ANHANG A XV
Handbuch Planung Ingenieurbauwerke
Stand: AUGUST 2010

Lagesicherung von Brückenkappen bei Instandsetzungen von Kappen

Frau Prof. Freundt, Bauhaus-Universität Weimar untersuchte im Auftrag des Hessischen Landesamts für Straßen- und Verkehrswesen (jetzt: Hessen Mobil) die Lagesicherheit von Brückenkappen bei Anprall aus Straßenverkehr. Dies umfasst einerseits den Anprall auf den Schrammbord und andererseits den Anprall auf eine Schutzeinrichtung. Die Berechnung der Lagesicherheit von Kappen mit Schutzeinrichtungen wird unter Berücksichtigung der aufnehmbaren Schnittgrößen der Schutzeinrichtungen durchgeführt. Die Schnittgrößen sind je nach Aufhaltestufe (Definition in DIN EN 1317-2:2007), nach Bauart der Schutzeinrichtung und nach der Einwirkungsklasse (DIN Fachbericht 101:2009 und DIN EN 1991-2:2003) verschieden. Aus Übersichtsgründen werden im Gutachten einheitlich die Bezeichnungen der Aufhaltestufe (H2, H4b) mit den Bezeichnungen der Einwirkungsklasse (A bis D) gekoppelt. Die Querbeziehung basiert auf der vorläufigen Einstufungsliste von geprüften Schutzeinrichtungen auf Bauwerken vom 17.05.2010 der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Bezeichnung	Aufhaltestufe nach DIN EN 1317-2:2007 Tabelle 2	Schutzeinrichtung	Klasse und Horizontalkraft
H2 – Klasse A	H2 – Hohes Rückhaltevermögen	Einfache Distanz-schutzplanke	A [100kN]
H2 – Klasse B	H2 – Hohes Rückhaltevermögen	Kremsbarrier 3RH2	B [200kN]
H4b – Klasse C	H4b – Sehr hohes Rückhaltevermögen	Kaiser H4b	C [400kN]

I. Kappen nach Richtzeichnung Kap1 und Kap7; Schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H2 – Klasse A

Es werden zwei prinzipielle Geometrieausbildungen von Kappen untersucht. Die Kappe mit 150 mm Schrammbordhöhe ohne Schutzeinrichtung (Kap 7) und die Kappe mit 70 mm Schrammbordhöhe mit einfacher Distanzschutzplanke (Kap 1). Die Kappenbreite wird mit 2,0 m angenommen. Die Kappenlänge wird variabel von 10 m bis 100 m untersucht. Die Geometrie der untersuchten Kappen ist folgenden Abbildungen zu entnehmen:

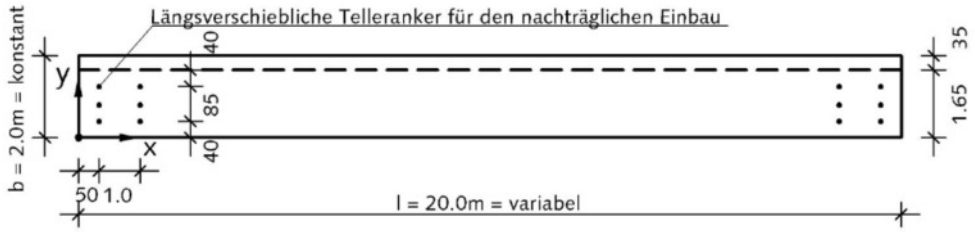


Abbildung 2: Draufsicht

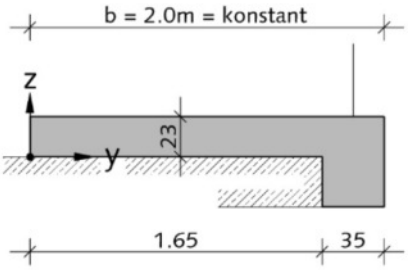


Abbildung 3: Querschnitt Kap7

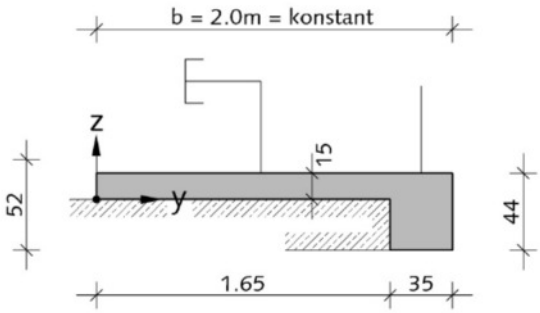


Abbildung 4: Querschnitt Kap 1

Ermittlung der erforderlichen Ankerkräfte und Anzahl der Telleranker an den Brückenkappenenden:

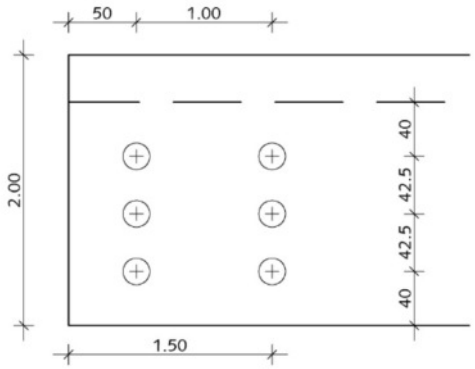


Abbildung 13: Anordnung von längsverschieblichen Tellerankern an den Brückenkappenenden

Tabelle 2: Maximale Ankerkräfte bei randnahem Anprall

Querschnitt	Anprall	Zugkraft [kN]	Querkraft [kN]	Anker Nr.
Kap1	Schrammbord	11	27	1
	H2 – Klasse A	30	16	1
Kap7	Schrammbord	18	26	1

Ermittlung der Verschiebungen von Brückenkappen bei Anprall auf Schrammbord oder Schutzeinrichtung:

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist eine Optimierung der mechanischen Verbindungen zur Lagesicherung von Brückenkappen bei einer Kappenerneuerung. Die Lagesicherung betrifft die Untersuchungen bei Anprall auf den Schrammbord oder auf die Schutzeinrichtung. Zu diesem Zweck werden die Kappensteifigkeit und die Reibung in der Kontaktebene Dichtung rechnerisch in Ansatz gebracht. Die Kappen werden an beiden Enden von jeweils sechs längsverschieblichen Tellerankern lagegesichert. Damit werden einerseits die Verschiebungen an den Kappenenden quer zur Fahrtrichtung unterbunden bzw. stark minimiert und gleichzeitig Verschiebungen infolge klimatischer Temperatureinwirkungen oder infolge Schwinden in der Hauptausdehnungsrichtung ermöglicht. Weitere mechanische Verbindungen werden nicht vorgesehen. Die Untersuchungen werden für Kappenlängen von 10m bis 100m geführt. Die Untersuchungen werden rechnerisch unter Verwendung eines FE Modells geführt. Ziel ist die Ermittlung der im Anprallfall auftretenden Verschiebungen der Kappe quer zur Fahrtrichtung. Die wesentlichen Ergebnisse sind in Abbildung 14 und in Tabelle 3 dargestellt.

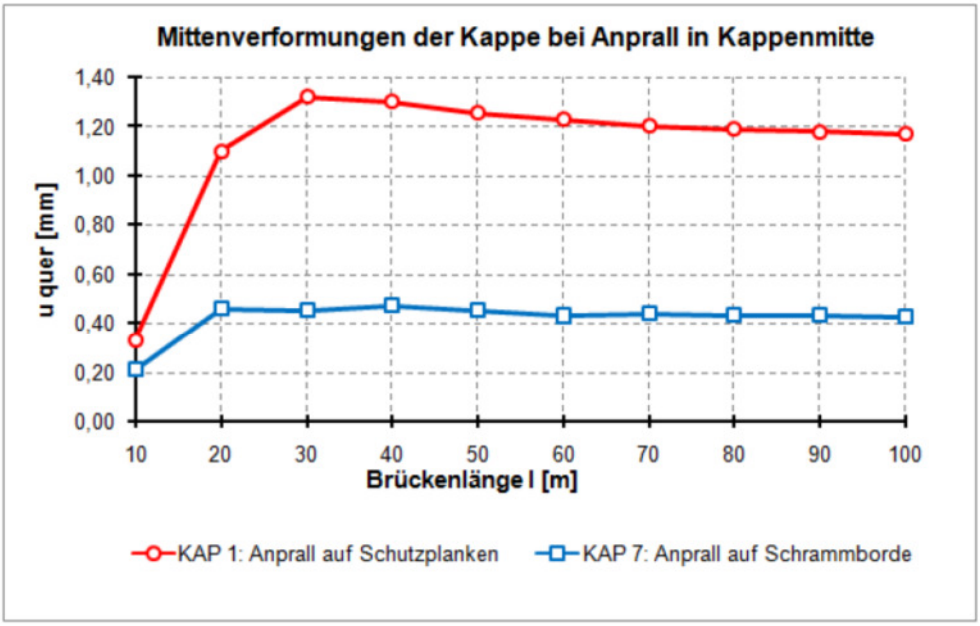


Abbildung 14: Verschiebungen in [mm] quer zur Fahrtrichtung

Tabelle 3: Maximale Verschiebungen und zugehörige Ankerkräfte

Quer-schnitt	Anprall	Ort	u_{quer} [mm]	u_{vert} [mm]	Zugkraft [kN]	Querkraft [kN]	Brücken-länge
Kap1	Schrammbord	Brückenende	0,19	0,12	11	27	-
		randnah	0,20	0,13			
		mittig	1,06	0,06	2	19	20m
	H2 – Klasse A	Brückenende	0,14	0,32	30	16	-
		randnah	0,25	**0,90**			
		mittig	**1,32**	0,59	1	8	30m
Kap7	Schrammbord	Brückenende	0,17	0,12	18	26	-
		randnah	0,18	0,12			
		mittig	0,46	0,09	3	9	20m

Ergebniszusammenfassung und Empfehlung:

Die Lagesicherung von Brückenkappen auf bestehenden Bauwerken kann im Instandsetzungsfall ohne Anschlussbewehrung erfolgen, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Die Geometrie der Kappen liegt innerhalb folgender Grenzen:
  Kappenbreite b ≥ 2,0m
  Kappenhöhe h ≥ 0,15m
  Kappenlänge 10m ≤ l ≤ 100m

- Die Kappen sind ohne passive Schutzeinrichtungen oder mit einer einfachen Distanzschutzplanke ausgestattet.
- Auf den Kappen sind keine Lärmschutzwände verankert.
- An den beidseitigen Kappenenden werden jeweils sechs längsverschiebliche Telleranker in folgender Konfiguration angeordnet:

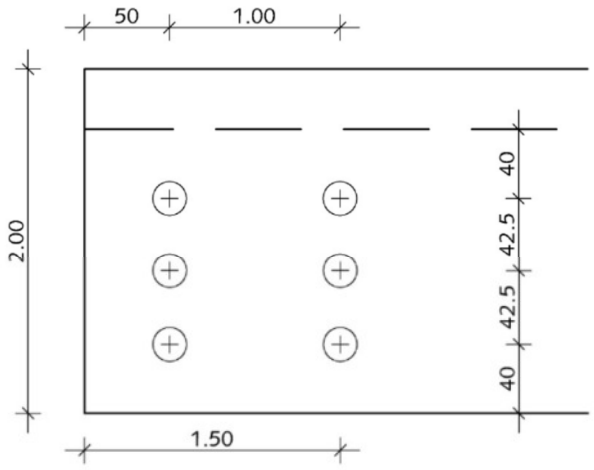


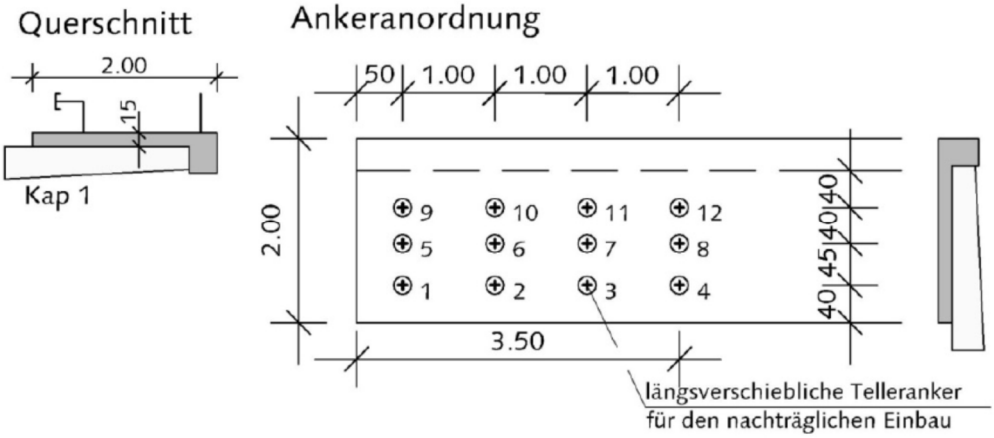
Abbildung 17: Anordnung von längs verschieblichen Tellerankern an den Kappenenden

- Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Anker für folgende Kräfte nachzuweisen:
  Kap 1: 30kN Zug; 16kN Schub sowie 11kN Zug; 27kN Schub
  Kap 7: 18kN Zug; 26kN Schub

Bei Einhaltung der zitierten Bedingungen können infolge eines Anpralls auf Schrammborde oder eines Anpralls auf eine einfache Distanzschutzplanke der Aufhaltestufe H2 nach DIN EN 1317 und der Kategorie A nach DIN Fachbericht 101 horizontale Relativverschiebungen zwischen Kappe und Brücke von 1,3 mm auftreten. Diese Verschiebungen können als seltenes Ereignis schadlos von der Dichtung ertragen werden. Im Wiederholungsfall tritt keine Akkumulation der Verschiebungen ein. Die Hebungen der Vorderkante des Schrammbordes betragen am Brückenende 0,30 mm bzw. 0,60 mm in Brückenmitte.

II.Kappen nach Richtzeichnung Kap1 und Kap7; Schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H2 – Klasse B

- Auf den Kappen sind keine Lärmschutzwände verankert.



1) Zusammenstellung der erforderlichen Ankerkräfte

Querschnitt	Anprall	Zugkraft [kN]	Querkraft [kN]
Kap 1	H2 – Klasse B	37	35
		12	55

2) Maximale Verschiebungen an den Brückenenden bei randnahem Anprall

Querschnitt	Anprall	u_{quer} [mm]	u_{vert} [mm]
Kap 1	H2 – Klasse B	0,25	0,15

3) Maximale Verschiebungen in Brückenmitte bei mittigem Anprall

Querschnitt	Anprall	u_{quer} [mm]	u_{vert} [mm]
Kap 1	H2 – Klasse B	5,10	0,30

Bei Einhaltung der genannten Einsatzbedingungen können infolge eines Anpralls auf Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H2 nach DIN EN 1317 und der Klasse B (200kN) nach DIN Fachbericht 101 horizontale Relativverschiebungen zwischen Kappe und Brücke von 5 mm auftreten. Im Wiederholungsfall tritt keine Akkumulation der Verschiebungen ein. Die Hebungen der Vorderkante des Schrammbordes betragen am Brückenende 0,15mm bzw. 0,30mm in Brückenmitte.

III. Kappenbreite 1,75 m und Kragarme mit Schubschwelle, Brückenlängen ≥ 20m

Untersuchte Kappengeometrie:

Die Kappenbreite beträgt 1,75m. Die Geometrie der Schubschwelle beträgt:

- Höhe 5cm
- Anstieg 45°
- Kragarmstirn: 30cm
- Mindestdicke der Kappe über der Schubschwelle: 14cm.

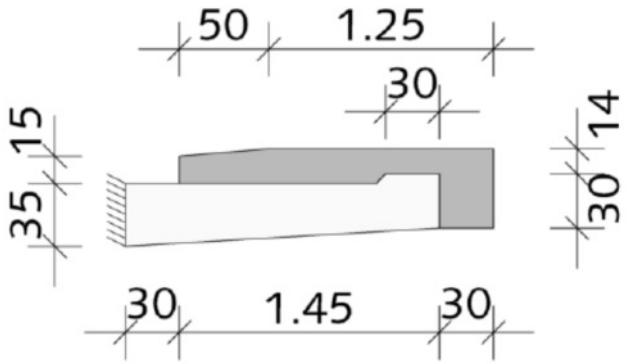


Abbildung 2: Modellgeometrie

- Auf den Kappen sind keine Lärmschutzwände verankert.

Ermittlung der Ankerkräfte

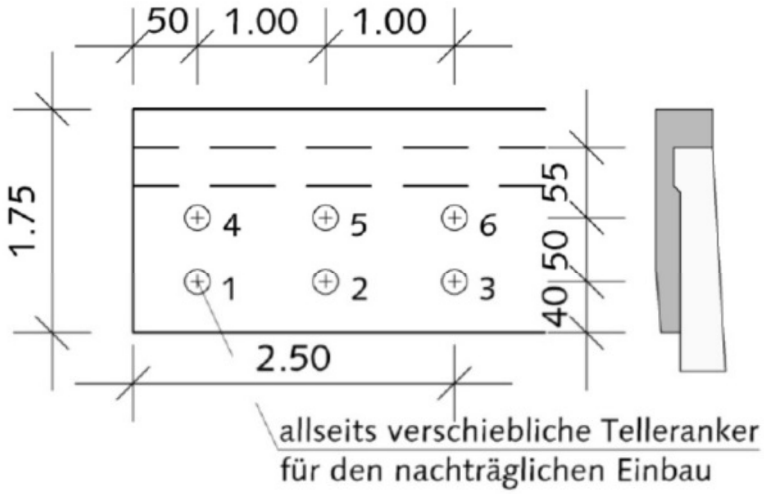


Abbildung 6: Ankeranordnung und -bezeichnung

Tabelle 3:Erforderliche Ankerzugkräfte [kN]

Anker Nr.	H2 – Klasse B	H4b – Klasse C
1	15,1	79,9
2	24,4	46,1
3	13,2	59,7
4	25,1	21,1
5	9,8	7,3
6	39,1	73,7

Ergebniszusammenfassung

Der Nachweis der Lagesicherheit der untersuchten Kappen wird wie bisher unter dem Aspekt der Minimierung des Einsatzes von mechanischen Verbindungsmitteln (Tellerankern) geführt. Telleranker werden an den Kappenenden angeordnet, um im Bereich der Übergänge Verschiebungen zu verhindern. Bei den Kappen mit Schubschwelle kommt als zusätzliche Lagesicherung die Schubschwelle dazu. Es liegen folgende Ergebnisse vor:

Tabelle 5: Ergebniszusammenstellung

Kappe mit Schubschwelle und 1,75m Breite	H2 – Klasse B	H4b – Klasse C
Maximale Ankerzugkraft [kN] (Anker Nr.)	40 (6)	80 (1)
Maximale Hebung am Schrammbord u_{vert} [mm]	0,57	2,62
Max. Verschiebung in Querrichtung u_{quer} [mm]	0,72	1,87
Max. Verschiebung auf der Dichtung $u_{Schwelle}$ [mm]	0,70	1,96

Damit kann beurteilt werden, dass die Kappenausbildung mit Schubschwelle und 1,75 m Breite sowie der Ausstattung Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H2 nach DIN EN 1317 und Klassen A und B nach DIN Fachbericht 101 bei Anordnung von Tellerankern an den beiden Kappenenden nach Abbildung 6 gut lagegesichert sind und die auftretenden kurzzeitigen Verschiebungen ohne Dichtungsbeschädigung ertragen werden können. Bei Ausstattung mit einer Schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H4b nach DIN EN 1317 und der Klasse C nach DIN Fachbericht 101 wird ein Telleranker mit einer ertragbaren Zugkraft von 80kN benötigt. Derartige Telleranker sind gegenwärtig nicht auf dem Markt. Die Verschiebungen treten nur kurzzeitig auf und werden daher hinsichtlich einer dichtungsschädigenden Wirkung als ungefährlich eingeschätzt.