verschiebbarer Leitmauer und der für die Verkehrsführung 4/0 montierten Leitschranke

◊ Leitborde

Der Einsatz von Leitborden ist ein Spezialfall. Im Folgenden werden deshalb lediglich die für einen Einsatz massgebenden Charakteristiken aufgeführt.

- Leitborde sind grundsätzlich in der Lage, Personenwagen mit Geschwindigkeiten von bis ca. 50 km/h und eher kleinem Anprallwinkel aufzuhalten.
- Leitborde sind ausschliesslich zur Sicherheit der Fussgänger am Rand Gehweg/Fahrbahn anzuordnen.
- Hohe Borde im Siedlungsraum ergeben Komfortprobleme für Fussgänger, insbesondere für Invalide und Personen mit Kinderwagen. Ein Einsatz ist deshalb nur auf längeren Brücken zu empfehlen.

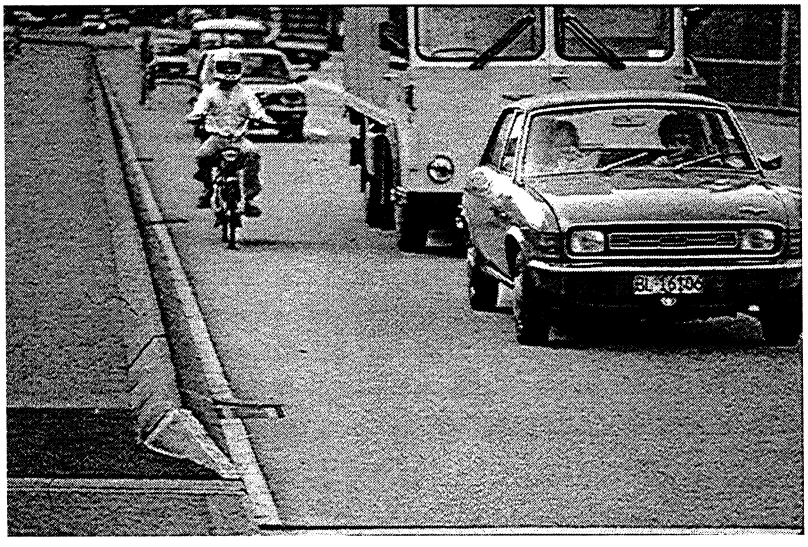


Abb. 29 Leitbord an den Fahrbahnrändern des Heuwaageviadukts, Basel

5.6.2 Beurteilung und Vergleich Leitschranken und Leitmauern

Übersicht

In der Tab. 12 werden Leitschranken und Leitmauern beurteilt und verglichen. Zur Beurteilung ist Folgendes festzustellen:

- Im Gegensatz zu Leitmauern weisen Leitschranken systemabhängig stark streuende Charakteristiken auf. Dies betrifft im Wesentlichen alle Elemente der Beurteilung.
- Bei der Beurteilung wird von einer unverschiebbaren Leitmauer gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken [2] ausgegangen.
- Grundsätzlich sind alle Elemente der Beurteilung in einem gewissen Ausmass situationsabhängig (DTV, Anteil Schwere Lastfahrzeuge, Länge der Brücke, geforderte Aufhaltestufe, Schutzgrad der Unterlieger) und nicht nur die mit "x" bezeichneten.

Elemente der Beurteilung		Leitschranke	Leitmauer
(1)	Aufhaltevermögen Schwerer Lastfahrzeuge und Busse	x	+
(2)	Anprallheftigkeit	x	-
(3)	Absturz von Lastwagenladungen auf Unterlieger	x	-
(4)	Schutz der Unterliegern vor herabfallenden Teilen, Schnee	x	+
(5)	Sicherheit Personal Unterhaltsdienste	-	+
(6)	Aufwand für Übergang auf Schutzeinrichtung der Strasse	+	-
(7)	Eignung bei Anordnung von Lärmschirmen	-	+
(8)	Kosten Erstellung	x	x
(9)	Kosten betrieblicher Unterhalt	-	+
(10)	Kosten baulicher Unterhalt/Erneuerung	+	-
(11)	Architektonische Gestaltung	+	-

Legende: + günstiger
- ungünstiger
x situations- und im Fall von Leitschranken auch systemabhängig

Tab. 12 Beurteilung und Vergleich Leitschranken und Leitmauern

Beurteilung und Vergleich im Einzelnen

◊ (1) Aufhaltevermögen Schwerer Lastfahrzeuge und Busse

Das Aufhaltevermögen wird risikoorientiert gemäss den massgebenden Richtlinien oder Normen oder im Einzelfall auf der Grundlage eines Sicherheitsplanes gemäss der Norm SN 640 565, Passiver Schutz im Strassenraum, Grundlagen, festgelegt. Es kann festgestellt werden, dass der aktuelle technische Stand der Schutzeinrichtungen gemessen an den massgebenden Unfällen als angemessen bezeichnet werden kann.

Mit der Einführung der Leitschranke mit zwei Kastenprofilen 150/180 mm und Pfosten IPE 120 kommt auf den Brücken von Hochleistungsstrassen eine Schutzeinrichtung mit einem nachhaltig erhöhten Aufhaltevermögen zum Einsatz. Leitmauern aus Beton weisen jedoch gegenüber den in der Schweiz eingeführten Leitschranken eine höhere Aufhaltestufe auf.

◊ (2) Anprallheftigkeit

Die Anprallheftigkeit charakterisiert die Verletzungsschwere von Insassen an Schutzeinrichtungen anprallender Fahrzeuge. Die Prüfung erfolgt mit einem speziellen Test mit einem Kleinwagen (Test TB 11: 100 km/h, 20°, 900 kg) gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11]. In der gleichen Norm sind auch die Anforderungen an Schutzeinrichtungen bezüglich der Anprallheftigkeit festgelegt. Im Fall von Leitmauern wird der gemäss der Norm SN 1317-2 festgelegte Höchstwert des Indexes ASI (Beschleunigungs-Schwere-Index) von 1,4 überschritten. Diese Überschreitung ist aus nachfolgend angegebenen Gründen zulässig:

- Die Norm SN EN 1317-2 [11] bzw. SN 640 566 [16] enthält eine Ausnahmeregelung in Bezug auf das Aufhalten von Fahrzeugen an besonders gefährlichen Stellen, an denen das Aufhalten eines von der Fahrbahn abkommenden Fahrzeugs von vorrangiger Bedeutung ist. Diese Ausnahmeregelung kann sich u.a. auch auf Brückenränder beziehen.
- Leitschranken auf Brückenrändern mit der eingeführten Konsolkopfbreite von 0,70 m und einer hohen Aufhaltestufe gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11] überschreiten den festgelegten Höchstwert ASI in vielen Fällen ebenfalls.
- Leitmauern , die nicht aus vorfabrizierten Elementen bestehen, sind keine Bauprodukte und deshalb von der Norm SN EN nicht betroffen.
- In den meisten europäischen Ländern und in den USA sind seit über dreissig Jahren Strassen und Brücken mit Leitmauern in Betrieb. Es liegen keine Indizien vor, die auf grössere Personenschäden auf solchen Strassen hinweisen.

Trotz der obigen Hinweise ist es richtig, an Brückenrändern grundsätzlich Leitschranken anzuordnen, da die Anprallheftigkeit gegenüber Leitmauern geringer ist.

◊ (3) Absturz von Lastwagenladungen auf Unterlieger

Zum Absturz von Lastwagenladungen liegen keine Untersuchungen vor. Das Risiko von Ladungsabwürfen ist wie im Übrigen auch der Absturz von schweren Lastfahrzeugen ein ausserordentlich seltenes Ereignis. Seit 1970 hat sich in der Schweiz nur ein einziger Lastabwurf mit einer getöteten Person ereignet. Dabei handelte es sich um einen Spezialtransport mit einem grossen Maschinenteil, bei welchem der Anhänger auf einer Abfahrtsrampe von einer Brücke eine Leitmauer berührte. Bezüglich des Vergleichs von Leitschranken und Leitmauern ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Das Risiko für Personen unter Brücken liegt in der Grössenordnung des Risikos eines Absturzes eines Schweren Lastfahrzeugs. Es ist somit sehr klein.

- Das Risiko bezüglich eines Abwurfs von Ladungen ist beim Einsatz von Leitschranken kleiner als im Fall von Leitmauern. Wegen der grossen Streuung der Qualität der Befestigung von Lastwagenladungen und den fehlenden Informationen können kaum Angaben zur Risikodifferenz gemacht werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Differenz erheblich ist.
- Die Sicherheit für Unterlieger bezüglich des Abwurfs von Ladungen steigt mit zunehmender Wirkungsbereichsstufe gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11], d.h. mit zunehmender Durchbiegung des Systems beim Anprall. Beispielsweise günstig verhält sich das Brückenrandsystem mit einer Einfachen Distanzleitschranke gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5] gemäss Abb. 30. Die Leitschranke benötigt wegen ihres grossen Wirkungsbereichs eine Konsolkopfbreite, die rund doppelt so gross ist, wie der Konsolkopf an den Aussenrändern von Autobahnbrücken gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1].

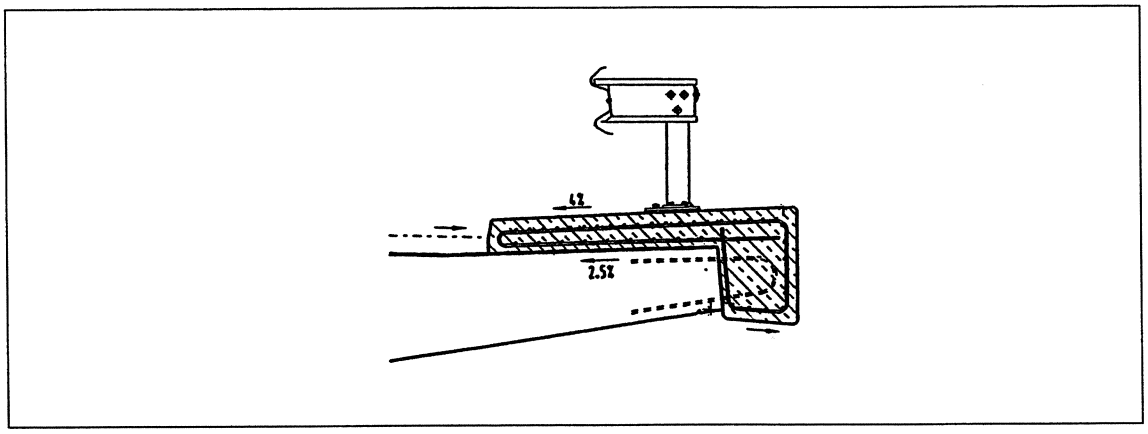


Abb. 30 Aussenkappe mit Einfacher Distanzschutzplanke gemäss [5]

◊ (4) Schutz der Unterlieger vor herabfallenden Teilen und Schnee

Leitmauern verhindern das Herabfallen von festen Gegenständen von der Fahrbahn auf Unterlieger. Im Fall von Leitschranken ist ein Verschliessen der Öffnungen zwischen dem Konsolkopf und der Planke und allenfalls zusätzlich zwischen Planken ohne einen erheblichen Aufwand möglich.

◊ (5) Sicherheit des Personals der Unterhaltsdienste

Der zeitliche Einsatz von Personal für den betrieblichen Unterhalt ist im Fall von Leitschranken wegen der Reparaturen nach Unfällen erheblich. Demgegenüber bedingen Leitmauern ausser in seltenen Fällen keinen Aufwand für Reparaturen. Untersuchungen zum Unfallrisiko des für Reparaturarbeiten eingesetzten Personals liegen keine vor. Es liegen auch keine Indizien vor, welche auf eine ausserordentliche Gefährdung hinweisen.

◊ (6) Aufwand für den Übergang von Schutzeinrichtungen der Strasse auf Schutzeinrichtungen auf Brücken

Übergänge von Leitmauern auf die Schutzeinrichtung der Strasse sind aufwändige Konstruktionen, die jedenfalls in der EU in Zukunft gemäss der Norm prEN 1317-4, Rückhaltesysteme an Strassen - Endstücke und Übergänge [20], auch geprüft werden müssen. Diese Prüfpflicht besteht auch für Übergänge von "Brückenleitschranken" auf die Leitschranken der Strasse. Diese Übergänge sind allgemein jedoch einfacher und im Übrigen generell auch sicherer. Die Problematik der Übergänge besteht insbesondere im Fall von kurzen Brücken mit Leitmauern.

◊ (7) Eignung bei Anordnung von Lärmschirmen

Die Anordnung von Lärmschutzwänden hinter Leitschranken bedingt im Allgemeinen eine Verbreiterung des Konsolkopfes. Daneben ist zu beachten, dass die Reinigung des Zwischenraums hinter Leitschranken aufwändig ist.

◊ (8) Kosten Erstellung

Ein genereller Vergleich der Erstellungskosten zwischen Brückenrändern mit Leitschranken und Leitmauern ist nicht möglich. Es kann jedoch Folgendes festgestellt werden:

- Es darf in keinem Fall lediglich die Leitschranke systembezogen mit der Leitmauer verglichen werden. Es muss immer das gesamte "System Brückenrand" betrachtet werden.
- Im System Leitmauer liegt ein erhebliches Sparpotential.
- Die Verkehrsführung 4/0 kann einen erheblichen Einfluss auf den Kostenvergleich haben.
- Der Kostenvergleich ist unter Berücksichtigung evtl. Lärmschutzmassnahmen zu erheben.

◊ (9) Kosten betrieblicher Unterhalt

Die Kosten für den betrieblichen Unterhalt sind im Fall der Leitmauer vernachlässigbar klein. Beim Anprall von Fahrzeugen tritt nur in sehr seltenen Fällen ein Schaden an Leitmauern auf, der repariert werden muss.

Bei den Leitschranken entstehen erhebliche Kosten im Zusammenhang mit Abirrunfällen. Die folgenden Hinweise sind dabei von Bedeutung:

- Leitschranken auf Brücken - und speziell diejenigen am Aussenrand - sind "härter" als Leitschranken im Strassenraum. Aus diesem Grund verursacht auf Brücken ein kleinerer Anteil der Anfahrten einen relevanten Schaden als im Strassenbereich.
- Die systembedingten Unterschiede bezüglich Anfahrschäden sind gross.
- Die Kosten der erheblichen Schäden können in den meisten Fällen den Verursachern belastet werden.

◊ (10) Kosten baulicher Unterhalt

Ein genereller Vergleich ist nicht möglich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Brückenränder mit Leitschranken allgemein mit einem geringeren Aufwand erneuert werden können. In Anlehnung an die Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5] können Leitmauern so ausgeführt werden, dass der Aufwand für die Erneuerung kleiner wird.

◊ (11) Architektonische Gestaltung

Die Beurteilung der architektonischen Gestaltung von Brücken ist aus der Sicht des Strassenbenützers sowie von Personen, welche die Brücke von aussen betrachten, vorzunehmen.

- Beurteilung durch die Strassenbenützer

  Leitmauern beschränken die Sicht zum Aussenraum in einem höheren Ausmass, als dies aus der Höhe der Leitmauern zu erwarten wäre. Der Autofahrer bewegt sich in einem monoton wirkenden Kanal. Deshalb sind Leitmauern speziell in landschaftlich attraktiven Gegenden bei den Strassenbenützern unbeliebt. Sie widersprechen dem öffentlichen Interesse in Bezug auf den Tourismus und den Erholungswert für die Bevölkerung.

- Beurteilung durch aussenstehende Beobachter

  Die architektonische Gestaltung hängt primär von der gestalterischen Qualität der Brücke ab. Immerhin kann festgestellt werden, dass Leitschranken - und speziell solche mit schlanken Kastenprofilen - ein gestalterisch günstiges Strukturelement darstellen können.

5.7 Befestigung der Leitschranken

5.7.1 Übersicht

Die Befestigung der Leitschranken ist ein massgebendes Element bei der Wahl der Brückenrandkonstruktion. Das Vorhandensein eines Konsolkopfes oder einer Kappe aus Beton ergibt eine wichtige Flexibilität bezüglich der Lage und Befestigung der Schutzeinrichtung inkl. Änderungen wie z.B. für eine Verkehrsführung 4/0, aber auch für das Anbringen von weiteren Elementen der Strassenausrüstung.

Eine Übersicht über grundsätzlich funktionstaugliche Arten der Befestigung von Leitschranken findet sich in der Tab. 13.

Befetigungstyp	Beurteilung			
	Einfachheit der Ausführung	Auswirkungen auf die Abdichtung	Auswirkungen auf den Belag	Befestigung der Strassenausrüstung
Fussplattenbefestigung mit Verbunddübel auf Konsolkopf aus Beton, Abb. 31	+	+	+	+
Fussplattenbefestigung mit Befestigungssystem mit Innengewindehülse auf Konsolkopf aus Beton, Abb. 32	+	+	+	+
Befestigung mit Anschlussplatte für Abdichtung, Abb. 33	+/-	+	+/-	-
Befestigung auf Betonsockel auf der Abdichtung, Abb. 34	+/-	+	-	-

Legende: + günstig +/- mittel - ungünstig

Tab. 13 Übersicht und Beurteilung von Befestigungen der Leitschranken

5.7.2 Fussplattenbefestigung mit Verbunddübel auf Konsolkopf aus Beton

Diese Befestigung basiert auf einem Konsolkopf mit einer Dicke von mindestens 0,15 m. Sie hat sich grundsätzlich bewährt. Das Versetzen der Verbundanker bedingt einige Sorgfalt und ist bauherrenseitig zu überwachen. Eine mögliche Ausführung findet sich in der Abb. 31.

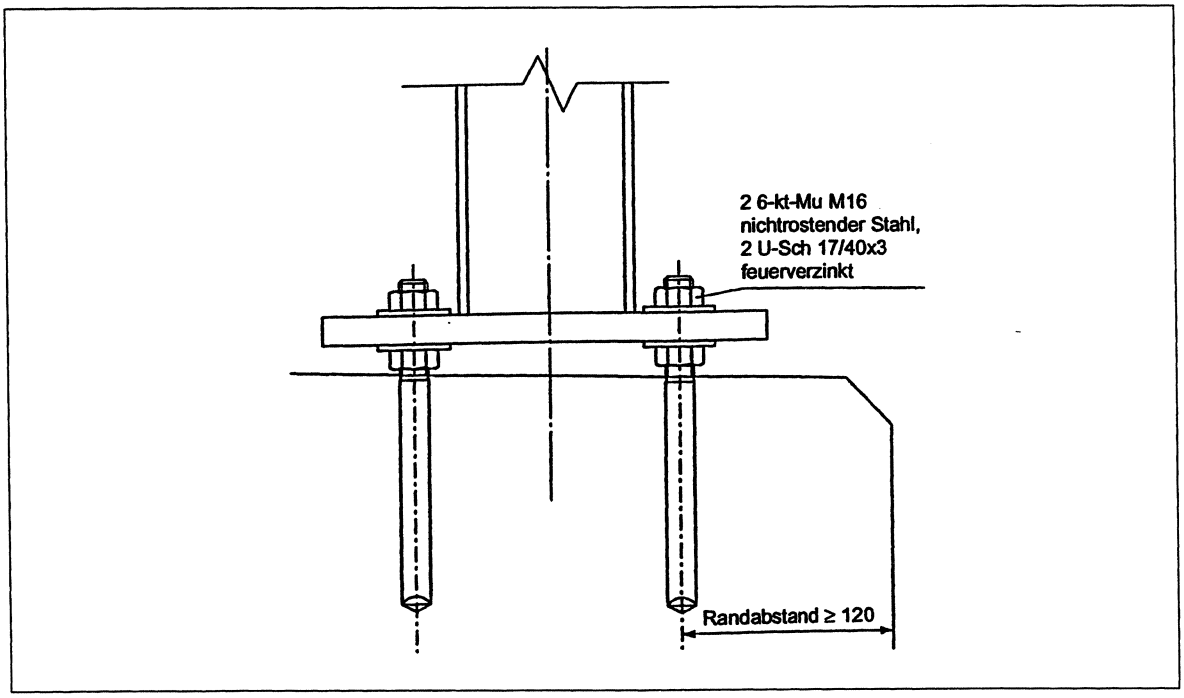


Abb. 31 Fussplattenbefestigung mit Verbunddübel auf Konsolkopf gemäss den Richtlinien des Tiefbauamtes des Kantons Zürich [21]

5.7.3 Fussplattenbefestigung mit Befestigungssystem mit Innengewindehülse

Das Befestigungssystem ist für Konsolköpfe mit einer Dicke von mindestens 0,15 m geeignet. Es hat sich bezüglich der Dauerhaftigkeit bewährt. Als Einlageteil ist die Zuverlässigkeit dieser Befestigung grösser als bei Verbunddübeln. Es sind verschiedene Systeme im Handel erhältlich. In der Abb. 32 ist eine Ausführung gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5] dargestellt.

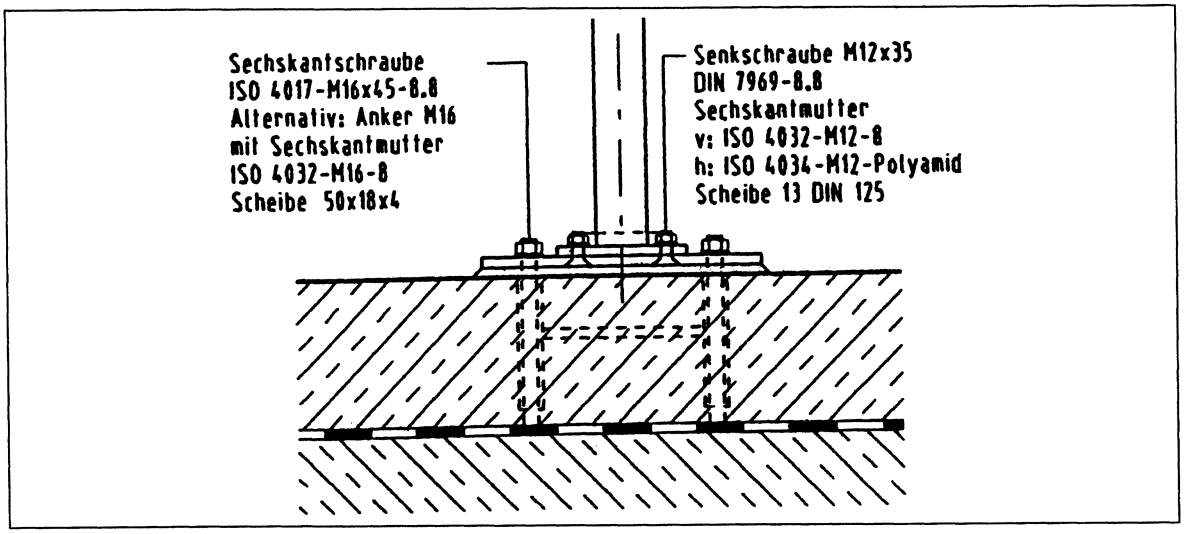


Abb. 32 Fussplattenbefestigung mit Befestigungssystem mit Innengewindehülsen gemäss [5]

5.7.4 Befestigung mit Anschlussplatte für Abdichtung

Beschrieb

In den letzten Jahren sind wiederholt Anstrengungen unternommen worden, um Leitschrankenpfosten innerhalb der Flächen mit Belag anordnen zu können. Ein Vorschlag gemäss Abb. 33 findet sich im Zwischenbericht zur Untersuchung über Anschlüsse von Brückenabdichtungen aus Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen der Arbeitsgruppe des Kantonsingenieurbüros Nidwalden [10].

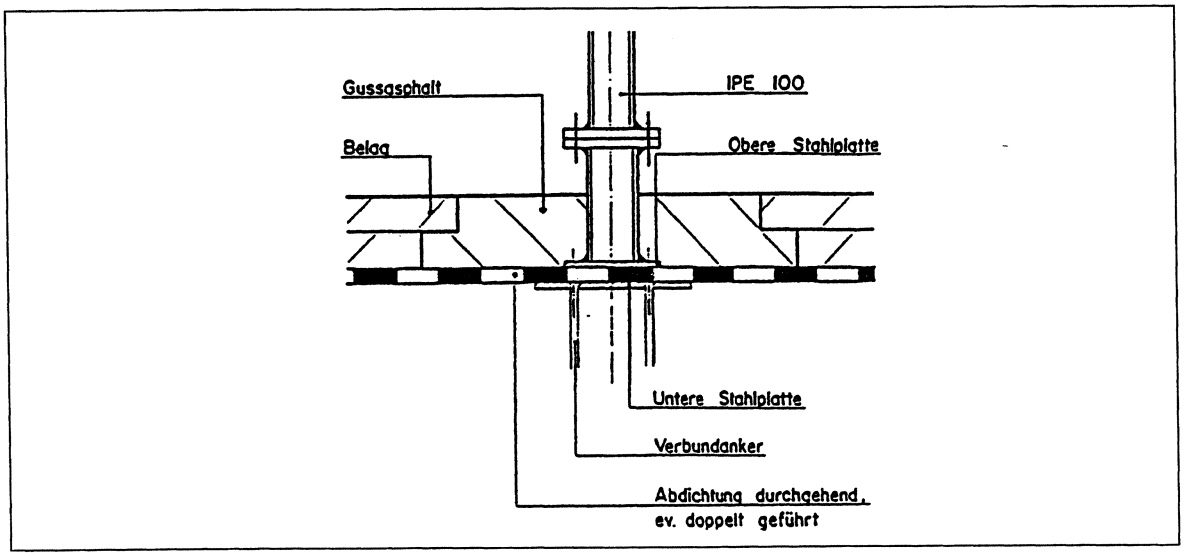


Abb. 33 Leitschrankenbefestigung mit Anschlussplatte gemäss [10]

Dieser und analoge Vorschläge haben vor allem den Nachteil, dass thermische Einwirkungen Deformationen der Konstruktionen bewirken, die verbunden mit dem Wärmefluss in den Belag längerfristig Schäden am Belag verursachen. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist seitens der Forschungsstelle ein vorerst genereller Vorschlag gemäss Abb. 34 entstanden. Dieser ersetzt die reine Stahlkonstruktion im Bereich des Belags durch ein mit Beton ausgesteiftes thermisch günstigeres vorfabriziertes Element.

Die Konstruktion ist vorbehältlich einer eingehenden Eignungsprüfung funktionstüchtig. Bezüglich Herstellung und Versetzen ist sie als ungünstig zu beurteilen.

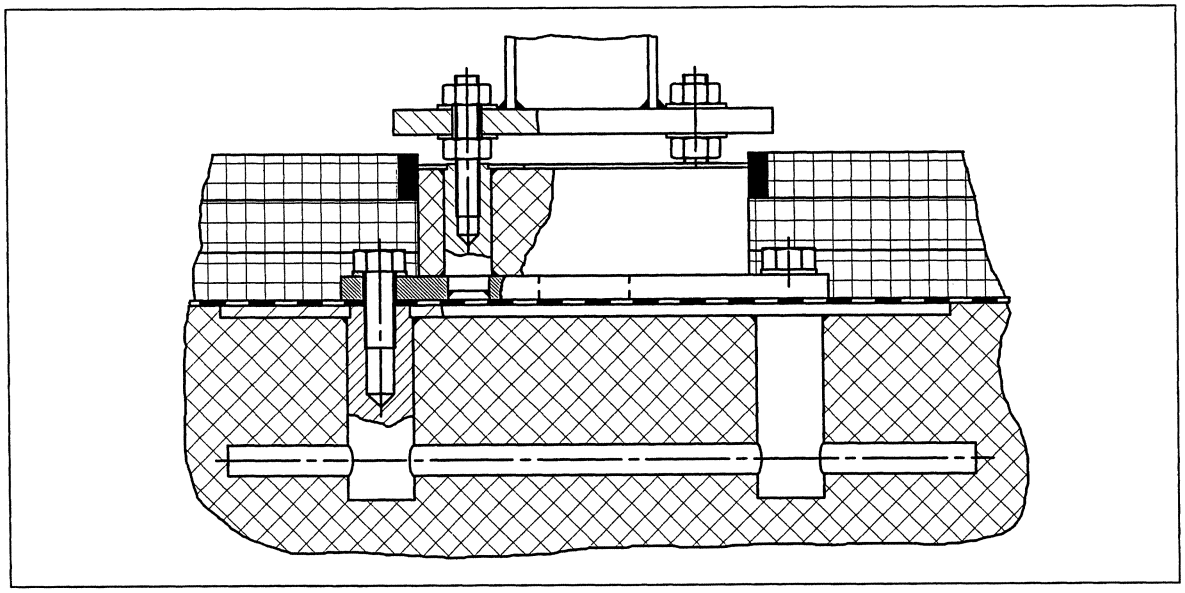


Abb. 34 Befestigung mit Anschlussplatte für Abdichtung

5.7.5 Befestigung auf Betonsockel auf der Abdichtung

Die Ausführung gemäss Abb. 35 bedingt das Betonieren eines bewehrten Sockels mit einer geringen Dicke auf der Abdichtung sowie eine Anschlussbewehrung. Diese Ausführung ist vor allem mit der Frage verbunden, ob unter Berücksichtigung der Pressung der Abdichtung unter dem Betonsockel die Durchführung von Dornen oder einer Anschlussbewehrung durch die Abdichtung zulässig ist. Analoge Lösungen mit Anker, welche Abdichtungen durchdringen, finden sich in den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5].

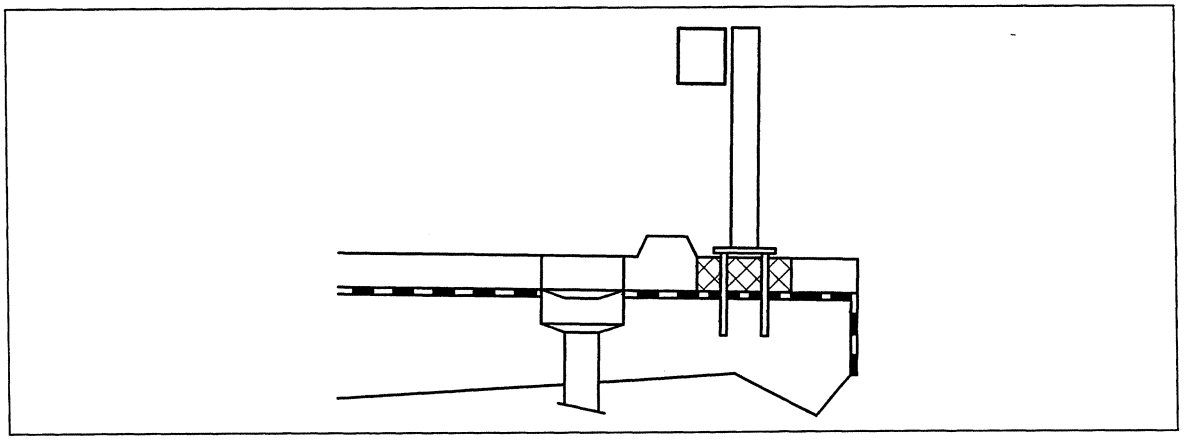


Abb. 35 Befestigung auf Betonsockel auf der Abdichtung

5.8 Leitmauern

5.8.1 Allgemeines

Hinsichtlich der Ausführung des Brückenrandes besteht im Fall der Anordnung von Leitschranken nur eine schwache Beziehung, da praktisch alle Leitschranken aus vergleichsweise wenig steifen Pfosten und Längselementen bestehen. Im Fall von Leitmauern ist - wie im Folgenden dargestellt wird - die Beziehung Brückenrandausführung und Leitmauer eine sehr starke.

5.8.2 Prüfung von Leitmauern bezüglich der Verkehrssicherheit

Schutzeinrichtungen sind grundsätzlich gemäss der Norm SN EN 1317-2, Rückhaltesysteme an Strassen - Teil 2: Schutzeinrichtungen - Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anfahrprüfungen und Prüfverfahren, [11] zu testen. Im Fall von Leitmauern gilt dies jedoch nur für Systeme aus vorfabrizierten Elementen bzw. von einem "Hersteller" produzierte Elemente. Vorfabrizierte Elemente gelten als Bauprodukt im Sinne der Bauproduktrichtlinien der EU. Ortbetonleitmauern gelten dagegen als Bauwerk und sind deshalb nicht prüfpflichtig.

5.8.3 Profilierung der Leitmauern aus Beton

Zulässige Profilierungen

Ausgehend von der in den Sechzigerjahren weltweit für Betonleitmauern eingeführten Profilierung "New Jersey" (NJ) haben sich in den Jahren aus meist unbekannten Gründen zahlreiche Profilierungen entwickelt, die jedoch nur vereinzelt geprüft worden sind. Es ist davon auszugehen, dass sich die meisten in Europa bekannten Profilierungen bezüglich eines Anpralls von Schweren Lastfahrzeugen alle etwa identisch verhalten. Bezüglich dem Verhalten von Personenwagen beim Anprall besteht jedoch eine erhebliche Unsicherheit. Unter Berücksichtigung dieser Ausgangslagen sind grundsätzlich die nachfolgend angegebenen Profilierungen für Leitmauern auf Brücken vorzusehen.

Profilierung New Jersey modifiziert gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken des ASTRA

Die Profilierung ist in der Abb. 36 dargestellt. Basierend auf Anprallversuchen des Transport Research Laboratory, UK, ist die Originalprofilierung NJ so geändert worden, dass ein starkes Rollen anprallender Personenwagen verhindert wird. Die Profilierung ist auch bezüglich Schäden beim Anprall von Personenwagen mit geringer Geschwindigkeit bzw. mit einem kleinen Anprallwinkel günstig. Positiv ist im Fall einer monolithischen Verbindung Fahrbahnplatte und Leitmauer auch die grosse Aufstandbreite.

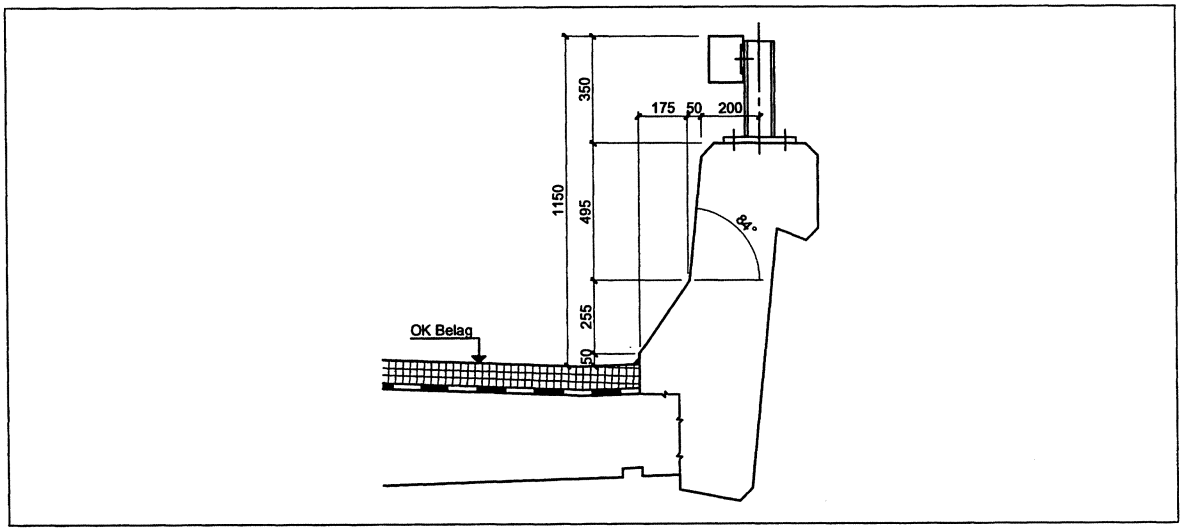


Abb. 36 Ortbetonleitmauer mit Profil "New Jersey" modifiziert gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken des ASTRA [2]

Plane Wand gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken des ASTRA (Revision in Vorbereitung)

Diese neuere Leitmauerprofilierung gemäss Abb. 37 ist vor allem in den Niederlanden eingeführt. Die Profilierung verhindert ein Rollen anprallender Fahrzeuge weitgehend. Günstig ist das im Vergleich zur Profilierung NJ wesentlich einfachere Schalen und Betonieren.

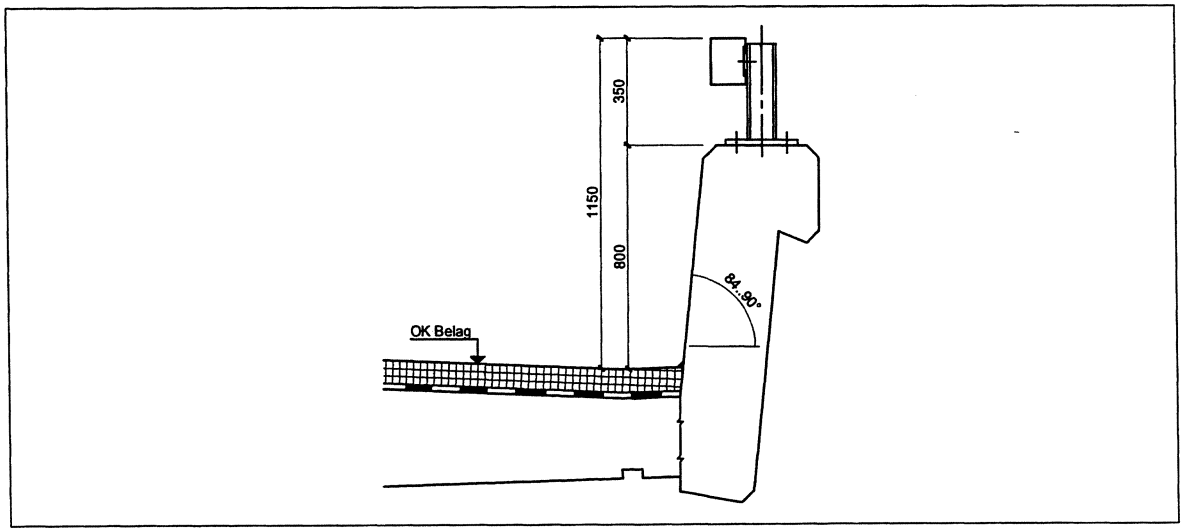


Abb. 37 Leitmauer aus Beton mit planen Wänden gemäss künftigen Richtlinien des ASTRA

Profilierung geprüfter Leitmauern aus vorfabrizierten Elementen

Leitmauern aus Beton oder Stahl, die aus vorfabrizierten Elementen bestehen, weisen unterschiedliche Profilierungen auf. Es bestehen keine für die Schweiz standardisierten Systeme. Die Anordnung vorfabrizierter Elemente ist nur zulässig, wenn diese von einer akkreditierten Prüfstelle Prüfungen gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11] erfolgreich geprüft worden sind.

5.8.4 Beurteilung der Brückenränder mit Leitmauern

Übersicht

Eine Übersicht über im Wesentlichen bekannte Ausführungen von Brückenrändern mit Leitmauern finden sich in der Tab. 14. Zu den Beurteilungen sind die folgenden allgemeinen Hinweise von Bedeutung.

- Die Rückhaltewirkung von Leitmauern beim Anprall von Schweren Lastfahrzeugen (Lastwagen, Busse usw.) mit hoher Geschwindigkeit ist bei Leitmauern generell gewährleistet. Im Fall von Leitmauern aus vorfabrizierten Bauteilen ist der Nachweis der vom Bauherrn festgelegten Rückhaltewirkung durch den Hersteller zu erbringen.
- Die Anprallschwere ist bei allen Leitmauern aus Beton unabhängig von der Konstruktion gross. Sie liegt über den in der Norm SN EN 1317-2 [11] festgelegten zulässigen Kennwerten.
- Im Fall von Leitmauern, die unmittelbar auf die Abdichtung abgestellt werden, ist festzustellen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung der Abdichtung als erheblich eingestuft wird. Eine solche Beschädigung wäre dazu nicht feststellbar. Die in der Tab. 14 beurteilten Brückenrandausführungen weisen keine auf der Abdichtung gelagerten Leitmauern auf.
- In Anbetracht des grossen Gewichtes von Betonleitmauern und dem ungünstigen Verhalten von Asphaltbetonbelägen bei lange dauernden Belastungen werden in der Tab. 14 auch keine auf den Belag gestellte Betonleitmauern behandelt.

Ausführung/Schutzeinrichtung	Passive Sicherheit		Wirtschaftlichkeit				Gesamtbeurteilung	Bemerkungen
	Rückhalten von Lastwagen	Anprallschwere	Kosten Erstellung	Betrieblicher Unterhalt/Reparaturkosten	Einfachheit Erneuerung	Schutz Fahrbahnplatte		
Leitmauer als Tragwerk oder mittragendes Element	+	-	1)	+	-	+/-	1)	1) Situationsabhängig
Leitmauer monolithisch mit der Fahrbahnplatte verbunden	+	-	+	+	-	+/-	+	
Leitmauer auf Kappe mit dieser monolithisch oder mit Dübel verbunden	+	-	+/-	+	+	+	+	
Brückenrand mit Dienststeg, Leitmauer auf dieser monolithisch oder mit Dübel verbunden	+	-	-	+	+	+	2)	2) Positiv, wenn Dienststeg als Bedingung festgelgt
Leitmauer verschiebbar aus vorfabrizierten Betonelementen mit biegesteifen Verbindungen auf dem Konsolkopf aufliegend	+	-	3)	+	+	+/-	1)	1) Situationsabhängig 3) Systemabhängig
Leitmauer verschiebbar aus vorfabrizierten Betonelementen mit zugfesten Verbindungen, auf dem Konsolkopf aufliegend	+	-	3)	+	+	+/- 4)	-	3) Systemabhängig 4) Lagerung auf Konsolkopf, konventioneller Abschluss Abdichtung und Belag
Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen auf Aussenrändern	+	+	1)	+	+	+/-		1) Situationsabhängig
Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen im Mittelstreifen von Autobahnen	+	+	+	+	+	+	+	Ausführung nicht in jedem Fall möglich

Tab. 14 Beurteilung der Brückenränder mit Leitmauern

Leitmauer als Tragwerk oder mittragendes Element

◊ Konstruktion, Einsatz

Der Querschnitt einer Brücke mit einer Leitmauer als Tragwerk findet sich in der Abb. 38.

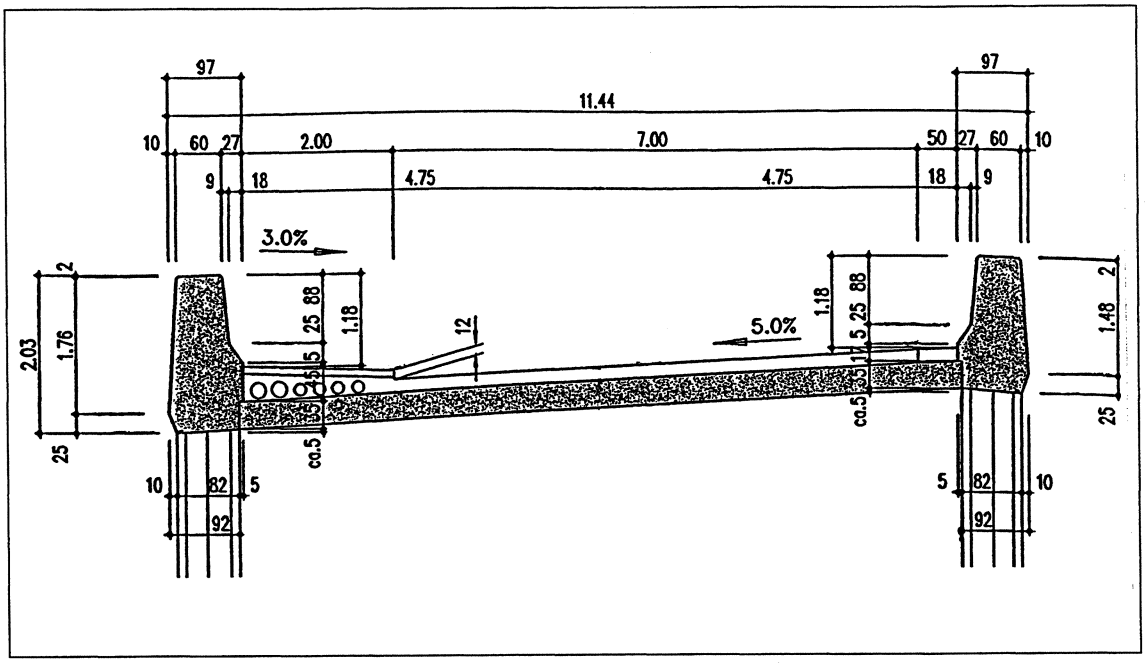


Abb. 38 Brücke mit Leitmauern als Tragwerk, Compognabrücke Thusis, Tiefbauamt des Kantons Graubünden

Generell wird die Kombination Schutzeinrichtung und Tragwerk im Hinblick auf den Anprall von Fahrzeugen als ungünstig beurteilt. Die Wahrscheinlichkeit eines erheblichen Schadens ist jedoch so gering, dass dieser Aspekt vielfach für einen Entscheid ohne Bedeutung ist.

In der Schweiz sind Brücken mit der Kombination Tragwerk und Leitmauer selten, obwohl das Konzept neben der Wirtschaftlichkeit auch bezüglich der Bauhöhe günstig sein kann.

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Der Schutz der Fahrbahnplatte wird als "+/-" beurteilt, da die Abdichtung nicht bis an den Aussenrand der Brücke geführt werden kann bzw. weil ein Anschluss am Übergang zur Leitmauer notwendig ist.

Leitmauer monolithisch mit der Fahrbahnplatte verbunden

◊ Konstruktion

Leitmauern werden allgemein biegesteif mit der Fahrbahnplatte verbunden. Grundsätzlich ist es jedoch möglich, die Verbindung Brückenplatte/Leitmauer auf ein herabgesetztes Moment als Folge eines Fahrzeugaufpralls zu bemessen und dafür der Leitmauer mit einer durchlaufenden Längsbewehrung eine "Leitschrankenwirkung" zuzuteilen.

◊ Einfachheit der Erneuerung

Die Erneuerung der allgemein stark bewehrten Leitmauern ist aufwändig. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von nichtrostenden Stählen mindestens in der äusseren Bewehrungslage gemäss [6] oder durch eine Massenhydrophobierung des Betons, kann die Dauerhaftigkeit massgeblich erhöht werden. Der Aspekt der Einfachheit der Erneuerung verliert damit an Bedeutung.

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Die Beurteilung +/- basiert auf den Streuungen der Zuverlässigkeit des Anschlusses des Systems Abdichtung und Belag an die Leitmauer.

◊ Gesamtbeurteilung

Im Hinblick auf den Einsatz von nichtrostenden Stählen wird diese konventionelle und international eingeführte Ausführung trotz des Schwachpunktes des Anschlusses des Systems Abdichtung und Belag positiv beurteilt.

Leitmauer auf Kappe monolithisch oder mit Dübel befestigt

◊ Konstruktion

Die Abb. 39 zeigt einen Querschnitt durch eine mögliche Ausführung einer Leitmauer auf einer Kappe. Die Ausführung lehnt sich konstruktiv an die Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5] an. Die dargestellte Leitmauer wird wegen der fehlenden Verbindung zur Fahrbahnplatte analog einer Leitmauer am Strassenrand lediglich mit einer Bewehrung in der Mitte der Mauer ausgeführt. Die Kappe wird auf die Abdichtung aufgelegt und am Aussenrand mit einer Anschlussbewehrung fixiert.

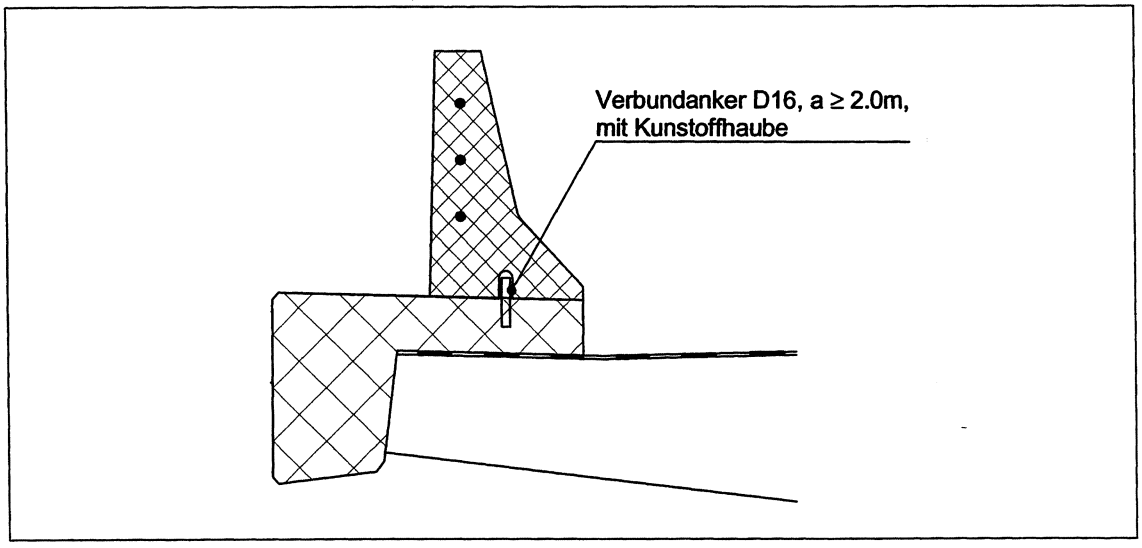


Abb. 39 Leitmauer auf Kappe mit Dübel befestigt, Ausführung konstruktiv angelehnt an die Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5]

◊ Kosten Erstellung

Die Ausführung begrenzt das bei einem Fahrzeuganprall auf die Fahrbahnplatte übertragene Moment und ergibt im Vergleich zur konventionellen Ausführung von Leitmauern auf Brücken einen geringeren Aufwand für die Bewehrung. Es ist davon auszugehen, dass die Erstellungskosten nahe bei denjenigen für eine konventionelle Leitmauer liegen.

◊ Betrieblicher Unterhalt, Reparaturen

Es sind wegen der geringen Bewehrung keine erheblichen Schäden als Folge des Anpralls von Fahrzeugen zu erwarten. Der mögliche Anprall mit schweren Schäden an der Leitmauer ist so selten, dass er den Aufwand für Reparaturen nicht massgeblich beeinflusst.

◊ Einfachheit der Erneuerung

Die geringe Bewehrung und die mangelnde monolithische Verbindung zur Brückenplatte vereinfacht eine Instandsetzung oder eine gänzliche Erneuerung sehr nachhaltig.

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Mit der bis zum Rand der Fahrbahnplatte geführten Abdichtung wird ein nachhaltiger Schutz der Fahrbahnplatte erreicht.

◊ Gesamtbeurteilung

Die Ausführung gemäss der Abb. 39 wird bezüglich Erstellung, Dauerhaftigkeit und Erhaltungsaufwand positiv beurteilt. Es ist davon auszugehen, dass die vorgestellte Ausführung optimiert werden kann.

Brückenrand mit Kappe und Dienststeg, Leitmauer darauf monolithisch oder mit Dübeln verbunden

◊ Konstruktion

In der Abb. 40 ist die Ausführung einer Leitmauer auf einer Kappe einer Brücke gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5] dargestellt. Abgesehen von der grösseren Breite der Kappe ist die Ausführung mit derjenigen ohne Dienststeg identisch.

◊ Verkehrsführung 4/0

Im Fall von Brücken mit einem Dienststeg und Leitschranken kann der Dienststeg vielfach für die Verkehrsführung 4/0 herangezogen werden. Im Fall von Leitmauern aus Ortbeton ist dies nicht möglich.

◊ Beurteilung bezüglich der Wirtschaftlichkeit

Bezüglich der Erstellung und Erhaltung gelten die Hinweise wie für die Ausführung der Leitmauern auf Kappen von Brücken ohne Dienststeg. Für die Gesamtbeurteilung ist im Fall eines erfolgten Entscheides für einen Dienststeg und für eine Leitmauer die Variante Leitmauer auf Kappe eine günstige.

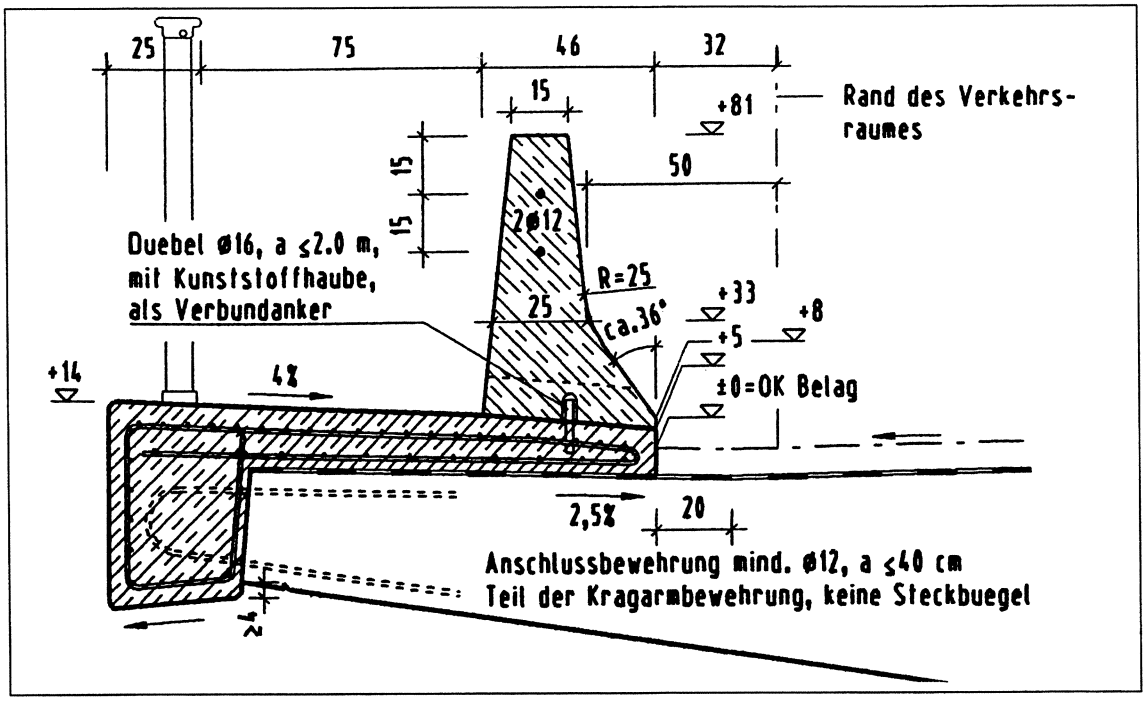


Abb. 40 Brückenrand als Beispiel einer Brücke mit Kappe und Dienststeg, Leitmauer mit der Kappe mit Dübeln verbunden

Leitmauer verschiebbar aus vorfabrizierten Betonelementen mit biegesteifen Verbindungen auf dem Konsolkopf aufliegend

◊ Konstruktion

Ein System einer verschiebbaren Leitmauer aus vorfabrizierten Betonelementen mit biegesteifen Verbindungen der Elemente ist nicht bekannt. Im Hinblick auf einen möglichst schmalen Konsolkopf wäre ein solches System günstig. Es ist jedoch davon auszugehen, dass eine biegesteife Verbindung bezüglich Montagezeit und Kosten aufwändig ist.

◊ Beurteilung

Massgebende Beurteilungspunkte sind systemabhängig. Die Beurteilung in der Tab. 14 erfolgt deshalb nur fragmentarisch.

Leitmauer bewegbar aus vorfabrizierten Betonelementen mit zugfesten Verbindungen auf Konsolkopf aufliegend

◊ Konstruktion

Bewegbare Leitmauern aus vorfabrizierten Betonelementen mit zugfesten Verbindungen sind aus Italien bekannt. Sie sind in Ausgaben der Zeitschrift L'Industria Italiana del Cemento [24][25] dokumentiert. Die Systeme sind darauf ausgerichtet, dass die Elemente beim Anprall von Fahrzeugen in einem kontrollierten Umfang verschoben und/oder gekippt werden. Die Abb. 41 und 42 zeigen die Konstruktion und die Funktionsweise verschiedener Ausführungen.

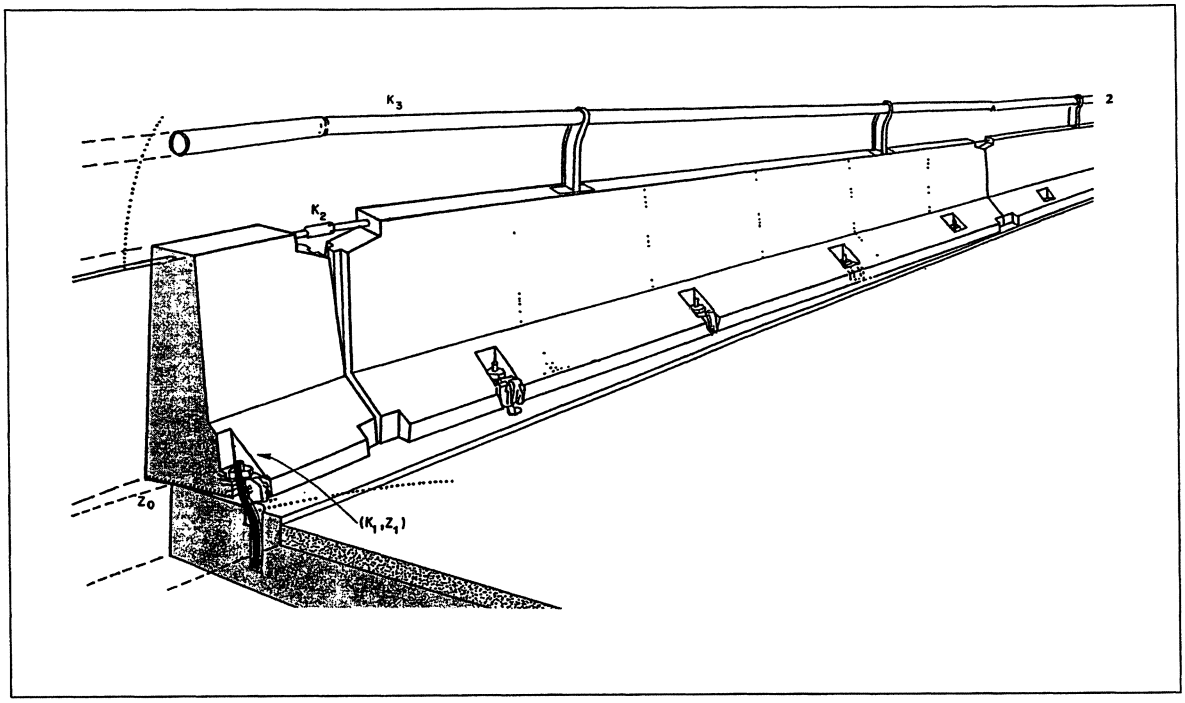


Abb. 41 Bewegbare Leitmauer aus vorfabrizierten Betonelementen mit zugfesten Verbindungen auf dem Konsolkopf, Ausführung mit Dübel mit Bewegungsraum, gezeichnet nach einem Anprall

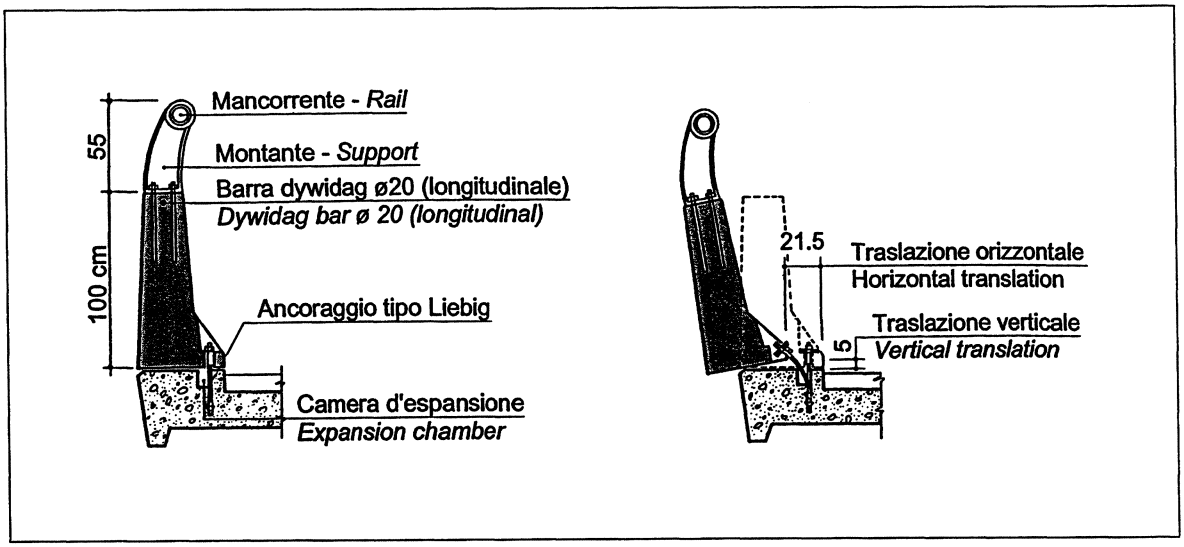


Abb. 42 Bewegbare Leitmauer aus vorfabrizierten Betonelementen mit zugfesten Verbindungen, Darstellung der Bewegung beim Anprall eines Fahrzeugs

◊ Passive Sicherheit

Neben der Begrenzung der Anprallkraft im Zusammenhang mit der Bemessung der Fahrbahnplatte ist es allgemein ein Ziel der "Nachgiebigkeit", die Sicherheit der Insassen von Personenwagen bei einem Anprall zu gewährleisten bzw. die Anprallschwere zu vermindern. Es liegen jedoch keine Resultate von Anprallprüfungen vor. Beim Anprall von Fahrzeugen mit einer kleinen Masse werden die schweren Elemente kaum massgeblich bewegt. Eine Herabsetzung der Anprallschwere kann in diesen Fällen deshalb nicht angenommen werden. Die Kennwerte für die Anprallschwere gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11] werden bei den dokumentierten Leitmauern mit Sicherheit nicht eingehalten.

◊ Betrieblicher Unterhalt, Reparaturen

Die bewegbaren Leitmauern werden höchstens im seltenen Fall des Anpralls von schweren Lastfahrzeugen verschoben. Reparaturen wie ein Ausrichten bzw. Zurückziehen der Mauerelemente sind nur sehr selten notwendig.

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Die vorgeschlagenen Systeme werden auf einem Konsolkopf aufgestellt. Dabei finden sich an der Schnittstelle Konsolkopf und Leitmauer bezüglich dem Eindringen von Tausalzlösungen ungünstige Verhältnisse. Der Anschluss des Systems Abdichtung und Belag an den Konsolkopf erfolgt mit einem konventionellen Randanschlusssystem.

◊ Gesamtbeurteilung

Die vorliegenden Systemvorschläge weisen keine sicherheitstechnisch oder wirtschaftlich besonderen Vorteile auf.

Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen auf Aussenrändern

◊ Konstruktion

Es sind heute mehrere gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11] geprüfte Systeme von verschiebbaren Stahlleitmauern in der Schweiz eingeführt. Diese sind jedoch für einen Einsatz wegen ihrer grossen Auslenkung (Wirkungsbereich) beim Anprall von Schweren Lastfahrzeugen, verbunden mit der ebenfalls grossen Konstruktionsbreite für einen Einsatz auf Brückenrändern ungeeignet. Es ist jedoch möglich, ein System zu entwickeln, welches den Anforderungen eher genügt als die eingeführten Systeme. Ein genereller Vorschlag findet sich in der Abb. 43.

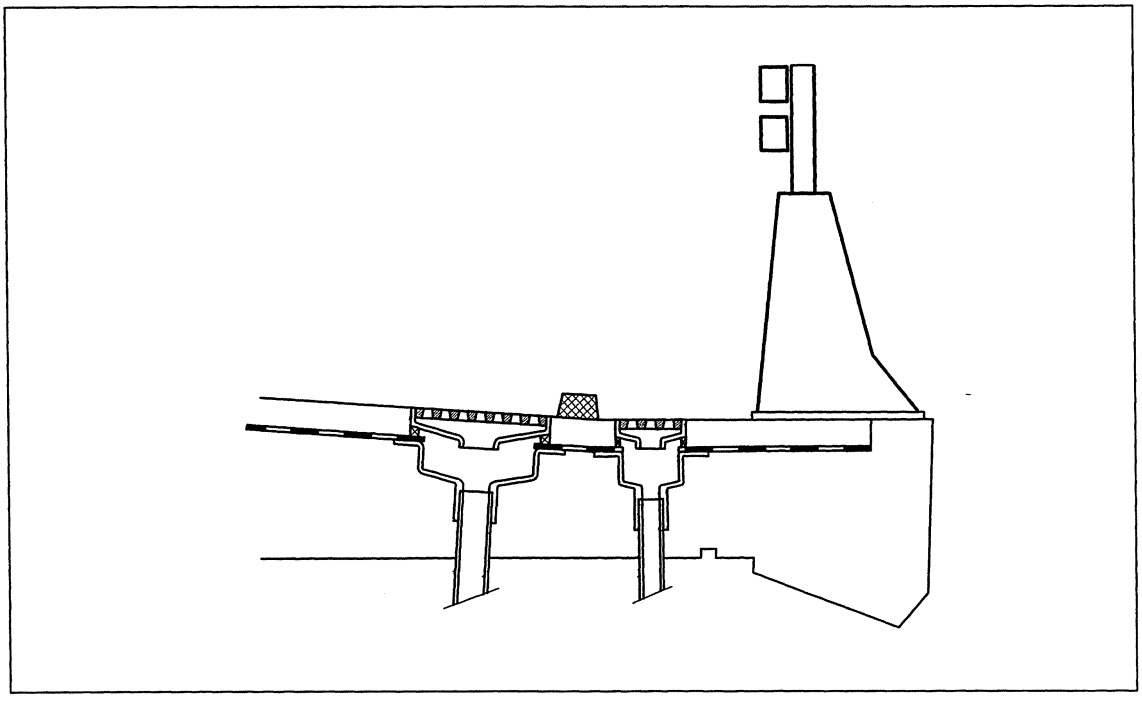


Abb. 43 Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen auf Aussenrändern von Brücken, genereller Vorschlag

◊ Passive Sicherheit

Verschiebbare Leitmauern aus Stahlelementen weisen bezüglich der Passiven Sicherheit ähnliche Charakteristiken wie Leitschranken auf. Die Anprallschwere für Insassen von Personenwagen ist günstiger als bei Leitmauern aus Beton.

◊ Verkehrsführung 4/0

Im Fall einer Umstellung auf die Verkehrsführung 4/0 können die Verschiebbaren Leitmauern mit einem geringen Aufwand entfernt und temporäre Leitschranken aussen am Brückenrand montiert werden.

◊ Betrieblicher Unterhalt

Der Aufwand ist sehr gering. Die Leitmauer kann nach einem Fahrzeuganprall mit einem einfachen Rückgerät in die Solllage verschoben werden.

◊ Wirtschaftlichkeit

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit bedingt eine umfassende Abklärung der mit dem Vorschlag verbundenen Verbreiterung der Brückenplatte.

Verschiebbare Leitmauer aus Stahl im Mittelstreifen von Autobahnen

◊ Einsatz

Der Einsatz von Leitmauern aus Stahlelementen in Mittelstreifen bedingt die folgenden Voraussetzungen:

- Brücke mit Fahrbahnplatte über die gesamte Autobahn
- Zwillingsbrücken mit gleicher Höhe der Brückenränder

◊ Ausführung

Es können die in der Schweiz eingeführten Stahlleitmauern mit einer Aufhaltestufe von H1 oder H2 gemäss der Norm SN EN 1317-2 [11] eingesetzt werden. Im Fall von Brücken mit einer Fahrbahnplatte auf der ganzen Breite der Autobahn kann die Leitmauer auf den Belag in gleicher Weise wie auf der Strasse gemäss Abb. 44 aufgestellt werden. Eine Befestigung ist nicht notwendig.

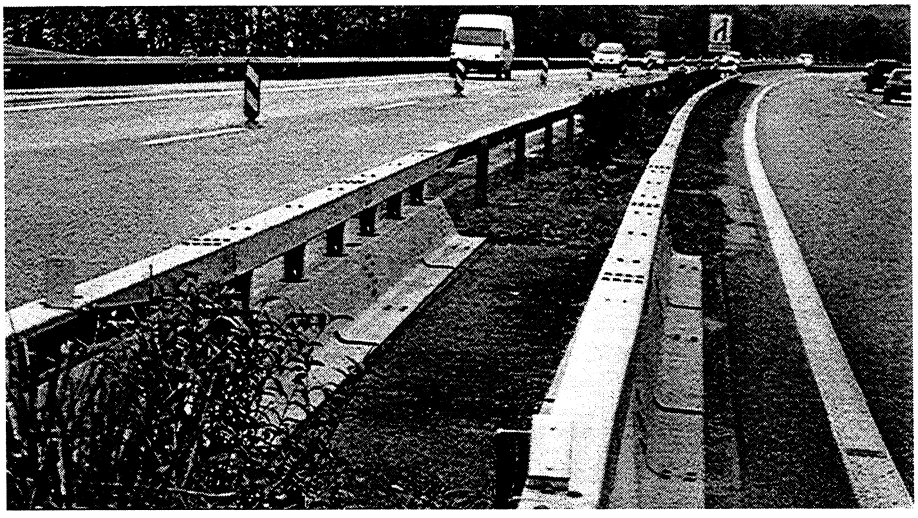


Abb. 44 Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen im Mittelstreifen einer Brücke N5, Kanton Solothurn

Im Fall von Zwillingsbrücken mit gleicher Höhe der Brückenränder muss zwischen den Brückenrändern eine ebene Übergangskonstruktion eingebaut werden, welche ein Gleiten der Leitmauer gestattet. Die verschiedenen Ursachen, die Höhenunterschiede der Brückenränder insbesondere während des Betriebes bewirken können, sind zu untersuchen. Eine Darstellung der Lage der Leitmauer findet sich in der Abb. 45.

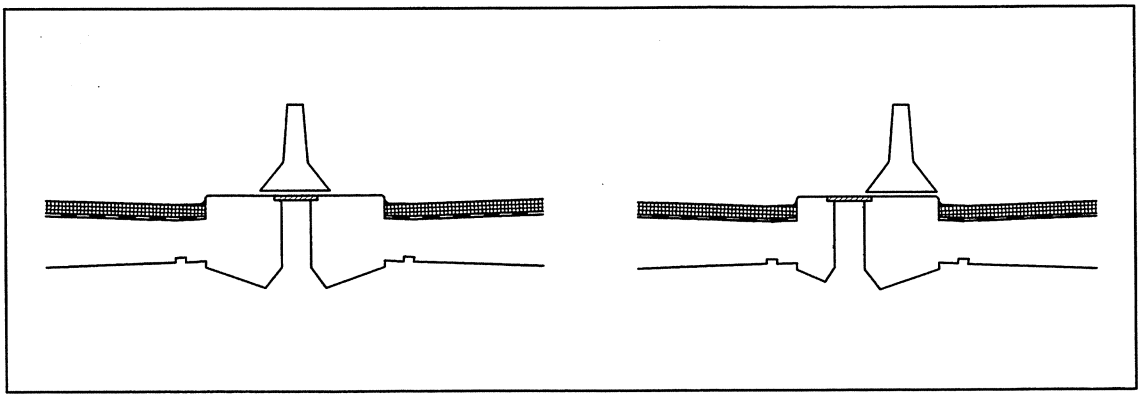


Abb. 45 Mögliche Anordnungen einer verschiebbaren Leitmauer aus Stahlelementen in Mittelstreifen von Zwillingsbrücken

◊ Verkehrsführung 4/0

Für die Verkehrsführung 4/0 können die Leitmauern mit einem geringen Aufwand entfernt und provisorische Leitschranken aussen am Brückenrand angebracht werden.

◊ Wirtschaftlichkeit

In Fällen, wo die Voraussetzungen für einen Einsatz von Stahlleitwänden vorhanden sind, ist dies allgemein bezüglich Bau und Erhaltung eine wirtschaftliche Ausführung.

5.9 Lärmschutzwände

5.9.1 Allgemeines

Lärmschutzwände weisen bezüglich ihrer Beziehung zu den Brückenrändern die folgenden Charakteristiken auf:

- Die Anordnung und Befestigung der Lärmschutzwände auf den Brückenrändern ist ausserordentlich vielfältig. Sie beschränkt sich jedoch allgemein auf die Befestigung, die Verkehrssicherheit und die Ästhetik.
- Die Befestigung der Lärmschutzwände bedingt generell am Brückenrand massive Bauteile aus Beton.
- Die Anforderungen an den Brückenrand steigen primär mit der Höhe der Lärmschutzwand, der Form im Querschnitt sowie dem Gewicht.

5.9.2 Massgebende Normen

Norm SN 505 179 (SIA), Befestigung in Beton und Mauerwerk [13]

Diese Norm liefert die technische Grundlagen für die Befestigungen auf Brückenrändern. Ein massgebender in der Norm SN 505 179 behandelter Aspekt ist die Befestigungstiefe von Dübeln, Einlegeteilen bzw. Ankern. Sie steht in einer direkten Beziehung zur Dicke von Brückenkappen oder schlanken Konsolköpfen. Eine analoge Beziehung besteht auch bezüglich den Randabständen der Befestigungen. Bei der Befestigung von Lärmschutzwänden mit Dübeln auf Kappen besteht eine erhebliche Gefahr, dass die Abdichtung durchbohrt wird. Bohreinrichtungen müssen so ausgerüstet sein, dass dies verhindert wird.

Die Darstellung von Befestigungsproblemen findet sich unter Ziffer 5.7.

Norm SN 640 573, Lärmschutz an Strassen, Bauliche Massnahmen [18]

Diese Norm hat nur im Bereich der Passiven Sicherheit eine direkte Beziehung zur Ausführung von Brückenrändern bzw. Leitmauern.

◊ SN 640 573, Ziffer 39, Lärmschutzwände mit Schutzeinrichtungen

In der Ziffer sind die auch für Brücken massgebenden Abstände zwischen dem Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer, Leitschranken sowie Lärmschutzwänden gemäss Abb. 46 angegeben.

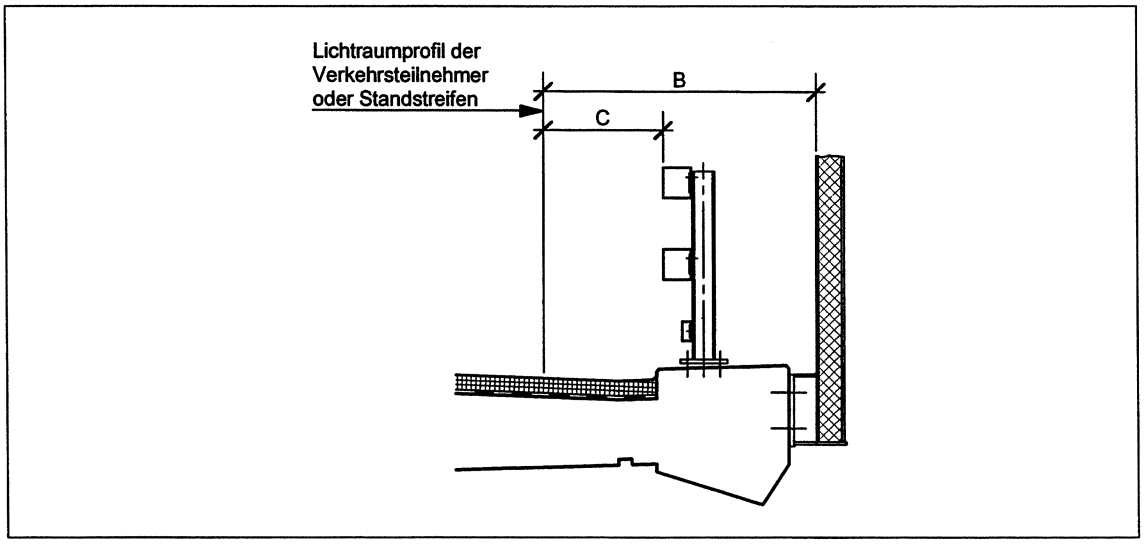


Abb. 46 Abstände von Lärmschirmen und Schutzeinrichtungen aus [18]

◊ SN 640 573, Ziffer 40, Lärmschutzwände auf Leitmauern

Die Anordnung der Lärmschutzwände im Hinblick auf die Schrägstellung von Schweren Lastfahrzeugen beim Anprall an eine Leitmauer ist in der Abb. 47 dargestellt.

Strasse	Abstand D [m]
Autobahn/Autostrasse	0,60
Gemischtverkehrsstrasse	0,30

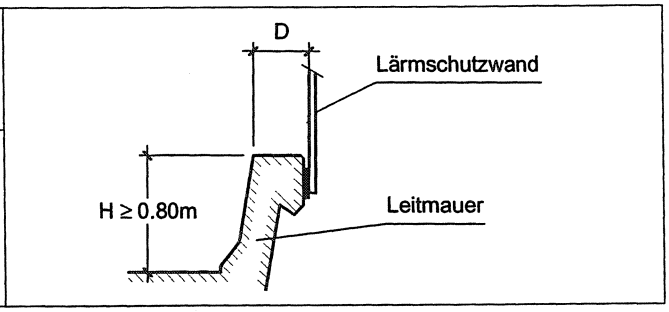


Abb. 47 Lärmschutzwände auf Leitmauern aus [18]

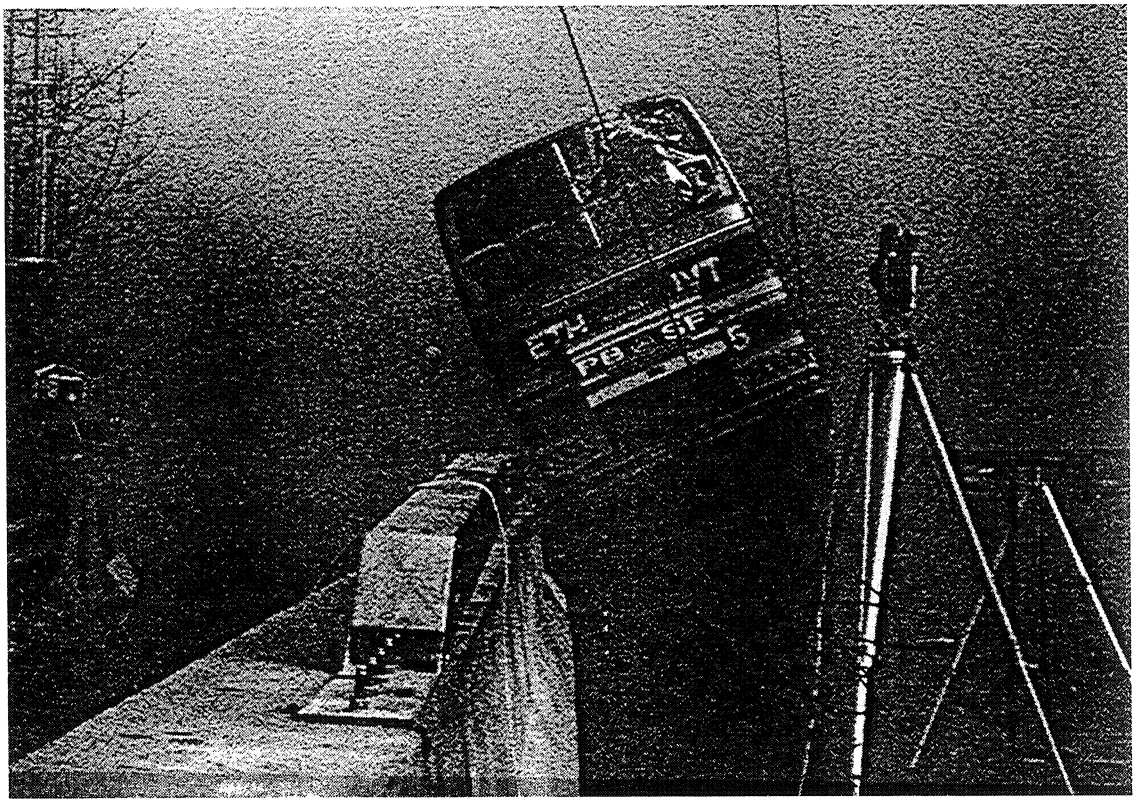


Abb. 48 Anprall eines Busses an Leitmauer

5.9.3 Beispiele von Lärmschutzwänden auf Brücken

Nachfolgend sind Beispiele aus der Literatur zusammengestellt und kommentiert.

◊ Richtlinien über den Bau von Lärmschutzwänden an Staatsstrassen, Tiefbauamt des Kanton Zürich [22]

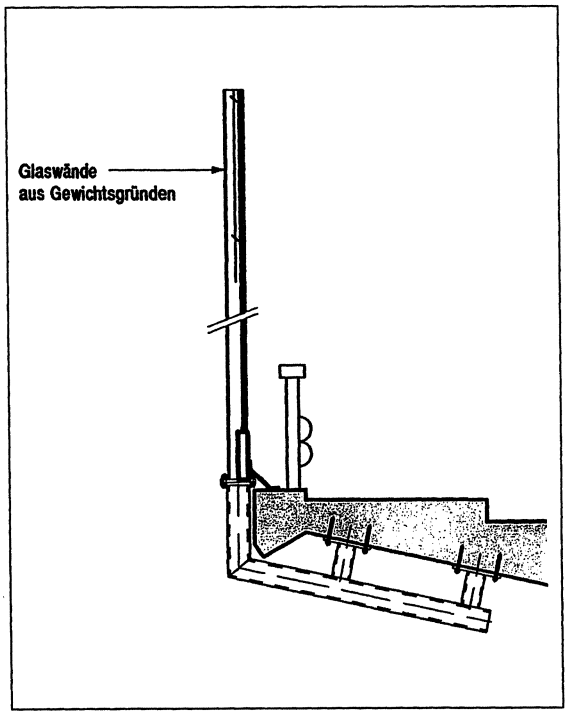


Abb. 49 Lärmschutzwand an der Brückenuntersicht befestigt, aufwändige Befestigung mit ungünstiger architektonischer Wirkung aus [22]

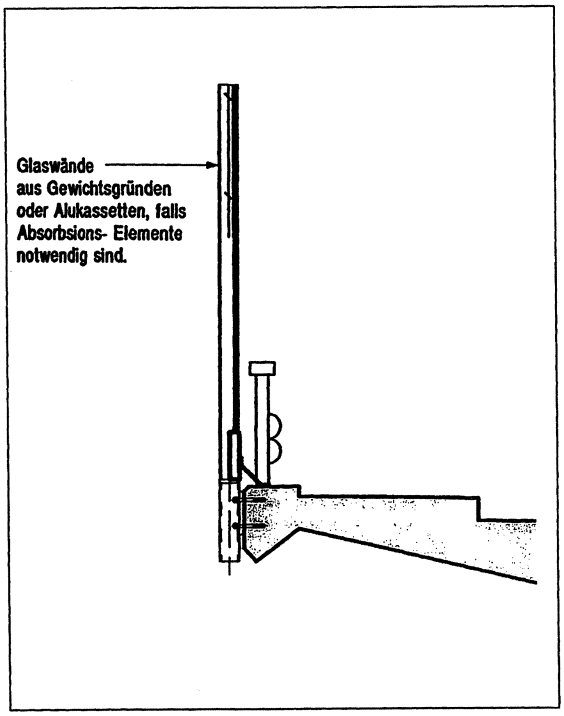


Abb. 50 Lärmschutzwand aussen am Konsolkopf befestigt aus [22]

◊ Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke, Bundesministerium für Verkehr, D

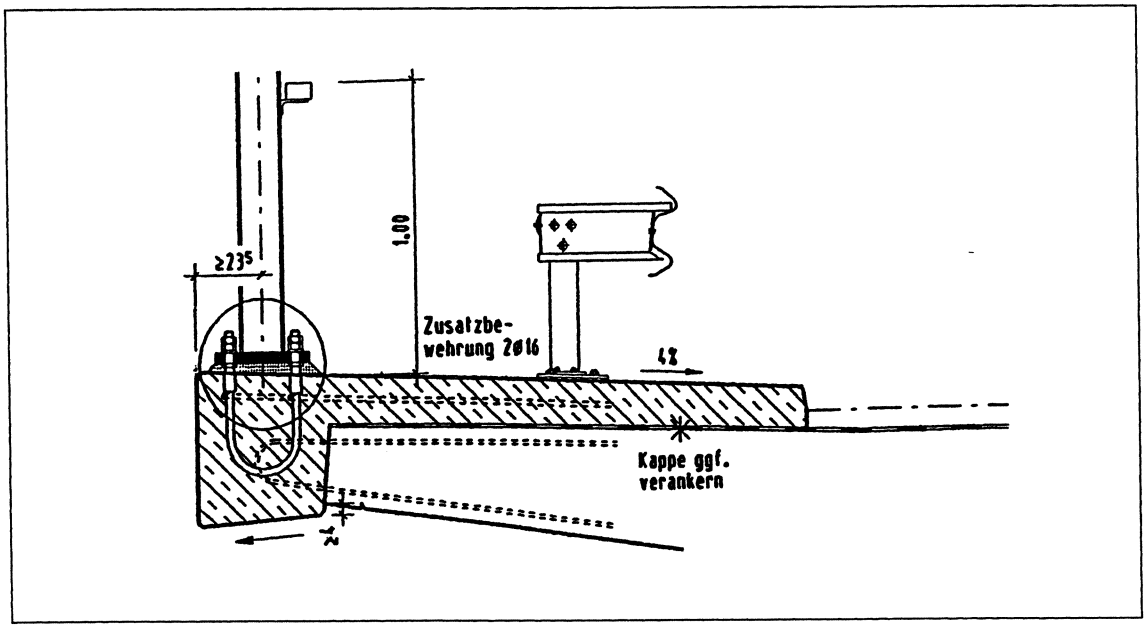


Abb. 51 Befestigung mit Ankerbügel auf Kappe, günstige Befestigung für Lärmschutzwände mit geringer Höhe [5]

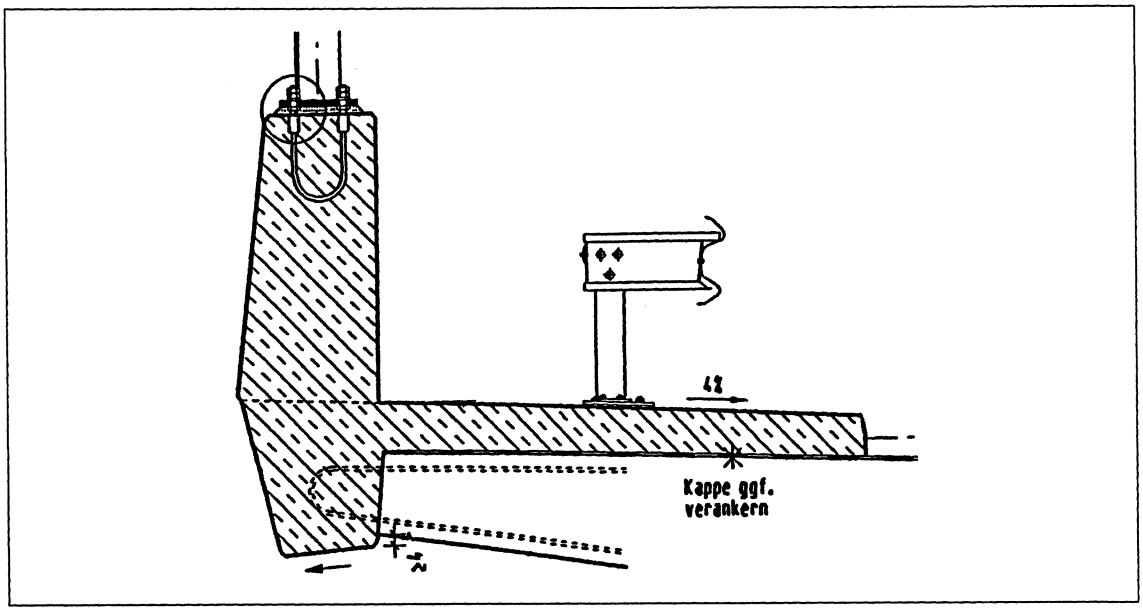


Abb. 52 Befestigung mit Ankerbügel auf Leitmauer, günstige Befestigung für Lärmschutzwände mit geringer Höhe [5]

◊ Lärmschutzwände auf Brücken, Dokumentation 1995, Bundesministerium für Verkehr, D [27]

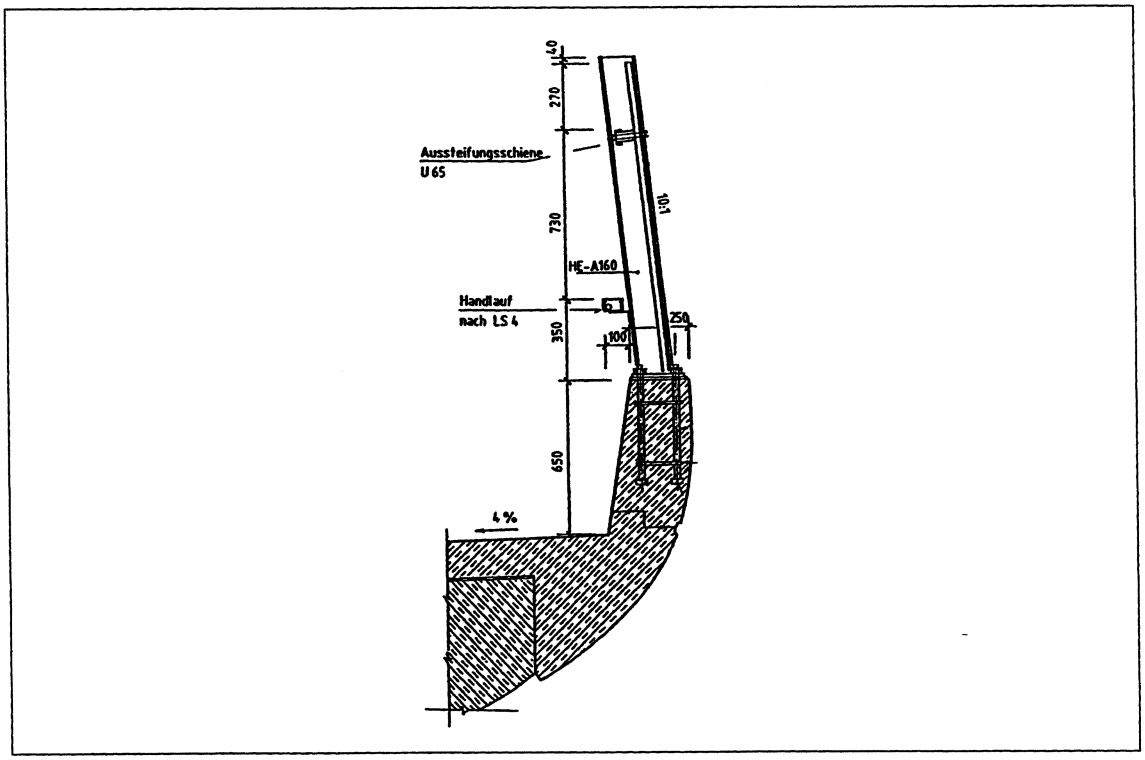


Abb. 53 Befestigung mit Ankerbolzen auf aussen gebogener Leitmauer, zu geringer Randabstand der äusseren Kopfbolzen. Die Konstruktion ist ausserdem in Bezug auf die passive Sicherheit ungünstig (vergleiche Abb. 47 und 48).

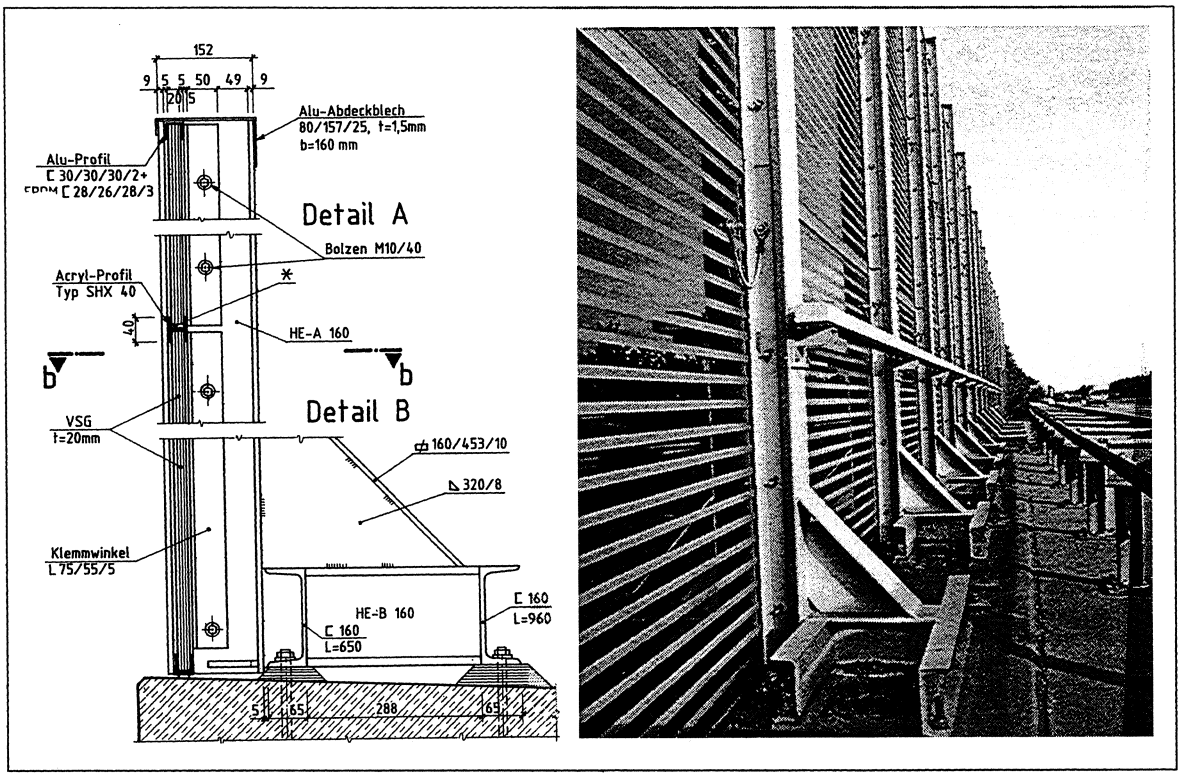


Abb. 54 Lärmschutzwand auf Kappe mit seitlicher Abstützung. Ungünstige Befestigung mit komplizierter und aufwändiger Abstützung, Träger mit Schmutzfangwirkung sowie unzulässiges gefährliches Hindernis im Deformationsraum der Leitschranke

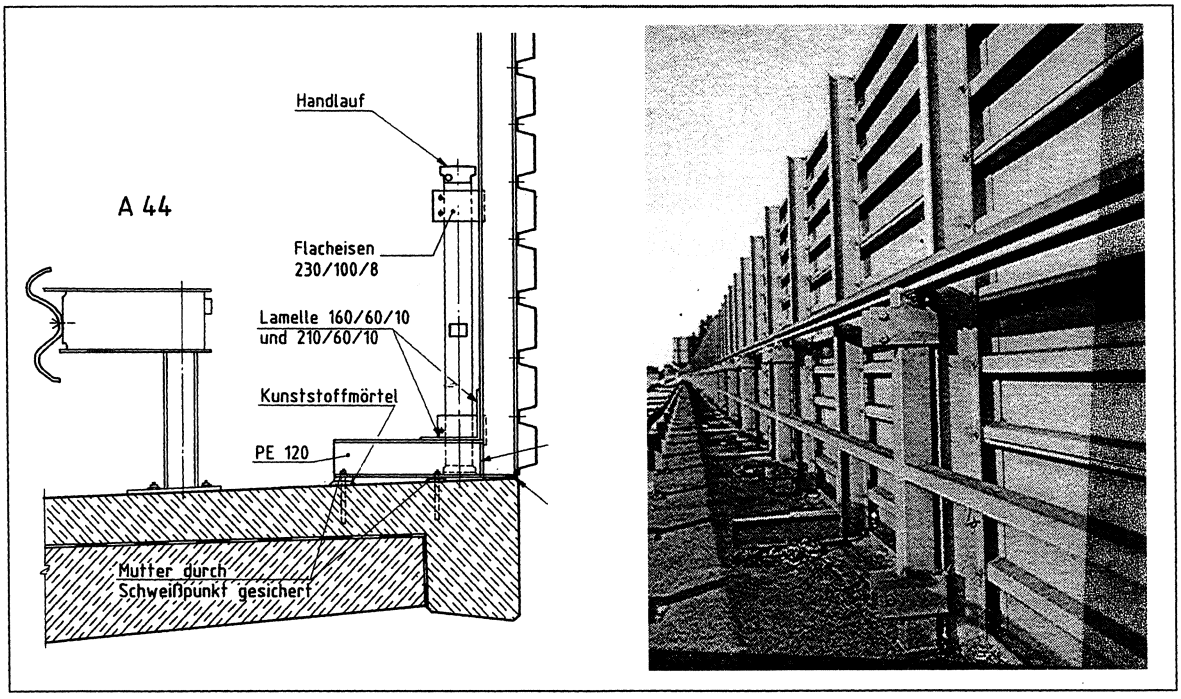


Abb. 55 Lärmschutzwand auf Kappe mit seitlicher Abstützung der Pfosten. Ungünstige Befestigung in dünner Kappe mit komplizierter Abstützung, die als Schmutzfänger wirkt

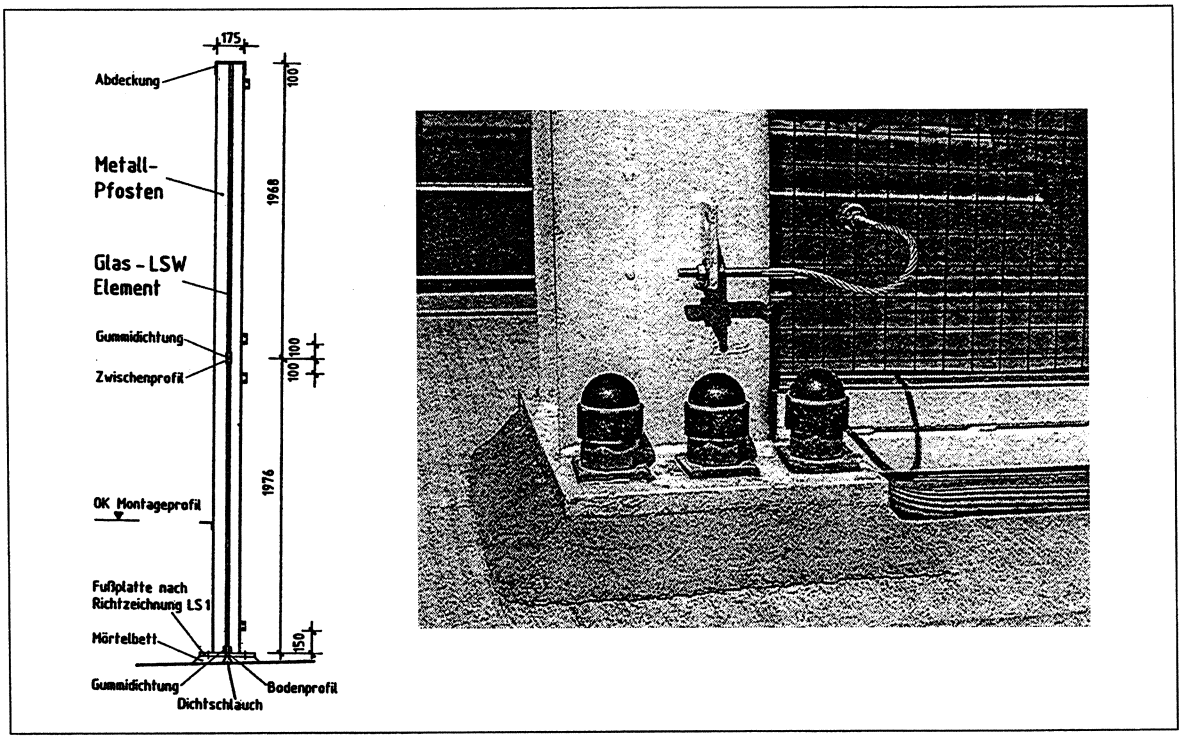


Abb. 56 Lärmschutzwand auf Kappe, Pfosten mit Fussplatte, zu geringe Axabstände der Anker untereinander

5.9.4 Folgerungen

Nachfolgend sind die wesentlichen Folgerungen für den Schnittbereich Brückenrandausführung und Lärmschutzwände zusammengestellt.

Brückenränder ohne Leitmauern

- Im Hinblick auf die Anordnung von Lärmschutzwänden sind Brückenränder mit monolithisch mit der Fahrbahnplatte verbundenen Leitmauern aus Beton besser geeignet als Konsolköpfe oder Kappen.
- Befestigungen von Lärmschutzwänden sind gemäss der Norm SIA 179, Befestigung in Beton und Mauerwerk, auszuführen.
- Kappen und Konsolköpfe sind bezüglich ihrer Abmessungen (Dicke der Kappe, Breite und Höhe des Kopfes) auf die vorgesehene Befestigung auszurichten. Alle Typen von Ankern bedingen erhebliche Befestigungstiefen, Abstände untereinander, sowie Randabstände.
- Kappen auf Brückenrändern mit Leitschranken weisen wegen der maximalen Anschlaghöhe der Kappen am Fahrbahnrand von 7 cm nur eine Dicke von 17 - 20 cm auf. Eine Vergrösserung der Dicke am Aussenrand kann durch ein Gefälle der Kappen nach innen erzielt werden.
- Um Schäden an der Abdichtung unter Kappen zu verhindern, sind Einlegebefestigungen Verbunddübeln vorzuziehen. Beim Einsatz von Verbunddübeln sind Vorkehrungen zu treffen, dass beim Bohren die Abdichtung nicht verletzt wird.

- Bei Abstützvorrichtungen, die im Fall von hohen Lärmschutzwänden notwendig sein können, sind die folgenden Grundsätze zu beachten:
  - Die Konstruktionen dürfen im Deformationsbereich von Leitschranken nicht mehr als 12 cm über OK Fahrbahn ragen
  - Konstruktionen dürfen keine für die Reinigung unzugänglichen Hohlräume aufweisen
  - Oberflächen müssen für Reinigungsgeräte zugänglich sein, bzw. dürfen keine Schmutztaschen ausweisen

Brückenränder mit Leitmauer

- Bei der Anordnung von Leitmauern sind die Regeln gemäss SN 640 573, Lärmschutz an Strassen, Bauliche Massnahmen [18], Ziffer 40, zu beachten.
- Die Befestigung von Lärmschutzwänden an Leitmauern ist allgemein einfach und unbedenklich.

5.10 Gehwege

5.10.1 Allgemeines

Gehwege bewirken eine Trennung zwischen der Fahrbahn und dem für die Fussgänger reservierten Verkehrsstreifen. Ein massgebendes Element ist dabei der Randabschluss bzw. der Absatz am Fahrbahnrand. Der Randabschluss hat in den meisten Fällen lediglich eine "ordnende" Wirkung. Um von der Fahrbahn abkommende Personenwagen abzuhalten, sind Anschlaghöhen um 20-25 cm notwendig. Üblich sind jedoch Anschlaghöhen von 10-15 cm. Generell sind Gehwege aufwändige Bauteile, deren Notwendigkeit im Einzelfall geprüft werden muss. Bei Brücken mit einem kleinen DTV kann in vielen Fällen anstelle eines Gehweges ein Streifen für Fussgänger markiert werden.

5.10.2 Randabschlüsse

Massgebende Normen

Randabschlüsse aus Naturstein und Beton werden in der Norm SN 640 560 b, Randabschlüsse aus Natur- und Kunststeinen, Qualität, Form, behandelt. Die Norm liefert Angaben zu Standardformaten und Hinweise auf Normen, welche Qualitätsvorschriften behandeln. Die Norm wird im Brückenbau allgemein nicht beachtet. Es werden häufig Randabschlüsse eingesetzt, deren Profil in technischen Grundlagen der Strassenverwaltungen festgelegt sind.

Material der Randabschlüsse

Randabschlüsse aus Naturstein - in der Regel kristalline Gesteine - weisen gegenüber den strassenseitigen Einwirkungen eine höhere Resistenz als solche aus Beton auf. Die wesentlichsten Einwirkungen sind diejenigen von Geräten des Winterdienstes sowie das Befahren mit schweren Fahrzeugen. In den letzten Jahren sind jedoch Winterdienstgeräte entwickelt worden, welche weniger grosse Schäden verursachen.

Randabschlüsse aus Beton sind wesentlich kostengünstiger als solche aus Naturstein. Wo die Grenzen für den Einsatz des einen oder andern Materials liegen, ist bis heute nicht untersucht worden. Grundsätzlich können Betonrandabschlüsse auf allen Brücken mit einer tieferen Priorität bezüglich Winterdienstmassnahmen und ohne erheblichen Güterumschlag über den Gehweg eingesetzt werden.

5.10.3 Geländer

Normen

◊ Norm SN 358, Geländer und Brüstungen (SIA) [14]

Die Norm SIA 358 behandelt die Absturzsicherungen für Personen in Hochbauten und ihren Zugängen. Für Verkehrsanlagen ist die Norm nicht anwendbar.

◊ Norm SN 640 568, Geländer (VSS) [17]

Die Norm ist in Vorbereitung. Sie behandelt umfassend die Aspekte der Geländer auf Brücken und bezogen auf Brückengeländer die folgenden Aspekte:

- Spezielle Risiken wie "unbeaufsichtigte Kinder" oder "ausserordentliches Gedränge bei Grossanlässen"
- Anforderungen an Geländer bezüglich Sicherheit, Dauerhaftigkeit und Erhaltung
- Einsatz von Kombinationen von Geländern und Leitschranken

◊ prEN 1317-6, Rückhaltesysteme an Strassen - Geländer

Diese Norm legt sehr detailliert Anforderung an Geländer fest. Sie ist bei der Vernehmlassung von der schweizerischen Begleitkommission als wenig praktikabel beurteilt worden. Es werden Anforderungen festgelegt und Prüfungen vorgeschrieben, die nur zu sehr selten auftretenden Schäden in einer Beziehung stehen. Im Übrigen enthält die Norm Bemessungsgrundlagen, die nicht in eine Produktenorm, sondern in die Eurocodes gehören und dort mehrheitlich auch zu finden sind. Gemäss dieser Ausgangslage wurde die für Geländer vorbereitete Projektierungsnorm, SN 640 568, Geländer, nicht auf diese Norm abgestützt.

Geländerbefestigungen

Es gelten im Wesentlichen die Hinweise wie unter Ziffer 5.7, da Geländerpfosten ähnliche Charakteristiken wie Leitschrankenpfosten aufweisen. Ergänzend sind die folgenden Hinweise von Bedeutung:

- Im Siedlungsgebiet kommt der Befestigung in gestalterischer Hinsicht eine erhebliche Bedeutung zu. Es sind deshalb möglichst unauffällige Befestigungen wie z.B. Befestigungssysteme mit Innengewindehülsen zu wählen.
- Es existieren auch Geländer ohne Pfosten, die als Element auf dem Konsolkopf oder auf der Kappe befestigt werden. Im UK und in den skandinavischen Ländern finden sich auch transparente Geländer mit versetzten dünnen Stäben gemäss Abb. 57 und 58. Bei diesen wird das untere Randprofil direkt am Brückenrand befestigt.

Abb. 57 Transparentes Geländer

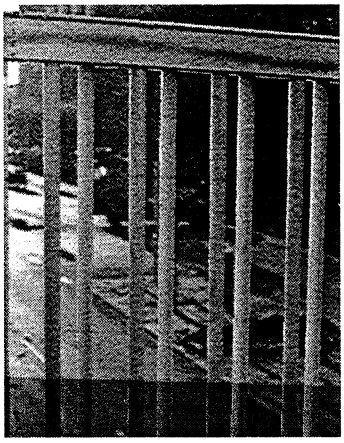


Abb. 58 Geländerstäbe

5.10.4 Beurteilung der Brückenränder mit Gehwegen

Übersicht

Eine Übersicht über Ausführungen von Brückenrändern mit Gehwegen findet sich in der Tab. 15.

Ausführung	Schutz der Fahrbahnplatte	Einfachheit der Ausführung	Schäden Randabschluss/ Ränder	Aufwand für die Erneuerung	Exposition der Betonoberfläche bezüglich Taumittel	Gesamtbeurteilung
Gehweg auf Abdichtung aufbetoniert und Abdichtung am Konsolkopf hochgeführt	+/-	-	+ 1)	+/-	-	+/- 1)
Gehweg mit System Abdichtung und Belag	+/-	-	+ 1)	+/-	+	+ 1)
Gehwegkappe mit Abdichtung bis zum Fahrbahnplattenrand	+	+	-	+/-	-	+ 2)
Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss	+	-	+ 1)	+/-	+	+ 1)

Legende 1) Beim Einsatz von Randabschlüssen aus Naturstein
2) Mit Vorbehalt bezüglich des inneren Gehwegrandes

Tab. 15 Beurteilung der Brückenränder mit Gehwegen

Gehweg auf der Abdichtung aufbetoniert und am Konsolkopf hochgeführt

◊ Ausführung

Die Ausführung gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten des ASTRA [1] ist in der Abb. 59 dargestellt. Die Ausführung ist in der Schweiz wenig verbreitet, da Gehwege allgemein mit einem Belag ausgeführt werden.

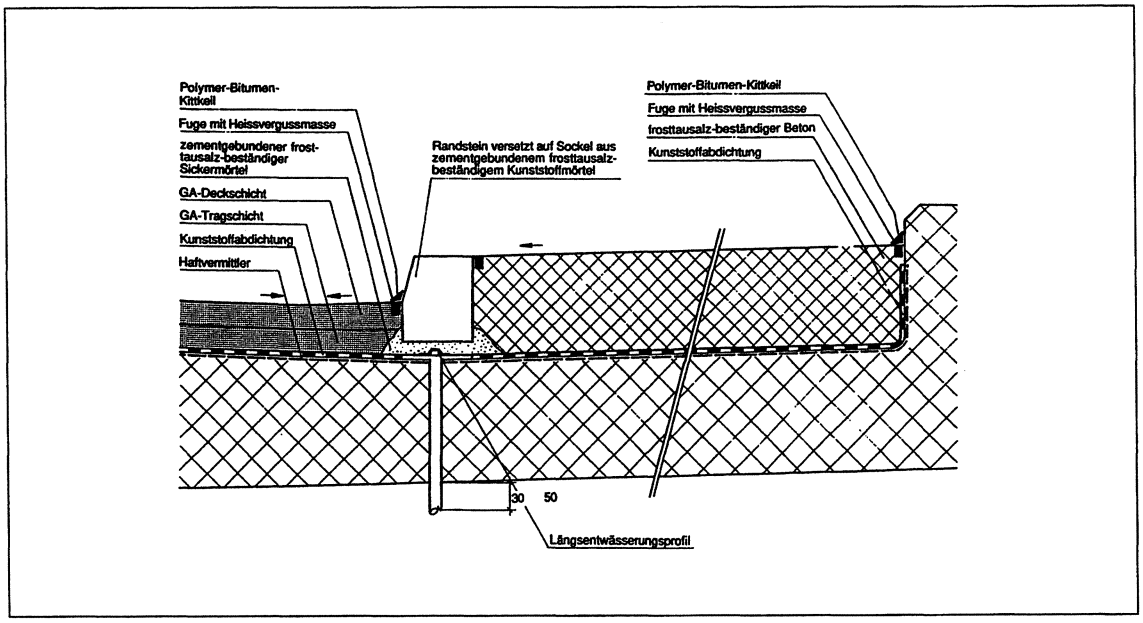


Abb. 59 Brückenrand mit Gehweg auf der Abdichtung aufbetoniert und Abdichtung am Konsolkopf hochgeführt gemäss [1]

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Die Dichtheit des Anschlusses der Abdichtung an den Konsolkopf weist abhängig von der Ausführung Streuungen auf.

◊ Einfachheit der Ausführung

Das Versetzen des Randabschlusses auf einem kunststoffmodifizierten allenfalls hohlraumreichen Zementmörtel bedingt im Zusammenhang mit dem System Abdichtung und Belag und der Belagsentwässerung eine grosse Sorgfalt. An Stelle des angegebenen Sickermörtels wird in einigen Kantonen Epoxysplitt verwendet. Epoxysplitt neigt weniger zum Kolmatieren. Problematisch ist auch der Anschluss der Abdichtung am Konsolkopf.

◊ Randanschluss

Die Ausführung gestattet den Einsatz eines harten Randabschlusses aus Naturstein.

◊ Gesamtbeurteilung

Die Gesamtbeurteilung "+/-" ergibt sich aus dem Vergleich zur Ausführung Gehweg mit dem System Abdichtung und Belag.

Gehweg mit System Abdichtung und Belag

◊ Ausführung

Die Ausführung gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken des ASTRA ist in der Abb. 60 dargestellt.

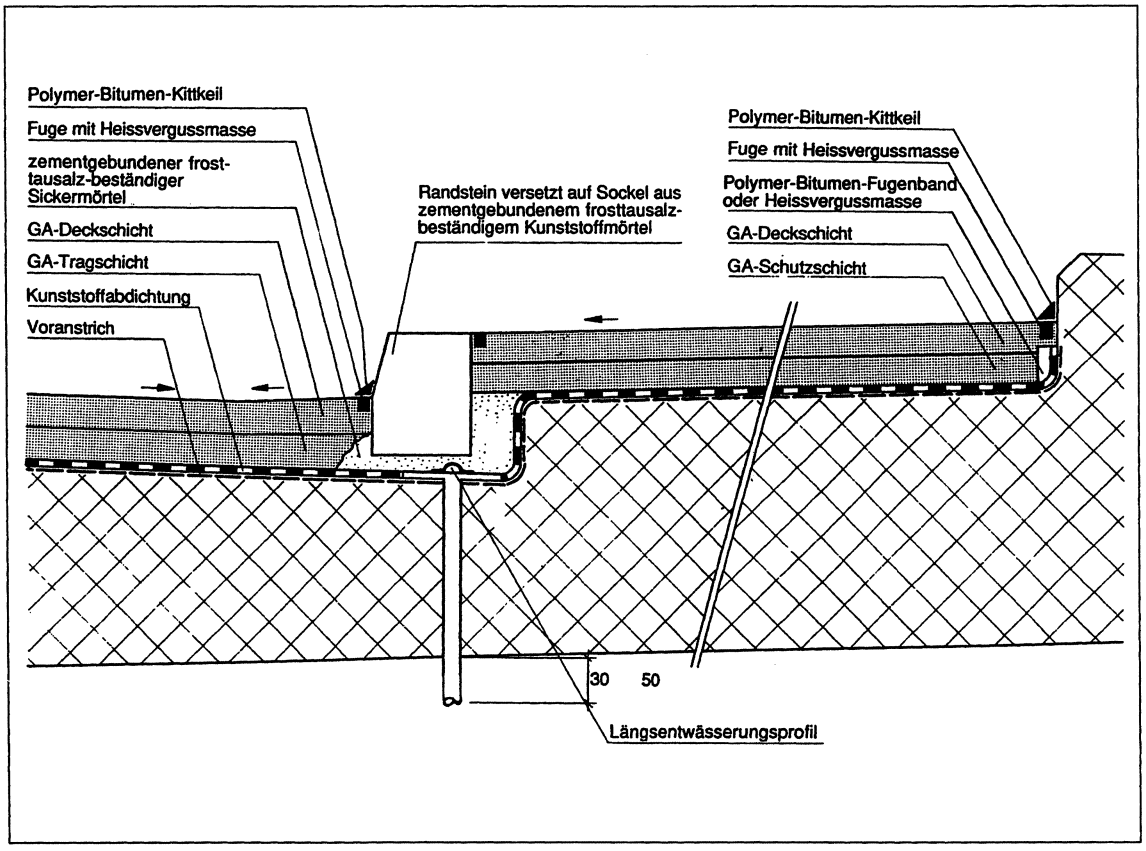


Abb. 60 Gehweg mit System Abdichtung und Belag gemäss [1]

◊ Beurteilung

Es gelten die Feststellungen wie bei der Ausführung Gehweg auf der Abdichtung aufbetoniert und am Konsolkopf hochgeführt mit dem Unterschied, dass die ungünstige Exposition der Betonoberfläche gegenüber Taumittel wegfällt. Aus diesem Grund erfolgt die Beurteilung "+" mit dem Vorbehalt bezüglich der Notwendigkeit, dass ein Randabschluss am Fahrbahnrand aus Naturstein eingesetzt wird.

Gehwegkappe mit Abdichtung bis zum Fahrbahnplattenrand

◊ Ausführung

Ein Vorschlag für die Ausführung gemäss den Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke des BMV [5] findet sich in der Abb. 61.

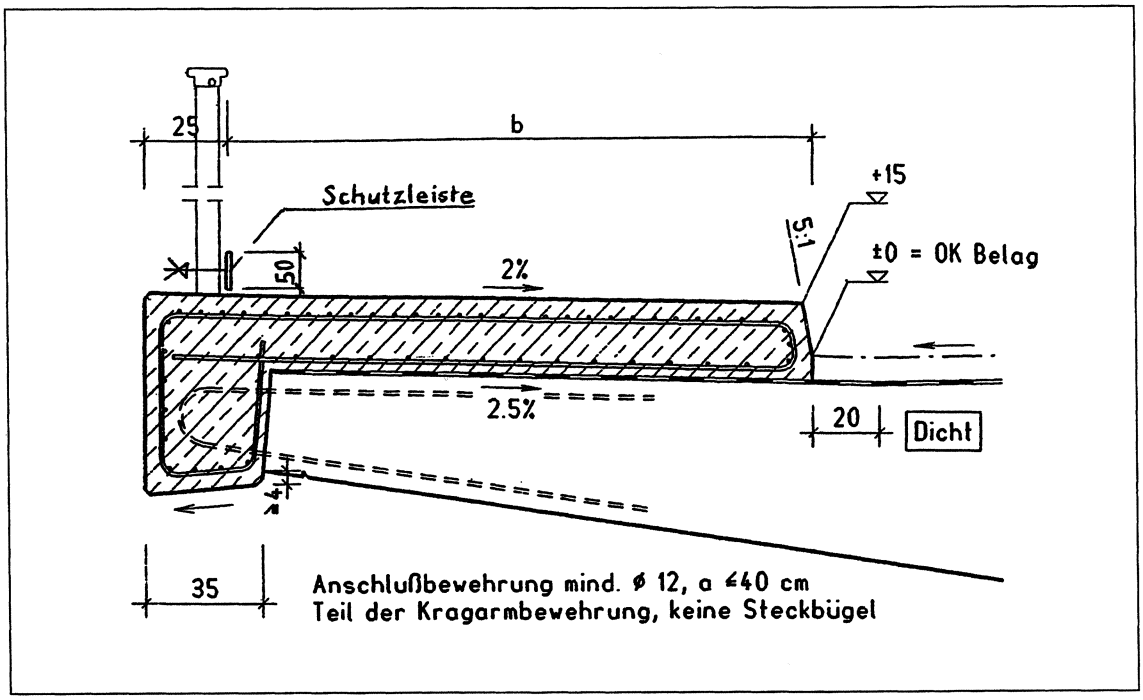


Abb. 61 Gehwegkappe mit Abdichtung bis zum Fahrbahnplattenrand gemäss [5]

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Mit der Abdeckung der Abdichtung bis zum Rand der Fahrbahnplatte mit dem aufbetonierten Gehweg wird ein maximaler Schutz der Abdichtung gewährleistet.

◊ Schutz der Gehwegkappe

Die vergleichsweise grosse Betonoberfläche des Gehwegs unterliegt dem Angriff der Tausalzlösung. Es ist zu prüfen, ob ein Oberflächenschutz, wie z.B. mit einer Massenhydrophobierung, zweckmässig ist.

◊ Einfachheit der Ausführung

Die Ausführung erfolgt in wenigen Arbeitsgängen. "Detailarbeiten" wie das Versetzen von Randabschlüssen und das Ausführen von Randabschlüssen des Systems Abdichtung und Belag fallen weg.

◊ Schäden am Gehwegrand

Die Häufigkeit und das Ausmass von Schäden an einem ungeschützten Rand der Betonkappe hängt weitgehend von der Nutzung der Brücke ab. Die Einwirkungen der Winterdienstgeräte sind in den letzten Jahren geringer geworden. Es bestehen zahlreiche Varianten, wie die Ränder geschützt werden können. Bekannt sind einfache Kantenschutzelemente aus Winkelstahl, Rechteckstahlrohren, Betonstrassenwellfugen aus Stahl oder Gussplatten. Keine dieser und weiterer Fugenschutzkonstruktionen hat jedoch eine erhebliche Verbreitung gefunden. Ein Grund für die Ablehnung von Kantenschutzprofilen ist möglicherweise die Rostentwicklung.

◊ Aufwand für die Erneuerung

Im Fall von konventionellen Gehwegen mit Randabschlüssen erfolgt die "Erneuerung" mit einzelnen Instandsetzungsmassnahmen. Bei den Gehwegkappen ist eine Erneuerung meistens mit einem gänzlichen oder weitgehenden Ersatz verbunden.

◊ Gesamtbeurteilung

Die Ausführung wird primär wegen ihrer Wirtschaftlichkeit positiv beurteilt.

◊ Anmerkung

Um das Herabfallen von Gegenständen von der Brücke zu erschweren, ist der Brückenrand mit einem Anschlag mit einer Höhe von 50 mm auszuführen oder mit einer am Geländer befestigten Schutzleiste auszustatten.

Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss

◊ Ausführung

Diese Ausführung ist eine Kombination des konventionellen Brückenrandes mit dem System Abdichtung und Belag und dem Vorschlag Gehwegkappe mit Abdichtung bis zum Fahrbahnplattenrand. Der Vorschlag Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss ist in der Abb. 62 dargestellt.

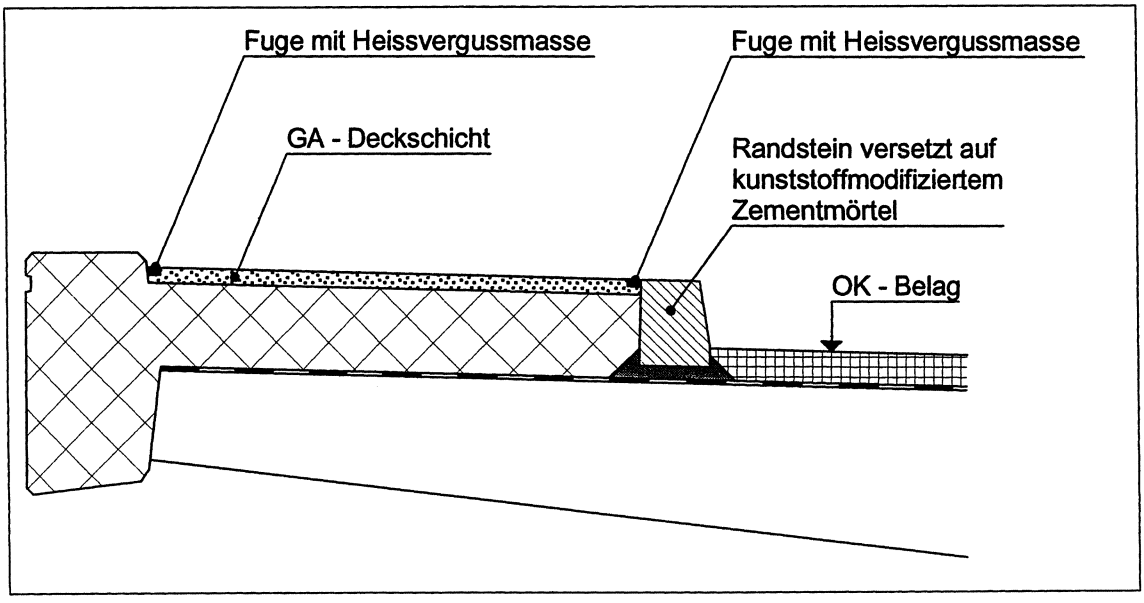


Abb. 62 Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss

◊ Schutz der Fahrbahnplatte

Mit der bis zum Rand der Fahrbahnplatte geführten Abdichtung wird ein nachhaltiger Schutz der Fahrbahnplatte erzielt.

◊ Aufwand für die Erneuerung

Es ist davon auszugehen, dass die Lebensdauer der einzelnen Bauteile des Gehweges ungleich sind. Eine Gesamterneuerung der Bauteile Konsolkopf, Gussasphaltbelag und Randabschlüsse würde jedoch die Erneuerung erheblich vereinfachen. Der Aufwand für eine Erneuerung wird jedoch allgemein als hoch eingeschätzt.

◊ Gesamtbeurteilung

Die Gesamtbeurteilung dieser Ausführung ist positiv. Sie sollte bezüglich der konstruktiven Einzelheiten überprüft werden.

5.10.5 Folgerungen

Es liegen keine auswertbaren detaillierten Unterlagen über die Dauerhaftigkeit und den Erhaltungsaufwand von Brückengehwegen inkl. den tangierten Bereichen von Fahrbahnplatten vor. Es ist deshalb nicht möglich, mit dem aktuellen Wissensstand verbindliche Empfehlung für eine bestimmte Ausführung abzugeben. Der durchgeführte Vergleich zeigt jedoch, dass die "Kappenlösungen" auch im Fall der Gehwege mit erheblicher Wahrscheinlichkeit gegenüber den konventionellen Ausführungen Vorteile bieten.

5.11 Schutzeinrichtungen zur Verhinderung des Abwurfs fester Gegenstände

5.11.1 Gefährdung, Risiko und Rettungskosten

In der Schweiz ereignen sich im Abstand von wenigen Jahren Unfälle als Folge des vorsätzlichen Abwerfens von festen Gegenständen von Überführungen insbesondere auf Hochleistungsstrassen. Solche kriminellen Handlungen werden im Allgemeinen nicht geplant im Hinblick auf bestimmte Szenarien ausgeübt, sondern spontan. Daraus leitet sich ab, dass kaum Brücken ausgeschieden werden können, bei denen die Häufigkeit solcher Handlungen - zumindest längerfristig - über dem Durchschnitt liegt. Anderseits gibt es keine Überführungen, bei denen solche Handlungen mit Sicherheit auszuschliessen sind.

Sicherheitseinrichtungen mit einer nachhaltigen Wirkung sind engmaschige Schutzgitter mit einer Höhe von mehreren Metern. Die Kosten für diese Massnahme sind hoch. Die daraus und aus dem geschätzten Risiko abgeleiteten Rettungskosten - das sind die Kosten für Massnahmen mit denen der Tod einer Person wegen einem Unfall als Folge des Abwerfens von Gegenständen verhindert werden kann - sind sehr hoch. Dies bedeutet, dass nur im Fall einer Überführung mit einem sehr weit überdurchschnittlichen Risiko der Einsatz einer Schutzeinrichtung geprüft werde sollte. Wie oben erwähnt, sind heute keine Überführungen bekannt, wo ein solches Risiko besteht.

5.11.2 Beispiel

Ein eindrückliches Beispiel einer Überführung mit einer Schutzeinrichtung zur Verhinderung des Abwurfs fester Gegenstände findet sich in einem Aussenquartier von Toulon F.

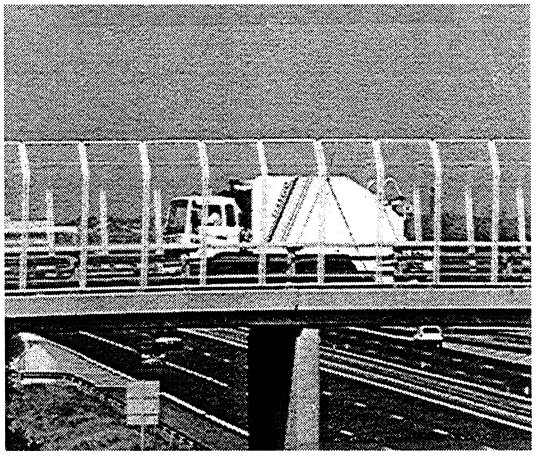


Abb. 63 Überführung über Autobahn mit Schutzeinrichtung

Abb. 64 Schutzeinrichtung, Anordnung der Schutzeinrichtung auf dem Brückenrand

6 Schlussfolgerungen

Verkehrsführung 4/0

Die Möglichkeit der Verkehrsführung 4/0 auf Autobahnbrücken ist eine massgebende Anforderung. Daraus ergeben sich die folgenden Aspekte:

- Bei einfachen Verhältnissen bezüglich der horizontalen und vertikalen Linienführung der Fahrstreifen sowie der Einhaltung genügender Sichtweiten ist bei einer Verkehrsgeschwindigkeit von 80 km/h eine lichte Breite von 12,10 m allgemein ausreichend.
- Bei einer Verkehrsgeschwindigkeit von 100 km/h muss die lichte Breite im Minimum 13.10 m betragen. Bei dieser Geschwindigkeit ergeben sich Probleme mit Aquaplaning. Da die Wasserläufe beim Betrieb 4/0 an den Rändern befahren werden, ist dieses eine massgebliche Gefährdung.

Geschwindigkeit	Fahrstreifenbreite		Lichtraumprofil der Strasse
[km/h]	1. Fahrstreifen [m]	2. Fahrstreifen [m]	[m]
80 (evtl. 60)	3,00	2,50	12,10
100 (evtl. 80)	3.25 ...3,50	2,75...3,25	13,10 .. 14,60

Tab. 16 Lichtraumprofil der Strasse mit der Verkehrsführung 4/0 (aus Tab. 7)

- Es wird empfohlen, für vierstreifige Autobahnen mit normalen geometrischen Verhältnissen die Verkehrsgeschwindigkeit auf 80 km/h und die lichte Breite auf 12,10 m festzulegen.
- Das Anrampen der Borde und Konsolköpfe mit Versetzen von Leitschranken nach aussen zur Einhaltung des notwendigen Lichtraumprofils für den Betrieb 4/0 ist betrieblich ungünstig.

Dienststege

Dienststege sind aus Gründen der Absturzsicherheit von Fahrzeugen und der Nutzung als Fluchtweg nach Unfällen nicht unmittelbar notwendig.

System Brückenentwässerung

Es besteht eine starke Beziehung zwischen der Brückenentwässerung - insbesondere der Lage der Einlaufschächte - und der Ausführung der Brückenränder von Autobahnen und -strassen. Mögliche Ausführungen sind nachfolgend beurteilt.

- Die aktuelle Anordnung am Fahrbahnrand bewirkt eine nachteilige Durchdringung des Systems Abdichtung und Belag. Die Ausführung der Anschlüsse an die Einlauftasse weist bezüglich der Dichtheit gegenüber Tausalzlösungen ein mittleres Niveau auf. Es besteht im Übrigen kein Konsens bezüglich der Ausführung der Abdichtung an die Tassenwand.
- Die Tragfähigkeit der Einlaufschächte gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken ist im Normalbetrieb als auch im Fall der Verkehrsführung 4/0 ausreichend. Im Fall der Verkehrsführung 4/0 mit regelmässigem Überrollen entspricht sie jedoch nicht den Vorschriften der Norm SN EN 124. Eine Erhöhung der Tragfähigkeit zur Klasse D 400 ist zu prüfen.
- Wegen der ungenügenden Zugänglichkeit beim Unterhalt des Entwässerungssystems sowie der erschwerten Strassenreinigung wird eine Anordnung der Einlaufschächte oder einer Sammelrinne hinter Leitschranken nicht empfohlen.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die konventionelle Anordnung der Einlaufschächte trotz der ungünstigen Durchdringung des Systems Abdichtung und Belag als die günstigste Ausführung beurteilt wird.

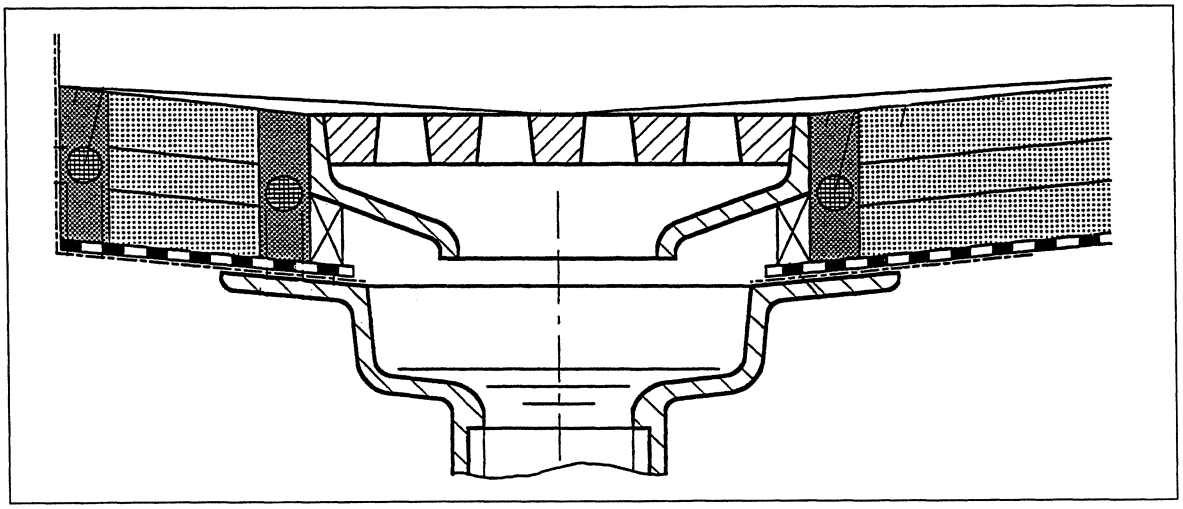


Abb. 65 Anordnung gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1]

System Abdichtung und Belag

In der Studie werden keine Systeme Abdichtung und Belag untersucht. Für die Brückenränder sind die Anschlüsse jedoch von Bedeutung. Die folgenden Aspekte werden für die Ausführung von Brückenrändern als massgebend betrachtet:

- Die konventionelle Ausführung der Anschlüsse der Systeme Abdichtung und Belag an den Konsolkopf mit einer Heissvergussmasse gemäss den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1] wird als im Wesentlichen funktionstauglich beurteilt.
- Als beste Ausführung zum Schutz des Tragwerks gegenüber Einwirkung von Tausalzlösungen im Brückenrandbereich wird die Ausführung Brückenkappe in Ortbeton beurteilt. Diese Ausführung weist die folgenden Vorteile auf:
  - Die Abdichtung schützt die gesamte Oberfläche der Fahrbahnplatte.
  - Die Kappe erzeugt eine im Wesentlichen grossflächige und damit gleichmässige Pressung der Abdichtung und bewirkt damit eine dauerhafte Dichtheit.

Anordnung von Leitschranken auf der Fahrbahnplatte

Die Anordnung von Leitschranken auf der Fahrbahnplatte wird wie folgt beurteilt:

- Die Anordnung der Leitschranken im Bereich des Belags gestattet eine Abdichtung bis an den Rand der Fahrbahnplatte.
- Die Befestigung der Leitschrankenpfosten im Bereich des Belages weist die folgenden Nachteile auf:
  - Eine Durchdringung der Abdichtung
  - Wegen den thermischen Einwirkungen und den dadurch verursachten Deformationen der Befestigungen sind Schäden im Bereich des Belags zu erwarten.
  - Eine Befestigung im Bereich des Belags bedingt eine aufwändige Anschlussplatte für den Anschluss der Abdichtung sowie ein mechanisch und thermisch stabiles "Betonfundament" im Belag.

Die Befestigung der Leitschrankenpfosten auf einem Konsolkopf oder einer Kappe ist eine einfachere und kostengünstigere Lösung.

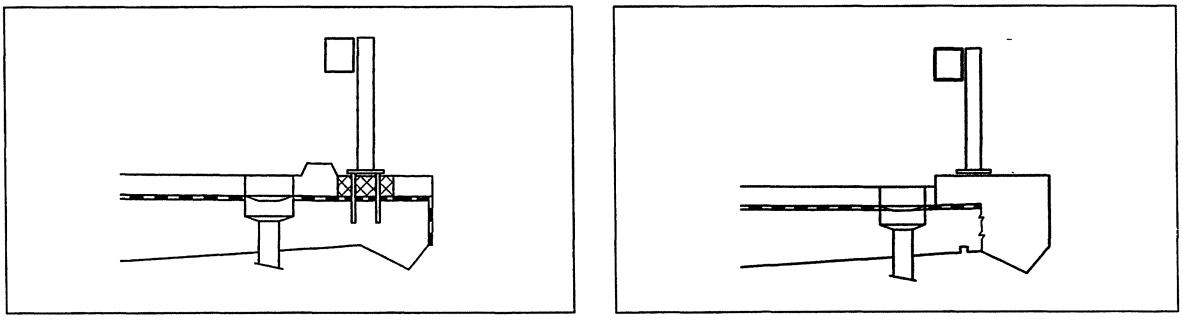


Abb. 66 Schema Befestigung von Leitschrankenpfosten auf der Fahrbahnplatte und auf einer Kappe

Brückenränder von Autobahnen und -strassen mit Leitschranken

Die Ausführung in Ortbeton gemäss Abb. 67 basiert auf der in Deutschland seit Jahren eingeführten Brückenkappe gemäss der Richtzeichnung für Brücken und andere Ingenieurbauwerke [5]. Die Konstruktion wird wie folgt beurteilt:

- Positiv ist die gänzliche Abdichtung der Fahrbahnplatte.
- Günstig ist die grossflächige Pressung der Abdichtung durch die Kappe.
- Das Eindringen des Tausalzes kann durch ein Gegengefälle der Brückenplatte unter der Kappe oder mit einer mit Heissvergussmasse verfüllten Fuge verhindert werden.
- Ungünstig ist der Arbeitsablauf, indem umfangreiche Betonarbeiten auf der Brücke nach dem Aufbringen der Abdichtung ausgeführt werden müssen.

Es wird empfohlen, den Brückenrandtyp mit einer Kappe im Hinblick auf eine Standardisierung bezüglich konstruktiver Einzelheiten, Schutz der Abdichtung im Bauzustand sowie des Arbeitsablaufes zu analysieren, einen Prototyp zu erstellen und diese Ausführung in die Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken aufzunehmen.

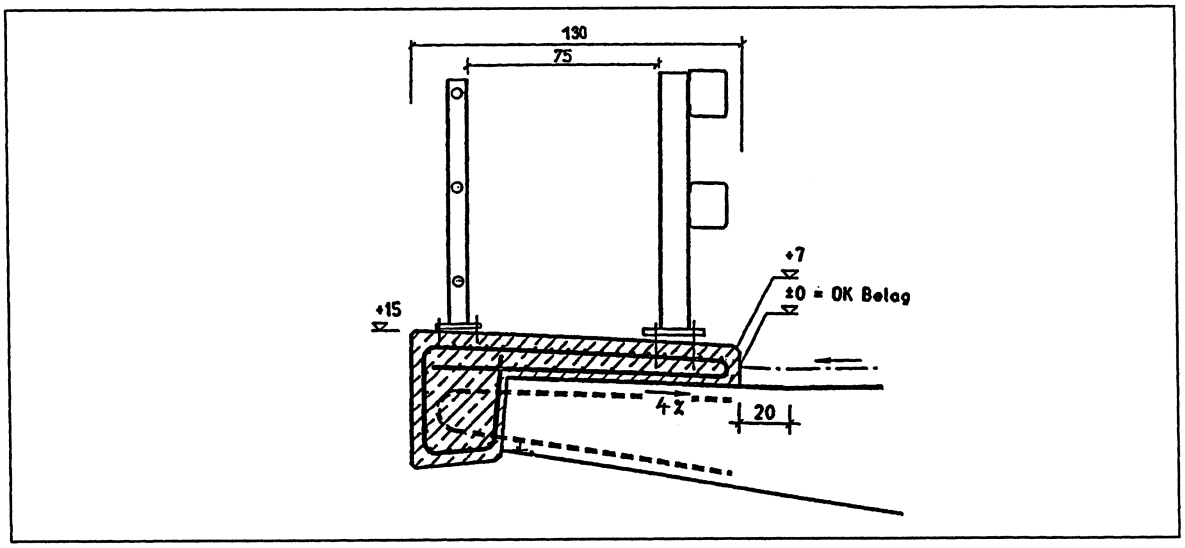


Abb. 67 Brückenrand mit Kappe

Verschiebbare Leitmauer aus Stahlelementen im Mittelstreifen

Der Einsatz von verschiebbaren Leitmauern aus Stahl gemäss Abb. 44 hat im Fall einer über den Mittelstreifen durchlaufenden Fahrbahnplatte sowie bei höhengleichen Rändern im Fall von Zwillingsbrücken folgende Vorteile:

- Keine Befestigungen
- Einfache Instandsetzung nach den meisten Kollisionen von Fahrzeugen durch einfaches Verschieben in die Solllage
- Einfache Umstellung auf die Verkehrsführung 4/0

Brückenränder mit Leitmauern aus Beton

Bezüglich des Einsatzes und der Ausführung von Brückenrändern mit Leitmauer sind die folgenden Regeln zu beachten:

- Leitmaueranfänge stellen mindestens im Fall von Hochleistungsstrassen grundsätzlich eine Gefahr dar. Leitmauern sind deshalb ausschliesslich auf langen Brücken anzuordnen.
- Gemäss den Richtlinien für die Ausführung von Schutzeinrichtungen können zwei Profilierungen gemäss Abb. 68 ausgeführt werden.
- Der Anschluss des Systems Abdichtung und Belag an die Leitmauer ist gemäss der bisherigen Praxis bzw. den Richtlinien des ASTRA [1] auszuführen.
- Die Resistenz der den Taumitteln ausgesetzten Teile aus Beton kann durch den Einsatz von nicht rostenden Bewehrungen und/oder durch eine Massenhydrophobierung erhöht werden.

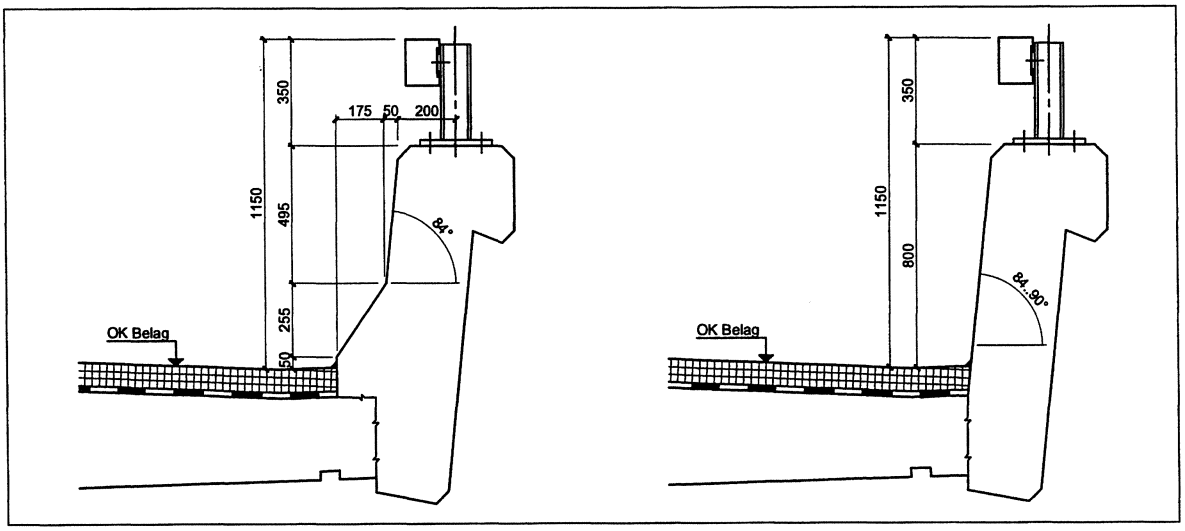


Abb. 68 Leitmauerprofilierung Profile "New Jersey" und "glatt"

Brücken mit Leitmauern mit Tragfunktion

Ein Brückenquerschnitt mit einer Leitmauer mit Tragfunktion ist in der Abb. 38 dargestellt. Diese Ausführung wird wie folgt beurteilt:

- Auf Autobahnen und Autostrassen ist dieses Tragwerkkonzept wegen des Risikos beim Anprall von Schweren Lastfahrzeugen allgemein ungünstig.
- Auf Strassen exkl. Autobahnen und Autostrassen ist das Risiko eines Anpralls eines Fahrzeugs mit einem nachhaltigen Schaden an der Leitmauer vielfach sehr gering. In solchen Fällen kann der Einsatz von Leitmauern mit Tragfunktion eine wirtschaftliche Lösung sein.

Gehwege

Gehwege sind aufwändige Bauteile, deren Notwendigkeit im Einzelfall geprüft werden muss. Für Brücken mit einem kleinen DTV kann in vielen Fällen anstelle eines Gehwegs ein Streifen für Fussgänger markiert werden.

Für Brücken mit Gehwegen wird eine Ausführung mit Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss gemäss Abb. 62 vorgeschlagen und empfohlen. Diese Ausführung wird wie folgt beurteilt:

- Brückenkappen weisen den Vorteil der gänzlichen Abdeckung der Fahrbahnplatte mit der Abdichtung sowie der Pressung der Abdichtung auf.
- An die Abdichtung des Gehweges mit einem Gussasphaltbelag und Fugen mit Heissvergussmasse werden geringe Anforderungen gestellt, da der Schutz des Tragwerks gegenüber Tausalzlösungen gewährleistet ist.

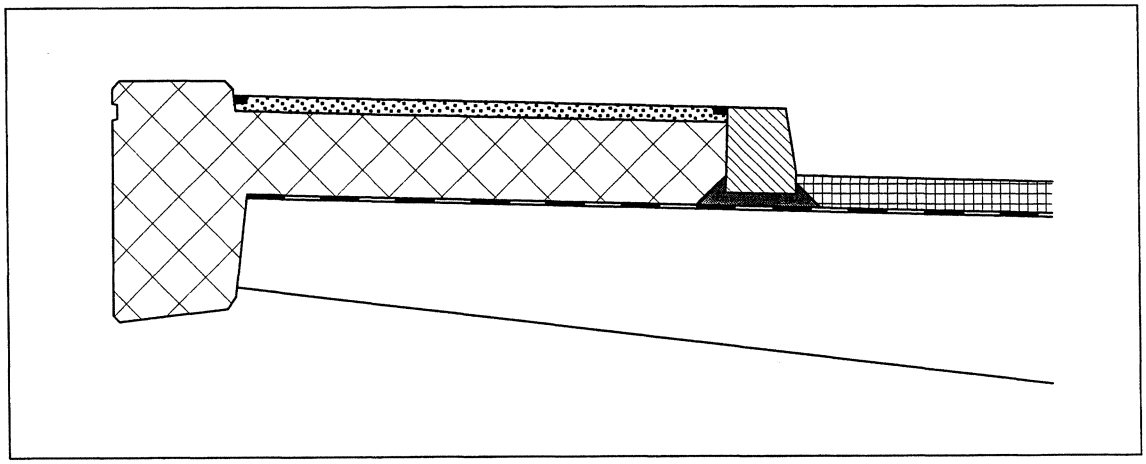


Abb. 69 Gehwegkappe mit Gussasphaltbelag und Randabschluss

7 Literatur

[1] Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken, ASTRA, Bern, 1990, Kapitel rev. 1996 und 2001

[2] Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken, ASTRA, Bern 1982, rev. 1998 (Wird 2002 durch die Richtlinie Fahrzeugrückhaltesysteme abgelöst)

[3] Schweizerische Nationalstrassen, Standardprojekte für Brücken, D 340, Konstruktive Einzelheiten, Eidg. Departement des Innern, Bern, 1973 (ausser Kraft)

[4] Richtlinie Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen, ASTRA, Bern 1998

[5] Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurarbeiten, Der Bundesminister für Verkehr D, Abteilung Strassenbau, Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund, 2001

[6] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, TFB Wildegg, Dr. F. Hunkeler, Einsatz von nichtrostenden Bewehrungsstählen im Betonbau, Forschungsbericht Nr. 543, Zürich, 2000

[7] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, ETH Zürich, L. Trausch, F.H. Wittmann, Anforderungen an zementgebundene Beschichtungen, Forschungsbericht Nr. 547, Zürich, 2000

[8] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, EMPA Dübendorf, Erfassung massgebender Einflussfaktoren bei Brückenabdichtungssystemen mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD), Forschungsbericht Nr. 553, Zürich, 2000

[9] Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et de la Mer, SETRA, Assainissement des ponts-routes, Bagneux Cedex (F), 1989

[10] ASTRA, Kantonsingenieurbüro Nidwalden, CES Bauingenieur AG, Anschlüsse von Brückendichtungen aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen PBD, Untersuchungsbericht, Sarnen, 1993

[11] SN EN 1317-2, Norm, Rückhaltesysteme an Strassen - Teil 2: Schutzeinrichtungen - Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anfahrprüfungen und Prüfverfahren, 1998

[12] SN 640 200 ff. (VSS), Normen, Geometrisches Normalprofil, 1992

[13] SN 505 179 (SIA 179), Empfehlung, Befestigungen in Beton und Mauerwerk, 1998

[14] SN 543 358 (SIA), Norm, Geländer und Brüstungen, 1996

[15] SN 640 565 (VSS), Vornorm, Passiver Schutz im Strassenraum, Grundlagen, 1991

[16] SN 640 566 (VSS), Vornorm, Passiver Schutz im Strassenraum, Einsatz, Wahl und Anordnung von Fahrzegrückhaltesystemen, 1995

[17] SN 640 568 (VSS), Norm Geländer

[18] SN 640 573 (VSS), Lärmschutz an Strassen, Bauliche Massnahmen, 2000

[19] prEN 1991-2, Normentwurf, General actions - Traffic loads on bridges, Draft Nr.2, 2001

[20] prEN 1317-4, Normentwurf, Rückhaltesysteme an Strassen - Endstücke und Übergänge

[21] Tiefbauamt des Kantons Zürich, Richtlinien für die Anordnung und Ausführung von Leitschranken, Zürich, 1997

[22] Tiefbauamt des Kantons Zürich, Richtlinien über den Bau von Lärmschutzwänden an Staatsstrassen, Zürich, 2001

[23] Kanton Luzern, Verkehrs- und Tiefbauamt, Normalien für Kunstbauten, Luzern, 1999

[24] Barriere di sicurezza in calcestruzzo ad ancoraggi duttili per ponti e viadotti, G. Camomilla, A. Ranzo, L'Industria Italiana del Cemento, N. 630, 1989

[25] I nuovi parapetti da ponte ad ancoraggi duttili: La problematica applicativa su viadotti esistenti, G. Camomilla et al, L'Industria Italiana del Cemento, N. 642, 1990

[26] Publikation zu Versuchen Krafteinwirkung auf die Kappe und den Überbau einer Brückenkonstruktion infolge eines Anprallvorganges an eine Stahlleitschiene, K. Hellmich et al., Verlag Ernst und Sohn, Stahlbau Heft 69, 2000

[27] Bundesministerium für Verkehr, Lärmschutzwände auf Brücken, Dokumentation, Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 1995

[28] SN 505 160 (SIA 160), Einwirkungen auf Tragwerke

[29] Forschungsarbeit Abschätzung von Abflüssen aus versiegelten und unversiegelten Flächen und Einzugsgebieten, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETHZ, 2000

[30] Centre d'Etudes des Tunnels, Essais hydraulique des systèmes de reccueil des liquides repandus sur la chaussée des tunnels routiers, Bron Cedex F, 1994

[31] Kanton Uri, ASTRA, Lehnenviadukt Gurtnellen, Vorfabrizierte Konsolköpfe als Verschleissteil, Spaltenstein Hoch- + Tiefbau, Winkler + Partner Effretikon, 1998

[32] Fonds für Verkehrssicherheit, Bundesamt für Polizeiwesen, Brückengeländer mit erhöhter Sicherheit, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur, 1994

[33] Schweizerische Bundesbahnen, Bauabteilung der Generaldirektion, Richtlinien für die Verhinderung von Abstürzen auf Gleise (1981)

[34] Schweizerische Bundesbahnen, Baudirektion, Richtlinien für die Verhinderung von Abstürzen von Strassenfahrzeugen auf Gleisanlagen für Geschwindigkeiten über 160 km/h (1990)

[35] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, P. Bürkel, H.-J. Müller, Anforderungen an Passive Schutzeinrichtungen im Strassenraum, Forschungsbericht Nr. 358, Zürich, 1996

[36] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, EMPA Dübendorf, S. Hean, M.N. Partl, Polymerbitumen-Fugendichtungsmassen, Forschungsbericht Nr. 370, Zürich, 1996

[37] Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ASTRA, Substanzerhaltung der Nationalstrassenwerke, Schlussbericht der Arbeitsgruppe, 1998

[38] Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA Dübendorf, H. W. Fritz, S. Hean, Erfahrungen mit Brückenabdichtungen und Brückenbelägen, Sonderdruck aus Strassen und Verkehr, Nr. 3, 1998

[39] Bundesministerium für Verkehr, Richtlinien für das Verlegen und Anbringen von Leitungen an Brücken, Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund, 1996

[40] Bundesministerium für Verkehr, Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Strassen, Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund, 1988

[41] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Strassenforschung, K. Gruber, F. Nadler, J. Robl, W. Talasch, Entwicklung eines wirtschaftlichen Lärmschutzsystems, Heft 509, Wien, 2001

[42] Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Strassenforschung, H. Fürst, R. Ivancsics, H. Hattinger, W. Jaworski, Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, Heft 437, Wien, 1995