

## Untersuchung der Belastung von Befestigungen in Kreisverkehrsplätzen

FGSV 3/04

Forschungsstelle: Technische Universität Dresden, Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau (Prof. Dr.-Ing. F. Wellner)

Bearbeiter: Lipke, S. / Wellner, F. /  
Werkmeister, S. / Oeser, M.

Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Abschluss: Februar 2008

### 1 Aufgabenstellung

In zunehmendem Maße werden in Deutschland Kreisverkehrsplätze (KVP) gebaut. Grund dafür ist, dass ein kompakter KVP mit fest eingefasster Kreisinsel und einstreifiger Kreisfahrbahn eine sichere Form eines Knotenpunkts im Straßennetz darstellt. Außerdem sind KVP sehr leistungsfähig und der Bau ist ökonomischer im Vergleich zu einer Kreuzung mit Lichtsignalanlage.

Im Zusammenhang mit der immer häufigeren Anwendung von KVP im deutschen Straßennetz sind oft Schäden an diesen Befestigungen aufgetreten. Die KVP werden dabei oftmals bezüglich des Innen- und Außenrings mit unterschiedlichen Befestigungsvarianten ausgeführt. Der Innenring ist häufig höhenmäßig vom Außenring durch eine kleine Stufe (Bordkonstruktion) abgesetzt. Die Innenringe der KVP wurden zudem vielfach als Pflasterbefestigungen aus Naturstein ausgeführt.

### 2 Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Zur Vermeidung von Schäden an KVP wurden verschiedene Befestigungsvarianten eingesetzt und damit sowohl positive als auch negative Erfahrungen gesammelt. Sowohl beim Einsatz ungebundener und vermörtelter Pflasterbefestigungen als auch bei Anwendung von Asphaltbefestigungen traten oftmals bereits nach kurzer Liegezeit Schäden auf. Demgegenüber sind auch Pflasterbefestigungen (mit zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen) sowie Asphaltbefestigungen eingesetzt worden, wobei während der geplanten Nutzungsdauer keine Schäden zu beobachten waren.

Da zukünftig immer mehr KVP geplant und ausgeführt werden, war es erforderlich, die bisherigen Erfahrungen bei der Ausführung von KVP zusammenzustellen, um zukünftig Schäden zu vermeiden. Aus diesem Grund wurden im Rahmen des Forschungsprojekts – zum einen anhand der Analyse der Beanspruchung der Befestigungen und zum anderen durch Auswertung aufgetretener Schäden – Vorschläge und Hinweise für die Planung und den Bau dauerhafter KVP erarbeitet.

Befestigungen in KVP unterliegen im Gegensatz zu Befestigungen der "freien" Strecke deutlich höheren Beanspruchungen. Die Radlasten der Fahrzeuge wirken vorwiegend als vertikale Belastung. Die Kräfte aus Drehmomenten an den Rädern beim Bremsen, Anfahren und Beschleunigen als auch die Fliehkräfte in Kurvenfahrten führen zu horizontalen Beanspruchungen der Pflasterfläche. Zusätzlich entstehen Torsionsbeanspruchungen in den Bereichen, in denen auf eng begrenztem Raum Lenkbewegungen ausgeführt werden. Dies

tritt besonders bei KVP mit kleinen Außendurchmessern und hohem Schwerverkehrsanteil auf.

Zunächst lässt sich im Ergebnis des Forschungsprojekts feststellen, dass bei KVP in Asphaltbauweise mit einer Erhöhung/Absetzung der inneren Kreisfahrbahn Schäden zumeist in Form von Rissen quer zur Kreisfahrbahn auftreten. Als mögliche Schadensursache für die Rissbildung ist die Überbeanspruchung der Kreisverkehrsbefestigung in den Randbereichen zwischen Innen- und Außenring zu nennen. Hauptsächlich von Fahrzeugen des Schwerverkehrs wird der Innenring der KVP fahrgeometrisch bedingt regelmäßig befahren. Dementsprechend werden die Fahrbahnrandbereiche des Außen- und Innenrings belastet. Insbesondere in den Fahrbahnrandbereichen entstehen ermüdungsbedingt durch die wiederholt auftretenden sehr hohen Zugbeanspruchungen an der Unterseite des Asphaltpakets Risse.

Dieser Beanspruchungszustand der Befestigung bei der Laststellung (LS) "Fahrbahnrand bzw. Plattenrand" wurde neben der LS "Fahrbahnmitte bzw. Plattenmitte" mithilfe von FE-Rechnungen untersucht. Im Ergebnis der Rechnungen wurden erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Höhe der Zugspannungen an der Unterseite des Asphaltpakets bei der LS "Fahrbahnrand" und der LS "Fahrbahnmitte" ermittelt. Bei der LS "Fahrbahnmitte" kann davon ausgegangen werden, dass die an der Unterseite des Asphaltpakets entstehenden Zugspannungen von der Befestigung (dimensioniert nach den RStO) während der geplanten Nutzungsdauer schadlos aufgenommen werden können.

Die bei der LS "Fahrbahnrand" auftretenden Zugspannungen an der Unterseite des Asphaltpakets sind deutlich höher, sodass bei wiederholter Belastung hier während der geplanten Nutzungsdauer der Befestigung eine vorzeitige Rissbildung zu erwarten ist. Somit ist eine Erhöhung der Schichtdicke der Asphalttragschicht erforderlich, damit die gesamte Asphaltbefestigung die Beanspruchungen aus dem Verkehr während der geplanten Nutzungsdauer schadlos aufnehmen kann. Die Erhöhung der Schichtdicke sollte so erfolgen, dass die Beanspruchungen (Zugspannungen an der Unterseite des Asphaltpakets) bei der LS "Fahrbahnrand" den Beanspruchungen bei der LS "Fahrbahnmitte" (Befestigung dimensioniert nach den RStO) entsprechen. Der Umfang der notwendigen Schichtdickenerhöhung zur Angleichung des Zugspannungsniveaus hängt dabei vom gewählten Befestigungsaufbau ab.

Für die im Rahmen des Forschungsprojekts untersuchten Befestigungen wurde eine erforderliche Erhöhung der Schichtdicke (LS "Fahrbahnrand") von bis zu 50 % im Vergleich zu der nach den RStO vorgeschriebenen Dicke (LS "Fahrbahnmitte") ermittelt. Somit kann eine Anwendung von Asphaltbefestigungen für KVP nur empfohlen werden, wenn eine Schichtdickenanpassung (im Vergleich zur ermittelten Schichtdicke nach den RStO) zur Angleichung des Zugspannungsniveaus LS "Fahrbahnrand" auf den LS "Fahrbahnmitte" erfolgt. Die Ergebnisse der Berechnungen werden durch die in der Praxis häufig beobachteten Schadensbilder bei asphaltierten KVP bestätigt. Ähnliche Beanspruchungszustände und somit auch Schadensbilder (Rissbildungen) treten auch in den rechten Fahrbahnrandern der Übergangsbögen von asphaltierten KVP auf. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei Anwendung der Asphaltbauweise für KVP keine konstruktiv getrennte Ausbildung eines asphaltierten Innen- und Außenrings zu empfehlen ist.

### 3 Folgerungen für die Praxis

Die Erfahrungen aus der Praxis sowie die Ergebnisse der FE-Rechnungen haben weiterhin gezeigt, dass die Betonbauweise

geeignet ist, dauerhafte KVP herzustellen. Für die Anwendung der Betonbauweise für KVP sprechen der hohe Verformungswiderstand des Betons und die Möglichkeit, eine Stufe zwischen Innen- und Außenring ohne zusätzliche konstruktive Maßnahmen auszubilden. Bei Einlegung von Dübelankern in die Längsscheinfuge (mit oder ohne Stufenkonstruktion) sollte die Betonbefestigung (nach den RStO dimensioniert) in der Lage sein, während des Nutzungszeitraums der Befestigung die Beanspruchungen aus Verkehr und Witterung schadlos aufzunehmen. Dabei ist analog zur Asphaltbauweise bei Anwendung der Betonbauweise in KVP ebenfalls ein Verzicht auf die konstruktiv getrennte Ausbildung des Innen- und Außenrings zu empfehlen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich der Anwendung von Pflasterbefestigungen für KVP haben gezeigt, dass diese Befestigungen im Vergleich zu Asphalt- und Betonbefestigungen einen sehr geringen vertikalen und horizontalen Verformungswiderstand aufweisen. Aus diesem Grund sollten generell Pflasterbefestigungen nur für KVP mit sehr geringen Verkehrsbelastungen (< 800 000 10-t Achsübergänge) angewendet werden. Insbesondere bei der Anwendung von Pflasterbefestigungen in KVP, wo relativ hohe Verkehrsbelastungen auftreten, sind verschiebungsunempfindliche Verbände und/oder Pflastersteine mit Verbundsystem anzuwenden. Wird der KVP regelmäßig von Fahrzeugen des Schwerverkehrs bzw. von Bussen (> 150 Fahrzeuge des Schwerverkehrs / Busse pro Tag) befahren, so ist auch von einer teilweisen Ausführung (z. B. des Innenrings) des KVP in Pflasterbauweise abzusehen.

Pflasterverbände mit durchgehenden Längsfugen sollten für KVP generell nicht angewendet werden. In jedem Fall ist die Verwendung von Pflasterverbänden mit Kreuzfugen für KVP zu vermeiden. Es ist weiterhin vorerst nicht zu empfehlen, die gebundene Pflasterbauweise für KVP anzuwenden.

Bei KVP mit einer Unterteilung in einen Innen- und Außenring, gegebenenfalls verbunden mit einer Erhöhung des Innenrings oder einem Wechsel des Oberbaus, waren oftmals Schäden zu beobachten. Insbesondere die Bordkonstruktionen können den hier auftretenden Verkehrsbelastungen (häufiges Anfahren der Borde) während des geplanten Nutzungszeitraums nicht standhalten. Schäden an den Bordkonstruktionen nach nur kurzer Liegedauer der KVP sind oftmals die Folge. Insofern eine Erhöhung der innenliegenden Kreisfahrbahn unumgänglich ist, wird eine Ausführung des KVP in Betonbauweise empfohlen.

Durch das Anfahren und zum Teil Überfahren unterliegen die Bordkonstruktionen in KVP hohen dynamischen Beanspruchungen aus dem Verkehr. Bei Verwendung von geraden Bordsteinen stellt der Fugenbereich in den Kreisbögen von KVP eine Schwachstelle der Befestigung dar. Hauptsächlich die zur Kreismitte zugewandte Seite der senkrechten Abschlusskante ist bei einem direkten Kontakt aneinanderstoßender Bordsteine hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Kantenabplatzungen sind die Folge. Eine Verwendung von gebogenen Borden in diesen Bereichen kann diesem Problem entgegenwirken. Für die Randeinfassung des Innenrings (soweit erforderlich) sind Flach- bzw. Rundborde aus Betonwerksteinen oder Natursteinen zu empfehlen.