



Bau eines Kreisverkehrs in Beton

Erstmalige Anwendung in Deutschland

Dieter Birmann, München, und Norbert Olk, Bad Kreuznach

Erstmalige Anwendung in Deutschland

Bau eines Kreisverkehrs in Beton

Dieter Birmann, München, und Norbert Olk, Bad Kreuznach

Der erste in Deutschland mit Beton gebaute Kreisverkehr wurde im Jahr 2006 durch den „Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach“ im rheinland-pfälzischen Bad Sobernheim als Umbau eines bestehenden Knotenpunkts erstellt. Der Einbau unter Verkehr stellte große Anforderungen an die Planung der Verkehrsführung, an den Bauablauf sowie an die Bauausführung – hier besonders an die Fugenanordnung und -ausbildung. Die bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Betonbauweise nicht nur beim Neubau, sondern auch bei der Instandsetzung bestehender Verkehrsknoten eine wirtschaftliche Lösung mit einem guten Langzeitverhalten ist.

1 Allgemeines

Die Erfahrungen mit der Knotenpunktart „Kreisverkehr“ waren so positiv, dass die Ausführung von Kreisverkehren in den vergangenen Jahrzehnten stark zugenommen hat. Sie haben sich als sichere, leistungsfähige und wirtschaftliche Verkehrsanlagen mit überwiegend hoher Akzeptanz in der Bevölkerung erwiesen. Dazu gab die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) im Jahr 2006 eine Überarbeitung des „Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren“ [1] heraus. Es berücksichtigt den aktuellen Erkenntnisstand zu den verschiedenen Typen von Kreisverkehren hinsichtlich Einsatzkriterien und Ent-

wurfselementen. Für die Wahl sind auch strecken- und netzbezogene Überlegungen anzustellen.

Kreisverkehre umfassen bezüglich der Größe ein breites, erprobtes Spektrum:

- Minikreisverkehre (\varnothing 13 m bis 22 m) mit überfahrbarer Kreisinself bis 18 000 Kfz/24 h
- Kleine Kreisverkehre mit \varnothing = 26 m bis 50 m bis rd. 25 000 Kfz/24 h
- Kleine zweistreifig befahrbare Kreisverkehre mit \varnothing = 40 m bis 60 m bis rd. 32 000 Kfz/24 h
- Große Kreisverkehre mit Lichtsignalanlage und \varnothing > 60 m für über 30 000 Kfz/24 h

Bei Kreisverkehren sind gegenüber üblichen Straßenbaumaßnahmen zusätzliche Beanspruchungen zu berücksichtigen:

- Schubspannungen durch Fahren in engen Radien, verbunden mit einer Achslasterhöhung [2]
- Durch die Verkehrsführung spurgebundener Verkehr mit entsprechender großer Überfahrfähigkeit
- An den Zufahrten Bremsvorgänge und langsam fahrender Verkehr sowie an den Ausfahrten Beschleunigungsvorgänge mit Schubbeanspruchung der Fahrbahnoberseite

Nach den RStO [3] ist deshalb für die Fahrbahn eines Kreisverkehrs die nächst höhere

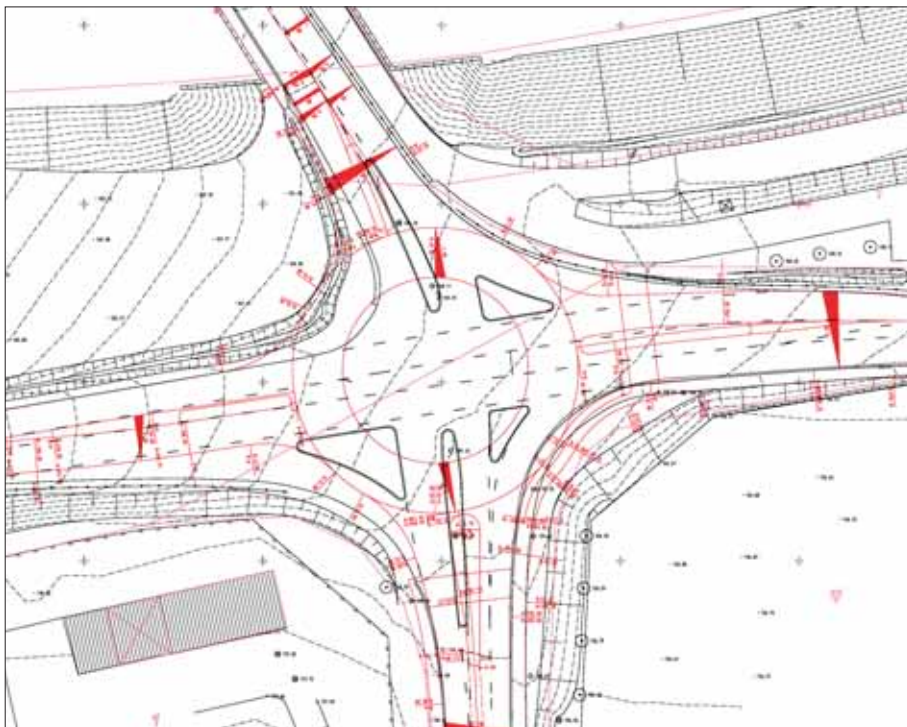


Bild 1: Bestand (schwarz) und Höhenplan mit Querneigung der Kreisfahrbahn und der Kreiszu- und -ausfahrten

Grafik: Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach/SM Bad Sobernheim

Die Autoren:

Dr.-Ing. Dieter Birmann ist Bauingenieur und als Projektleiter von Forschungsarbeiten im konstruktiven Straßenbau am Prüfamf für Verkehrswegebau der Technischen Universität München (Prof. Freudenstein) tätig.

Dipl.-Ing. Norbert Olk ist Bauingenieur und Leiter des regionalen Landesbetriebs Mobilität Bad Kreuznach.

Bauklasse des Aufbaus, der nach dem höchst belasteten Fahrstreifen bemessen wurde, zu wählen.

Wegen der hohen Stand- und Abriebfestigkeit von Beton sowie einer temperaturabhängigen Tragwirkung [4], bietet es sich an, einen Kreisverkehr in Betonbauweise auszuführen. Dazu liegen z.T. umfangreiche Erfahrungen in den europäischen Nachbarländern vor, über die in [5, 6] eine Übersicht erstellt wurde. In Deutschland wurde erstmals ein moderner Kreisverkehr in Betonbauweise vom „Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach“ im Rahmen eines Bauvorhabens in Bad Sobernheim, Rheinland Pfalz, erstellt.

2 Bau des Kreisverkehrs

2.1 Konzept und Planung

Der Kreisverkehr wurde eingerichtet in einem Knotenpunkt, der von Zu- und Abfahrten zur Bundesstraße B 41 und der Landstraße L 232 gebildet wird. Er liegt am westlichen Stadtrand von Bad Sobernheim. Zur Aufnahme der erwarteten Verkehrsbelastung mit Schwerverkehr in das angrenzende Industriegebiet und zu den Großmärkten wurde die Ausführung der Kreisverkehrsbahn, der Bord-/Rinnenanlage und der Kreiszu- und -ausfahrten in Betonbauweise gewählt [7, 8].

Die gewählte Bauweise lehnt sich an die Erfahrungen der Schweiz an [9, 10]. Merkmale sind bewehrte, verdübelte Betonplatten und Trennung der Kreisfahrbahn von den Zu- und Ausfahrten durch Raumfugen mit Betonstützschwellen als Unterbau.

Durch die unterschiedlichen Längs- und Querneigungen der vier Kreiszu- und -ausfahrten sowie die Querneigung des Kreisrings von 2,5 % nach außen ergab sich eine relativ starke Modellierung der Höhen der Betonfläche (Bild 1). Die Lage der Straßenabläufe war darauf abzustimmen.

Um den Verkehr mit Anbindung an die Bundesstraße B 41 während der gesamten Bauzeit aufrecht erhalten zu können, wurde der Ablauf in drei Bauphasen unter Berücksichtigung der Erhärtungszeit des Betons geplant (Bild 2 und Bild 3).

2.2 Fugenplan

Beim Erstellen des Fugenplans (Bild 2) waren mehrere Gesichtspunkte und Anforderungen in Anlehnung an die ZTV Beton [11] zu berücksichtigen und zu optimieren:

- Art des Betoneinbaus (Handeinbau wegen der Bauphasen)
- Begrenzen der Kantenlänge auf $\leq 7,5$ m
- Möglichst rechte Winkel der Fugen (≥ 80 gon)
- Vermeiden von Zwickeln oder spitz zulaufenden Plattenteilen

Der Kreisring besteht aus 19 Platten, die durch 19 radiale Fugen (17 Querscheinfugen nach ZTV Fug [12] und zwei Raumfugen) in Kreisringsegmente unterteilt ist. Um keine Spannungen aus den Kreiszu- und -ausfahrten in den Kreisring einzuleiten, wurden unverdübelte Raumfugen angeordnet, die durch konstruktiv bewehrte Betonstützschwellen unterstützt sind.

Durch so genannten Bischofsmützen (Platten mit fünf Ecken) konnten spitz zulaufende Plattenteile vermieden werden.

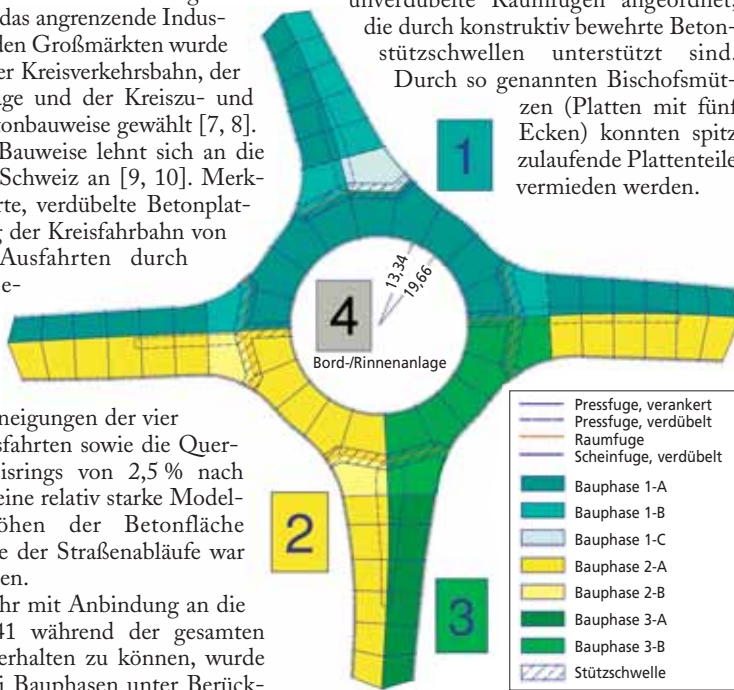
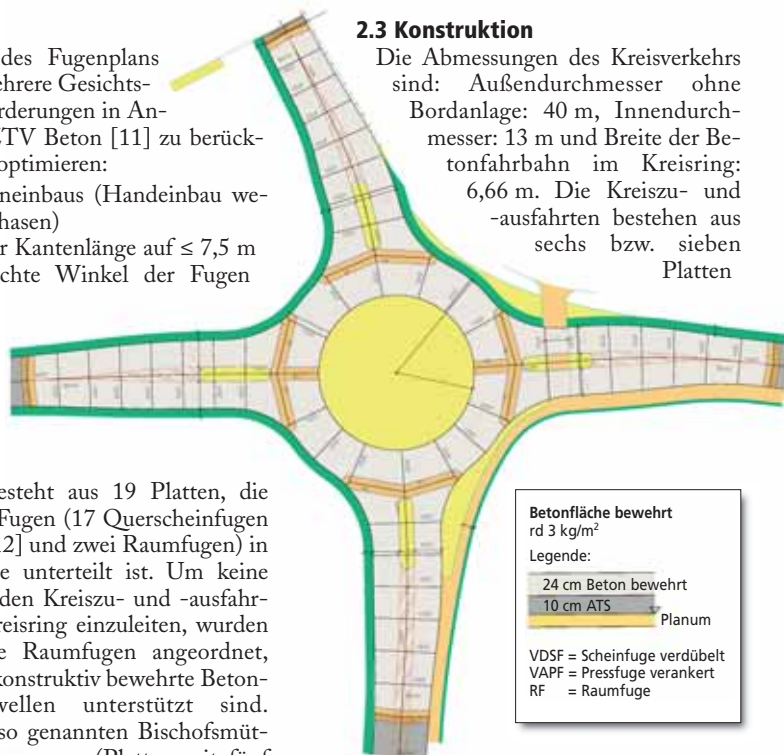


Bild 3: Bauphasen 1 bis 4 des Kreisverkehrs mit Bauabschnitten

Grafik: Dieter Birmann

2.3 Konstruktion

Die Abmessungen des Kreisverkehrs sind: Außendurchmesser ohne Bordanlage: 40 m, Innendurchmesser: 13 m und Breite der Betonfahrbahn im Kreisring: 6,66 m. Die Kreiszu- und -ausfahrten bestehen aus sechs bzw. sieben Platten



Betonfläche bewehrt
rd 3 kg/m²

Legende:

- 24 cm Beton bewehrt
- 10 cm ATS
- Planum

VDSF = Scheinfuge verdübelt
VAPF = Pressfuge verankert
RF = Raumfuge

Bild 2: Fugenplan des Kreisverkehrs mit Anordnung der Betonstützschwellen

Grafik: Firma Schnorpeil

(35 m bis 42 m), die durch eine Längspressfuge verankert und durch Querscheinfugen unterteilt sind.

Die Pressfugen der letzten Platte (Endfeld) zum Asphaltaufbau wurden schwalbenschwanzförmig mit 81 gon ausgeführt (s. Bild 9) (bei Winkeln < 80 gon ist nach ZTV Beton eine Bewehrung der Platten erforderlich). Dadurch wurde die kritische Entlastungsphase des freien Plattenrands unter Verkehr in den Radspurenschwellen versetzt und damit die Beanspruchung und die Lärmemission reduziert. Diese Fuge wurde ebenfalls durch eine Betonstützschwelle unterstützt. Durch den Helligkeitswechsel der Fahrbahnoberfläche wird die Aufmerksamkeit des Autofahrers für den Knotenpunkt geweckt.

Durch eine theoretische Berechnung nach der Methode der finiten Elemente kann der



Bild 4: Betoneinbau der Kreisfahrbahn in Bauphase 1

Foto: Firma Schnorpeil



Bild 5: Bewehrung der Kreisfahrbahn mit Stahlschalung (innen) und Verdübelung der Querscheinfugen; weiß im Vordergrund: Betonstützschwellen

Foto: Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach/SM Bad Sobernheim



Bild 6: Betoneinbau mit Rüttelbohle und Herstellen der Oberfläche

Foto: Dieter Birmann



Bild 7: Bewehrung und Verankerung der Bord-/Rinnenanlage (vorn) und Einbau mit einem Gleitschalungsfertiger

Foto: Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach/SM Bad Sobernheim

Spannungsabbau bei Vergrößerung des Randabstands der Radlast quantifiziert werden [2, 6]. Der Abstand sollte $\geq 0,5$ m betragen. Dies wurde beim Kreisverkehr durch eine Bord-/Rinnenanlage, die mit der Kreisfahrbahn durch Anker $\varnothing 16$ mm verankert wurde, erreicht und ist somit ein Beitrag für ein gutes Langzeitverhalten im Randbereich.

Eine positive Auswirkung auf das Langzeitverhalten wird weiter durch das Aufkleben der Bordsteine der Fahrbahnteiler erwar-

tet, da dadurch der ungünstige Lastfall „Plattenrand“ vermieden und somit die Tragwirkung der Betonplatten genutzt wird.

In den Querscheinfugen sind die Dübel $\varnothing 25$ mm, $l = 500$ mm, im Abstand von 25 cm auf Dübelkörben aufgeständert (Bild 5). Die oberseitige Bewehrung mit 3 kg/m^3 wurde trotz der günstigen Fugenanordnung gewählt, um für diesen Modellversuch zusätzliche Sicherheit zu schaffen. Sie ist in einer Höhe von 20 cm entsprechend 4 cm Überdeckung angeordnet (s. Bild 5).

2.4 Aufbau

Die Dicke der Betondecke wurde wegen der erhöhten Beanspruchung (RStO 01, Ziff. 2.6.1 [13]) und mit einem Sicherheitszuschlag nach Bauklasse I bemessen. Der Aufbau des Kreisverkehrs besteht aus:

- 24 cm Betondecke mit 3 kg/m^2 oberseitiger Bewehrung
- 10 cm Asphalttragschicht bzw. gefräster Asphaltoberbau

In Abhängigkeit von der Höhenlage des vorhandenen Knotenpunkts in Asphaltbauweise kamen für den Aufbau zur Anwendung:

- In den äußeren vier Kreiszu- und ausfahrten teilweise ein Tiefeinbau nach RStO 01 Bauklasse I, Tafel 2, Zeile 2 (Betondecke auf Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht)
- Im Kreisring ein Hocheinbau auf gefräster Asphalttragschicht nach Tafel 6, Zeile 2

2.5 Einbau

Der Einbau des Fahrbahnbetons erfolgte manuell ohne Fertiger mit Rüttelbohle (Bild 4 und Bild 6). Die Oberfläche wurde mit einem Querbesenstrich strukturiert und mit einem Nachbehandlungsmittel eingesprüht.

Die 64 cm breite Bord-/Rinnenanlage ist eine Kombination aus Bordstein und Entwässerungsrinne, die kraftschlüssig durch Schraubanker mit der Betonfahrbahn verbunden ist. Zur Herstellung in Gleitschalungsbauweise hatte die Baufirma einen für Betongleitwände konzipierten Fertiger umgerüstet (Bild 7 und Bild 8). Dabei bildet eine Stahlform als Gleitschalung [7] das Profil von Bordstein und Rinne exakt ab (s. Bild 8).

2.6 Beton

Als Fahrbahnbeton wurde ein C30/37, 0/32, als Transportbeton angeliefert mit einem Portlandhüttenzement CEM II/A-S 52,5 N, um eine große Frühhochfestigkeit bei vergleichsweise niedriger Wärmeentwicklung zu erreichen. Der Beton erfüllt die Anforderungen an die Expositionsklassen XA2, XC4, XD3, XF4, XM2 [14].

3 Untersuchungen

Im Rahmen einer erweiterten Eignungsprüfung wurden vom Prüfamf für Verkehrswegebau der TU München Untersuchungen zur Tragfähigkeit des Kreisverkehrs sowie zum Verhalten der Fugen über einen Zeitraum von einem Jahr durchgeführt.

Die ersten Untersuchungen zeigten, dass alle Scheinfugen gerissen sind. An den Scheinfugen wurden zwischen Oktober 2006 und Mai 2007 Bewegungen zwischen 0,1 mm bis 0,6 mm gemessen, an den Raumfugen von 1,0 mm bis 1,6 mm (Bild 10). Die Fugenbewegungen sind wegen der Geometrie und des nicht kontinuierlichen Betonierens sehr komplex und werden weiter untersucht.

Auf der freiliegenden Asphalttragschicht wurden Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken durchgeführt. Die gemessenen Werte waren wegen der meist größeren Schichtdicke günstiger als die zu erwartende Tragfähigkeit einer mindestens 10 cm dicken Asphalttragschicht.



Bild 8: Eingebaute Bord-/Rinnenanlage, noch ohne Fugenschnitt

Foto: Landesbetrieb Mobilität Bad Kreuznach/SM Bad Sobernheim



Bild 9: Endfelder der Betonfahrbahn, vergossene Pressfuge im Winkel von 17° und anschließender Asphaltaufbau mit Helligkeitswechsel

Foto: Dieter Birmann



Bild 11: Panoramaaufnahme des Kreisverkehrs bei der Inbetriebnahme im September 2006

Foto: Dieter Birmann

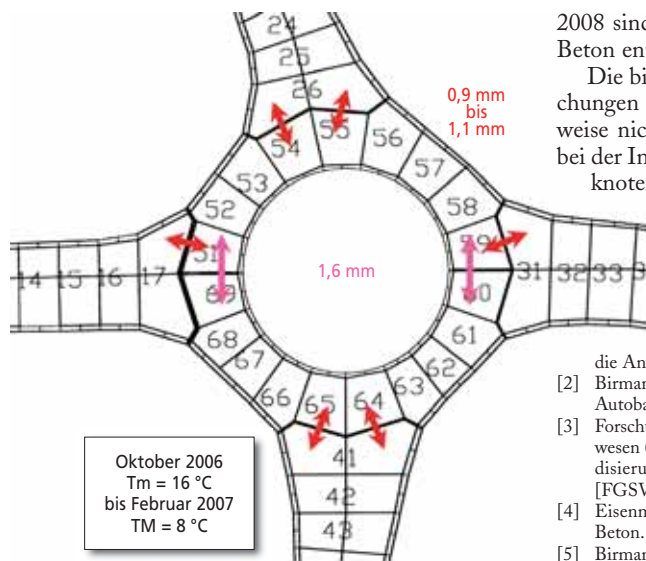


Bild 10: Bewegung der Raumfugen nach dem Winter 2006/2007

Grafik: Dieter Birmann

Die an den Scheinfugen der Betonfahrbahn bei Überfahrt eines Belastungsfahrzeugs gemessenen Einsenkungen zeigen, dass der ausgeführte Kreisverkehr eine hohe Tragfähigkeit aufweist. Die gleichzeitig gemessene relative vertikale Fugenrandbewegung dokumentiert mit i.M. 0,02 mm bis 0,03 mm eine sehr gute Querkraftübertragung.

Die vorliegenden Messergebnisse zeigen die große Tragfähigkeit des Deckensystems und Fugenbewegungen in der erwarteten Größenordnung.

4 Bewertung und Ausblick

Der Bau des Kreisverkehrs in Betonbauweise unter Verkehr stellte große Anforderungen an die Planung der Verkehrsführung, des Bauablaufs und an die Bauausführung (Bild 11). Die Fugenanordnung erfordert eine sorgfältige Planung (Bild 12). Die konstruktiven Maßnahmen (verankerte Bord-/Rinnenkombination und aufgeklebte Bordsteine der Fahrbahnteiler) in stark beanspruchten Bereichen unter schwerer Verkehrsbelastung ermöglichen eine Erweiterung der Vorteile der Bauweise. Im Entwurf des M BEB [15] von

2008 sind erste Hinweise zur Ausführung in Beton enthalten.

Die bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen lassen erwarten, dass die Betonbauweise nicht nur beim Neubau, sondern auch bei der Instandsetzung bestehender Verkehrsknoten eine wirtschaftliche Lösung mit einem guten Langzeitverhalten darstellt.

Literatur

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren; Ausgabe 2006
- [2] Birmann, D.: Kreisverkehre in Beton. Straße und Autobahn 59 (2008) H. 10, S. 648–653
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen [FGSV-Nr. 499]
- [4] Eisenmann, J.; Leykauf, G.: Verkehrsflächen aus Beton. Betonkalender 2007, Teil II, S. 95–263
- [5] Birmann, D.: Kreisverkehre in Betonbauweise – eine länderübergreifende Übersicht. „update“ 3/08
- [6] Birmann, D.: Konstruktion von Kreisverkehren in Betonbauweise – Erfahrungen im benachbarten Ausland und in Deutschland. Mitteilungen des Prüfamtes für Verkehrswegebau der Technischen Universität München (2008) H. 84, S. 5–16

- [7] Olk, N.; Tiemann, A.: Erster Kreisverkehr in Betonbauweise. Straße und Autobahn 58 (2007) H. 9, S. 535–536
- [8] Olk, N.; Tiemann, A.: Kreisverkehr in Betonbauweise. beton 58 (2008) H. 6, S. 288
- [9] Werner, R.: Kreiselfahrbahnen in Beton – Positive Erfahrungen in der Schweiz. strasse und verkehr (2005) H. 11, S. 16–18
- [10] Werner, R.: Kreisel mit Betonfahrbahnen. Griffing 2/2007, S. 12–15, Hrsg.: Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V., Düsseldorf
- [11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen (Herausgeber): ZTV Beton-StB 07 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton [FGSV-Nr. 899] Ausgabe 2007
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): ZTV Fug-StB 01 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen [FGSV-Nr. 897/1]; Ausgabe 2001
- [13] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen [FGSV-Nr. 499]
- [14] Dyckerhoff Portlandhüttenzement: Objektbericht Betonkreisel Bad Sobernheim, Wiesbaden 2007
- [15] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton – M BEB, Entwurf Stand März 2008



Bild 12: Kreisverkehr im September 2007 mit Anordnung der Fugen

Foto: Dieter Birmann

BetonMarketing Deutschland

BetonMarketing Deutschland GmbH
Steinof 39
40699 Erkrath
bmd@betonmarketing.de

BetonMarketing Nord

BetonMarketing Nord GmbH
Anderter Straße 99D
30559 Hannover
Telefon 0511 554707-0
Telefax 0511 554707-15
hannover@betonmarketing.de

BetonMarketing Ost

BetonMarketing Ost
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH
Teltower Damm 155
14167 Berlin-Zehlendorf
Telefon 030 3087778-0
Telefax 030 3087778-8
mailbox@bmo-berlin.de

BetonMarketing Süd

BetonMarketing Süd GmbH
Gerhard-Koch-Straße 2+4
73760 Ostfildern
Telefon 0711 32732-200
Telefax 0711 32732-202
info@betonmarketing.de

Rosenheimer Straße 145 g
81671 München
Telefon 089 450984-0
Telefax 089 450984-45
muenchen@betonmarketing.de

Friedrich-Bergius-Straße 7
65203 Wiesbaden
Telefon 0611 261066
Telefax 0611 261068
wiesbaden@betonmarketing.de

BetonMarketing West

BetonMarketing West
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH
Annastraße 3
59269 Beckum
Telefon 02521 8730-0
Telefax 02521 8730-29
bmwest@betonmarketing.de