

Verhalten von Silent-Joint; Laboruntersuchungen und Objektzustände

S. Hean, Chem. HTL; Dr. M.N. Partl, Ing. ETH, SIA, EMPA Dübendorf

1. EINLEITUNG

Die Fahrbahnübergänge Silent-Joint 900 und 700 sind eine von der Firma RSAG neu entwickelte Art des herkömmlichen Fahrbahnüberganges (FÜ) aus Polymerbitumen, mit dem Ziel einen anderen Leistungsbereich (Verformungsbereich) abzudecken als die Fahrbahnübergänge gemäss ASTRA Richtlinie (Ausgabe 1998) [1] sowie gemäss ZTV-BEL-FÜ (Ausgabe 1998) [2]. Nach Angaben der Firma sollten die neuen Systeme Silent-Joint 900 und 700 eine jährliche, maximale Brückenfugenbewegung von 100mm respektive 70mm schadenfrei aufnehmen können.

Die *Bilder 1* bis *3* zeigen schematische Querschnitte der Fahrbahnübergangssysteme Silent-Joint 900 bzw. 700 und Thorma-Joint. Das Silent-Joint System besteht aus einer Reihe von Federn, die im Abstand von ca. 200mm in die Tränkmasse eingebettet und an zwei gegenüberliegenden Stahlprofilen verankert sind. Die Abdeckvorrichtung des Fugenspaltes besteht aus einer 15mm dicken Abdeckplatte, die auf eine Gleitlage ruht und im Falle von SJ900 (*Bild 1*) von einer oberen Abdeckplatte (Dicke 8mm) überdeckt wird. Die obere Abdeckplatte ist über Schrauben am Beton befestigt, um die vertikale Bewegung zu verhindern. Um die horizontale Bewegung zu ermöglichen, sind in der unteren Abdeckplatte entsprechende Längslöcher vorhanden.

Im Auftrag der Firma RSAG Schweiz hat die EMPA eine Reihe von Untersuchungen an den neuen Systemen durchgeführt und mit Thorma-Joint verglichen. Es handelt sich dabei namentlich um

- die Untersuchung des Ermüdungsverhaltens durch zyklische Fugenöffnung und -schliessung in der Kälte [3] und [4],
- Untersuchungen des Spurrinnenbildungsverhaltens mittels Verkehrslastsimulator MMLS [5],
- Untersuchungen der Tränkmasse und Zuschlagsstoffe gemäss ASTRA-Richtlinie [1] [6]

- die Zustandserfassung der Silent-Joint-Objekte in der Schweiz [7].

Diese Publikation übermittelt eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Untersuchungen.

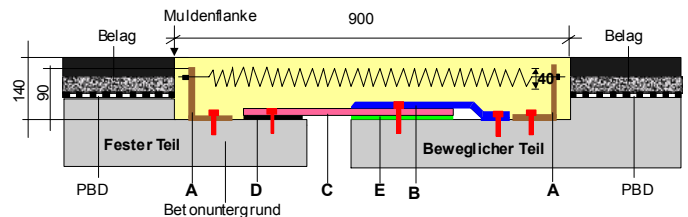


Bild 1 Silent-Joint 900. Alle Masse in mm

A: Federverankerung, **B:** Abdeckplatte oben, **C:** Abdeckplatte unten, **D:** Gleitlager, **E:** Verformungslage

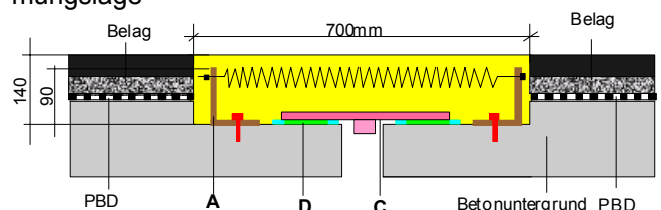


Bild 2 Silent-Joint 700. Alle Masse in mm

(C: Abdeckplatte schwimmend)

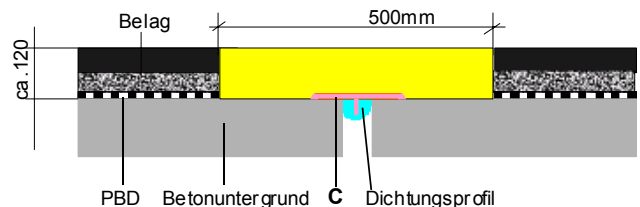


Bild 3 Thorma-Joint. Alle Masse in mm

2. ERMÜDUNGSVERHALTEN IN DER KÄLTE

2.1 Prüfprinzip und -bedingungen

Um das quasistatische Ermüdungsverhalten des Fahrbahnübergangssystems Silent-Joint 900 (SJ900) und 700 (SJ700) im Vergleich zum System Thorma-Joint (TJ) durch eine horizontale, zyklisch wiederholte Öffnung und Stauchung in der Kälte zu untersuchen, wurde eine spezielle Prüfeinrichtung konzipiert. Damit konnte eine Seite des Fahrbahnüberganges zusammen mit der Betonunterlage auf der Prüfeinrichtung unbeweglich festgehalten und die andere Seite durch einen Spindelmotor in Hori-

zontalrichtung beweglich beansprucht werden (siehe *Bild 4*). Die Beanspruchung erfolgte wegge-regelt bei konstanter Prüftemperatur. Mit einer Geschwindigkeit von 10mm/h wurde die Fuge (Abstand zwischen den Betonunterlagen) von einem ursprünglichen Fugenspalt von etwa $W_0=30\text{mm}$ um einen Weg ΔW auf eine maximale Fugenöffnung von $(W_0+\Delta W)$ gedehnt und danach mit der gleichen Geschwindigkeit auf den ursprünglichen Fugenspalt W_0 zurück gestaucht. Diese Dreieck-Beanspruchung wurde mindestens 20 mal wiederholt. Während der Untersuchung wurde die Kraft kontinuierlich erfasst.

Um das Dehnverhalten des Fahrbahnüberganges zu untersuchen, wurden sowohl an der Oberfläche als auch an der Seitenfläche der Muldenfüllung Striche im Abstand von 50mm aufgebracht und deren Position im Verlauf der Beanspruchung ver-messen.

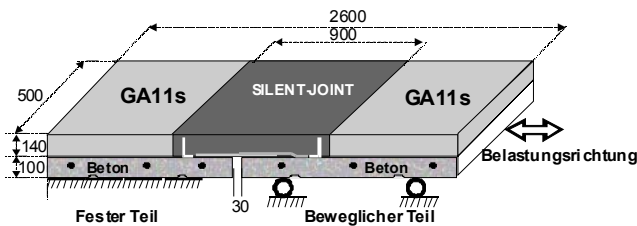


Bild 4 Schema der Prüfeinrichtung. Alle Masse in mm. Die Thorma-Joint Prüfkörper hatten eine Dicke von 100mm.

Die Prüfungen erfolgten bei einer bestimmten Prüftemperatur (z.B. bei -20°C) bis zu einer maximalen Fugenbewegung von ca. 65% der für das System erwarteten Jahresbewegungsaufnahme.

Folglich betrug die maximale Fugenbewegung bei SJ900 65mm, bei SJ700 46mm und bei Thorma-Joint 25mm. Dabei war es von Anfang an klar, dass diese Prüfbedingung aufgrund der Prüftemperatur, der maximalen Fugenbewegung ΔW und der Dehngeschwindigkeit relativ hart war, zumal in der ASTRA-Richtlinie für Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen [1] angenommen wird, dass während der gesamten kühlen Periode (d.h. von ca. 10°C bis ca. -15°C) eine maximale Zugbewegung konventioneller Fahrbahnübergangssysteme von 25mm (ca. 65% der Jahresbewegung) aus der

Temperaturänderung, des Schwindens und des Kriechens der vorgespannten Brücke während der gesamten kühlen und kalten Periode (d.h. von ca. 10°C bis ca. -15°C) beträgt und somit nicht angenommen wird, dass die ganze Bewegung bei einer extremen tiefen Temperatur stattfindet.

2.2 Prüfkörper

Alle Prüfkörper wurden durch die Firma RSAG Mitte, CH-3550 Langnau im Emmental BE hergestellt. Die EMPA war bei der Herstellung von zwei Prüfkörpern SJ900 dabei. Insgesamt wurden fünf Prüfkörper SJ900, drei Prüfkörper SJ700 und zwei Prüfkörper TJ untersucht. Umfang und Prüfbedingungen sind in *Tabelle 1* angegeben.

Prüfkörper	Temperatur	Max. Bewegung ΔW
Silent-Joint 900		
1 PK (Vorversuch)	-20°C	65mm
2 PK	-20°C	65mm
1 PK	-10°C	65mm
1 PK	-5°C	65mm
Silent-Joint 700		
3 PK	-20°C	46mm
Thorma-Joint		
2 PK	-20°C	25mm

Tabelle 1 Prüfkörper (PK) und -bedingungen

2.3 Ergebnisse

2.2.1 Thorma-Joint

Bei beiden Prüfkörpern mit einer Muldenbreite von 500mm bildete sich nach einem bzw. zwei Zyklen am Rand des Abdeckbleches ein Riss in der Muldenfüllung (siehe *Bild 5*). Die Maximalkraft beim 1. Zyklus betrug etwa 80kN.

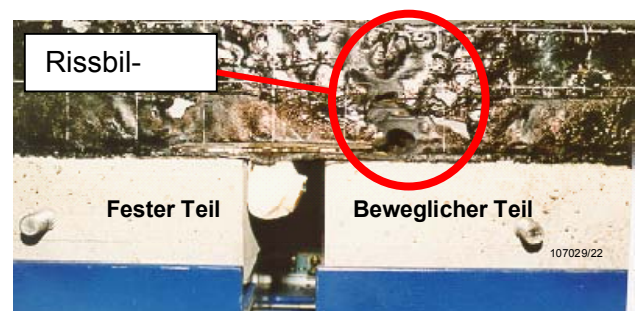


Bild 5 Rissbildung eines Thorma-Joint Prüfkörpers nach dem 2. Zyklus

2.2.2 Silent-Joint

Bei einem Vorversuch (siehe *Tabelle 1*) erlitt ein Prüfkörper SJ900 ebenfalls eine Rissbildung nach dem 2. Zyklus. Diese Rissbildung entstand genau an der Stelle, wo die Schraubenköpfe der oberen Abdeckplatten in die Muldenfüllung hineinragen (siehe *Bild 6* und *7*). Es ist anzumerken, dass die Silent-Joint 900 Objekte in der Schweiz bis ins Jahr 2000 mit solch vorstehenden Schraubenköpfen eingebaut wurden.

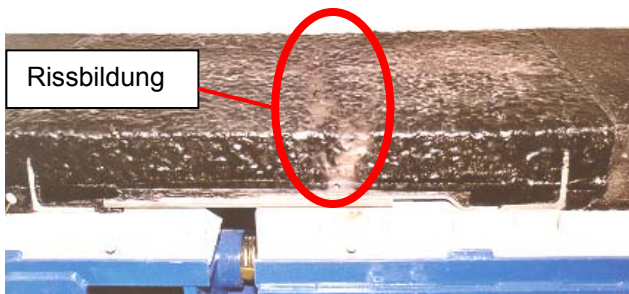


Bild 6 Vorversuch bei -20°C , SJ900 mit Schrauben "mit vorstehenden Schraubenköpfen". Rissbildung nach 2. Zyklus



Bild 7 Aussehen eines Prüfkörpers SJ900 mit Schrauben "mit vorstehenden Schraubenköpfen" vor der Herstellung.

Aufgrund dieses Vorversuches wurden gemäss *Bild 8* schliesslich 3 Prüfkörper SJ900 mit Senkkopfschrauben zur Prüfung bei -20°C und -10°C hergestellt. Die Konstruktion des Systems SJ900 mit Senkkopfschrauben wurde ab 2001 als System-Standard in der Praxis angewendet.

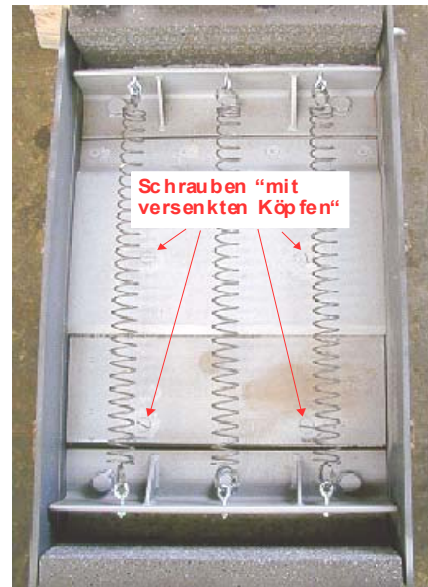


Bild 8 Aussehen eines Prüfkörpers SJ900 mit Senkkopfschrauben vor der Herstellung der Muldenfüllung

Die Ergebnisse der Hauptuntersuchungen in der Kälte sind in der *Tabelle 2* zusammengefasst.

Prüfkörper	Bedingungen	Ergebnis
Silent-Joint 900		
2 PK	-20°C , $\Delta W=65\text{mm}$	i.O
1 PK	-10°C , $DW=65\text{mm}$	i.O
1 PK	-5°C , $DW=65\text{mm}$	i.O
Silent-Joint 700		
1 PK	-20°C , $\Delta W=46\text{mm}$	Risse nach 18 Zykl.
2 PK	-20°C , $\Delta W=46\text{mm}$	i.O

Tabelle 2 Ergebnisse der quasistatischen Ermüdungsprüfung von Silent-Joint in der Kälte.

i.O: nach 20 Zyklen weder Risse noch Ablösung

Die Maximalkraft bei -20°C betrug bei SJ900 durchschnittlich ca. 80kN und bei SJ700 ca. 60kN. Sie nahm nach dem ersten Zyklus zwischen 20% und 30% ab (vgl. *Bild 9*) und blieb nach dem 10 Zyklus relative konstant (30kN bis 35kN). Dieser Kraftabfall nach dem 1. Zyklus könnte auf Mikrorisse bzw. Mikroablösungen zurückzuführen sein.

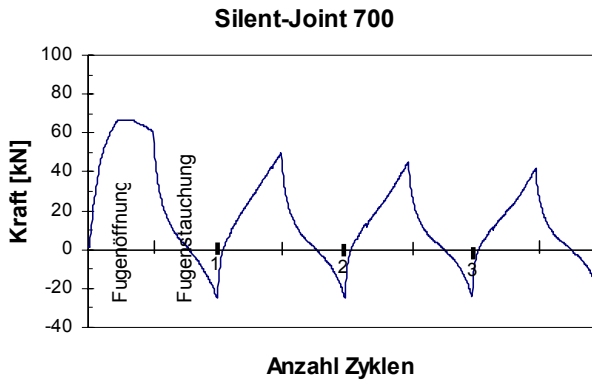


Bild 9 Typischer Kraftverlauf bei der Prüfung. Beispiel der Prüfung von SJ700 bei -20°C (1 Zyklus = 9.2 Stunden)

Während der Fugenöffnung bei -20°C von bis zu 65mm bauen sich zwischen dem angrenzenden Belag und den L-Metallprofilen zur Verankerung der Federn kaum Dehnungen auf. Die gesamte Fugenbewegung verteilt sich auf den Bereich zwischen den beiden L-Metallprofilen. Der Teil des Fahrbahnüberganges über dem beweglichen Teil der Abdeckplatte wies die stärkste Bewegung auf (vgl. Bild 10).

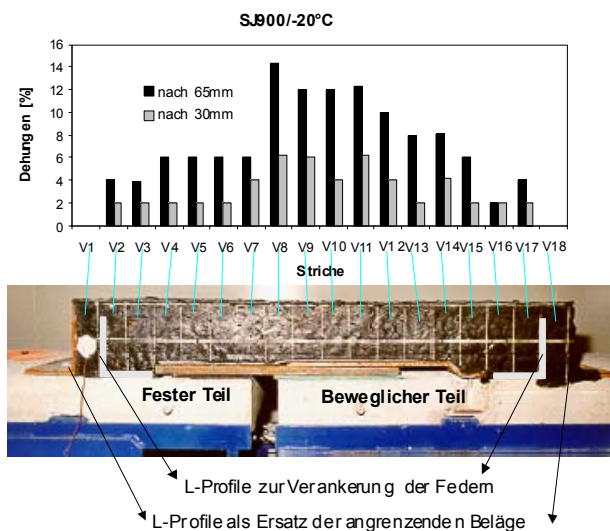


Bild 10 Horizontale Dehnungen in der Muldenfüllung bei Fugenöffnungen von 30mm und 65mm eines Prüfkörpers SJ900/-20°C

Die grosse Fugenbewegung, die das System Silent-Joint aufnehmen muss, verursachte eine Änderung des Querschnittes des Prüfkörpers im gespannten Zustand. Es entstand bei der maximalen Fugenöffnung eine Reduktion der Dicke von ca. 5

bis 7mm sowie eine horizontale seitliche Einschnürung von ca. 16mm bei SJ900 und ca. 5mm bei SJ700. Das Bild 11 zeigt ein Beispiel dieses Einschnürungsverhaltens.



Bild 11 Einschnürung der Muldenbreite bei Fugenöffnung

2.4 Bewertung der Ergebnisse

Fugenbewegungsaufnahme im Winter

Das Ermüdungsverhalten der Prüfkörper Silent-Joint wurde im Vergleich zu den Prüfkörpern Thorma-Joint unter extrem harten Bedingungen untersucht (Prüf temperatur -20°C , Geschwindigkeit der Fugenbewegung 10mm/h, maximale Fugenbewegung ca. 65% der zu zulässigen Jahresfugenbewegung). Die Fugenöffnung und -stauchung wurden 20 mal wiederholt. Damit soll ein Ermüdungsverhalten des Fahrbahnübergangssystems für 20 Jahre, natürlich ohne Berücksichtigung der praktischen Langzeiteinwirkung von Verkehr und Witterung ermittelt werden.

Unter diesen harten Prüfbedingungen entstanden bei den Prüfkörpern SJ900 nach 20 Prüfzyklen weder Rissbildungen in der Muldenfüllung noch Flankenablösungen. Bei einem von drei Prüfkörpern SJ700 entstand eine Rissbildung nach 18 Zyklen. Hingegen kam es bei den Prüfkörpern Thorma-Joint zu Rissbildungen in der Muldenfüllung bereits beim ersten bzw. zweiten Zyklus.

Das System Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen Thorma-Joint erfüllt die Anforderungen der ASTRA Richtlinie, Ausgabe 1998 (siehe Untersuchungsberichte EMPA Nr. 406326 und BAM-AZ. VII.1/26006/3) und ist für die Anwendung in der Schweiz vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) seit dem 1. Juli 2000 zugelassen. Die Praxiserfahrungen zeigten auch eine gute Dauerhaftigkeit des Systems, vorausgesetzt, dass das Material beim Einbau und die Einbauausführung einwandfrei waren.

Aufgrund dieser Tatsache und dem günstigeren Verhalten in der Systemprüfung bestehen gute Voraussetzungen, dass das Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint in der Praxis eine maximale Jahresbewegung der Fugen in der Kälte bis 65mm (bei SJ900) und 46mm (bei SJ700) schadenfrei aufnehmen kann.

Dehn- und Verformungsverhalten des Systems:

Die Bewegungen bei der Fugenöffnung werden hauptsächlich bei Silent-Joint zwischen den L-Metallprofilen zur Verankerung der Federn aufgenommen. Aus diesem Grund und damit die Tränkmasse gut haftet, müssen die beiden L-Profilen immer unmittelbar vor dem Einbaubeginn frisch sandgestrahlt werden. Auch wenn die Dehnung zwischen dem L-Profil und dem benachbarten Belag praktisch vernachlässigbar ist, muss trotzdem sichergestellt sein, dass der angrenzende Belag wasserdicht ist [1]. Um das Eindringen des Wassers vom Belag zu verhindern und damit die L-Profile vor Rost zu schützen, muss sowohl die Belagsflanke als auch der Muldenboden gemäss [1] vorbehandelt werden.

Während der Fugenöffnung in der Kälte reduzierte sich die Dicke des Silent-Joint Fahrbahnüberganges und es entstand eine seitlich Einschnürung des Querschnittes. Aufgrund dieser Dimensionänderung ist damit zu rechnen, dass der Oberflächenabschluss im mittleren Querschnitt des Fahrbahnüberganges Silent-Joint im Winter lokal etwas tiefer liegt als die Oberfläche des Asphaltbelages. Dies lässt sich möglicherweise durch eine Optimierung der Dicke des Fahrbahnüberganges beim Einbau in Funktion der Bauwerktemperatur mini-

mieren. Durch die seitliche Einschnürung des Fahrbahnüberganges im Winter (Reduktion der Breite) kann sich die Muldenfüllung im Randbereich mit der Zeit vom Brückenkordon oder vom Mittelstreifen ablösen. Die Ergebnisse der Objektinspektionen bestätigen dieses Verhalten (siehe Kapitel 5). Deswegen ist eine häufige Kontrolle bezüglich Ablösung der Muldenfüllung vom Brückenkordon bzw. vom Mittelstreifen im Winter zu empfehlen. Eine Randablösung muss sofort behoben werden, um eine Unterläufigkeit zu vermeiden. Dieses Detailproblem ist aufgrund des heutigen Wissenstandes vor allem konstruktiv zu lösen. Systemspezifisch ist somit hier noch Optimierungspotential vorhanden.

3. SPURRINNENBILDUNG IN DER WÄRME

Mit diesen Untersuchungen wurde das Spurrinnenbildungsverhalten zwischen Silent-Joint, Gussasphalt GA11s und Thorma-Joint mittels einem Verkehrssimulator MMLS untersucht. Dabei galt das Augenmerk auch der Frage, inwieweit sich die Metallkomponenten (L-Profile und Federn) auf die Spurrinnenbildung auswirken.

3.1 Prüfprinzip und -bedingungen

Der Verkehrslastsimulator MMLS3 dient der beschleunigten Prüfung von Strassenbelägen und wird zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften unter Radlast, insbesondere zur Untersuchung von Spurrinnenbildung bei Deckschichten, eingesetzt. Das Gerät besteht aus einem steifen Stahlrahmen mit vier adjustierbaren Füßen. Die Belastung wird über 4 Räder mit einem Durchmesser von 30 cm aufgebracht, die sich wie bei einer Kettensäge in einer Richtung auf einer Umlaufschiene bewegen (vgl. *Bild 12*).

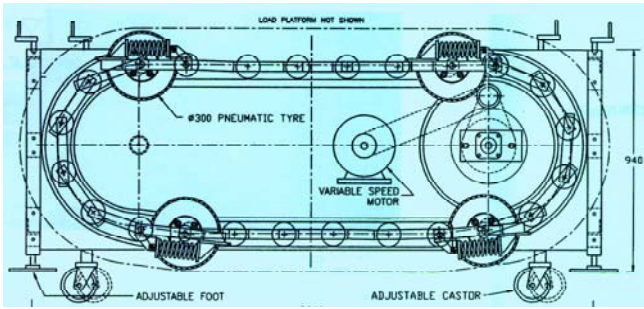


Bild 12 Schema des MMLS

Zum Vergleich des Spurrinnenbildungsverhaltens von Silent-Joint, Thorma-Joint und dem Gussasphalt wurde die MMLS auf dem Prüfkörper so positioniert, dass der Fahrbahnübergang wie in der Realität rechtwinklig überfahren wurde (vgl. Bild 12). Zur Bestimmung des Einflusses der Metallkomponenten wurde die MMLS aber auch in einem Winkel von 66° schräg zum Fahrbahnübergang plziert (vgl. Bild 13). Die Spurrinnentiefe wurde mittels Wegaufnehmer in verschiedenen Profilen gemessen. Daraus wurden die massgebenden Werte für die Muldenfüllung und den Gussasphalt sowie für L-Profile und die Federn ermittelt (siehe Bild 13 und 14).

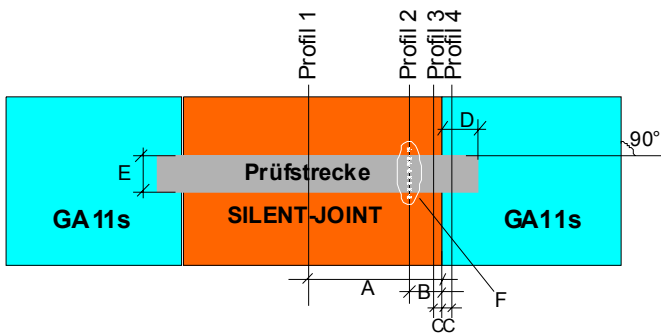


Bild 13 Prüfung rechtwinklig zum Fahrbahnübergang

A: 500mm; B: 150mm; C 25mm; D: 110mm; E: 160mm; Länge der Prüfstrecke: ca. 1200mm

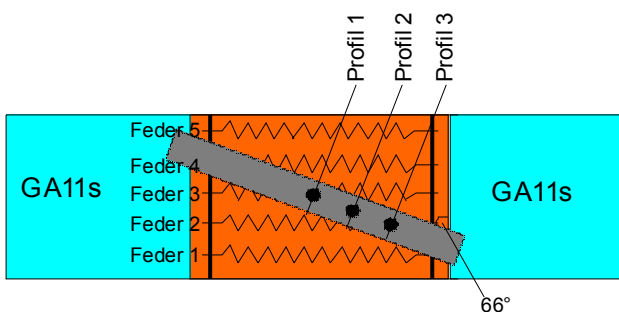


Bild 14 Prüfung schräg zum Fahrbahnübergang

3.2 Prüfkörper

Zur Untersuchung wurden drei Prüfkörper des Fahrbahnübergangssystems Silent-Joint und zwei Prüfkörper des Systems Thorma-Joint durch die Firma RSAG Mitte in Langnau i. E. am 4. Juli 2000 unter Anwesenheit der EMPA hergestellt. Die Abmessungen der Prüfkörper sind in Bild 15 angegeben. Wie ersichtlich entspricht der untersuchte Silent-Joint Fahrbahnübergang in seiner Abmessung einem SJ900 im gedehnten Zustand und damit einer extremen Breite der Muldenfüllung, wie sie in der Praxis z.B. bei der Stuckiseggbrücke in VS (vgl. Tabelle 3) eingebaut wurde. Da die Fuge bezüglich Spurrinnenbildung keine Rolle spielt, wurde die Muldenfüllung auf einer durchgehenden Betonplatte eingebaut.

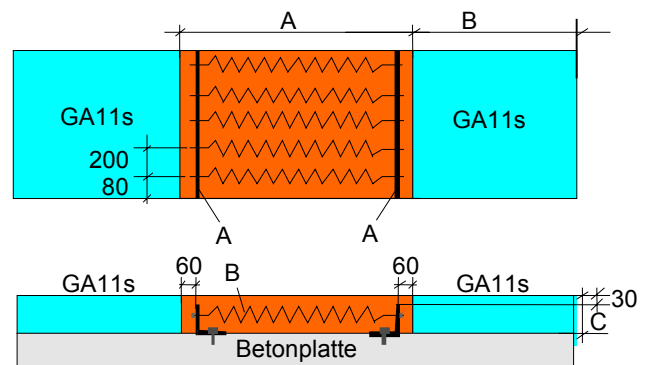


Bild 15 Abmessungen der Prüfkörper (Masse in mm). Silent-Joint: A: 1000, B: 850, C: 120.

Thorma-Joint: A: 500, B: 1050, C: 100

3.3 Ergebnisse

Auswirkung der Prüftemperatur:

Die Spurrinnenbildung ist sehr temperaturabhängig. Nach ca. 15000 Raddurchgängen bei 35°C wurde eine Spurrinnentiefe des Fahrbahnüberganges Silent-Joint von durchschnittlich ca. 7mm und bei 23°C von nur ca. 2mm gemessen.

Auswirkung der Bewegungs- und Kraftkonstruktionskomponenten (Federn, Stahlwinkel):

Beim Fahrbahnübergang Silent-Joint (35°C/quer zu FÜ) bildeten sich in der Längsachse der Prüf-

strecke im Bereich mit Federn (d. h. zwischen beiden Winkelprofilen) und im Bereich ohne Federn (d. h. zwischen GA und Winkelprofil) etwa ähnlich ausgeprägte Spurrinnen.

Bei der Prüfung des Fahrbahnüberganges Silent-Joint (35°C/schräg zu FÜ) konnte kein Unterschied zwischen den Bereichen über den Federn und dem Bereich zwischen den Federn festgestellt werden.

Vergleich des Spurrinnenbildungsverhaltens von Silent-Joint, GA11s und Thorma-Joint:

Unter Berücksichtigung der Messungenauigkeit aufgrund der Messung der Spurrinnentiefe auf den groben Prüfkörperoberflächen (mit Abstreusplitt) verhält sich die Spurrinnenbildung des Fahrbahnübergangssystems Silent-Joint gegenüber dem normierten Standard-Gussasphalt GA11s sowohl bei 35°C als auch bei 23°C etwa gleich. Ähnliches gilt auch bezüglich Gussasphalt GA11s und dem Fahrbahnübergangssystem Thorma-Joint (vgl. *Bild 16*). Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint unter den untersuchten Bedingungen ein sehr ähnliches Spurrinnenbildungsverhalten wie das System Thorma-Joint aufweist.

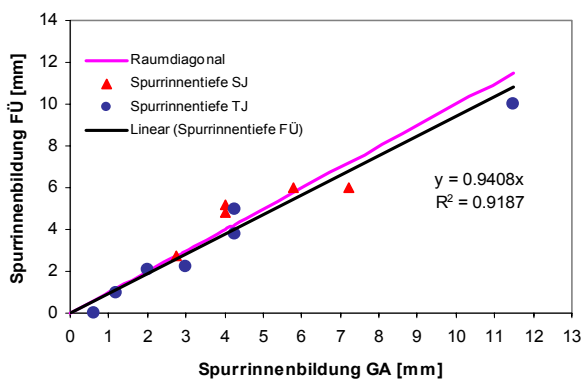


Bild 16 Korrelation zwischen den Spurrinnenbildungen vom Gussasphalt GA und von Fahrbahnübergängen (FÜ). Prüfung bei 35°C.

3.4 Bewertung der Ergebnisse

Wesentlich war in diesen Untersuchungen, dass die Spurrinnenbildung beim Fahrbahnübergang

des Systems Silent-Joint und dem angrenzenden Standard-Gussasphalt GA11s in derselben Größenordnung lag. Die gleiche Feststellung ergab sich auch zwischen dem Fahrbahnübergangssystem Thorma-Joint und dem Gussasphalt GA11s. Somit kann im untersuchten Fall und unter den gegebenen Prüfbedingungen das Spurrinnenbildungsverhalten des Systems Silent-Joint mit Thorma-Joint als ähnlich bezeichnet werden.

Die Ergebnisse wiesen auch darauf hin, dass durch die im Fahrbahnübergang Silent-Joint enthaltenen, mechanischen Komponenten (Federn, Stahlwinkel) keine erfassbare Beeinflussung der Spurrinnenbildung erfolgte.

4. BAUSTOFFUNTERSUCHUNGEN

Die für den üblichen Einbau des Systems Silent-Joint verwendeten Baustoffen (Tränkmasse BJ200 und die Zuschlagsstoffe (Hartsplitt Balmholz) wurden in Anlehnung an die ASTRA-Richtlinie [1] untersucht. Die untersuchte Tränkmasse und die Zuschlagsstoffe haben alle Anforderungen der ausgeführten Prüfungen gemäss [1] erfüllt.

5. OBJEKTINSPEKTIONEN

Ein der wichtigsten Bestandteile der Untersuchungen war die Zustandserfassung bisher in der Schweiz ausgeführter Silent-Joint-Objekte. Die entsprechenden Inspektionen fanden im März und April 2002 in Anwesenheit der zuständigen Tiefbauämter statt und umfasste die Beurteilung der Rissbildung der Muldenfüllung, der Flanken- bzw. Randablösung, der Blasenbildung, der Materialverschiebung, der lokalen Vertiefung der Oberfläche, der Wasserdichtigkeit etc.

5.1 Silent-Joint Objekte in der Schweiz

Gemäss Angaben der Firma RSAG wurden in der Schweiz seit 1995 insgesamt 16 Fahrbahnüber-

gänge Silent-Joint 900 und 700 eingebaut, die den jetzigen Systemstandards von Silent-Joint entsprechen. Kenndaten zu all diesen Fahrbahnübergängen enthält *Tabelle 3*. Die Angaben der Jahresbewegung und des Verkehrsflusses beruhen auf Schätzungen bei der Projektierung.

Kant.	Brücke	Anzahl	Einbau	Jahresbew.	SJ	Verkehr
BE	(1)	2	1995	65mm	900	7'000/d
BE	(2)	1	1998	65mm	700	wenig
BE	(3)	1	97/98	60mm	700	mittel
BE	(4)	2	2000	100mm	900	22'000/d
VS	(5)	4	2001	70mm	700	*)
VS	(6)	1	2001	70mm	700	*)
VS	(6)	1	2001	80mm	900	*)
TG	(7)	4	2001	100mm	900	20'000/d

Tabelle 3 Silent-Joint-Objekte in der Schweiz
 (1) Bönzigenrampe, (2) St. Johannsen, (3) Biel/Alfermée, (4) Monbijoubücke, (5) Hangbrücke, (6) Stuckiseggbrücke, (7) Thurbrücke, *) 250-800 LKW/d

5.2 Ergebnisse

Im Allgemeinen wiesen die Objekte einen guten Zustand auf, wobei allerdings zu beachten ist, dass die Beurteilung nicht bei Minimaltemperaturen erfolgte (wichtig Rissverhalten). Die Ergebnisse der visuellen Beurteilung der Objektzustände (bei Bauwerktemperaturen zwischen -3 und $+8^{\circ}\text{C}$) sind in der *Tabelle 4* zusammengefasst.

Kant.	Brücke *)	Wasserdichtgk.	RB, FA, BB, MV	RA	Teilweise repariert	Zustandsbeurteilung
BE	(1)	dicht	keine	keine	ja	genügend
BE	(2)	dicht	keine	keine	nein	gut
BE	(3)	dicht	keine	keine	nein	gut
BE	(4)	dicht	keine	keine	nein	gut
VS	(5)	dicht	keine	wenig	nein	gut
VS	(6)	dicht	keine	keine	nein	gut
VS	(6)	dicht	keine	keine	nein	gut
TG	(7)	dicht	keine	wenig	nein	gut

Tabelle 4 Visuelle Beurteilung der Objekte (März/April 2002)

RB: Rissbildung in der Muldenfüllung, FL: Flankenablösung (zw. Belag und SJ), BB: Blasenbildung, MV: Materialverschiebung, RA: Randablösung am Brückenkordon bzw. am Mittelstreifen (zw. SJ und Beton bzw. Metallblech), *): Brückenbezeichnung siehe *Tabelle 3*

Das Objekt BE/(1) auf der Bönzigenrampe war das erste SJ-Objekt in der Schweiz. Beim Einbau dieses Objektes im Jahr 1995 wurde eine Tränkmassse verwendet, die zur Zeit in der Schweiz für den Einbau der Fahrbahnübergänge gemäss [1]

nicht mehr zulässig ist. Sie haftete gemäss Erfahrung relativ schlecht sowohl auf den Zuschlagsstoffen als auch an den Belagsflanken. Ausserdem erwies sich die Muldenfüllung im Sommer als nicht sehr standfest. Entsprechend wurde das Objekt aufgrund der Flankenablösung, der Blasenbildung etc. bereits teilweise repariert (vgl. *Bild 17*).



Bild 17 Aussehen eines der SJ Fahrbahnübergänge am Objekt Bönzigenrampe BE (1) nach über 6 Jahren Betriebsdauer

Wenige Randablösungen zwischen der Muldenfüllung und dem Beton wurden nach kurzer Zeit (weniger als ein Jahr) an den Objekten VS/(5) auf der Hangbrücke (*Bild 18*) sowie zwischen der Muldenfüllung und dem seitlichen Metallblech am Mittelstreifen auf der Thurbrücke TG (*Bild 19*) festgestellt. Anlässlich der Inspektion wurde beschlossen, diese Randablösungen demnächst zu reparieren.

An drei Objekten wurden mechanische, lokale Beschädigungen an der Oberfläche der Fahrbahnübergänge durch Schneepflug beobachtet.

Es ist zu bemerken, dass oft Stellen mit schwarzen Flecken aufgrund der Anreicherung der Tränkmassse, insbesondere an den Übergangsstellen zwischen zwei Einbauphasen festzustellen waren (siehe Beispiel in *Bild 20*). Diese haben nichts mit dem System Silent-Joint zu tun, sondern sind die Folge allgemeiner Einbaufehler, die sich durch ein richtiges Dosierungsverhältnis zwischen der Tränkmassse und den Zuschlagsstoffen vermeiden lassen.

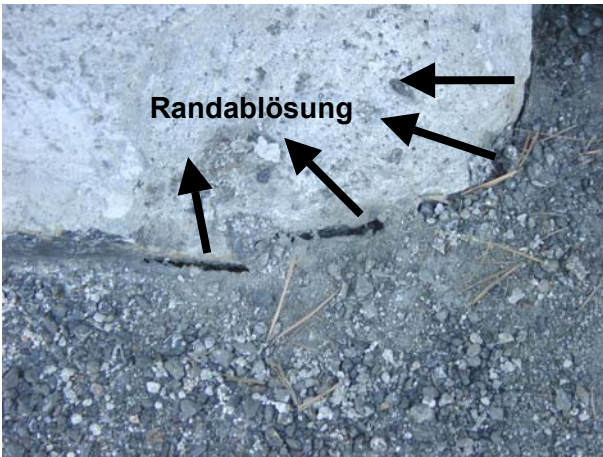


Bild 18 VS (5), Hangbrücke: Randablösung (zwischen der Muldenfüllung und dem Beton)



Bild 19 TG (7), Thurbrücke: Randablösung zwischen Muldenfüllung und seitlichem Metallblech.

Ausserdem wurde an manchen Stellen eine schlechte Haftung zwischen dem Abstreusplitt und der Tränkmassse am Oberflächenabschluss festgestellt. Auch dies ist ein häufiger aber nicht gravierender Einbaufehler, der beim Einbau durch sauberen Abstreusplitt sowie eine optimale Temperatur des Abstreusplitts und der Oberfläche der Muldenfüllungsschicht verhindert werden kann.



Bild 20 Anreicherung der Tränkmassse am Oberflächenabschluss (Bsp. Objekt BE (3), Biel/Alfermée)

5.3 Bewertung der Ergebnisse

Abgesehen von einigen Fehlstellen, wie wenige Randablösungen am Brückenkordon und am Mittelstreifen bei zwei relativ neuen Objekten konnten die Zustände der inspizierten Silent-Joint-Objekte in der Schweiz als gut bewertet werden. Alle Fahrbahnübergänge erfüllten aufgrund der visuellen Beurteilung die Funktionalität als Fugenabdichtung. Der Zustand des ersten Silent-Joint-Objektes (Bönzingenrampe/BE) konnte nur als genügend bezeichnet werden, da das Objekt teilweise repariert wurde. Die Fehlstellen dieses Objektes könnten allenfalls auf die Verwendung einer Tränkmassse zurückzuführen sein, die gemäss Angaben der Firma RSAG für den Einbau der Fahrbahnübergänge in der Schweiz nicht mehr verwendet wird.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Fahrbahnübergangssysteme Silent-Joint machten aufgrund der bestimmten Eigenschaften im Labor und des Praxisverhaltens am Objekt einen vielversprechenden Eindruck.

Die Systeme sollten in der Lage sein, die entsprechenden, erforderlichen horizontalen Fugenbewegungen in der Kälte mit guten Erfolgschancen aufnehmen zu können. Aufgrund der Untersuchungen mittels MMLS in der Wärme verhielt sich das System Silent-Joint im Labor bezüglich Spurrinnenbildung etwa ähnlich wie das bekannte System Thorma-Joint mit Gussasphalt GA11s.

Die inspizierten Silent-Joint-Objekte mit einem Alter von ca. 1 - 6 Jahren waren intakt und erfüllten augenscheinlich ihre Funktion als Fahrbahnübergangsabdichtung. Festgestellte nicht substanzielle Fehlstellen mit Anreicherung von Tränkmasse und mit losgelöstem Splitt aus dem Oberflächenabschluss können aufgrund der Erfahrung durch einen optimalen Einbau vermieden werden. An zwei relativ neuen Objekte wurden einige Randablösungen am Brückenkordon und am Mittelstreifen festgestellt. Dass diesem Detail besondere Beachtung geschenkt werden muss, wurde durch die beobachtete seitliche Einschnürung der Laborprüfkörper beim Ermüdungstest in der Kälte bestätigt. Die EMPA empfiehlt daher, alle bis 2001 eingebauten Silent-Joint-Objekte bezüglich Randablösungen weiterhin zu beobachten. Im Falle der Entstehung von Randablösungen, müssen diese sofort behoben werden, um eine Wasserunterläufigkeit unter den Metallplatten sowie unter dem L-Profil zur Befestigung der Federn zu verhindern. Schliesslich wurde durch die Objektbeobachtung die Tauglichkeit der relativ aufwendigen an der EMPA durchgeführten Systemprüfungen bestätigt.

Dank:

Für die Mitwirkung der oben erwähnten Untersuchungen möchten wir Frau Ing. L. Poulidakos

(EMPA), Herren S. Küntzel (EMPA) und S. Riedweg (EMPA) sowie der Zusammenarbeit der Firma RSAG Mitte danken. Dieser Dank gilt auch für die Herren R. Heim (TBA-TG), J. Dobler (TBA-BE Kreis III), B. Mauer (TBA Stadt Bern) und R. Heldner (TBA-VS) für die Zusammenarbeit bei den Objektinspektionen.

Literatur:

- [1] Richtlinie: *Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, ASTRA Bereich Kunstbauten, Ausgabe 1998, Art. Nr. 308.315.d
- [2] ZTV-BEL-FÜ: *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt in Belägen auf Brücken und anderen Ingenieurbauwerken aus Beton*. Deutsche Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Asphaltstrassen (1998)
- [3] Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint 900; Untersuchungen des Ermüdungsverhaltens bei tiefen Temperaturen. EMPA Prüfbericht Nr. 411193 (2001)
- [4] Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint 700; Untersuchungen des Ermüdungsverhaltens bei tiefen Temperaturen. EMPA Prüfbericht Nr. 419312 (2001)
- [5] Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint; Untersuchungen des Spurrinnenbildungsverhaltens mittels MMLS. EMPA Prüfbericht Nr. 411195 (2001)
- [6] Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint; Untersuchungen der Tränkmasse und Zuschlagstoffe in Anlehnung an ASTRA-Richtlinie (1998). EMPA Prüfbericht Nr. 421522 (2002)
- [7] Fahrbahnübergangssystem Silent-Joint; Zustandserfassung der Silent-Joint-Objekte in der Schweiz. EMPA Prüfbericht Nr. 422997 (2002)