Bau von Verkehrskreiseln aus Beton
Erfahrungen aus der Schweiz

Rolf Werner, dipl. Bauing. HTL/STV,
BEVBE, Beratung und Expertisen für Verkehrsflächen in Beton, Bonstetten (CH)
Tel.: 004 – 7001 402

Allgemeines

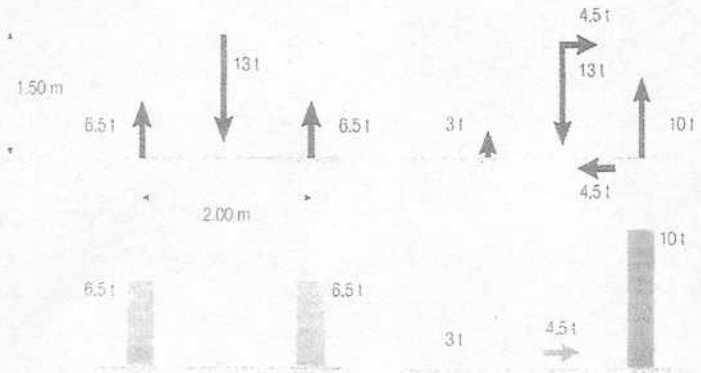
Seit Anfang der 90-er Jahre des letzten Jahrhunderts werden in der Schweiz Kreisel gebaut. Sie erfreuen sich grosser Beliebtheit und erfüllen in den meisten Fällen auch die an sie gestellten Anforderungen: Die Verbesserung der Verkehrssicherheit und Erhöhung der Leistungsfähigkeit in einem Verkehrsknoten.

Oft werden die Kreisel wegen Platzknappheit mit kleinen Radien gebaut. Diese kleinen Kreisel sind besonders anfällig auf Belagsverformungen, da hier die Schubbeanspruchung extrem ist.

Kreiselfahrbahnen mit Betondecken haben nebst ihrer langen Nutzungsdauer auch einen optischen Effekt, denn sie heben sich in vorteilhafter Weise vom Asphaltbelag ab und signalisieren dem Strassenbenützer den Kreiselbereich frühzeitig, insbesondere dann, wenn auch die Einfahrten in Beton erstellt wurden.

Belagswahl

Unabhängig von der vorhandenen Verkehrsbelastung, wurden die Kreisfahrbahnen zu Beginn ausschliesslich in Asphalt gebaut.



Die in einem Kreisel auftretenden enorm hohen Schubbelastungen – verursacht durch den Schwerverkehr zusammen mit den immer öfter auftretenden Hitzetagen – bringen die Asphaltbauweise aber an ihre Grenzen.

Die Erfahrungen in der Schweiz zeigen, dass selbst hochstandfeste Asphaltbeläge den hohen Schubbelastungen in einem Kreisel nur wenige Jahre gewachsen sind. Die Ausführung solcher stark belasteter Verkehrsflächen in Beton ist letztendlich die einzig zweckmässige Lösung.

Auf Grund dieser Erkenntnisse (und einer extrem heissen Maiwoche 2003) wurde im August des gleichen Jahres ein erster Asphaltkreisel mit einer Betondecke saniert.

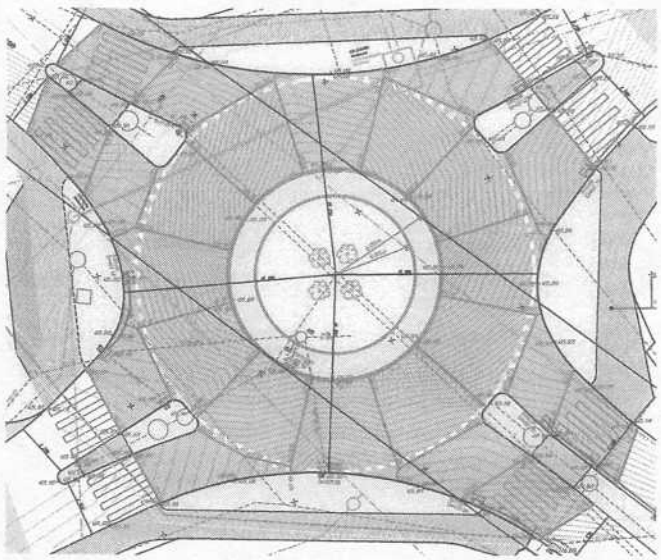
Oft wird die Belagswahl auch bestimmt durch die Verkehrsführung während der Bauarbeiten. Wenn der Verkehr nicht umgeleitet werden kann und der Kreisel daher in zwei oder mehr Etappen realisiert werden muss, ist es aus Platzgründen zum Teil unmöglich, einen Asphaltbelag maschinell einzubauen. Dies wäre aber aus Qualitätsgründen zwingend notwendig. Auch hier hat der Beton seine Vorteile, weil er ohne Qualitätseinbusse auch von Hand eingebaut werden kann.

Konzeption und Konstruktion

Betondecken wurden in der Schweiz bis anhin fast ausschliesslich in der Plattenbauweise gebaut, das heisst, mit Quer- und Längsfugen. Für diese Bauweise sind auch nationale Normen vorhanden. Daher wurde sie auch für die Kreiselfahrbahnen herangezogen.

Die Platten werden untereinander verdübelt und die Querfugen radial angeordnet. Dies gewährt eine optimale Last- bzw. Schubkraftübertragung. Zwei bis vier der Radialfugen – je nach Ausführungszeitpunkt im Jahresablauf – werden als Dilatationsfugen ausgebildet, um die Bewegungen in der Ringfläche infolge Temperaturschwankungen aufzunehmen.

Um die doch erheblichen Schubkräfte im Einfahrtsbereich in den Kreisel aufzufangen, ist es empfehlenswert, auch hier statt Asphalt Beton zu wählen.
Auch in den Ausfahrtsbereichen zeigt es sich immer wieder, dass die Asphaltbeläge Verformungen aufweisen. So ist es technisch und auch optisch sinnvoll, diesen Bereich ebenfalls in der Betonbauweise auszuführen.



Da sich der befahrene Asphaltbelag mit der Nutzung nachverdichtet, werden die Übergänge von Asphalt auf Beton schräg angeordnet.
In der Regel sind die Betondecken von Kreiselfahrbahn sowie Ein- und Ausfahrten konstruktiv von einander zu trennen, weil sie ein unterschiedliches Bewegungsverhalten aufweisen. Um Vertikalversätze (Stufen) zu vermeiden, werden in diesem Fall Betonschwellen angeordnet. Ist es aber möglich, die Fugenanordnung so zu treffen, dass die an die Kreiselfahrbahn angrenzenden Platten verdübelt werden können, so entfallen die Betonschwellen.

Um gleichmässige Auflageverhältnisse zu schaffen und in späterer Zeit ein Pumpen zu vermeiden, wird die Betondecke auf eine gebundene Unterlage (Dämpfungsschicht) aufgelegt. Bevorzugt wird eine Asphaltschicht (AC T oder AC F) mit einer Dicke von 8 bis 10 cm. Diese Asphaltschicht wird in der Dimensionierung nicht berücksichtigt.

Bei Kreiseln (unabhängig ob mit Betondecke oder Asphaltbelag versehen), die mehrheitlich von Kiestransportern befahren werden, ist es zweckmässig, das Quergefälle auf 2,5 bis 3 % zu beschränken. Damit kann die Gefahr des ungewollten Verlierens von Transportgut etwas eingeschränkt werden.

Nicht unterschätzt werden darf die konstruktive Ausbildung des (befahrbaren) Innenrings. Dieser von der eigentlichen Kreiselfahrbahn höhenmässig einige Zentimeter abgesetzte Teil ist ganz besonders den enormen Belastungen von Schub und Druck ausgesetzt.
Die Erfahrungen zeigen, dass Pflästerungen hier nur selten den hohen Belastungen standhalten können. Es empfiehlt sich daher, diesen Bereich ebenfalls mit Beton zu befestigen.
Wird statt Granitstellsteinen ein Betoninnenband vorgesehen, können die Kanten des Betons noch zusätzlich mit verzinkten Stahlblechen geschützt werden.

Dimensionierung

Die Betondeckendicke variiert zwischen 25 und 26 cm, je nach Fahrbahnbreite bzw. dadurch sich ergebenden Plattengrössen. Da die Platten im Kreiselbereich – durch die Radialfugen – eine ungleichmässige Form aufweisen, ist eine Bewehrung zweckmässig.

Ausführung

Natürlich ist es von grossem Vorteil, wenn die Bauarbeiten unter Ausschluss des Verkehrs abgewickelt werden können. Die gesamte Kreiselfahrbahn kann dann in einer Etappe betoniert werden. Bis heute konnten vier Kreiselfahrbahnen unter Ausschluss des Verkehrs, d. h. in einer Etappe realisiert werden. Die Betondecken der übrigen Kreisel wurden unter Verkehr in zwei bis fünf Etappen eingebaut.
Da die Kreisel kleine bis sehr kleine Radien aufwiesen, konnten keine Gleitschalungsfertiger eingesetzt werden
Die beiden ersten realisierten Kreisel wurden noch mit einer traditionellen Netzbewehrung gebaut, bei den weiteren wurden und werden Stahlfasern verwendet. Dabei spielen sowohl der Zeitfaktor (Netzbewehrung erfordert einen Arbeitsgang mehr!) als auch der Arbeitsaufwand eine erhebliche Rolle.

Bezüglich Belagswahl bei den Ein- und Ausfahrtsbereichen besteht keine Einheitlichkeit. Drei der ausgeführten Kreisel haben sowohl die Einfahrten als auch die Ausfahrten in Beton (Länge: 5 bis 15 Meter). Bei einem Kreisel wurden nur die Einfahrten auf einer Länge von 15 bis 20 Metern mit einer Betondecke versehen und schliesslich besteht bei zweien nur die Kreiselfahrbahn aus Beton.

Von den bis Ende 2005 erstellten neun Betonkreiseln ist nur einer mit zwei Fahrspuren ausgebildet. Da hier die Fahrbahnbreite über acht Meter beträgt, wurde eine Mittellängsfuge angeordnet. Obwohl von den Radien her ein maschineller Einbau möglich gewesen wäre, scheiterte dies daran, dass der Kreisel nur unter Verkehr in mehreren kleinen Etappen realisiert werden konnte.

Betonqualität und Nachbehandlung

Zur Anwendung gelangt ein C 30/37 (nach EN 206-1:2000) mit den Expositionsklassen XC4, XD3 und XF4. Vorgegeben wird auch die Biegezugfestigkeit von 5,5 N/mm^2. Um die geforderte Ebenheit gemäss Normen zu erreichen, ist die Konsistenz des angelieferten Betons von grosser Bedeutung. Es wird ein Verdichtungsmass (nach Walz) von 1,20 bis 1,30 angestrebt.

Um die Abriebfestigkeit auf der den Schubkräften sehr stark ausgesetzten Betonflächen zu verbessern, wird in die noch bearbeitbare Oberfläche ein Hartstoff eintaloschiert. Anschliessend erhält die Betonoberfläche eine eher kräftige Besenstrichstruktur.

Unmittelbar nach dem Einbau beginnt die Nachbehandlung des Betons mit dem Aufsprühen eines Verdunstungsschutzes. Sobald die Oberflächenstruktur nicht mehr zerstört werden kann, bringt das Abdecken der Fläche mit Thermomatten einen zusätzlichen Schutz des Betons. Die Matten bleiben bis zur Verkehrsfreigabe liegen. Diese kann erfolgen, wenn 70% der geforderten Endfestigkeit erreicht sind.

Da in einigen Fällen die Verkehrsfreigabe bereits nach einem Tag oder – was schon bald die Regel ist –zwei bis drei Tage nach dem Betonieren erfolgt, werden frühfeste Betone verwendet.

Bauzeit, Bauablauf

Bereits bei der Realisierung des ersten Betonkreisels wurde die kürzest mögliche Bauzeit angestrebt. Es war verkehrstechnisch möglich, während dreier Tage - von Freitag bis Montag - den Verkehr vollständig auszuschliessen.

Die Bauarbeiten verliefen wie folgt:

- Freitag, 0900 Uhr:	Beginn Abfräsen des verformten Asphaltbelages; Nachverdichten der Fundationsschicht; Tragfähigkeitsmessungen; Einbau der neuen Asphaltschicht (Dämpfungsschicht); Einbau Betonschwelle und Erstellen der Schalungen.
- Samstag:	Betonieren der Fahrbahn im Kreisel sowie der Ein- und Ausfahrten; Nachbehandlung des Betons
- Sonntag:	Ab Mittag Räumen der Fahrbahnen; Reinigung; anschliessend Aufbringen der Markierung.
- Montag 0500 Uhr:	Verkehrsfreigabe des Kreisels.

Die nachfolgenden acht Kreisel konnten teils mit und teils ohne Verkehr gebaut werden. Zurzeit wird versucht, dass – wenn der Verkehr ausgeschlossen werden kann – doch mindestens vier oder fünf Tage für die Bauarbeiten zur Verfügung stehen. So bekommt in diesem Sommer ein Kreisel ein „Baufenster" von Donnerstag 0900 Uhr bis Montag 0500 Uhr und ein Kreisel eines von Montag 0900 Uhr bis Freitag 1700 Uhr. Für den Zeitbedarf ist es wesentlich, ob auch die Ein- und Ausfahrten des Kreisels in Beton vorgesehen sind.

Zusammenfassung

Kreiselfahrbahnen sowie zugehörige Ein- und Ausfahrtsbereiche sind durch die hohen Belastungen durch den Schwerverkehr enormen Schubkräften unterworfen. Kreiselfahrbahnen in Asphalt können diesen extrem hohen Beanspruchungen – besonders wenn sie noch starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind – kaum Stand halten. Sie weisen bereits nach wenigen Jahren Verformungen, Verwerfungen auf.

Betondecken sind dagegen absolut verformungsfest und garantieren – mit dem gewählten Aufbau (Asphaltunterlage/Betonschwelle) - eine sehr lange Nutzungsdauer mit einem geringen Instandsetzungsbedarf.
Damit stellen sie – auch wenn sie in der Investition etwas teurer sind – die wirtschaftlichste Lösung dar.

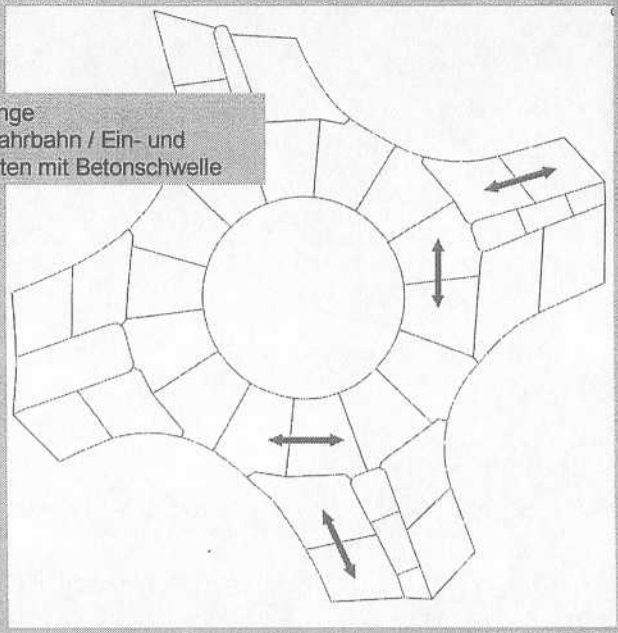
Durch seine Helligkeit leistet ein Betonbelag im Kreiselbereich zudem einen bemerkenswerten Beitrag an die Verkehrssicherheit.

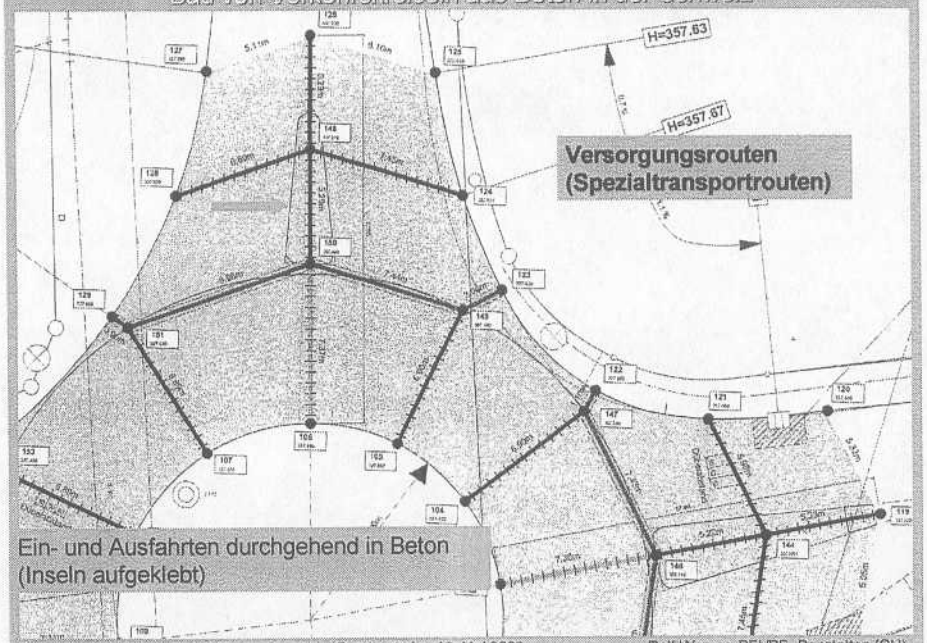
Bonstetten, 16. Mai 2006

Bau von Verkehrskreiseln aus Beton

Erfahrungen aus der Schweiz

Übergänge
Kreiselfahrbahn / Ein- und
Ausfahrten mit Betonschwelle





Versorgungsrouten (Spezialtransportrouten)

Ein- und Ausfahrten durchgehend in Beton
(Inseln aufgeklebt)

Ablauf der Bauarbeiten bei Vollsperrung des Knotens (Beispiel 1)

Zeitfenster: Donnerstag 09.00 – Montag 05.00 Uhr

Donnerstag:	Abbruch Altasphalt, Nachverdichten Fundationsschicht, Einbau Asphaltfundationsschicht, Betonschwellen
Freitag:	Einbau Betondecke Kreiselfläche
Samstag:	Einbau Betondecke Ein- und Ausfahrten
Sonntag:	Nachbehandlung, Markierung
Montag:	Verkehrsfreigabe

Ablauf der Bauarbeiten bei Vollsperrung des Knotens (Beispiel 2)

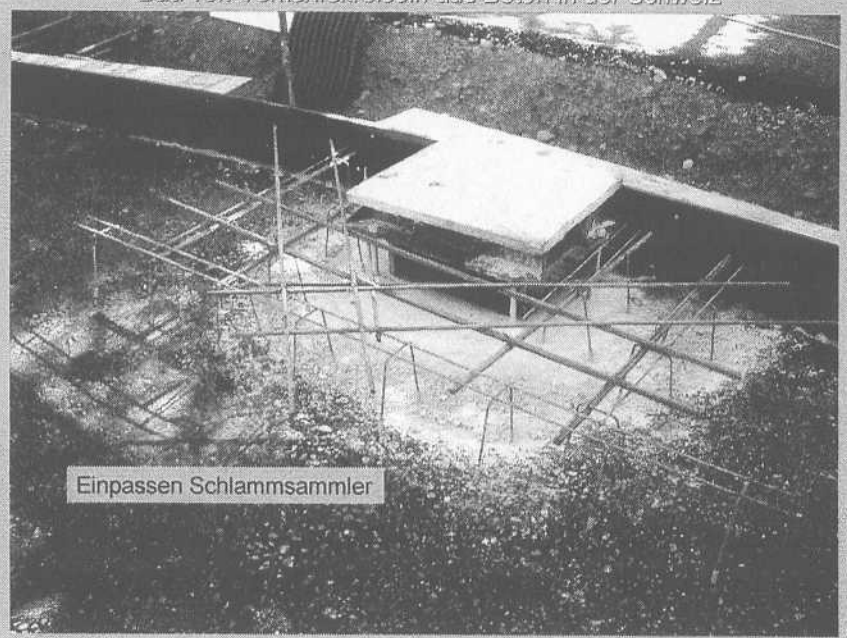
Zeitfenster: Montag 09.00 – Freitag 17.00 Uhr

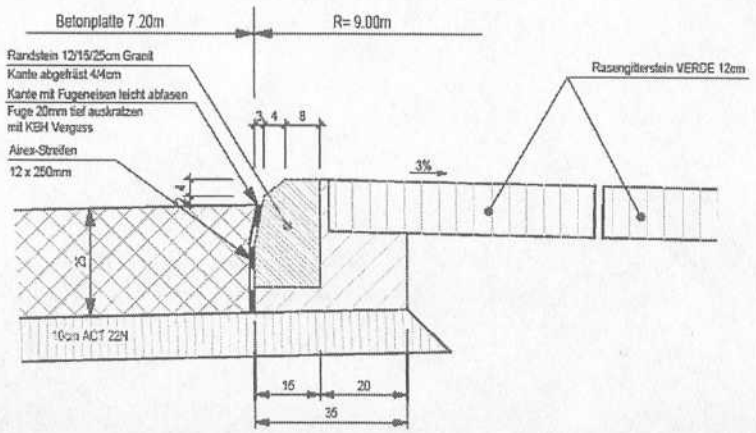
Montag:	Abbruch Altasphalt, Nachverdichten Fundationsschicht, Einbau Asphaltfundationsschicht, Betonschwellen
Dienstag:	Einbau Betondecke Ein- und Ausfahrten 1. Et.
Mittwoch:	Einbau Betondecke Kreiselfläche
Donnerstag:	Einbau Betondecke Ein- und Ausfahrten 2. Et.
Freitag:	Nachbehandlung, Markierung, Verkehrsfreigabe

Beton (EN 206-1:2000) C 30/37, XF4
Biegezugfestigkeit: 5,5 N/mm²
Konsistenzklasse (Walz): 1,15-1,25
bewehrt (seit anfangs 2005 ausschliesslich Stahlfaserbewehrung)

Inseln, nachträglich aufgeklebt

Bewegungsfugen entlang Randabschlüssen



Detail I 1:10

Kreisel-Innenrand