

TU

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

D I P L O M A R B E I T

MASTER'S THESIS

Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken – Bemessung und Ausführung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Univ.Prof. DI Dr.techn. Ronald BLAB

E 233 Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung

DI Dr.techn. Johannes STEIGENBERGER

Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

Von

Simon WEDL

E 610 / 9926270

Rehau 4, 3340 Waidhofen/Ybbs

Wien, im Februar 2007

Kurzfassung

Oberbaukonstruktionen von Kreisverkehren unterliegen aufgrund der Flieh- & Bremskräfte des den Kreisverkehr durchfahrenden Schwerverkehrs besonders hohen Beanspruchungen. Gerade im so genannten Übergangsbereich eines Kreisverkehrs kommt es durch die Ausführung von unregelmäßig geformten Plattengeometrien zu häufigen Schadensfällen. Im Zuge der Diplomarbeit wurden diese Bereiche eines Kreisverkehrs genauer untersucht und in Zusammenarbeit mit der ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton & Bautechnik) ein Merkblatt für die Planung und Ausführung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken erstellt.

Um Aussagen über die optimale Baustoffwahl, Fugenausbildung und vor allem die Fugenaufteilung geben zu können, wurden zu Beginn Informationen zum derzeitigen Stand der Technik von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken in Österreich zusammengetragen und aufbereitet. Die in den Fugenteilungsplänen auftretenden unregelmäßig geformten Plattengeometrien wurden mit Hilfe der numerischen Methode, basierend auf der Methode der Finiten Elemente (FEM) untersucht. Die Ermittlung der Verkehrslastspannungen erfolgte für den Lastfall „freier Plattenrand“ und „Querkraftübertragung am Plattenrand“. Damit konnten Aussagen über die Dimensionierung derartiger Betonplattengeometrien getroffen werden. Bei ausreichender Querkraftübertragung zwischen den einzelnen Betonplatten ist die Ausbildung von Plattengeometrien mit einem Eckwinkel $< 85^\circ$ zulässig. Bei hohen Radlasten sind diese jedoch mit einer Bewehrung zu versehen.

Aufgrund der erhöhten Beanspruchung ist ein Oberbau mit einer Betondeckenstärke von 22 cm als Mindestanforderung auszuführen. Neben der Kreisverkehrfläche selbst sind auch die Ein-/Ausfahrtsbereiche eines Kreisverkehrs mit einer Länge von 40 m in Betonbauweise auszuführen.

Summary

Wearing courses of roundabouts are subject to particularly high demands due to the fleeing and braking force the roundabout of driving through heavy traffic. Exactly in the so called transition area of a roundabout, the implementation of irregularly formed plate geometries causes frequent damage cases. In the course of the master thesis, these areas of a roundabout are examined and a technical leaflet is produced in cooperation with the ÖVBB (Austrian union for concrete & construction technology) for the planning and implementation of roundabouts with concrete pavements.

For recommendations the optimal construction material election, joint design and the joint layout, information about the state of the art of concrete pavements in Austria was collected first.

In a second step the irregularly formed plate geometries occurring in the joint division plans became examines (with help of the numerical method, based on the method of the finite elements (FEM)). The investigation of the resulting traffic load stresses took

place for the load case "free plate edge" and "shear force transmission at the plate edge." Statements about the dimensioning of such concrete plate geometries could be met with it. In case of intact slab load transfer at the edges, the formation of plate geometries with corner angles of $< 85^\circ$ is allowable. With high wheel loads, however, these slabs must be reinforced.

As consequence of the specific aggressive loading situation in roundabouts, concrete pavements with a minimum thickness of 22 cm are recommended. Beside the circle pavement also the in-/exit areas of a roundabout should be constructed with a length of 40 m.

Danksagung

Ich möchte einigen Personen danken, die mir beim Studium und beim Anfertigen dieser Diplomarbeit behilflich waren.

Zuerst danke ich DI Dr.techn. **Ronald Blab**, der es mir ermöglichte am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung meine Diplomarbeit zu schreiben.

Weiters richte ich meinen Dank an DI Dr.techn. **Johannes Steigenberger**, der mir bei Fragen und Problemen hilfreich zur Seite stand.

Ebenso danke ich allen Mitgliedern des Arbeitskreises „Betonfahrbahnen“ der Österreichischen Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVVB) für die gute und kameradschaftliche Zusammenarbeit.

Besonderen Dank gilt meiner Familie für die jahrelange finanzielle und persönliche Unterstützung, denn nur so war es möglich, das Studium erfolgreich abzuschließen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	KURZZEICHEN	7
2	EINLEITUNG	8
3	ZIELSETZUNG UND AUFBAU DER ARBEIT	9
4	ALLGEMEINES	10
4.1	VORTEILE VON BETONFAHRBAHNDECKEN	10
4.2	BEREICHE EINES KREISVERKEHRS	11
4.3	STAND DER TECHNIK IN ÖSTERREICH	12
4.3.1	Gegenüberstellung:	13
	Kreisfahrbahnbreite – Außendurchmesser	13
4.3.2	Gestaltung der Ein-/ Ausfahrtsbereiche	14
4.3.3	Oberbauausbildung	16
4.3.4	Beton	16
4.3.5	Einbau	17
4.3.6	Fugen	18
4.3.7	Stahleinlagen	18
4.3.8	Bankette	19
4.4	SCHADENSBLDER UND SCHADENSANALYSE	20
5	GESTALTUNG VON KREISVERKEHREN MIT BETONFAHRBAHNDECKEN	21
5.1	HERSTELLUNGSART	21
5.2	OBERBAU-AUSBILDUNG	22
5.3	FUGENTEILUNG	23
5.3.1	Plattengeometrie	23
5.3.2	Praktische Hinweise	25
5.4	FUGENAUSBILDUNG	26
5.4.1	Scheinfugen	26
5.4.2	Pressfugen	27
5.4.3	Trennfugen	28
5.4.4	Anschlussfugen	28
5.4.5	Abschlussfugen	29
5.5	GESTALTUNG DER EIN- UND AUSFAHRTSBEREICHE	29
5.6	QUERSCHNITT – BANKETT	30
5.6.1	Detaillösungen	30
6	BAUSTOFFANFORDERUNGEN	33
6.1	BETON	33
6.2	FUGENFÜLLUNG	34
6.3	STAHLEINLAGEN	34
6.3.1	Dübel	35
6.3.2	Anker	35
7	HERSTELLUNGSHINWEISE	37
7.1	TRAGSCHICHTEN	37
7.2	SCHALUNG	37
7.3	EINBAU	38
7.4	VERDICHTEN	38
7.5	OBERFLÄCHENSTRUKTUR	39
7.6	NACHBEHANDLUNG	39
7.7	FUGENSCHNITT	40
7.8	HORIZONTALE LEITEINRICHTUNGEN	40

8	DIMENSIONIERUNG VON UNREGELMÄßIG GEFORMTEN BETONPLATTEN.....	42
8.1	GRUNDLAGEN – FREIER PLATTENRAND	42
8.2	GRUNDLAGEN – QUERKRAFTÜBERTRAGUNG AM PLATTENRAND	45
8.3	GEGENÜBERSTELLUNG: ANALYTISCHE LÖSUNG – NUMERISCHE LÖSUNG	47
8.3.1	Freier Plattenrand	47
8.3.2	Querkraftübertragung am Plattenrand	51
8.4	UNTERSUCHTE PLATTENGEOMETRIEN	52
8.4.1	Freier Plattenrand	52
8.4.2	Querkraftübertragung am Plattenrand	53
8.5	BERECHNUNGSERGEBNISSE.....	54
8.5.1	Freier Plattenrand	54
8.5.2	Querkraftübertragung am Plattenrand	58
8.6	ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN	62
9	AUSFÜHRUNGSBEISPIELE.....	65
9.1	EINSTREIFIGE KREISVERKEHRE MIT BETONFAHRBAHNDECKEN	65
9.1.1	Einbau erfolgt händisch (Anhang E)	65
9.1.2	Einbau erfolgt maschinell (Anhang F)	66
9.2	ZWEISTREIFIGE KREISVERKEHRE MIT BETONFAHRBAHNDECKEN (ANHANG G)	67
9.3	MUSTER – LEISTUNGSVERZEICHNIS	68
9.4	BILDDOKUMENTATION.....	68
10	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	69
	ANHANG A: MERKBLATT	73
	ANHANG B: MUSTER - LEISTUNGSVERZEICHNIS.....	82
	ANHANG C: BILDDOKUMENTATION	83
	ANHANG D: SCHADENSBILDER & SCHADENSANALYSE.....	86
	ANHANG E: FUGENTEILUNGSPLAN – EINSTREIFIG – HÄNDISCHER EINBAU	
	ANHANG F: FUGENTEILUNGSPLAN – EINSTREIFIG – MASCHINELLER EINBAU	
	ANHANG G: FUGENTEILUNGSPLAN – ZWEISTREIFIG – MASCHINELLER EINBAU	

1 Kurzzeichen

KV:	Kreisverkehr
LSF:	Längsscheinfuge
QSF:	Querscheinfuge
PF:	Pressfuge
TF:	Trennfuge
ANF:	Anschlussfuge
AF:	Abschlussfuge
E :	Elastizitätsmodul
h :	Dicke der Betondecke
a :	Belastungskreishalbmesser
p :	Kontraktionsdruck
Q :	Radlast
k :	Bettungsmodul
μ :	Querdehnzahl
σ_{QM} :	Biegezugspannung für Lastfall „Plattenmitte“
σ_{QR} :	Biegezugspannung für Lastfall „Plattenrand“
σ_{QE} :	Biegezugspannung für Lastfall „Plattenecke“
Eu:	E-Modul des Untergrundes
h_B^*, h_T^*, h :	Ersatzschichtdicken
h_T :	Schichtdicke der Tragschichte
c:	Federkonstante
Δw :	Differenz der Plattenrandeinsenkung
σ_1 :	Hauptnormalspannungen
fctm:	mittlere Betonzugfestigkeit

2 Einleitung

Die Anforderungen an Oberbaukonstruktionen von hoch belasteten Straßen werden immer größer. Neben der stetigen Zunahme des Schwerverkehrs erhöhen sich auch die Kontaktspannungen zwischen Reifen und Deckschicht. Verantwortlich dafür ist die Verwendung von so genannten „Supersingelreifen“ in Verbindung mit höheren Reifendrücken. Durch das temperaturabhängige Materialverhalten von bituminösen Deckschichten kann es verstärkt zur Spurrinnenbildung kommen. Diese wirken sich wiederum negativ auf den Straßenbetrieb aus (Sicherheit, Winterdienst, Aquaplaning). Im Autobahnbau erfreut sich der „starre“ Baustoff Beton aufgrund seiner günstigen Gebrauchseigenschaften bereits größerer Beliebtheit. Weiters kann man bereits auf Erfahrungswerte zurückgreifen, die aber nur beschränkt auf Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken anzuwenden sind.

In Kreisverkehren ergeben sich zusätzliche Beanspruchungen durch Flieh-, Brems- bzw. Beschleunigungskräfte. Diese Zusatzbelastungen müssen bei der Bemessung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken berücksichtigt werden. Eine Mindestbetondeckendicke sowie zusätzliche Stahleinlagen in den Fugen für eine ausreichende Querkraftübertragung sind hier beispielhaft zu erwähnen. Weiters ist bei der Ausführung von unregelmäßig geformten Betonplatten auf eine sorgfältige Ausbildung der Geometrien zu achten.

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Aufbereitung von Informationen aus bereits bestehenden Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken dazustellen, sowie neue Lösungsvorschläge für z.B. Fugenteilung, Baustoffwahl zu erarbeiten.

Zu diesem Zweck wurde im Zuge der Diplomarbeit ein Merkblatt zum Thema „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken“ erarbeitet. Das fertige Merkblatt findet man im Anhang A der Diplomarbeit.

3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Im Auftrag der ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton & Bautechnik) wurde im Zuge der Diplomarbeit ein Merkblatt für die Bemessung und Ausführung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken erstellt. Um sich einen Überblick über den derzeitigen Stand der Ausführungspraxis machen zu können, wurden im Vorfeld mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens österreichweit Informationen zum vorliegenden Thema zusammengetragen und ausgewertet.

Sämtliche Erhebungen und Gestaltungsvorschläge wurden laufend im Arbeitskreis „Betonfahrbahnen“ der ÖVBB vorgetragen und dienten als Diskussionsgrundlage für die Erarbeitung von Ausführungsempfehlungen. Sämtliche Informationen wurden danach im Zuge der Diplomarbeit aufbereitet und in Form eines Merkblattes zum Thema „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken“ zusammengefasst.

Folgende Schwerpunkte ergaben sich im Zuge der Erhebung, die bei der Bemessung & Ausführung zu beachten sind:

- Fugenkonzept (Fugenteilungsplan)
- Gestaltung der Ein-/ Ausfahrtsbereiche
- Anforderungen an die Baustoffe
- Hinweise für die Herstellung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken
- Dimensionierung von unregelmäßig geformten Betonplatten

Weiters wurden drei Fugenteilungspläne erarbeitet, um Beispiele möglicher Ausführung zu zeigen.

Die Bestimmungen dieses Merkblattes dienen als Planungs- & Ausführungsgrundlage zur Herstellung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken.

4 Allgemeines

4.1 Vorteile von Betonfahrbahndecken

1. Der Vorteil des Baustoffs Beton gegenüber bituminösen Deckschichten liegt darin, dass seine Materialeigenschaften von Temperatur und Belastungszeit weitgehend unabhängig sind (siehe Abbildung 1,2).

Die Betonplatte weist als „starres“ Element eine hohe Tragfähigkeit auf und verteilt auch punktuelle Lasten gleichmäßig auf ihre Unterlage, wodurch sich die Tragfähigkeit des ganzen Systems, bestehend aus Betonplatte und Fundationsschicht, erhöht.

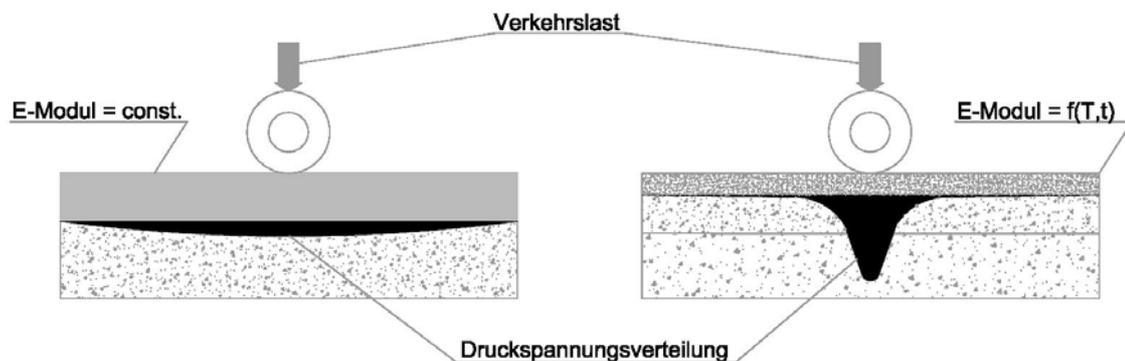


Abbildung 1: Betondecke [14]

Abbildung 2: Asphaltkonstruktion [14]

Die in Kreisverkehren auftretenden Schubbeanspruchungen führen verstärkt bei Erwärmung zu bleibenden Verformungen. Daraus ergeben sich Spurrinnen in bituminösen Deckschichten, welche den Straßenbetrieb stören (Sicherheit, Winterdienst, Ansammlung von Oberflächenwässern).

Die hohe Verformungsbeständigkeit der Beton- gegenüber der Asphaltbauweise führt somit auf hoch belasteten Straßen zu einer wesentlich längeren Gebrauchsdauer bei geringerem Erhaltungsaufwand.[8]

2. Die helle Oberfläche einer Betonfahrbahndecke trägt insbesondere bei Dunkelheit und Nässe zur Verkehrssicherheit bei. Sie gewährt bessere Sicht, Personen und Hindernisse werden eher erkannt. Dadurch wird das Unfallrisiko für Fahrer, Fußgänger und Radfahrer herabgesetzt. Die Helligkeit des Betons senkt auch die Investitions- und Betriebskosten bei der Straßenbeleuchtung (siehe Abbildung 3).[8]



Abbildung 3: Helle Oberfläche des Betons erhöht die Verkehrssicherheit
(Foto: WEDL)

4.2 Bereiche eines Kreisverkehrs

Ein Kreisverkehr ist in bautechnischer Hinsicht in 3 Bereiche (Abbildung 4) zu teilen:[1]

1. Zentraler Bereich: Dieser umfasst die eigentliche Kreisverkehrsfläche.
2. Übergangsbereich: Dieser stellt den Übergang zwischen zentralem Bereich und den anzuschließenden Ein-/ Ausfahrtbereich dar.
3. Ein- /Ausfahrtbereich: Dieser reicht vom Ende des Übergangsbereichs bis zum Ende des mit Betonfahrbahndecke ausgeführten Kreisverkehrs.

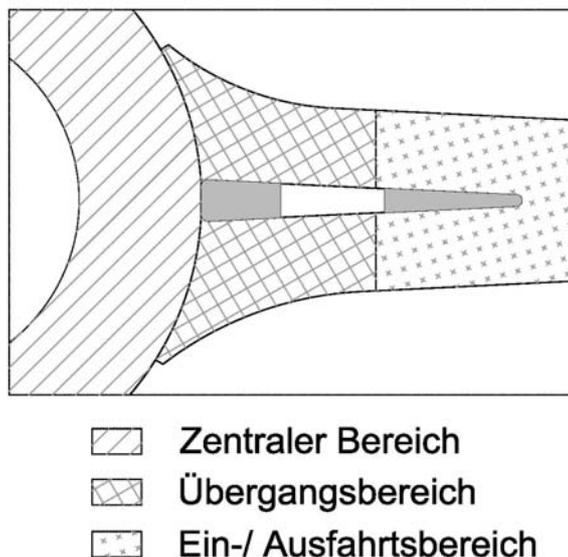


Abbildung 4: Bereiche eines Kreisverkehrs [1]

Kreisverkehrsarm:

Der Kreisverkehrsarm setzt sich aus dem Übergangsbereich sowie dem Ein-/Ausfahrsbereich zusammen.

4.3 Stand der Technik in Österreich [5]

Mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens wurden in Zusammenarbeit mit der ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton & Bautechnik) Informationen zur derzeitigen Ausführungspraxis von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken in Österreich zusammengetragen (siehe Abbildung 4).

Fragebogen Ausführung von Kreisverkehrsanlagen aus Beton ÖVBB - AK Betonfahrbahnen, Juni 2005			
FRAGEBOGEN			
I. ALLGEMEIN:			
> persönliche Daten:			
Name:	Datum:		2005
Dienststelle:			
Anschrift:			
Tel.:			
E-Mail:			
II. KREISVERKEHRSANLAGE AUS BETON			
> Allgemeine Daten über den Kreisverkehr und Ein- / Ausfahrsbereiche			
Name:	Standort:	Baujahr:	
Länge: m	Ausseidurchmesser: m	Breite: m	
Anzahl der Knotenarme:	Länge Ausfahrt / Einfahrt: / / /		
Laufklasse der Straße:	Verkehrsbelastung:	Straßenkategorie:	
<input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II	JDTV:	<input type="checkbox"/> A-S	
<input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	J DTLV:	<input type="checkbox"/> B	
Belastung durch:	<input type="checkbox"/> Schwerverkehr	<input type="checkbox"/> Anfahrs- und Bremskräfte	<input type="checkbox"/> Verkehrstau
> Dimensionierung			
Fahrbahnaufbau:			
Fugenteilung / -plan: siehe Anlage ...			
Längsfugen	<input type="checkbox"/> Dübel	<input type="checkbox"/> Anker	<input type="checkbox"/> Anzahl/fm.
Querfugen	<input type="checkbox"/> Dübel	<input type="checkbox"/> Anker	<input type="checkbox"/> Anzahl/fm.
Sonstige Angaben (Bewehrung)			
Ausbildung Bankett Innen:		Aussen:	
Entwässerung:			
> Beton			
Betonsorte / Festigkeitsklasse:			
Frühzeitige Verkehrsfreigabe nach ... Stunden			
Eigenspannung (Datum / Prüfstelle)			
Nachbehandlung			
Oberflächenverzögerer			
Nachbehandlungsmittel			
Wassergehalt			
<small>Forschungsinstitut der VÖZ 1030 Wien, Eibenstraße 53</small>			
Fragebogen		Seite 1 von 4	

Fragebogen Ausführung von Kreisverkehrsanlagen aus Beton ÖVBB - AK Betonfahrbahnen, Juni 2005			
> Einbau:			
Datum:			
äußere Bedingungen beim Einbau (z. B. unter Verkehr, Witterung, etc.):			
Einbau:	<input type="checkbox"/> handisch	<input type="checkbox"/> mit Fertiger	<input type="checkbox"/> halbmaschinell
	<input type="checkbox"/> einschichtig	<input type="checkbox"/> zweischichtig	
	<input type="checkbox"/> etnlagig	<input type="checkbox"/> zweilagig	
Oberflächenstruktur:	<input type="checkbox"/> Waschbeton	<input type="checkbox"/> Besenstrich	<input type="checkbox"/> Jutetuch
Größtkorn Oberbeton:	<input type="checkbox"/> GK 8 mm	<input type="checkbox"/> GK 11 mm	<input type="checkbox"/> GK 22 mm
Nachbehandlung:			
1. Nachbehandlung unmittelbar nach Betoneinbau:			
2. Nachbehandlung nach Herstellen der Oberflächenstruktur:			
3. Fugenschnitt (Zeitpunkt des Schneidens) / Methode / Probleme / Verfüllung:			
4. Wie wurde nach Fugenschnitt nachbehandelt?			
Reinigung der Oberfläche:			
Wurde der Schlamm nach dem Ausbütten entfernt? Wenn ja - Beschreibung:			
Art der Reinigung der Oberfläche:			
Oberflächenparameter:			
Profilspitzen:	Rauhtiefe:		
Ebenheit / Absacken der Ränder:			
Grifffähigkeit:			
Datum der Messung:			
Temperatur bei der Messung:			
Messergebnisse			
Einfahrtsbereich:	Mittel:	Minimum:	Maximum:
Kreisverkehr:	Mittel:	Minimum:	Maximum:
Ausfahrtsbereich:	Mittel:	Minimum:	Maximum:
<small>Forschungsinstitut der VÖZ 1030 Wien, Eibenstraße 53</small>			
Fragebogen		Seite 2 von 4	

Abbildung 5: standardisierter Fragebogen

Fragebogen Ausführung von Kreisverkehrsanlagen aus Beton
ÖVBB – AK Betonfahrbahnen, Juni 2005

> Schadensbilder bisher

> Notwendige Erhaltungsmaßnahmen

Forschungsinstitut der VÖZ
1030 Wien, Eitnerstraße 53

Fragebogen

Seite 3 von 4

Fragebogen Ausführung von Kreisverkehrsanlagen aus Beton
ÖVBB – AK Betonfahrbahnen, Juni 2005

> Verfügbare Detailinformationen (soweit vorhanden oder aus Erstprüfung bekannt)

Betonausgangsstoffe und -zusammensetzung:

Unterbeton	Sorte / Firma	Kohlenstoffgehalt	Menge
Zement			
Gesteinskörnung 1			
Gesteinskörnung 2			
Gesteinskörnung 3			
Gesteinskörnung 4			
Fließmittel			
LP-Mittel			

Oberbeton	Sorte / Firma	Menge
Zement		
Gesteinskörnung 1		
Gesteinskörnung 2		
Gesteinskörnung 3		
Fließmittel		
LP-Mittel		

Frischbetonkennwerte (UB / OB):

Betontemperatur:		Ausbreitmaß:		Rohdichte:	
Mittelwert:	/	Mittelwert:	/	Mittelwert:	/
Minimum:	/	Minimum:	/	Minimum:	/
Maximum:	/	Maximum:	/	Maximum:	/

WB-Wert:		LP-Gehalt:	
Mittelwert:	/	Mittelwert:	/
Minimum:	/	Minimum:	/
Maximum:	/	Maximum:	/

Festbetonkennwerte:

28-Tage Festigkeit Unterbeton:		Druckfestigkeit:		Biegezugfestigkeit:	
Mittelwert:	/	Mittelwert:	/	Mittelwert:	/
Minimum:	/	Minimum:	/	Minimum:	/
Maximum:	/	Maximum:	/	Maximum:	/

28-Tage Festigkeit Oberbeton:		Druckfestigkeit:		Biegezugfestigkeit:	
Mittelwert:	/	Mittelwert:	/	Mittelwert:	/
Minimum:	/	Minimum:	/	Minimum:	/
Maximum:	/	Maximum:	/	Maximum:	/

Forschungsinstitut der VÖZ
1030 Wien, Eitnerstraße 53

Fragebogen

Seite 4 von 4

Abbildung 5: standardisierter Fragebogen

Auf folgende Schwerpunkte wurde in den Ausführungen eingegangen:

- Gegenüberstellung: Kreisfahrbahnbreite – Außendurchmesser
- Gestaltung der Ein-/ Ausfahrtsbereiche
- Oberbauausbildung
- Beton
- Einbau
- Fugen
- Stahleinlagen
- Bankette

4.3.1 Gegenüberstellung: Kreisfahrbahnbreite – Außendurchmesser

Sämtliche in Österreich erfassten einstreifigen Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken wurden mit einer Kreisfahrbahnbreite von min. 7 m ausgeführt.

Für die erforderliche Kreisfahrbahnbreite, in Abhängigkeit vom äußeren Kreisdurchmesser ist lt. RVS 03.05.14 [2] vorzugehen. Die auszuführende Fahrbahnbreite ergibt sich durch eine Verbreiterung des Diagrammwertes von 1 m zur Mitte des Kreisverkehrs, wodurch die Befahrbarkeit für große Fahrzeuge erleichtert wird. Die Erhebungen ergaben jedoch, dass dieser Zusammenhang

zwischen dem äußeren Kreisdurchmesser und der Kreisfahrbahnbreite fast zur Gänze nicht beachtet wurde. Die meisten Kreisverkehre wurden mit größeren Kreisfahrbahnbreiten ausgeführt als in der RVS 03.05.14 [2] verlangt wird (siehe Abbildung 6).

Beispiel: Bei einem Außendurchmesser der Kreisverkehrsanlage von 35 m ergibt sich ein max. Diagrammwert für die Fahrbahnbreite von 6,5 m. Durch die Zugabe von 1 m zur Kreisfahrbahnmitte ergibt sich die maximale Kreisfahrbahnbreite von 7,5 m.

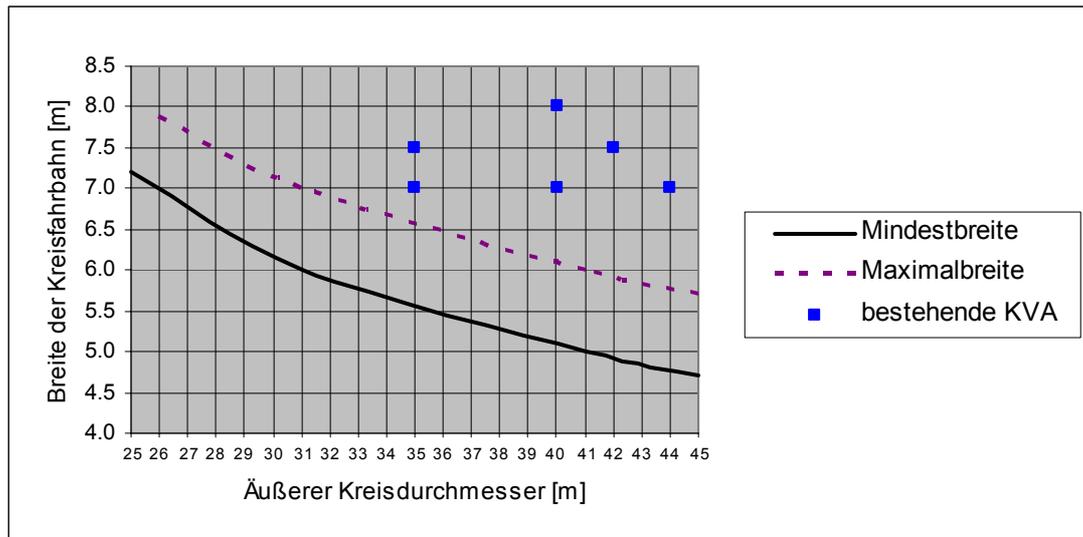


Abbildung 6: Breite der Kreisfahrbahn in Abhängigkeit vom äußeren Durchmesser lt. RVS 03.05.14 [2].

4.3.2 Gestaltung der Ein-/ Ausfahrtsbereiche

Grundsätzlich wurden bei den erhobenen Kreisverkehren drei verschiedene Varianten der Ein-/ Ausfahrtsbereiche ausgeführt (siehe Abbildung 7).

Wobei die **Variante 3** im Allgemeinen die Regelbauweise darstellt. Dabei ist sowohl der hoch belastete Einfahrtsbereich (Verzögerungskräfte), als auch der Ausfahrtsbereich (Beschleunigungskräfte) mit dem verformungsarmen Baustoff Beton abgedeckt.

Bei der **Variante 2** wird zwar der Verzögerungstreifen in Betonbauweise ausgeführt, jedoch kommt es im Beschleunigungsbereich auch zu erheblichen Belastungen, deren Folgen (Spurrinnen) bei bestehenden KV bereits ersichtlich sind.

Die **Variante 1** deckt nur den hoch belasteten zentralen Bereich des Kreisverkehrs ab, nicht jedoch den Ein-/ Ausfahrtsbereich, welcher mit einer Asphaltkonstruktion ausgeführt wurde.

	Bauweise Ausfahrtsbereich	Bauweise Einfahrtsbereich	
VARIANTE 1	Asphaltbauweise	Asphaltbauweise	
VARIANTE 2	Asphaltbauweise	Betonbauweise	
VARIANTE 3	Betonbauweise	Betonbauweise	

Abbildung 7: Gegenüberstellung von Varianten der Ein-/ Ausfahrtsbereiche

Eine Gegenüberstellung der drei ausgeführten Varianten führt zu einer in der Abbildung 8 dargestellten Verteilung. Daraus ist ersichtlich, dass ein Großteil der bestehenden Kreisverkehre in der Regelbauweise der Variante 3 ausgeführt wurde. Die Länge der in Beton hergestellten Ein-/ Ausfahrtsbereiche liegt bei einem überwiegenden Teil der erhobenen KV zwischen 40 und 50 m.

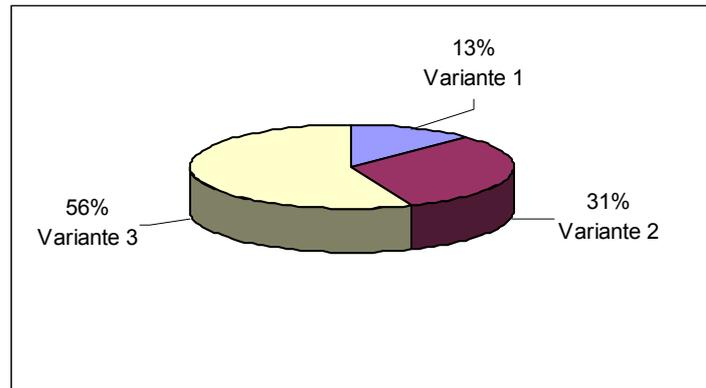


Abbildung 8: Verteilung der Ausführungsvarianten der Ein-/ Ausfahrtsbereiche

4.3.3 Oberbauausbildung

Nach der Ausarbeitung des standardisierten Fragebogens ergaben sich drei verschiedene Lastklassen gemäß RVS 03.08.63 [2], die zur Ausführung kamen. Wobei die Lastklasse „S“ und die Lastklasse „I“ einen Großteil abdecken (siehe Abbildung 9) und aufgrund der hohen Beanspruchungen von Kreisverkehren auch als Mindestanforderung heranzuziehen sind. Gerade eine zu gering dimensionierte Plattendicke in Verbindung mit ungünstigen Bettungsverhältnissen kann zu Platten- und Kantenbrüchen führen.

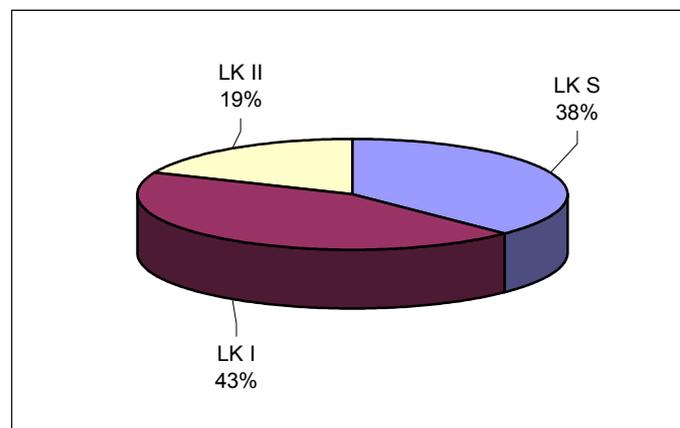


Abbildung 9: Lastklassenverteilung der erhobenen KV

4.3.4 Beton

Bei den ausgeführten Kreisverkehren wurden die unterschiedlichsten Betonsorten verwendet. Die Erhebungen ergaben, dass man sich bei der Wahl der Betonsorte immer auf der „sicheren“ Seite bewegte, sowohl bei der Festigkeitsklasse (z.B. C 35/45) als auch bei den Expositionsklassen (z.B. XM 3). Die höhere Betonqualität führt jedoch zu unwirtschaftlichen Ausführungen von Kreisverkehren mit

Betonfahrbahndecken. Einen Überblick über die Verteilung der ausgeführten Betonfestigkeitsklassen findet man in der Abbildung 10.

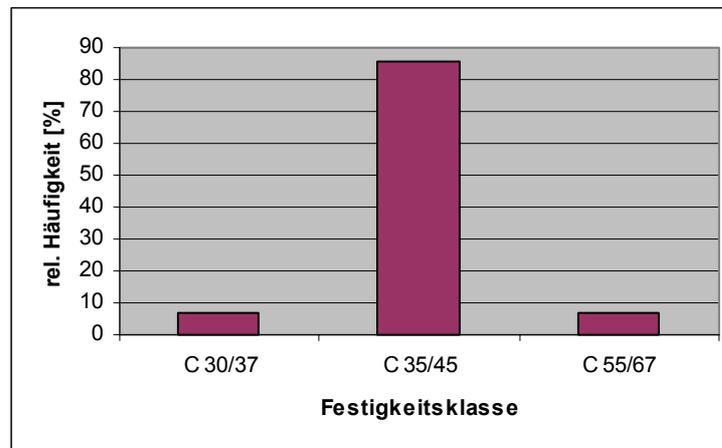


Abbildung 10: Verteilung der Festigkeitsklassen

4.3.5 Einbau

Der Einbau des Betonmischgutes erfolgte in der Regel einschichtig und einlagig. Dabei wurde der Beton direkt vom Fahrmischer in die Schalung eingebracht (siehe Abbildung 11). Mittels einer Abziehbohle erfolgte die händische Formgebung der Oberfläche. Bei größeren Kreisverkehren kann das Betonmischgut auch maschinell mittels Gleitschalungsfertiger eingebaut werden (siehe Abbildung 12).



Abbildung 11: händischer, einschichtiger Einbau



Abbildung 12: maschineller Einbau

4.3.6 Fugen

Zwei Verfahren kamen bei der Herstellung der Fugen zur Anwendung:

1. Fugenschnitt mittels Fugenschneidemaschine:
Diese Art der Fugenherstellung stellt im Allgemeinen die Regelbauweise dar. Wobei auf den richtigen Zeitpunkt des Fugenschnitts besonders zu achten ist.
2. Einlegen von Fugenleisten:
Das Einrütteln einer Fugenleiste in den frischen Beton kann als Alternative Ausführungsform angesehen werden. Diese wurden nach der Erhärtung des Betons entfernt.

Nach Reinigung der Fugen wurden diese mittels bituminöser Fugenvergussmasse verschlossen. Fugenprofile kamen bei den erhobenen Kreisverkehren nicht zu Anwendung.

4.3.7 Stahleinlagen

Bei den Längsfugen wurden fast zur Gänze die in der RVS 08.17.02 [2] geforderten 3 Anker je Feld eingebaut. Im Gegensatz zum Autobahnbau wird bei Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken die Längsfuge jedoch häufiger be- bzw. überfahren. Um hier der höheren Beanspruchung entgegen zu wirken, sollte die Anzahl der Anker pro Feld erhöht werden.

Die Frage der Anzahl an eingelegten Dübel (z.B. bei Querfugen) wurde in dem standardisierten Fragebogen leider nur von sehr wenigen beantwortet und ist damit nur beschränkt aussagekräftig. Eine Darstellung der Verteilung der Dübelanzahl pro lfm. findet man in der Abbildung 13.

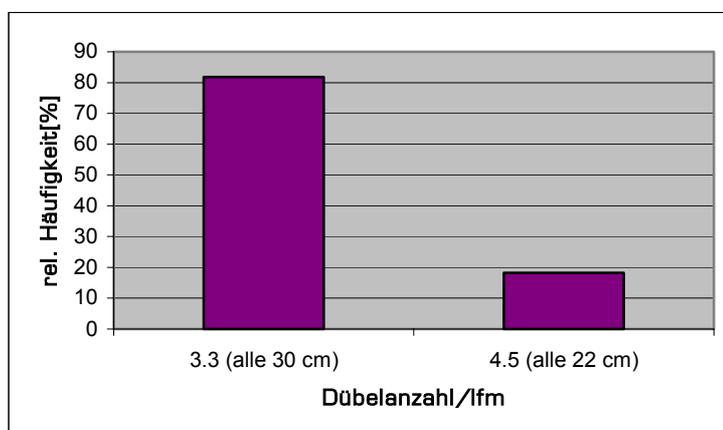


Abbildung 13: Verteilung der Dübelanzahl pro lfm.

4.3.8 Bankette

Die Begrenzung der Kreisfahrbahn zur Mittelinsel erfolgte mittels Hochbord oder Flachbord bzw. einen 45° gelegten Naturstein.

Da die Bankette und Randeinfassungen aufgrund der geometrischen Ausbildung vor allem im Ein-/ Ausfahrtsbereich häufig überfahren werden, sind diese möglichst dauerhaft zu gestalten. In diesem Sinne stellt das verankerte Hochbord eine sehr starre Befestigung dar. Dabei wird der Hochbordstein mittels Stahlanker in einen massiven Betonkörper rückverankert (siehe Abbildung 14).

Im Freilandbereich wurde meist Schotter für die Aussenbankette verwendet. Um auch hier möglichst dauerhafte Lösungen zu gewährleisten, können im Übergangsbereich befahrbare Bankette ausgeführt werden (z.B. Plasterdeckenkonstruktionen).

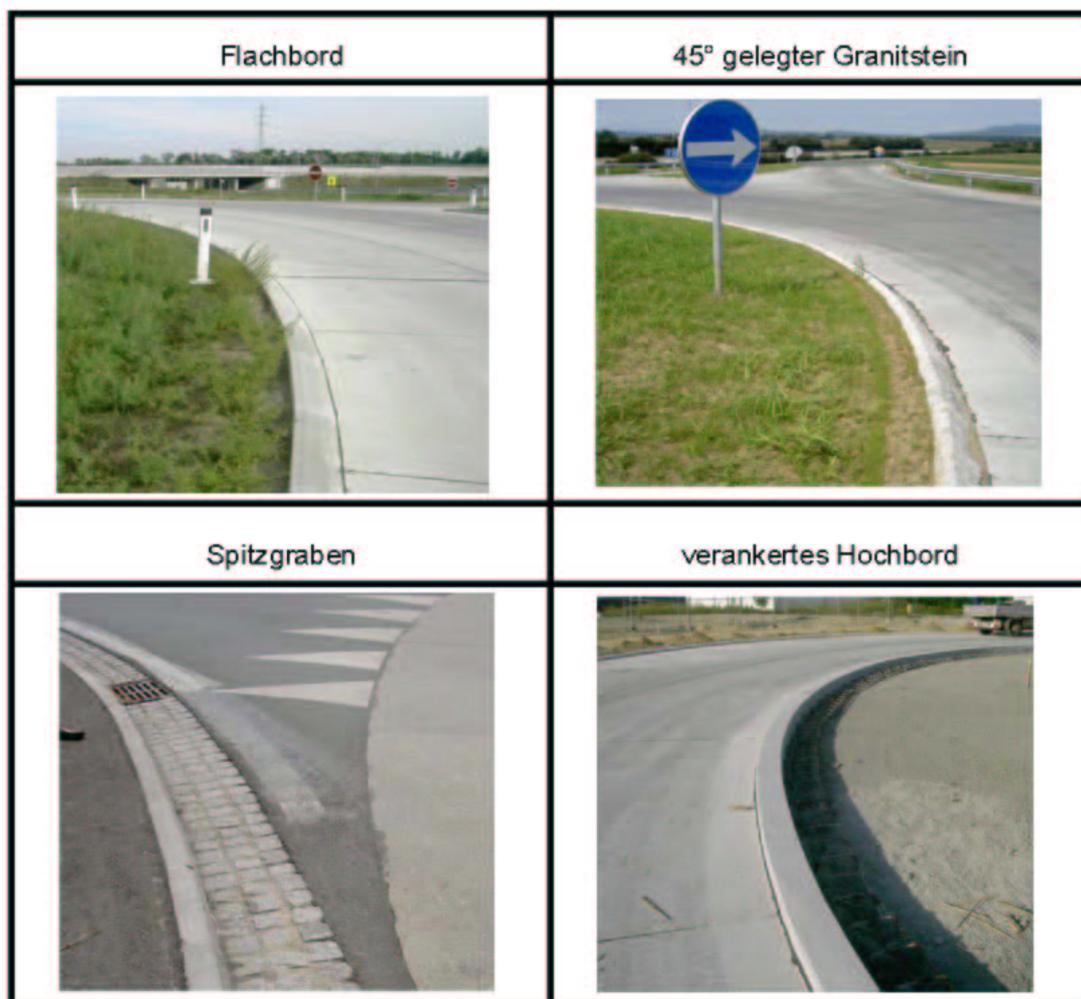


Abbildung 14: Bankettgestaltung

4.4 Schadensbilder und Schadensanalyse

Die nachfolgende Fotodokumentation zeigt eine Auswahl an charakteristischen Schadensbildern von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken. Mit Hilfe der vorliegenden technischen Daten wird versucht, die mögliche Schadensursache zu erörtern. Die Schadensbilder wurden im Zuge der Erhebungen mittels standardisierten Fragebogens aufgenommen (siehe ANHANG D).

Folgende Schadensbilder werden in der Fotodokumentation unterschieden:

- Plattenbruch
- Kantenbruch
- Eckabbruch

Ein Beispiel für den Aufbau des Schadenskatalogs findet man in der Abbildung 15.

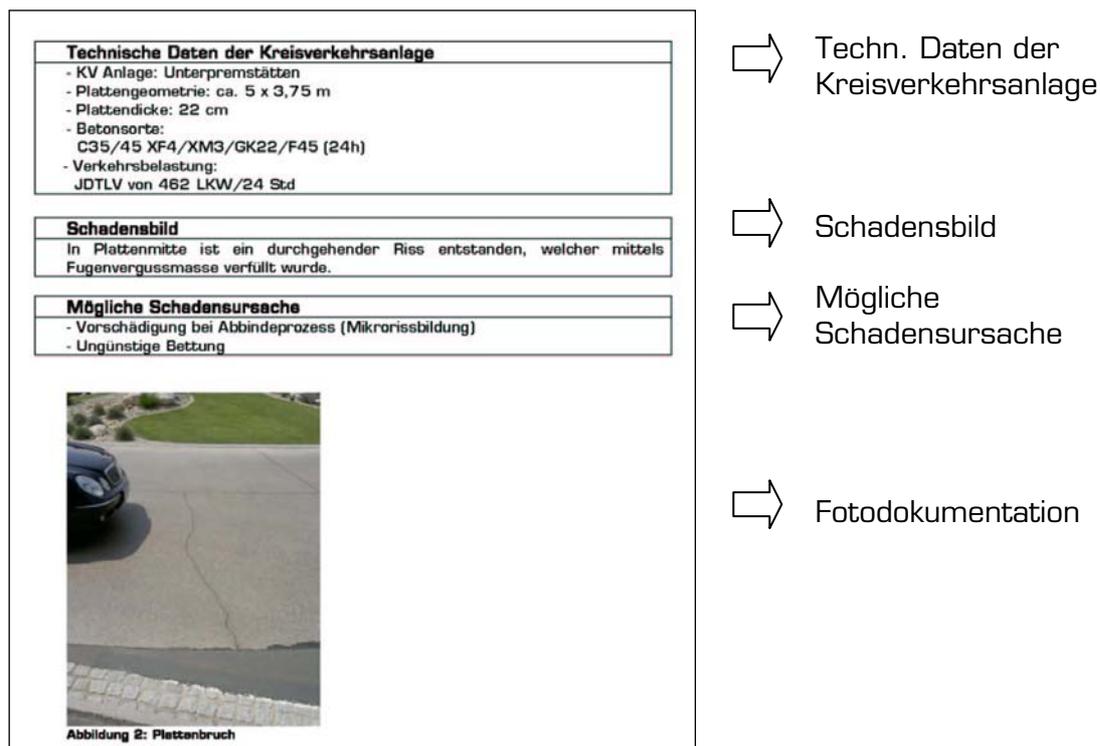


Abbildung 15: Beispiel zum Aufbau des Schadenskatalogs

5 Gestaltung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken

5.1 Herstellungsart

Betondecken für Kreisverkehre sind grundsätzlich lt. RVS 08.17.02 [2] ohne Bewehrung und Plattenlängen kleiner als die 25 fache Plattendicke herzustellen (Standardbauweise). Um eine ungewollte Rissbildung zu vermeiden, sind diese in Felder einzuteilen, welche durch Stahleinlagen (Dübel, Anker) miteinander zu verbinden sind. Die Feldeinteilung erfolgt durch die Anordnung von Fugen, wobei zwischen längs zur Fahrtrichtung angeordneten Fugen (Längsfugen) und quer zur Fahrtrichtung angeordneten Fugen (Querfugen) zu unterscheiden ist (siehe Abbildung 16).

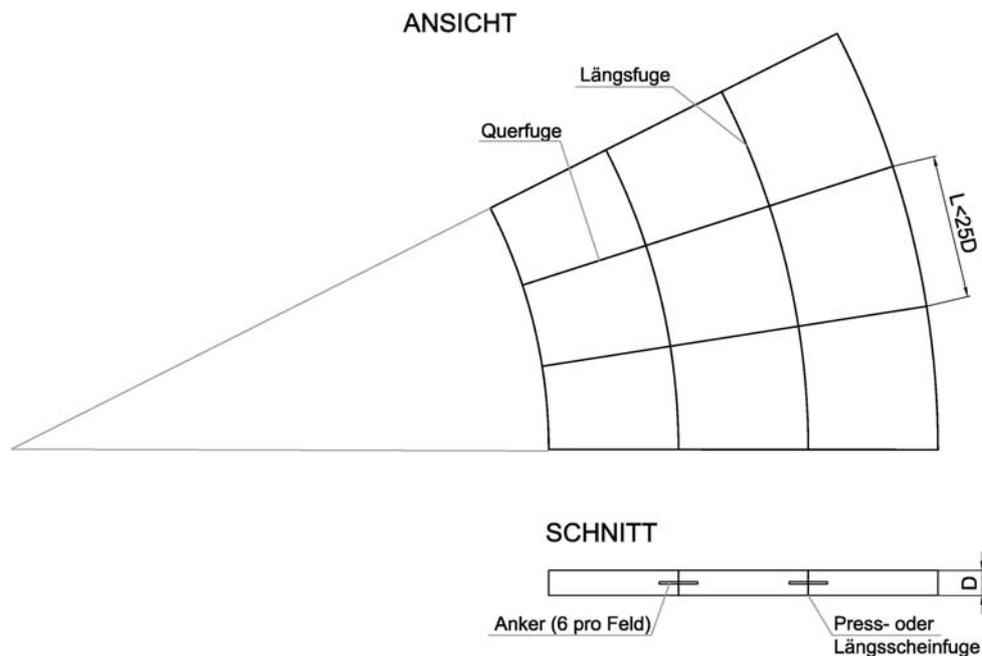


Abbildung 16: Standardbauweise mit Fugenanordnung im Zentralen Bereich einer Kreisverkehrsanlage gem. RVS 08.17.02 [2]

Neben der in Österreich angewandten Bauweise kann hinsichtlich der Einflussgrößen bei der Bemessung eine weitere Unterteilung in folgende drei Bauweisen vorgenommen werden:[7]

- Bewehrte Betondecken ohne Raumfugen mit Plattenlängen größer als die 25 fache Plattendicke.
- Durchgehend stark bewehrte Betondecken mit freier Rissbildung, Bewehrung im mittleren Bereich des Querschnittes.
- Vorgespannte Betonfahrbahndecken.

Im Zuge der Diplomarbeit wird aber nur die raumfugenlose Standardbauweise bezüglich Bemessung und Ausführung behandelt.

5.2 Oberbauausbildung

Hinsichtlich der Oberbaukonstruktion von Betonstraßen werden Bautypen mit Betondecken auf

- Ungebundener Tragschichte
- Asphalttragschichte und ungebundener oder stabilisierter Tragschichte
- Stabilisierter Tragschichte (mit und ohne Vliesstoff als Zwischenschichte)

auf einer entsprechenden Frostschutzschichte unterschieden. Der österreichische Bemessungskatalog für Standardaufbauten RVS 03.08.63 [2] sieht zwei Bautypen auf ungebundener und zementstabilisierter Schichte mit einer jeweils 5 cm dicken bituminösen Tragschichte als Zwischenschichte vor. Die Schichtdicken der einzelnen Aufbauten werden durch die Lastklassen repräsentiert (siehe Abbildung 17). Wesentlich für die Nutzungsdauer sind das Ausmaß des Verbunds der unter der Betondecke liegenden Schichte und die über die Lebensdauer bestehenden (möglichst gleichmäßigen) Auflagerbedingungen.[7]

Aufgrund der erhöhten Beanspruchung (Schubkräfte, lange Belastungszeiten,..) ist für Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecken die Lastklasse I, mit einer Betondeckendicke von 22 cm, als Mindestanforderung auszuführen. Bei Straßen mit hohem Schwerverkehrsanteil wird die Ausführung des Oberbaus gem. Lastklasse S mit einer Betondeckendicke von 25 cm empfohlen, da bei zu gering dimensionierten Plattendicken in Verbindung mit schlechten Bettungsverhältnissen mit dem Auftreten von Kanten- und Plattenbrüchen zu rechnen ist.

Lastrasse ¹⁾ (n = 30 Jahre)	S	I	II	III	IV	V	VI
BNL W in Mio.	> 18 bis 40 ²⁾	> 6,5 bis 18	> 2,1 bis 6,5	> 0,6 bis 2,1	> 0,15 bis 0,6	> 0,075 bis 0,15	≤ 0,075
Baustype 5 Betondecke auf ungebundener Tragschicht	Betondecke verdübelt			Betondecke unverdübelt			
	cm 25 5 4,5 UP	cm 22 5 4,5 UP	cm 20 5 4,5 UP	cm 20 5 30 UP	cm 20 30 UP	cm 18 20 UP	cm 16 20 UP
Baustype 6 Betondecke auf zementstabilisierter Tragschicht	Betondecke verdübelt			Betondecke unverdübelt			
	cm 25 5 20 UP	cm 22 5 20 UP	cm 20 5 20 UP	cm 18 18 UP	cm 18 18 UP	cm 18 18 UP	cm 16 18 UP
Die Querneigung des Unterbauplanums ist gleich der der Fahrbahn auszuführen. $E_{\text{ver}} > 35 \text{ MN/m}^2$							

Anmerkungen (bezüglich der Festlegungen der Plattengeometrie siehe auch RVS 85.06.32):

- 1) Bei ständigem randnahem Verkehr (Radspurmitte näher als 30 cm zum freien Betondeckenrand), häufigen Überfahrten des freien Betondeckenrandes bzw. häufigen Einbauten in der Betondecke, ist die Betondeckendicke der nächsthöheren Lastklasse zu wählen.
- 2) Für eine Bemessungsverkehrsbelastung über 40 Mio. BNL W ist die Deckendicke auf 28 cm zu erhöhen. Für Belastungen über 80 Mio. BNL W ist jedenfalls eine gesonderte Dimensionierung vorzunehmen.



Abbildung 17: Lastklassen lt. RVS 03.08.63 [2]

5.3 Fugenteilung

Aufgrund von Schwindspannungen und Temperaturspannungen ist bei unbewehrten Betondecken mit klaffenden Rissen zu rechnen. Um eine kontrollierte Rissbildung in der Betondecke zu gewährleisten, ist diese in einzelne Betonplatten aufzuteilen.[6] Dadurch erhält man so genannte „Sollbruchstellen“ in den Fugen.

Die Anordnung der einzelnen Fugen soll vor Baubeginn in Form eines Fugenteilungsplans dokumentiert werden.

5.3.1 Plattengeometrie

Grundsätzlich ist nach den Regeln der RVS 08.17.02 [2] vorzugehen. Die Abmessungen einer Betonplatte sind durch die Feldlänge, Feldbreite und den Eckwinkel (α) definiert.

Querfugen sind in der Regel im Abstand der 25 - fachen Deckendicke, jedoch höchstens im Abstand von 5,5 m anzuordnen. Die Feldlänge darf im Allgemeinen das 1,5 - fache der Feldbreite nicht überschreiten (siehe Abbildung 18).

Zusammenfassend:

- $L \leq 1,5 * B$
- $L \leq 25 * D$
- $L \leq 5,5 \text{ m}$
- $\alpha > 85^\circ$

L...Feldlänge: Abstand von Querfuge zu Querfuge.

B...Feldbreite: Abstand vom Plattenrand zur Längsfuge bzw. Pressfuge.

D...Dicke der Betondecke

α ...Eckwinkel einer Betonplatte

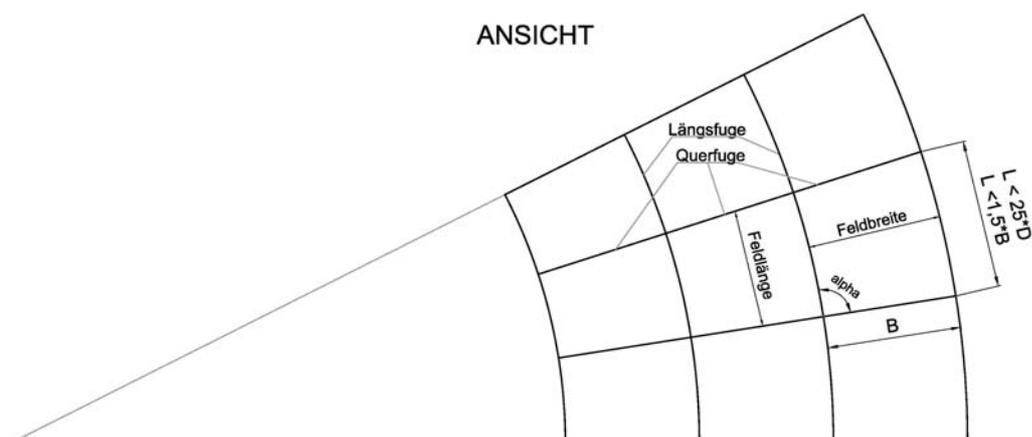
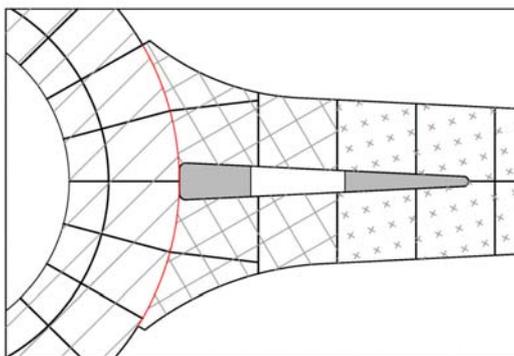


Abbildung 18: Standardbauweise im Zentralen Bereich gem. RVS 08.17.02 [2]

In den einzelnen Bereichen eines Kreisverkehrs werden unterschiedliche Plattengeometrien ausgeführt. Während sich im Übergangsbereich spitz zusammenlaufende Geometrien ergeben, werden z.B. die Ein-/ Ausfahrtsbereiche in der üblichen rechteckigen Form hergestellt. Im Zentralen Bereich werden die Platten kreisringsegmentförmig angeordnet (siehe Abbildung 18).

Zentraler Bereich:

Im zentralen Bereich (Abbildung 19) ist die Betondecke in kreisringsegmentförmige Betonplatten aufzuteilen. Wobei zwischen den Platten des Zentralen- und des Übergangsbereichs Abschlussfugen (siehe Pkt. 4.4.5) anzuordnen sind.



- Abschlussfuge
- ▨ Zentraler Bereich
- ▧ Übergangsbereich
- ⊠ Ein-/ Ausfahrtsbereich

Abbildung 19: Beispiel einer Fugenteilung in allen drei Bereichen des KV

Übergangsbereich:

Im Übergangsbereich (siehe Abbildung 19) dürfen unregelmäßig geformte Betonplatten angeordnet werden. Bei diesen Betonplatten ist auf eine sorgfältige Ausbildung der Geometrien gemäß Abbildung 20 zu achten, um so Spannungskonzentrationen und in Folge Platten- sowie Kantenbrüche zu vermeiden.

Die Kantenlänge einer Betonplatte soll ein Mindestmaß von 30 cm nicht unterschreiten, um so sehr spitz zusammenlaufende Plattengeometrien zu vermeiden. Der Eckwinkel einer Betonplatte ist in der Regel $\alpha > 85^\circ$ auszuführen.

Auf die Dimensionierung dieser Platten im Übergangsbereich wird im Kapitel 7 eingegangen.

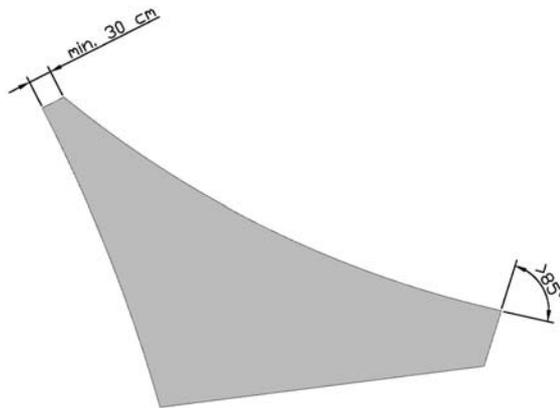


Abbildung 20: Beispiel: unregelmäßig geformte Betonplatte

Ein-/ Ausfahrtsbereich:

Die Fugenaufteilung erfolgt bei den Kreisverkehrsarmen meist in üblicher rechteckiger Form (siehe Abbildung 19).

5.3.2 Praktische Hinweise

Bei der Erstellung eines Fugenteilungsplans ist je nach Einbaumethode, örtlichen Bedingungen, etc. auf folgende Baugrundsätze zu achten.[5]

1. Die Anordnung von Schächten oder sonstigen Einbauten im Bereich eines KV ist grundsätzlich zu vermeiden. Können diese nicht außerhalb eines KV angeordnet werden, so ist die Fugenteilung an die Anordnung der Schächte anzupassen (Plattenränder oder Plattenkreuze). Schächte und sonstige Einbauten sind durch eine Trennfuge von der Betondecke des KV zu trennen, da diese ein unterschiedliches Bewegungsverhalten aufweisen (siehe Abbildung 21,22).



Abbildung 21: Schacht am Plattenrand



Abbildung 22: Schacht im Plattenkreuz

2. Um ein häufiges Überfahren der Längsfugen zu vermeiden, soll die Anordnung der Fugen mit den horizontalen Leiteinrichtungen (Bodenmarkierung) abgestimmt werden (siehe Pkt 6.8).
3. Weiters ist bei der Erstellung des Fugenteilungsplans auf fertigungstechnische Gesichtspunkte zu achten. Beispielhaft wäre hier die Abstimmung mit der Einbaubreite des Gleitschalungsfertigers erwähnt. Dabei sollen möglichst viele Bereiche der Kreisverkehrsanlage mit einer festgelegten Einbaubreite aufgefahren werden können.

5.4 Fugenausbildung

Ist das Fugenkonzept erarbeitet, müssen die Fugen entsprechend ihrer Funktion ausgebildet werden. Bei Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecken kommen folgende Fugenarten zur Anwendung:

- Scheinfugen
- Pressfugen
- Trennfugen
- Anschlussfugen
- Abschlussfugen

Grundsätzlich ist bei der Ausbildung der Fugen lt. RVS 08.17.02 [2] vorzugehen. Sämtliche Fugen sind so herzustellen, dass die Ebenheit der Betondecke gewahrt bleibt. Längs- und Querfugen sind in der Regel unter einem Winkel $\alpha > 85^\circ$ zueinander anzuordnen. Im Allgemeinen sind Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecken raumfugenlos auszubilden.

5.4.1 Scheinfugen

Scheinfugen werden in Betondecken als Quer- und Längsscheinfugen ausgebildet. Der Querschnitt der Betondecke wird dabei soweit geschwächt, dass sich der zu erwartende Riss an dieser Stelle durch die ganze Platte ausbildet.

Scheinfugen sind grundsätzlich durch Fugenschnitt herzustellen. In Ausnahmefällen darf der obere Fugenspalt, der zu verschließen ist, auch durch Einlegen einer Fugenleiste mit trapezförmigem Querschnitt hergestellt werden. In den frischen Beton eingelegte Fugenleisten sind nach der Erhärtung des Betons zu entfernen.[6]

Fugenschnitt:

Die Herstellung der Scheinfuge (siehe Abbildung 23) erfolgt in zwei Schritten. Als Erstes ist der Betondeckenquerschnitt mit einer Schnittbreite von 2 bis 3,5 mm auf $1/3$ der Betondeckendicke einzuschneiden. Nachträglich wird die schmal geschnittene Scheinfuge im oberen Bereich (20 mm) mit einer Schnittbreite von 8 mm aufgeweitet.

Vor dem Schließen der Fuge mit bituminöser Fugenvergussmasse ist diese noch zu reinigen.[2]

Der ideale Zeitpunkt für den Fugenschnitt richtet sich nach der verwendeten Betonsorte und der vorherrschenden Witterung (siehe dazu auch Pkt 6.7).

Längsscheinfugen (LSF) sind mittels Rippenstahl zu verankern. Querscheinfugen (QSF) sind mittels Rundstahl zu verdübeln (siehe dazu auch Pkt. 5.3).

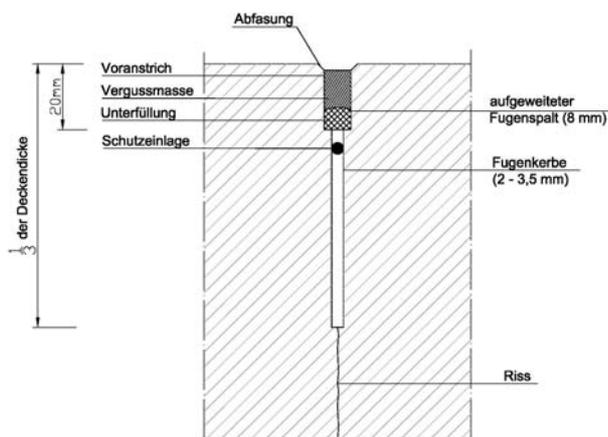


Abbildung 23: Scheinfuge

5.4.2 Pressfugen

Pressfugen PF (siehe Abbildung 24) entstehen, wenn an ein bestehendes Betonfeld ein Neues anbetoniert wird.

Nach Herstellung des neuen Deckenfeldes ist im oberen Teil der Pressfuge ein Fugenspalt mit einer Breite von 8 mm und einer Tiefe von 20 mm einzuschneiden. Nach Reinigung des Fugenspalts ist dieser mit bituminöser Fugenvergussmasse zu verfüllen.[2] Pressfugen sind mittels Schraubanker zu verankern.

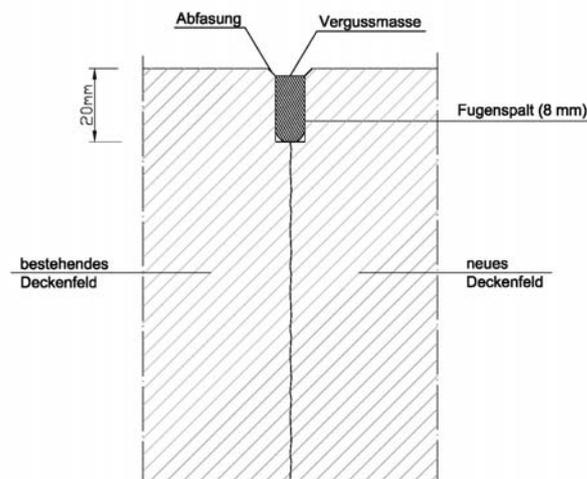


Abbildung 24: Pressfuge

5.4.3 Trennfugen

Trennfugen TF (siehe Abbildung 25) werden bei bestehenden Randeinfassungen und Einbauten angeordnet (z.B.: Entwässerungsschacht).

Die Fuge ist durchgehend mindestens 20 mm breit auszuführen, wobei die oberen min. 20 mm mittels bituminöser Fugenvergussmasse zu verschließen sind. Im unteren Teil ist eine elastische Einlage anzuordnen (z.B.: Holzfaserplatte). [2] Trennfugen sind weder zu verdübeln, noch zu verankern.

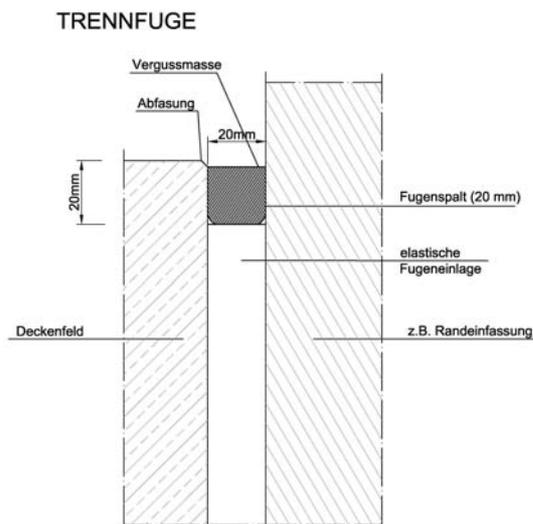


Abbildung 25: Trennfuge

5.4.4 Anschlussfugen

Anschlussfugen ANF (siehe Abbildung 26) sind beim Übergang zwischen Betondecke und Asphaltbelag auszubilden. Nach Herstellung der beiden Deckenbeläge ist in die bituminöse Deckschicht ein 8 mm breiter und 20 mm tiefer Fugenspalt zu schneiden. Nach Reinigung des Fugenspalts ist dieser mit bituminöser Fugenvergussmasse zu verfüllen. Anschlussfugen sind weder zu verdübeln, noch zu verankern.[6]

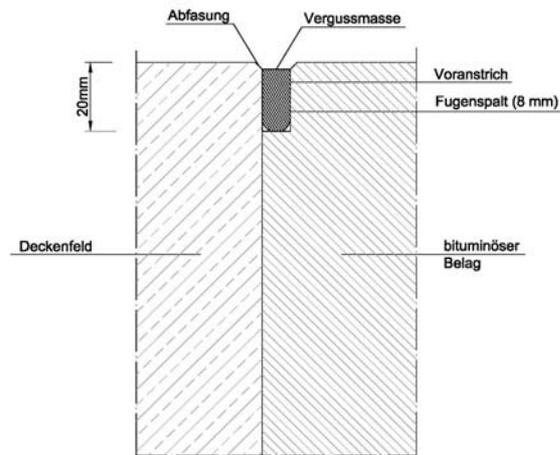


Abbildung 26: Anschlussfuge

5.4.5 Abschlussfugen

Abschlussfugen AF sind Querfugen, die am Ende jeder Tagesleistung sowie durch Freilassen von Deckenfeldern entstehen.

Vor der Fortsetzung der Betonierarbeiten ist der Bereich der Abschlussfugen ordnungsgemäß auszubilden und mit Dübeln auszustatten.[2]

5.5 Gestaltung der Ein- und Ausfahrtsbereiche

Beansprucht werden die Kreisverkehrsarme vor allem durch Verzögerungs- bzw. Beschleunigungskräfte. Weiters kann es des Öfteren im Einfahrtsbereich zur Staubbildung kommen. Dies führt zu langen Belastungszeiten zwischen Rad und Deckschicht. Bei bituminösen Oberbaukonstruktionen kommt es dadurch verstärkt zur Spurrinnenbildung.

Aus diesem Grund sind auch die Kreisverkehrsarme auf einer Länge von mind. 40 m mit Betonfahrbahndecken auszubilden (siehe Abbildung 27). Dies entspricht in etwa der Aufstelllänge von zwei Lastzügen.[5]

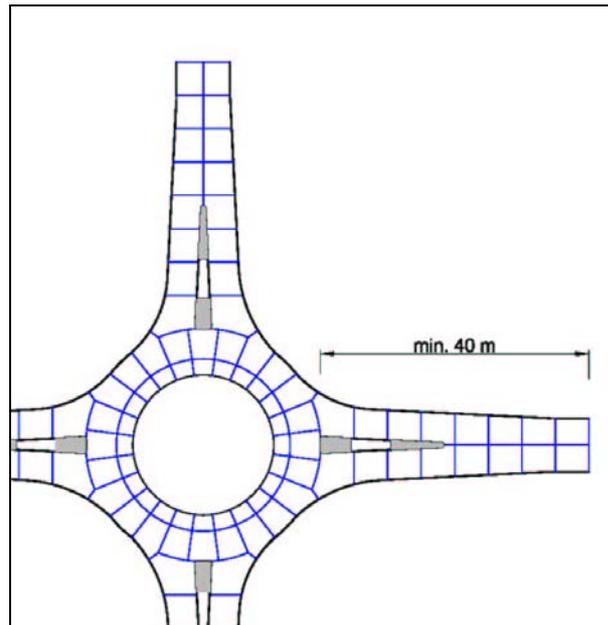


Abbildung 27: Kreisverkehrsarme mit einer Länge von min. 40 m ausführen [5]

5.6 Querschnitt – Bankett

Die Aufbauten sind gemäß dem österreichischen Bemessungskatalog für Standardaufbauten RVS 03.08.63 [2] zu wählen. Wobei die Schichtdicken der einzelnen Aufbauten durch die Lastklassen repräsentiert werden.

Aufgrund der geometrischen Ausbildung von Kreisverkehrsanlagen werden die Randeinfassungen und Bankette durch den Schwerverkehr vor allem im Ein- und Ausfahrtsbereich häufig überfahren. Diese sind daher möglichst dauerhaft zu gestalten.[5]

5.6.1 Detaillösungen

In den folgenden Ausführungen werden Detailvorschläge für Randeinfassungen und Bankette beispielhaft dargestellt.

Übergang Mittelinsel – Kreisfahrbahn:

Um die Oberflächenwässer (Schmelzwässer während der Tauphase) der Mittelinsel sicher ableiten zu können, wird eine rund 150 cm lange Versickerungsmulde (Rasenmulde) angeordnet (siehe Abbildung 28). Die stabile Begrenzung zwischen Fahrbahn und Mittelinsel wird durch die Anordnung eines Hochbordsteins ausgebildet. Anstelle des Hochbordsteines können auch Flachbordsteine oder in einem Winkel von 45° gelegte Natursteine verwendet werden.

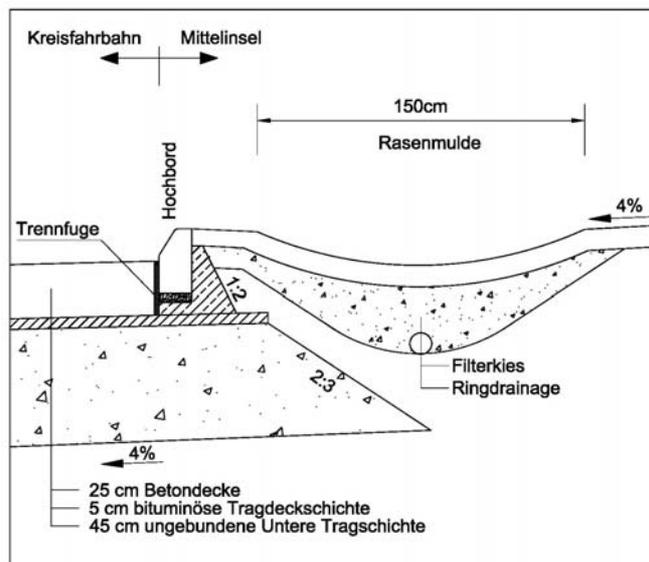


Abbildung 28: Beispiel: Hochbord mit Rasenmulde

Um eine besonders starre Übergangskonstruktion herzustellen, kann der Hochbord verankert werden. Dazu wird der Hochbordstein mittels Stahlanker in einem bewehrten Betonkörper rückverankert (siehe Abbildung 29).



Abbildung 29: verankerte Hochbord (Foto: WEDL)

Übergang Kreisfahrbahn – Aussenbankett:

Im Freilandbereich wird das Aussenbankett meist als Schotterbankett ausgeführt, wobei kritische Bereiche im Ein- und Ausfahrtsbereich, die häufig überfahren werden, auch befestigt ausgeführt werden sollen (z.B.: mit Pflasterdeckenkonstruktion). Im städtischen Gebiet hingegen kann der Randabschluss mittels Naturstein- oder Hochbordstein erfolgen (siehe Abbildung 30).

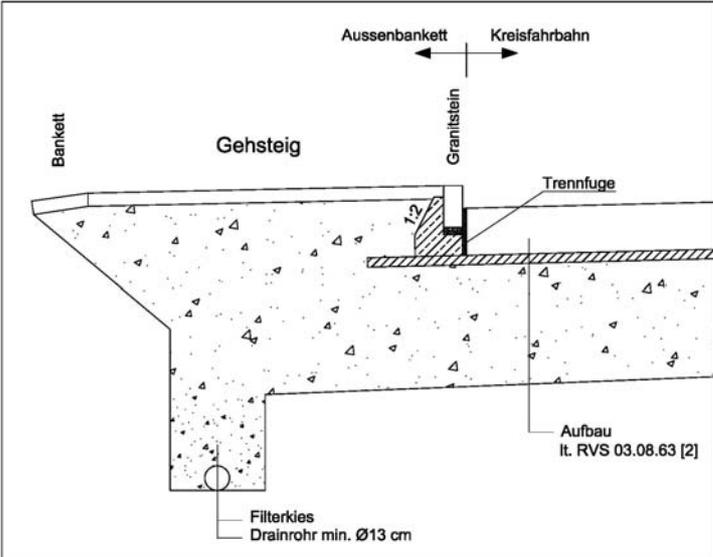


Abbildung 30: Beispiel einer Randeinfassung

6 Baustoffanforderungen

6.1 Beton

Die vielseitige Beanspruchung des Betonbelags stellen an den verwendeten Beton sehr hohe Anforderungen. Diese beziehen sich neben Anforderungen auf eine hohe Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit auch auf entsprechende Oberflächeneigenschaften. Dabei ist zwischen den Eigenschaften des Frischbetons, die vor allem den Bauunternehmer betreffen, und jenen des Festbetons, die für den Bauherrn von erster Priorität sind, zu unterscheiden (siehe Tabelle 1).[6]

Frishbeton	Festbeton
Hohe Gleichmässigkeit	Hohe Biegezug(Spaltzug)- und Druckfestigkeit (z.B. Festigkeitsklasse C 30/37)
Gute und ausreichend lange Verarbeitbarkeit	Hoher Verschleißwiderstand (Expositionsklasse: XM 2)
	Hoher Frost- und Frosttaumittelwiderstand (Kurzbezeichnung: B7)
Ausreichende Grünstandfestigkeit beim Einsatz von Gleitschalungsfertigern	Oberflächeneigenschaften hinsichtlich Ebenheit, Griffigkeit und Ableitung des Wassers

Tabelle 1: Eigenschaften des Frisch- bzw. Festbetons [6]

Eine möglichst große Biegezugfestigkeit (Spaltzugfestigkeit) ist im Gebrauchszustand der Betonfahrbahndecke eine wesentliche Anforderung, um eine unkontrollierte Rissbildung durch Verkehrslastspannungen zu verhindern. Weiters sind Betonfahrbahndecken großen Dauerbeanspruchungen und hohen dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt.

Grundsätzlich ist folgende Betonsorte gemäß ÖNORM B 4710-1 [3] zu verwenden:

- C 30/37 / B7 / XM2

Bei zweischichtiger Ausführung darf für den Unterbeton auch die Betonsorte C 30/37 / B7 verwendet werden. Wenn im Leistungsverzeichnis festgelegt, ist diese Betonsorte für untergeordnete Bauvorhaben auch bei einschichtiger Bauweise zulässig. Die Konsistenz ist der Einbaumethode (händisch oder maschinell mittels Gleitschalungsfertiger) anzupassen.

Statt oben genannter Betonsorten ist die Verwendung der relevanten Betonsorten gemäß RVS 08.17.02 [2] auch zulässig.

6.2 Fugenfüllung

Fugen in Betonbelägen müssen dicht ausgebildet werden, damit weder Wasser noch Feststoffe in den Fugenspalt eindringen können. Dazu dienen Fugenfüllstoffe, die aus Verguss-, Dichtungsmassen, Fugenprofilen oder Fugeneinlagen bestehen können. Zusammen mit den entsprechenden Voranstrichen bilden sie ein System und können physikalisch und chemisch beansprucht werden.[8]

Fugenvergussmasse:

Vergussmassen sind im geschmolzenen Zustand verarbeitbare Fugenfüllstoffe und bestehen hauptsächlich aus einer Mischung von Bitumen, Polymeren und Füllstoffen sowie den entsprechenden Voranstrichen (Primer), die die Haftung zwischen Fugenflanke und Vergussmasse verbessern.

Als Voranstrich kann z.B. ein Exposedharzprimer, als Unterfüllung eine Polyurethanschaumschnur und zum Fugenschließen ein Zweikomponenten – Polysulfiddichtstoff verwendet werden (siehe Pkt. 4.5.1) [8].

Fugeneinlagen:

Fugeneinlagen füllen den Fugenspalt ganz aus und werden z.B. bei Trennfugen (siehe Pkt. 4.5.3) verwendet. Diese Einlagen dürfen die Ausdehnung der Betonplatten nicht behindern und müssen Stauch- und Dehnbewegungen in der Fuge bis zu einem bestimmten Grad mitmachen können (z.B.: Holzfaserplatte).[8]

Fugenprofile:

Fugenprofile sind vorgeformte, elastomere Bauelemente. Sie werden maschinell in den Fugenspalt des erhärteten Betons eingedrückt und verschließen die Fuge durch den bleibenden Anpressdruck.

An den Kreuzungspunkten werden die Profile ausgefräst und miteinander verklebt.

Bei dieser Fugenfüllung entfallen der Voranstrich sowie die Unterfüllung.

Die Lebensdauer beträgt etwa das Dreifache (15 Jahre) als die der Fugenvergussmassen. [8]

6.3 Stahleinlagen

Um eine optimale Lastübertragung zwischen den Fugen zu gewährleisten sind diese mit Stahleinlagen zu versehen.

Im Allgemeinen sind Fugen quer zur Fahrtrichtung (Querfugen) zu verdübeln und längs zur Fahrtrichtung angeordnete Fugen (Längsfugen) zu verankern. Pressfugen sind grundsätzlich mittels Schraubanker zu verankern.[2]

6.3.1 Dübel

Dübel bestehen aus kunststoffbeschichteten Rundstahl und sind in der Mitte der Plattendicke zu verlegen (siehe Abbildung 31). Die Kunststoffbeschichtung schützt vor Korrosion, ermöglicht die Gleitfähigkeit und gestattet somit bei Temperaturänderungen Bewegungen der Betonplatten in Längsrichtung.

Mit Hilfe von Dübelkörben können diese in der gewünschten Lage so positioniert werden, dass sie sich während des Betoneinbaus nicht verschieben können. Die Anordnung der Dübel sowie die Dimension werden in der Tabelle 2 angeführt.

Dübel lt. RVS 08.17.02 [2]
Anordnung: alle 25 cm ein Dübel Durchmesser: 25 mm Länge: 50 cm

Tabelle 2: Dübelanordnung

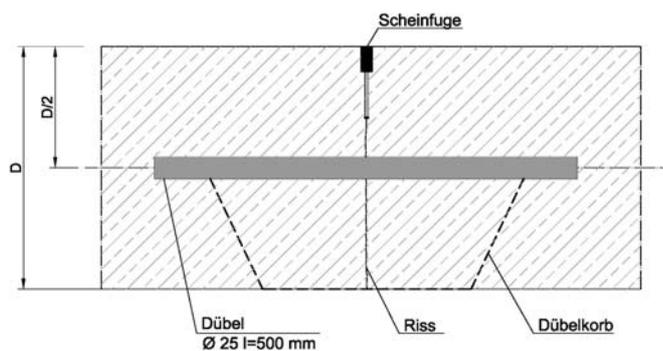


Abbildung 31: Dübelanordnung in Plattenmitte

6.3.2 Anker

Anker bestehen aus Rippenstahl, welche in der Mitte der Plattendicke anzuordnen sind (siehe Abbildung 32). Wie die Dübel weisen auch die Anker eine Kunststoffbeschichtung auf, jedoch nur auf eine Länge von 100 mm im mittleren Bereich, wo sie dem Korrosionsschutz dient.

Für die Verankerung werden Normal-, Schraub- oder Klebeanker verwendet. Die Anzahl der Anker je Feld sowie die Dimension werden in der Tabelle 3 angeführt.

Anker lt. RVS 08.17.02 [2]
Anordnung: 6 Anker je Feld Durchmesser: 14 mm Länge: 70 cm

Tabelle 3: Ankeranordnung

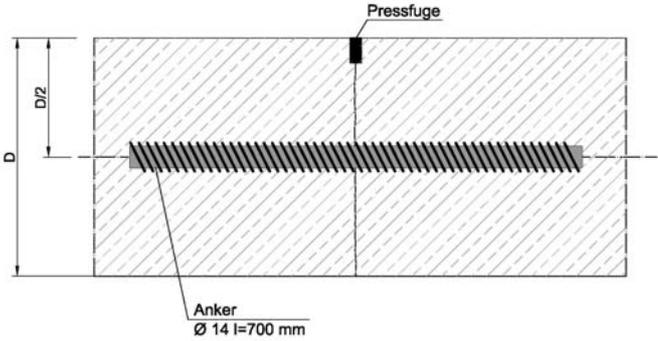


Abbildung 32: Ankeranordnung in Plattenmitte

7 Herstellungshinweise

7.1 Tragschichten

Höhenunterschiede (Gefälle) sind bereits bei der Herstellung der Tragschichten auszubilden. Aus fertigungstechnischen Gründen sind diese auch breiter als die fertige Betondecke auszuführen. Beim händischen Einbau sollte die zusätzliche Breite der unter der Betondecke angeordneten Tragschichten min. 20 cm betragen, um so die Schalung, z.B. mit Hilfe von Steckeisen, in der bituminösen Unterlage befestigen zu können.

Wird hingegen maschinell mittels Gleitschalungsfertiger eingebaut, ist eine zusätzliche Breite der unter der fertigen Betondecke angeordneten Tragschichten von min. 50 cm sicherzustellen, damit sich der Fertiger auf einer ausreichend tragfähigen Unterlage fortbewegen kann (siehe Abbildung 33).[5]

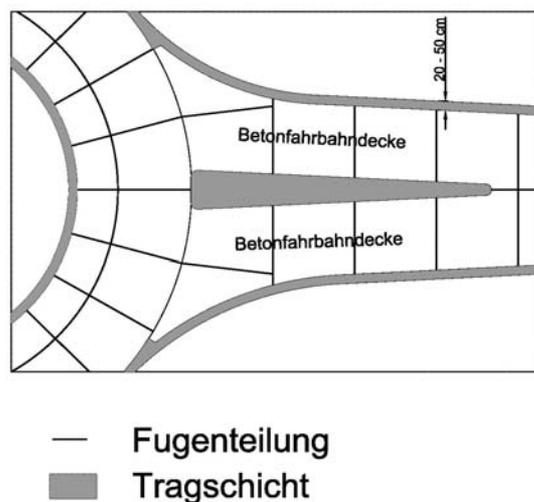


Abbildung 33: zusätzliche Breite bei Tragschichte

7.2 Schalung

Grundsätzlich gelten die diesbezüglichen Bestimmungen der RVS 08.17.02 [2].

Für den Einbau von Straßenbeton mit Fließmittel sind Schalungen so auszuführen, dass die geforderte profilgerechte Seiten- und Höhenlage der Decke sowie die Ebenheit der Betonoberfläche sicher eingehalten werden. Es soll sichergestellt sein, dass die stehende Schalung unverrückbar aufgestellt wurde und beim Einbringen des Betonmischgutes ein Durchbiegen verhindert wird. Dies kann z.B. mit Hilfe von Steckeisen erfolgen, welche in der bituminösen Unterlage befestigt werden. Die Verwendung von Holzschalungen ist zulässig.

Beim Einsatz einer geschleppten Schalung (Gleitschalungsfertiger) muss der Frischbeton eine ausreichende Grünstandfestigkeit aufweisen, d.h. die Kante der frisch betonierten Fahrbahndecke darf nicht absacken (siehe Abbildung 34,35).



Abbildung 34: händischer Einbau
(Foto: SCHÖLLER)



Abbildung 35: maschineller Einbau
(Foto: SCHÖLLER)

7.3 Einbau

Grundsätzlich gelten die diesbezüglichen Bestimmungen der RVS 08.17.02 [2].

Der Beton kann ein- oder zweischichtig eingebaut werden, wobei die obere Schicht als Oberbeton und die darunter liegende Schicht als Unterbeton bezeichnet wird.

In der Regel wird bei Kreisverkehrsanlagen das Betonmischgut einschichtig und einlagig eingebaut. Der höherwertige Oberbeton muss dann über die gesamte Deckendicke eingebaut werden.

Der kostengünstigere zweischichtige Einbau hingegen benötigt einen höheren logistischen Aufwand, der für die vergleichsweise kleine Fläche einer Kreisverkehrsanlage erfahrungsgemäß nicht gerechtfertigt ist. Weiters besteht eine höhere Gefahr von Fehlerquellen, da die beiden Schichten frisch auf frisch einzubauen sind. [5]

7.4 Verdichten

Es ist auf eine sorgfältige Einhaltung der Konsistenz und der Schüttdichte des Frischbetons zu achten, wobei das Betonmischgut gleichmässig über den gesamten Querschnitt zu verteilen ist.

Gleitschalungsfertiger verdichten den Beton mit Rüttelflaschen, welche über die gesamte Einbaubreite reichen und in Höhe und Richtung gehalten werden müssen. Der gegenseitige Abstand der Rüttelflaschen wird auf deren Wirkung abgestimmt. Es dürfen keine „Rüttelgassen“ entstehen. Ein maschineller und stetiger Vorschub verhindert Unebenheiten infolge ungleichmässiger Verdichtung.

Beim händischen Einbau des Betonmischgutes wird der Beton gleichmässig über den Querschnitt verteilt und ohne maschinelle Verdichtung (Rüttelflaschen) mittels einer Abziehbohle auf die gewünschte Höhenlager der fertigen Betonfahrbahndecke abgezogen.[5]

7.5 Oberflächenstruktur

Durch die Verdichtung entsteht an der Oberfläche der Betondecke eine dünne Mörtelschicht mit hohem Mehlkorn- und Feinsandanteil. Sie ist so dünn wie möglich zu halten, denn sie beeinflusst die Betonoberflächenqualität und die Griffigkeit ungünstig. Eine abschließende Oberflächenbearbeitung gibt der Decke eine dem Verwendungszweck entsprechende Anfangsgriffigkeit.

Im Allgemeinen erfolgt die Strukturierung der Oberfläche mit einem Stahlbesen. Dieser „Besenstrich“ ist so auszubilden, dass die Oberflächenwässer sicher abgeleitet werden können (in der Regel quer zur Fahrtrichtung).

Da erst bei einer Geschwindigkeit von über 50 km/h das Rollgeräusch lauter als das Antriebsgeräusch vom Motor eines Kraftfahrzeugs wird, kann von der Thematik Belagsoberfläche und die daraus resultierende Lärmentwicklung im Zuge von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken abgesehen werden.[6] Eine solche lärmindernde Waschbetonstruktur weist zwar sehr gute Griffigkeitseigenschaften auf, ist hingegen mit einem hohen Aufwand (Kosten) verbunden, wenn man die vergleichsweise „kleine“ Fläche einer Kreisverkehrsanlage betrachtet.[5]

7.6 Nachbehandlung

Während und nach der Herstellung der Decke muss der Beton geschützt und sorgfältig nachbehandelt werden. Damit sollen eine hohe Festigkeit und Dichte, sowie ein hoher Frost-, Frosttaumittel- und Verschleißwiderstand der oberflächennahen Zonen gewährleistet und Risse vermieden werden.

Unmittelbar nach Betoneinbau ist ein Verdunstungsschutz aufzubringen (siehe Abbildung 36). Weiters ist der Beton in den ersten 2 Stunden vor Niederschlag zu schützen. Bei sehr starker Sonneneinstrahlung kann die Betondecke noch abgedeckt werden.[2]



Abbildung 36: Aufbringen des Verdunstungsschutzes (Foto: VÖZ)

7.7 Fugenschnitt

Der ideale Zeitpunkt des Fugenschnitts hängt von vielen Faktoren ab (z.B.: Betonfestigkeitsklasse, Sonneneinstrahlung, Witterung). Es ist jedenfalls darauf zu achten, dass rechtzeitig eine geeignete Fugenschneidemaschine verfügbar ist (siehe Abbildung 37), denn ein nicht zeitgerechter Fugenschnitt kann die Lebensdauer der Betondecke wesentlich verringern.



Abbildung 37: Fugenschnitt (Foto: VÖZ)

7.8 Horizontale Leiteinrichtungen

Die Bodenmarkierungen sind gemäß der Bodenmarkierungsverordnung 1995 [9] vorzusehen.

Um ein häufiges Be- bzw. Überfahren von Längsfugen zu vermeiden, ist der Bodenmarkierungsplan mit dem Fugenteilungsplan abzustimmen. Empfohlen wird ein Abstand von max. 10 cm zwischen Fugenteilung und Bodenmarkierung (siehe Abbildung 38).

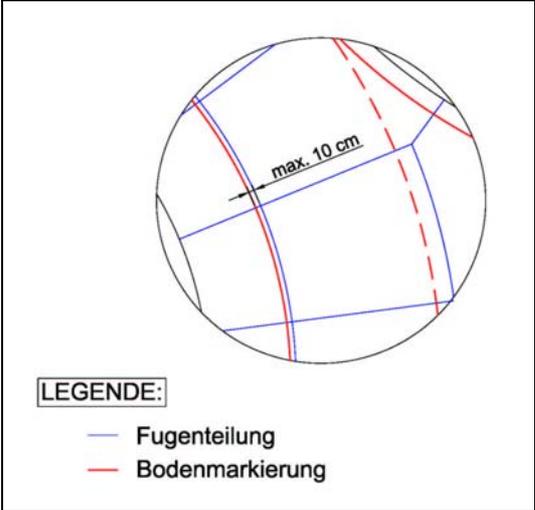


Abbildung 38: Abstimmung Fugenteilung – Bodenmarkierung

8 Dimensionierung von unregelmäßig geformten Betonplatten

Aufgrund der Geometrien eines Kreisverkehrs ist die Ausbildung von unregelmäßig geformten Betonplatten notwendig. Gerade im Übergangsbereich ergeben sich bei der Fugenaufteilung spitz zusammenlaufende Geometrien. Um hier die Biegezugspannungen möglichst gering zu halten, ist auf eine sorgfältige Ausbildung zu achten. Mit Hilfe der numerischen Methode, basierend auf der Methode der Finiten Elemente (FEM), können die Verkehrslastspannungen von verschiedenen unregelmäßig geformten Betonplatten quantifiziert werden.

8.1 Grundlagen – Freier Plattenrand

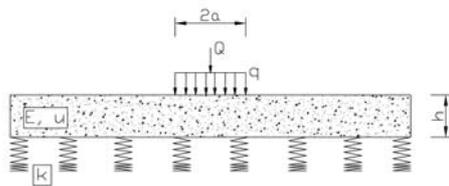
Zur Abschätzung der Biegebeanspruchung und Verformungen einer Betondecke als Folge der Verkehrslasten stehen drei grundsätzliche Methoden zur Verfügung [7]:

1. Analytische Lösungen des Systems „Platte auf elastischer Unterlage“ basierend auf den Gleichungen von WESTERGAARD [4], wobei der Untergrund durch den so genannten Bettungsmodul „k“ beschrieben wird.
2. Einflusstafeln, die zur Ermittlung des Einflusses von Nachbarlasten herangezogen werden können.
3. Numerische Methoden basierend auf der Methode der Finiten Elemente (FEM).

Allgemein kann hinsichtlich der Primärwirkungen infolge von Radlasten auf Betondecken auf Grundlage der Gleichungen von WESTERGAARD [4] folgendes festgehalten werden:

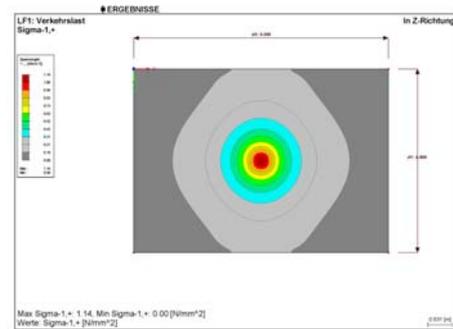
- Eine Vergrößerung der Dicke der Betondecke führt bei gleicher Radlast zu einem überproportional starken Spannungsabbau, hingegen hat eine Minderdicke eine merkliche Spannungserhöhung zur Folge.
- Eine Schwankung des Bettungsmoduls um + - 50 % bewirkt bei gleicher Radlast und Plattendicke eine nur unwesentliche Änderung der Biegespannungen.
- Die Biegezugspannungen beim Lastfall „Plattenrand“ und „Plattenecke“ sind etwa gleich groß und etwas mehr als doppelt so groß wie beim Lastfall „Plattenmitte“. Durch eine Querkraftübertragung im Fugbereich mittels Dübel wird die Biegezugspannung abgemindert.

In der Diplomarbeit werden die Gleichungen von WESTERGAARD [4] für die „Validierung“ der numerischen Lösung (FEM) herangezogen. Dabei werden die selben Eingangsparameter und Randbedingungen für die analytische Lösung (nach WESTERGAARD) und die numerische Lösung (FEM) formuliert. Die daraus erhaltenen Ergebnisse werden einander gegenübergestellt und dürfen nur geringe Abweichungen aufweisen (siehe Abbildung 39).



analytische Lösung nach WESTERGAARD

≈



numerische Lösung (FEM)

Abbildung 39: „Validierung“ der numerischen Lösung (FEM) mit Hilfe der analytischen Lösung nach WESTERGAARD [4]

Die ursprünglich von WESTERGAARD [4] abgeleiteten analytischen Lösungen beziehen sich auf die Belastung einer elastischen Platte mit kreisrunden Einzelradlasten für die Lastfälle „Plattenmitte“, „Plattenrand“ und „Plattenecke“.

Eine Zusammenfassung der Gleichungen von WESTERGAARD [4] für die Ermittlung der Biegezugspannungen an der Plattenunter- bzw. Plattenoberseite findet man in den folgenden drei Punkten:

a.) LASTFALL Plattenmitte:

$$\sigma_{QM} = \frac{0,275 * Q}{h^2} * (1 + \mu) * \left[\lg\left(\frac{E * h^3}{k * b^4}\right) - 0,436 \right]$$

b.) LASTFALL Plattenrand:

$$\sigma_{QR} = \frac{0,529 * Q}{h^2} * (1 + 0,54 * \mu) * \left[\lg\left(\frac{E * h^3}{k * b^4}\right) + \lg\left(\frac{b}{1 - \mu^2}\right) - 2,484 \right]$$

c.) LASTFALL Plattenecke:

$$\sigma_{QE} = \frac{3 * Q}{h^2} * \left[1 - \left(\frac{12 * (1 - \mu^2) * k}{E * h^3} \right)^{0,3} * (a * \sqrt{2})^{1,2} \right]$$

wobei:

E = Elastizitätsmodul des Beton in $[N/mm^2]$

h = Dicke der Betondecke in $[mm]$

$a = \sqrt{\frac{Q}{\Pi * p}}$ = Belastungskreishalbmesser in $[mm]$

p = Kontraktionsdruck in $[N/mm^2]$

Q = Radlast in $[N]$

$b = \sqrt{1,6 * a^2 + h^2} - 0,675 * h$

k = Bettungsmodul in $[N/mm^2]$

μ = Querdehnzahl des Betons

Die Simulation der Verkehrslastspannungen von unregelmäßig geformten Betonfahrbahnplatten erfolgt mit dem Finiten Elemente Programm RFEM 2 [12].

Für die numerische Berechnung wurden folgende Eingangsparameter formuliert:

1. Berechnung nach Theorie I. Ordnung (linear)
2. Berechnung der Flächen (Platten) nach der Biegetheorie nach MINDLIN. Die Biegetheorie nach MINDLIN ist für „dicke“ Platten (Massivbau) geeignet,
3. Bei einem Tragsystem bestehend aus einer Betondecke, einer verfestigten Tragschichte und dem Untergrund kann der auf die Unterseite der Betondecke bezogene Bettungsmodul „ k “ nach EISENMANN [4] anhand der Äquivalenztheorie von ODEMARK und der Halbraumtheorie mit nachfolgender Gleichung berechnet werden:

$$k = \frac{Eu}{(hB)^2 * \left[\frac{1}{h^*} - \frac{hT}{hT^*} \left(\frac{1}{h^*} - \frac{1}{hB^*} \right) \right]}$$

wobei:

k = Bettungsmodul $[N/mm^3]$

Eu = E-Modul des Untergrundes $[N/mm^2]$

hB^*, hT^*, h = Ersatzschichtdicken $[mm]$

hT = Schichtdicke der Tragschichte

Dabei ergibt sich ein Bettungsmodul „ k “ von $0,05 N/mm^3$. Das entspricht etwa einer 50 cm dicken ungebundenen Tragschichte.

4. Berechnung der Betonplatten als frei aufliegendes System.
5. Die Einleitung der Radlasten erfolgt über eine quadratische Flächenlast mit der Seitenlänge des Belastungskreishalbmessers „ a “ nach WESTERGAARD [4].
6. Baustoffwahl: Beton C 30/37 mit $E = 3200 N/mm^2$ und $\mu = 0,2$.

8.2 Grundlagen – Querkraftübertragung am Plattenrand

Durch die Anordnung von Stahleinlagen (Dübel, Anker) zwischen den einzelnen Betonfahrbahnplatten werden Teile der auftretenden Querkkräfte bzw. Momente an die benachbarten Plattenfelder weitergeleitet. Dadurch ergeben sich, im Vergleich zum freien Plattenrand, geringere Einsenkungen sowie eine Abminderung der Biegezugspannungen. Basierend auf den Gleichungen nach WESTERGAARD [4] entwickelte CAUWELAERT [13] Lösungen, bei denen für Radlasten das Ausmaß der Querkraftübertragung auf eine angrenzende Platte gewählt werden kann.

Aufgrund umfangreicher Untersuchungen in den USA [14] wird in den folgenden Ausführungen bei verdübelten Fugen von einer Querkraftübertragung von 60 % ausgegangen. Da zu verankerten Fugen keine vergleichbaren Untersuchungen vorliegen, wird eine Querkraftübertragung von 40 % angenommen. Die Annahme beruht auf einer geringen Anzahl von Stahleinlagen in verankerten Fugen, was zu einer geringeren Übertragung von Kräften führt.

Mit Hilfe der analytischen Lösungen nach CAUWELAERT [13] und dem daraus entwickelten Programm SLAB wurden die Einsenkungen des Plattenrandes bei unterschiedlichen Verkehrslasten, Plattendicken und Querkraftübertragungsraten ermittelt [siehe Tabelle 4].

Tabelle 4: Einsenkungen am Plattenrand in Abhängigkeit von Plattendicke, Verkehrslast und Querkraftübertragungsrate.

Plattendicke [mm]	Einsenkung am Plattenrand [mm]								
	100 % Querkraftübertragung			60 % Querkraftübertragung			40 % Querkraftübertragung		
	Verkehrslast [kN]			Verkehrslast [kN]			Verkehrslast [kN]		
	50 kN	55 kN	60 kN	50 kN	55 kN	60 kN	50 kN	55 kN	60 kN
200	0,203	0,220	0,238	0,271	0,292	0,315	0,305	0,329	0,353
220	0,190	0,206	0,223	0,255	0,276	0,297	0,288	0,311	0,335
250	0,173	0,188	0,203	0,235	0,255	0,275	0,266	0,288	0,310
270	0,163	0,178	0,192	0,224	0,242	0,262	0,254	0,275	0,296

Um die Übertragung der Querkraft mit Hilfe der numerischen Methode (FEM) simulieren zu können, wird eine Wegfeder am Plattenrand angeordnet. Wobei sich die Federkonstante „c“ aus der Verkehrslast und der dazugehörigen Differenz der Einsenkungen ergibt (siehe Tabelle 5). Als Ausgangswert dient die Einsenkung des Plattenrandes bei einer Querkraftübertragung von 100 %. Der ermittelte Wert der Federkonstanten „c“ dient als Eingangsparameter für die numerische Simulation der Querkraftübertragung zwischen den Betonplatten. Simuliert wird die Interaktion zwischen benachbarten Platten in der finite Elemente Software RFEM 2 [12] mit einem Liniengelenk [Abbildung 40].

Die Ermittlung der Federkonstante „c“ wird im Anschluss an die Tabelle 5 anhand eines konkreten Beispiels erläutert.

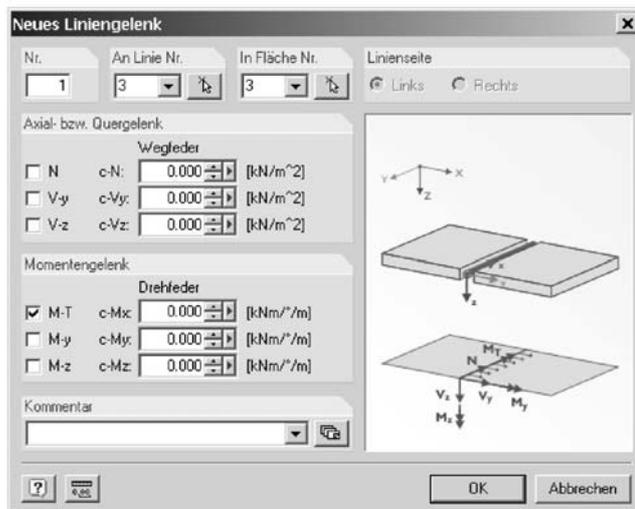


Abbildung 40: Simulation der Querkraftübertragung nach RFEM2 [12] mit einem Liniengelenk.

Tabelle 5: Ermittlung der Federkonstanten „c“ in Abhängigkeit von der Plattendicke, Verkehrslast und Querkraftübertragungsrate.

Plattendicke [mm]	Federkonstante $c = Q/\Delta w$ [kN/m]					
	60 % Querkraftübertragung			40 % Querkraftübertragung		
	Verkehrslast [kN]			Verkehrslast [kN]		
	50 kN	55 kN	60 kN	50 kN	55 kN	60 kN
200	736341	760192	781722	490737	506635	520986
220	761051	783453	803268	507196	522119	535339
250	802250	823097	841068	534614	548524	560511
270	831488	851621	868678	554094	567527	578899

Beispiel für die Ermittlung der Federkonstante „c“:

Plattendicke $h = 250\text{mm}$
 Verkehrslast 50 kN
 60 % Querkraftübertragung

} Einsenkungsdifferenz = $0,235 - 0,173 = 0,062\text{ mm}$

$$\text{Federkonstante } c = \frac{\text{Verkehrslast}}{\text{Einsenkungsdifferenz}} = \frac{50\text{ kN}}{0,062 * 0,001\text{m}} = \mathbf{802250\text{ [kN/m]}}$$

=> analytischer Wert nach CAUWELAERT [13]

8.3 Gegenüberstellung: Analytische Lösung – Numerische Lösung

8.3.1 Freier Plattenrand

Für die „Validierung“ des Systems werden die standardmäßigen analytischen Lösungen (nach WESTERGAARD [4]) den numerischen Lösungen (nach FEM) gegenübergestellt. Dabei werden die Lastfälle „Plattenmitte“ und „Plattenecke“ für beide Berechnungsmethoden ausgewertet.

8.3.1.1 Lastfall Plattenmitte

Beim Lastfall „Plattenmitte“ wird die Radlast in der Betonplattenmitte aufgebracht und die dazugehörigen Biegezugspannungen an der Plattenunterseite ermittelt.

Gewählt wurde eine Plattengeometrie von 5.5 x 4.0 m, eine Dicke der Betonplatte von 25 cm und eine Radlast von 50 kN.

1. Lösung nach den Gleichungen von WESTERGAARD [4]:

Eine Darstellung der „elastisch gebetteten Betonplatte“ für den Lastfall „Plattenmitte“ findet man in der Abbildung 41.

Aus der im Punkt. 8.1.a angegebenen Gleichung ergibt sich die max. Biegezugspannung $\sigma_{QM} = 1.08 \text{ N/mm}^2$ an der Betonplattenunterseite (siehe Tabelle 6).

Die Verkehrslast wirkt in Form einer „Topflast“ (kreisrunde Einzelachslast, nach WESTERGAARD [4]) mit dem Belastungskreishalbmessers „a“.

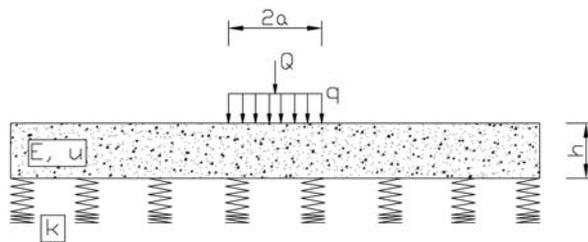


Abbildung 41: Lastfall Plattenmitte nach WESTERGAARD [4]

Tabelle 6: Verkehrslastspannung nach WESTERGAARD [4] für den Lastfall Plattenmitte

Q	Lastklasse S		σ_{QM}
	a	b	
[N]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]
50000	150.79	145.70	1.08

2. Lösung aus FEM – Berechnung:

Aus der FEM – Simulation [12] der Verkehrslastspannungen ergibt sich eine max. Biegezugspannung $\sigma_1 = 1.14 \text{ N/mm}^2$ an der Plattenunterseite. Die dazugehörigen Spannungsverhältnisse in der Betonplatte werden in der Abbildung 42 dargestellt. Wobei hier die Lasteinleitung nicht über eine „Topflast“, sondern näherungsweise über eine quadratische Fläche mit der Seitenlänge des Belastungskreishalbmessers „a“ erfolgt.



Abbildung 42: Verkehrslastspannungen an der Plattenunterseite aus FEM – Simulation [12]

8.3.1.2 Lastfall Plattenecke

Beim Lastfall „Plattenecke“ wird die Radlast an der Ecke der Betonplatte aufgebracht und die dazugehörigen Biegezugspannungen an der Plattenoberseite ermittelt.

Gewählt wurde ebenfalls eine Plattengeometrie von 5.5 x 4.0 m, eine Dicke der Betonplatte von 25 cm und eine Radlast von 50 kN.

1. Lösung nach den Gleichungen von WESTERGAARD [4]:

Das dazugehörige statische System für den maßgebenden Lastfall Plattenecke ist der Abbildung 43 zu entnehmen. Aus der im Punkt. 8.1.c angegebenen Gleichung ergibt sich die max. Biegezugspannung $\sigma_{QM} = 2.01 \text{ N/mm}^2$ an der Betonplattenoberseite (siehe Tabelle 7). Das Ergebnis entspricht etwa dem doppelten Wert der Biegezugspannung vom Lastfall „Plattenmitte“.

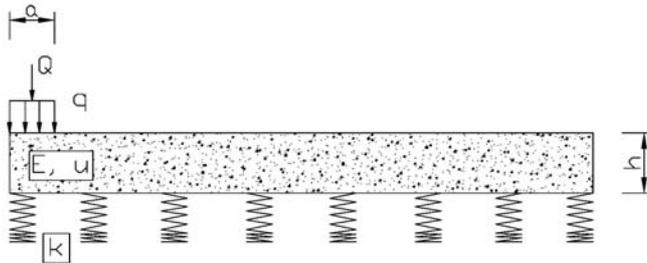


Abbildung 43: Lastfall Plattenecke nach WESTERGAARD [4]

Tabelle 7: Verkehrslastspannung nach WESTERGAARD [4] für den Lastfall Plattenecke

Lastklasse S			
Plattendicke $h=250\text{mm} / k=0,05[\text{N/mm}^3]$			
Q	a	b	σ_{QE}
[N]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]
50000	150.79	145.70	2.01

2. Lösung aus FEM – Berechnung:

Aus der FEM – Simulation [12] der Verkehrslastspannungen ergibt sich eine max. Biegezugspannung $\sigma_1 = 2.13 \text{ N/mm}^2$ an der Plattenoberseite. Die, für einen möglichen Eckabbruch der Betonplatte, maßgebende Biegezugspannung tritt in einem Abstand von etwa 40 cm von der Plattenecke auf. Die beim Lastfall Plattenecke auftretenden Spannungsverhältnisse werden in der Abbildung 44 aufbereitet.

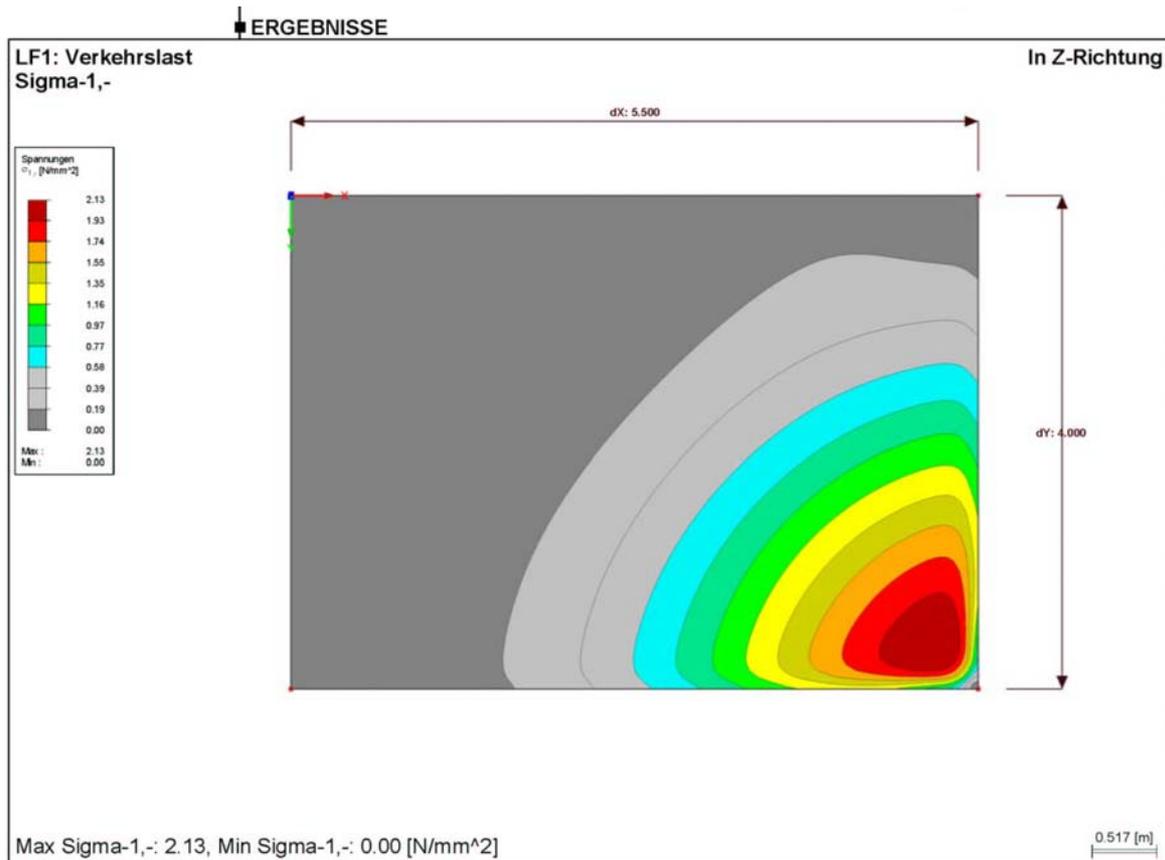


Abbildung 44: Verkehrslastspannungen an der Plattenoberseite aus FEM – Simulation [12]

Stellt man die Ergebnisse der analytischen und numerischen Lösungen gegenüber, so ergeben sich nur geringe Abweichungen bei den ermittelten max. Biegezugspannungen (siehe Tabelle 8).

Das Finite Elemente System (FEM) kann somit auf nicht standardmäßige Geometrien (unregelmäßig geformte Betonplatten) angewendet werden.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Verkehrslastspannungen, Analytische Lösung – Numerische Lösung.

	Biegezugspannung	Biegezugspannung	Abweichung
	Analytische Lösung "Gleichungen von WESTERGAARD [4]"	Numerische Lösung "Methode der Finiten Elemente FEM [12]"	
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
Lastfall Plattenmitte	1.08	1.14	+ 5.56
Lastfall Plattenecke	2.01	2.13	+ 5.97

8.3.2 Querkraftübertragung am Plattenrand

Durch die Querkraftübertragung zweier benachbarter Betonplatten treten am Plattenrand Biegezugspannungen mit einem um ca. 13 % höheren Wert als beim Lastfall „Plattenmitte“ auf.

Dabei wurde von einer verdübelte Querfuge mit einer Querkraftübertragung von 60 % ausgegangen. Die für die Ermittlung der Federkonstanten „c“ ermittelten Werte der Einsenkungen ergaben sich aus dem SLAB – Programm [13], welche als Parameter in der FEM Software RFEM2 [12] Eingang fanden. Eine Simulation der Verkehrslastspannungen unter einer 50 kN Radlast findet man in der Abbildung 45.

Die Gegenüberstellung der analytischen zur numerischen Lösung ergibt nur geringe Abweichungen (siehe Tabelle 9), somit kann das Modell auf nicht rechteckigen Geometrien (unregelmäßig geformte Betonplatten) angewendet werden.

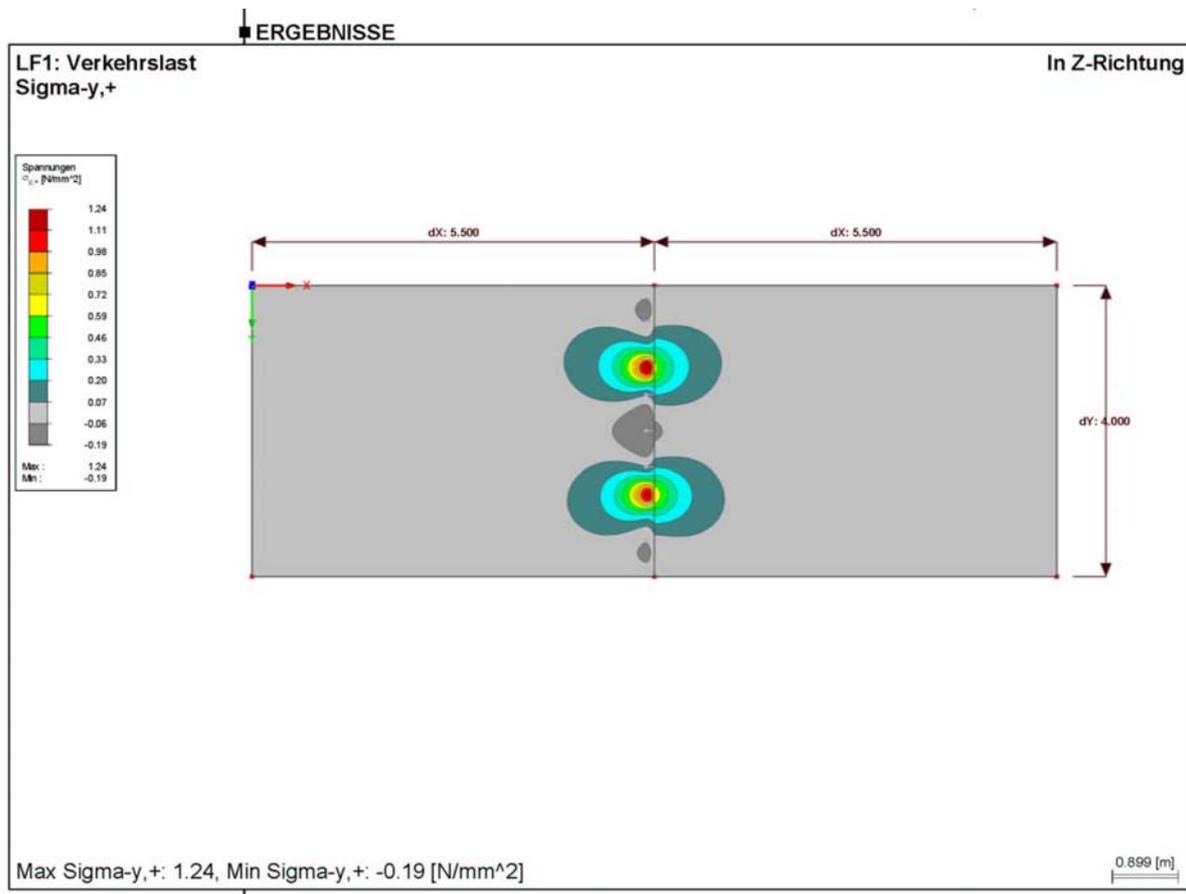


Abbildung 45: Verkehrslastspannungen am Plattenrand bei einer Querkraftübertragung von 60 % (25 cm Plattendicke, 50 kN Radlast).

Tabelle 9: Gegenüberstellung der max. Biegezugspannungen am Plattenrand, Analytische Lösung – Numerische Lösung bei einer Querkraftübertragung von 60 %.

	Biegezugspannung	Biegezugspannung	Abweichung
	Analytische Lösung "Gleichungen nach CAUWELAERT [13]"	Numerische Lösung "Methode der Finiten Elemente FEM [12]"	
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
Lastfall Plattenrand	1.32	1.24	+ 6.06

8.4 Untersuchte Plattengeometrien

Erhebungen von bereits bestehenden Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken haben ergeben, dass es gerade bei unregelmäßig geformten, spitz zusammenlaufenden Betonplatten im Übergangsbereich häufig zu Schadensfällen kommt (z.B. Plattenbruch). Im Zuge der Berechnungen, basierend auf der Methode der Finiten Elemente, werden die Spannungsverhältnisse in diesen Betonplatten ermittelt.

8.4.1 Freier Plattenrand

Als erstes Berechnungsbeispiel wurde die in der Abbildung 46 dargestellte, spitz zusammenlaufende Betonplatte im Übergangsbereich herangezogen. Solche Geometrien ergeben sich gerade im Übergangsbereich eines Kreisverkehrs, wenn der zentrale Bereich und der Ein-/ Ausfahrtbereich maschinell mittels Gleitschalungsfertiger aufgeföhren werden. Der Lastangriff der Verkehrslast erfolgt in der Plattenecke.

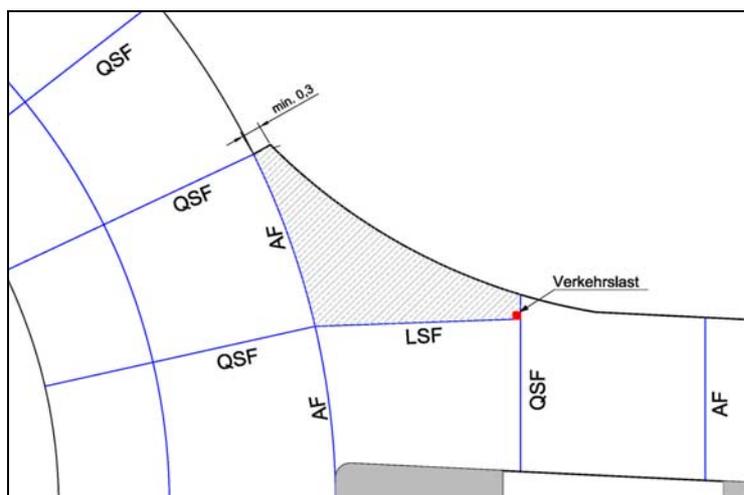


Abbildung 46: spitz zusammenlaufende Betonplatte im Übergangsbereich

Gerade bei einstreifigen Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken (händischen Einbau des Betonmischgutes) kommt es im Übergangsbereich zu den in der Abbildung 47 dargestellten unregelmäßig geformten Plattengeometrien. Die Verkehrslast greift im Eckpunkt von Anschlussfuge (AF) und Querscheinfuge (QSF) an.

Berechnungsergebnisse zu den beiden Lastfällen findet man unter dem Pkt. 8.5.1.

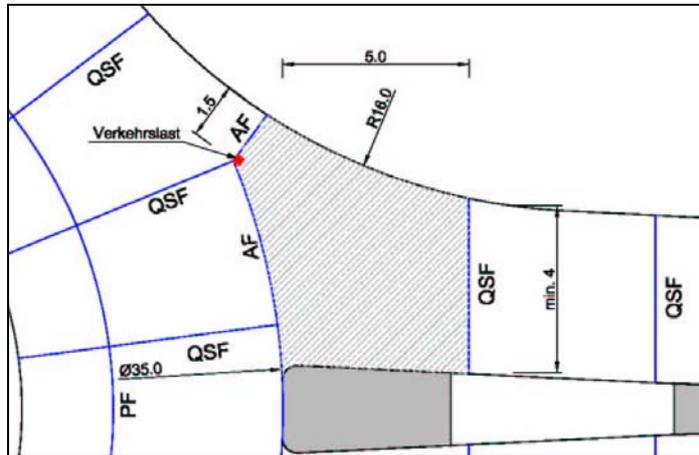


Abbildung 47: unregelmäßig geformte Betonplatte im Übergangsbereich eines einstreifigen KV

8.4.2 Querkraftübertragung am Plattenrand

Gerade bei einem System aus mehreren Betonplatten eignen sich FE – Modelle für die Bemessung von hoch belasteten Betonfahrbahndecken. Durch die Querkraftübertragung im Fugenbereich mittels Stahleinlagen wird die Biegespannung deutlich herabgesetzt. Die Dübel müssen derart ausgebildet werden, dass ein Reißen der Scheinfugen nicht verhindert wird (z.B. durch Kunststoffbeschichtung), und sollen korrosionsbeständig sein.[4]

Im Zuge der Berechnungen wurde die in der Abbildung 48 dargestellte Interaktion zwischen der spitz zusammenlaufenden Platte und der mittels Anker angeschlossenen rechteckigen Betonplatte untersucht. Durch die Anordnung von 6 Ankern in der Längsscheinfuge wird eine Querkraftübertragung von 40 % angesetzt.

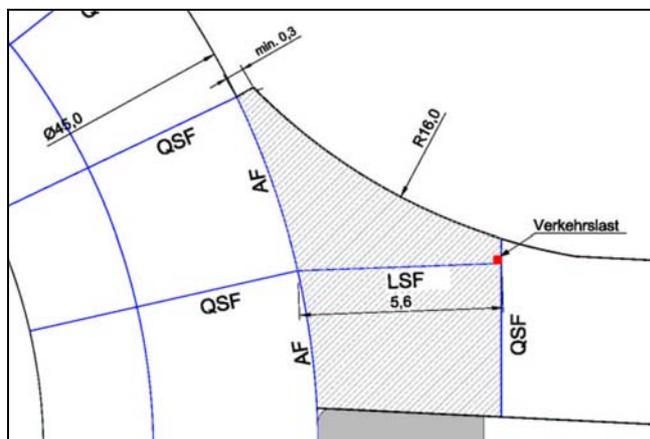


Abbildung 48: Systemwirkung zwischen zwei verankerten Betonplatten

Beim händischen Einbau des Betonmischgutes ergibt sich bei einstreifigen Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken folgende Fugenteilung (siehe Abbildung 49). Um hier die Systemwirkung zwischen zwei mit Stahleinlagen verdübelten Betonplatten zu simulieren, werden die beiden schraffierten Platten herausgegriffen.

Durch die Anordnung von Dübel in der Anschlussfuge (siehe Pkt. 4.4.4) wird eine Querkraftübertragung von 60 % angenommen. Berechnungsergebnisse zu beiden Lastfällen findet man unter dem Pkt. 8.5.2.

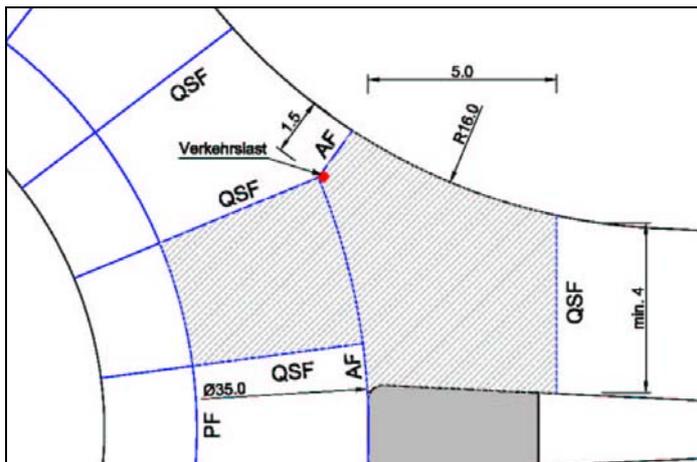


Abbildung 49: Systemwirkung zwischen zwei verdübelten Betonplatten

8.5 Berechnungsergebnisse

Für die Lastfälle „freier Plattenrand“ sowie „Querkraftübertragung am Plattenrand“ wurden die Verkehrslastspannung jeweils in Abhängigkeit von Radlast und Betondeckendicke ermittelt.

8.5.1 Freier Plattenrand

Bei einem ungünstigen Lastangriff der Radlast am Beginn der spitz zusammenlaufenden Betonplatte (siehe Abbildung 46) und einer Plattendicke von 25 cm (entspricht Lastklasse „S“) ergibt sich die in der Abbildung 50 dargestellte Spannungsverteilung. Wobei in einer Entfernung von etwa 55 cm die maßgebende Biegezugspannung an der Plattenoberseite von $\sigma_1 = 3,84 \text{ N/mm}^2$ auftritt. Dabei würde bei Verwendung der Betonfestigkeitsklasse C 30/37 der Bemessungswert der Biegezugfestigkeit ($f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$) überschritten [3]. Gerade bei zu gering dimensionierten Betonplatten in Verbindung mit höheren Radlasten ist daher mit Plattenbrüchen zu rechnen.

In der Tabelle 10 sowie der Abbildung 51 ist der Zusammenhang von max. Biegezugspannung an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken dargestellt.

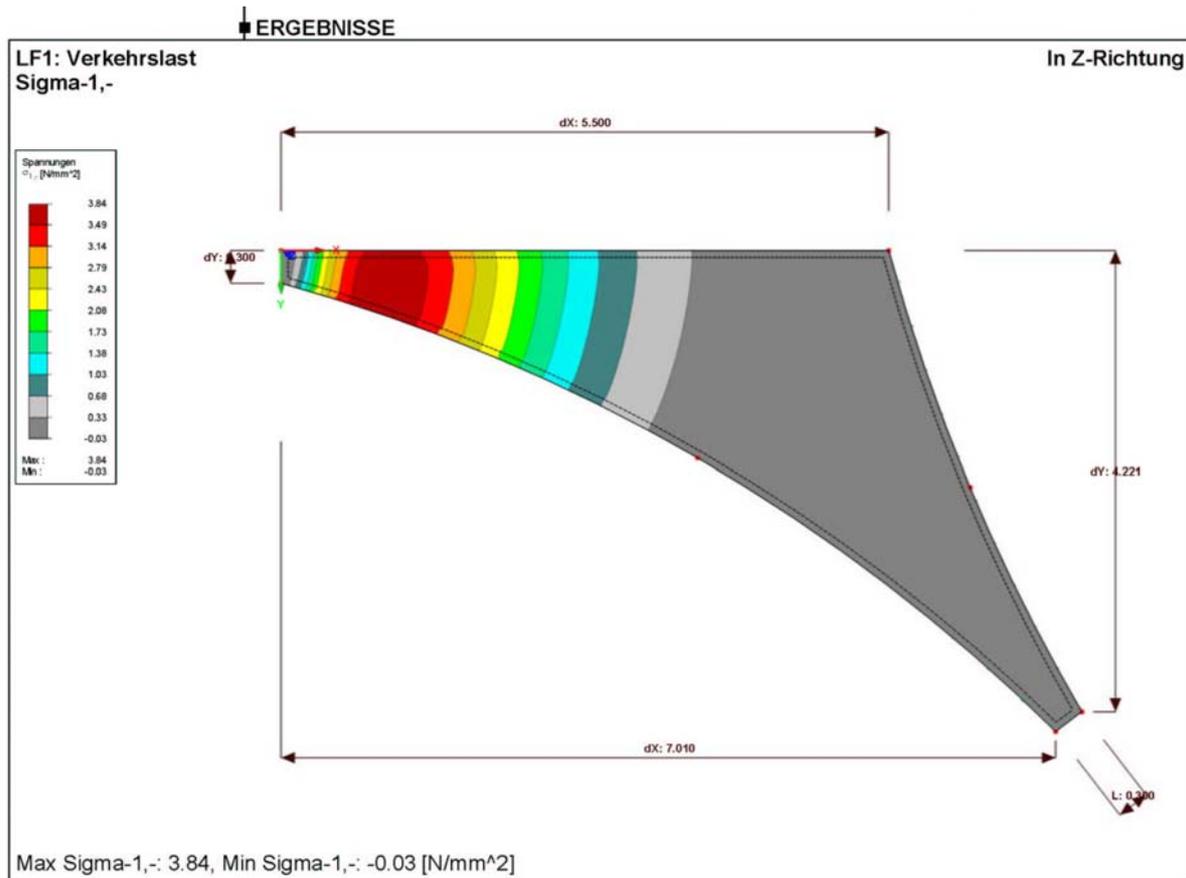


Abbildung 50: Verkehrslastspannungen an der Plattenoberseite aus FEM - Simulation (25 cm Plattendicke, 50 kN Radlast)

Tabelle 10: max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken.

Betondeckendicke	max. Biegezugspannungen Last 50 kN	max. Biegezugspannungen Last 55 kN	max. Biegezugspannungen Last 60 kN
[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
20	5,11	5,53	5,97
22	4,53	4,92	5,32
25	3,84	4,17	4,51
27	3,46	3,76	4,06

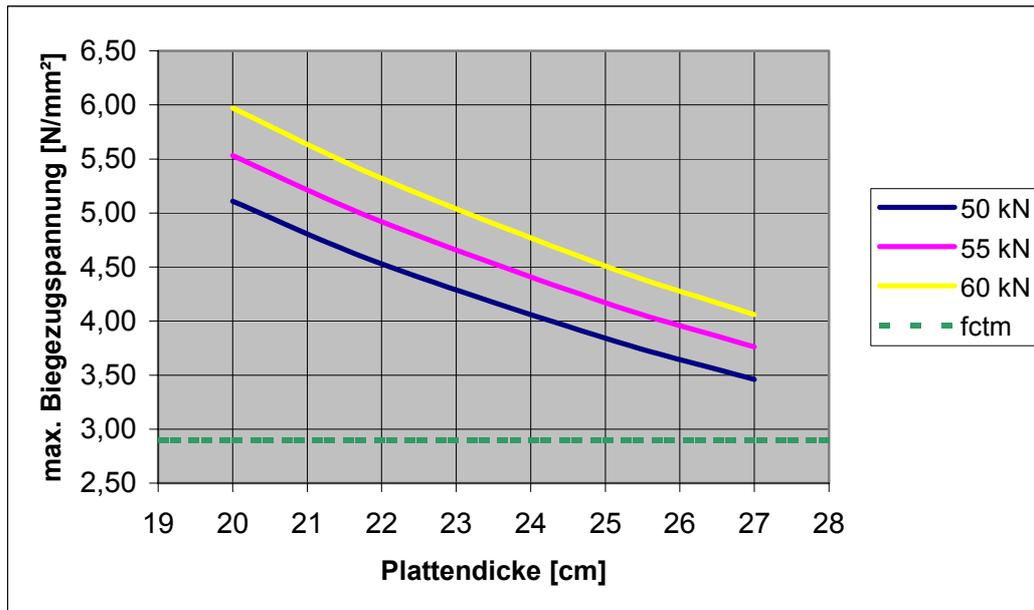


Abbildung 51: Zusammenhang zwischen max. Biegezugspannung und Betonplattendicke bei unterschiedlichen Verkehrslasten.

Berechnungsergebnisse zu der in der Abbildung 47 dargestellten Plattengeometrie werden in den folgenden Ausführungen angegeben. Eine Darstellung der Verkehrslastspannungen, bei einer Plattendicke von 25 cm und einer Radlast von 50 kN, erfolgt in der Abbildung 52.

Dabei kommt es bei dieser Form der Betonplatte zu wesentlich geringeren Biegezugspannungen als bei spitz zusammenlaufenden Geometrien. Der Bemessungswert der Biegezugfestigkeit wird auch bei geringeren Deckendicken nicht überschritten. Die Ausführung dieser Plattenform im Übergangsbereich eines Kreisverkehrs ist daher anzustreben. In der Tabelle 6 sowie der Abbildung 52 sind die max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken angeführt.

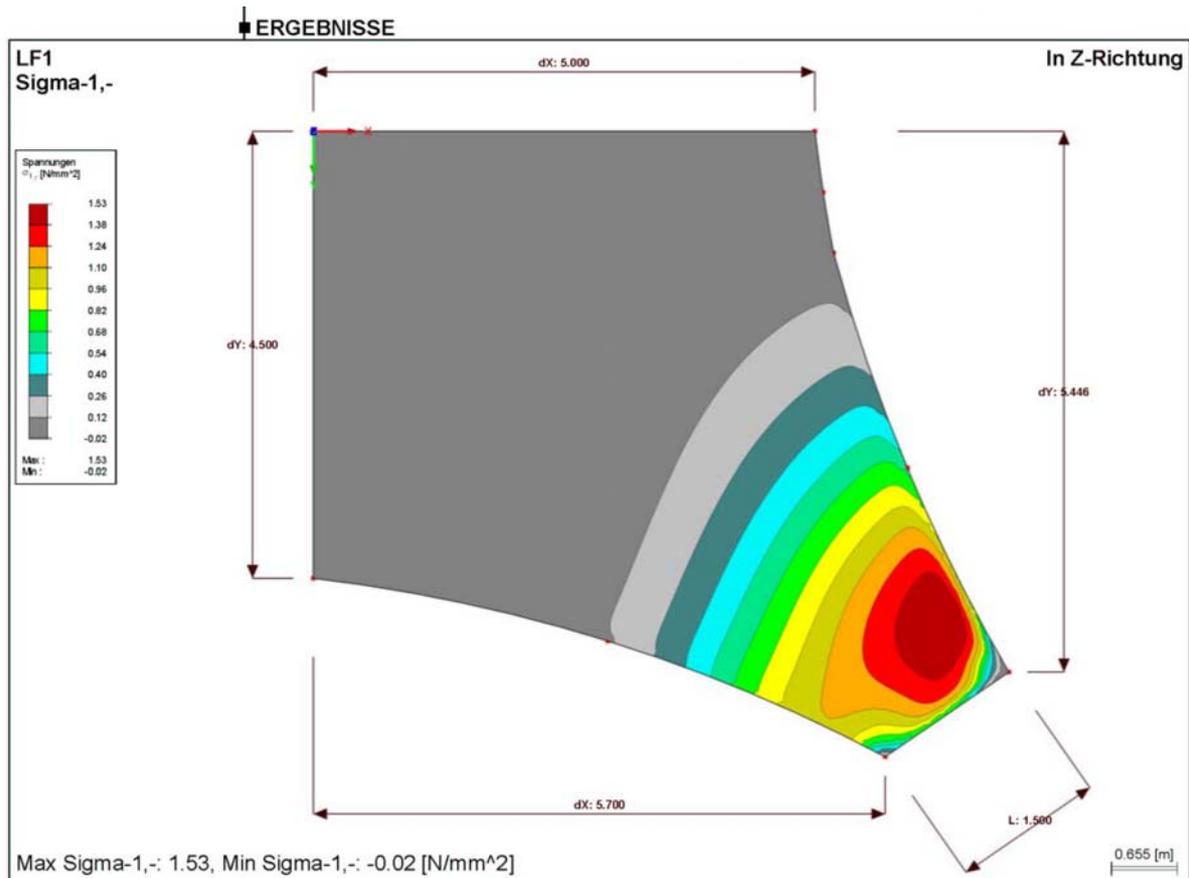


Abbildung 52: Verkehrslastspannungen bei einer Querkraftübertragung von 60 % (25 cm Plattendicke, 50 kN Radlast).

Tabelle 11: max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken.

Betondeckendicke [cm]	max. Biegezugspannungen Last 50 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 55 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 60 kN [N/mm ²]
20	2,17	2,34	2,51
22	1,87	2,02	2,16
25	1,53	1,65	1,77
27	1,35	1,46	1,57

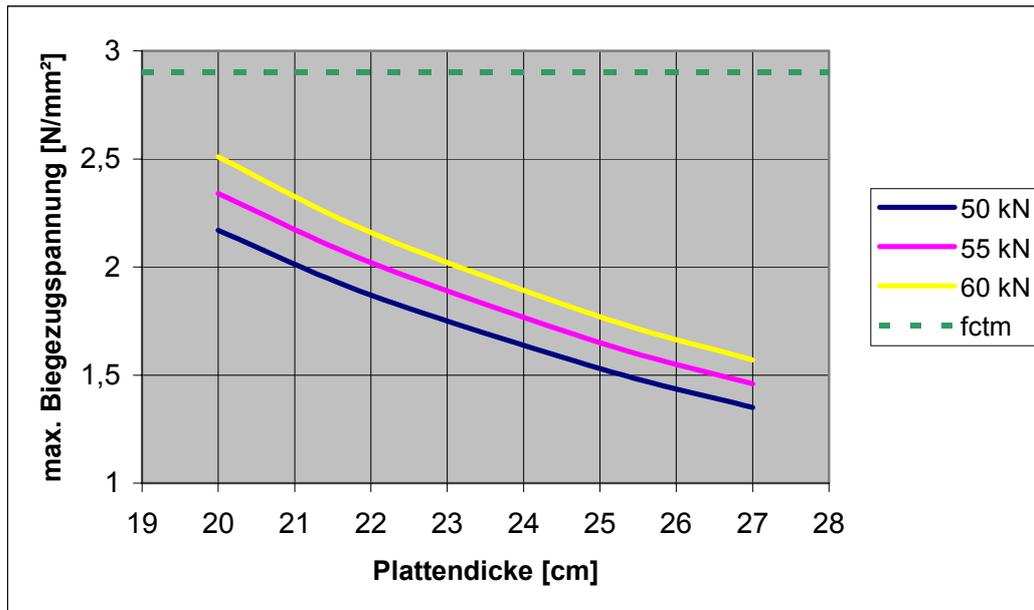


Abbildung 53: Zusammenhang zwischen max. Biegezugspannung und Betonplattendicke bei unterschiedlichen Verkehrslasten.

8.5.2 Querkraftübertragung am Plattenrand

Aus den Berechnungsergebnissen geht hervor, dass durch die Querkraftübertragung zwischen benachbarten Betonplatten (siehe Abbildung 48) die max. Biegezugspannungen um mehr als das Doppelte abgemindert werden. D.h. bei ausreichender Dimensionierung der Betonplatten wird der Bemessungswert der Biegezugfestigkeit nicht überschritten. Somit ist eine Ausführung einer derartigen Plattenanordnung unter Verkehrslast zulässig.

Die Abbildung 54 zeigt die Spannungsverhältnisse der Plattenanordnung bei einer Querkraftübertragung von 40 % (entspricht 6 Anker in der Längsscheinfuge). Die max. Biegezugspannungen treten jedoch nicht in Plattenebene, sondern im Bereich der Längsscheinfuge auf, welche zu Kantenabbrüchen führen können.

In der Tabelle 12 sowie der Abbildung 55 werden die max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken aufbereitet.

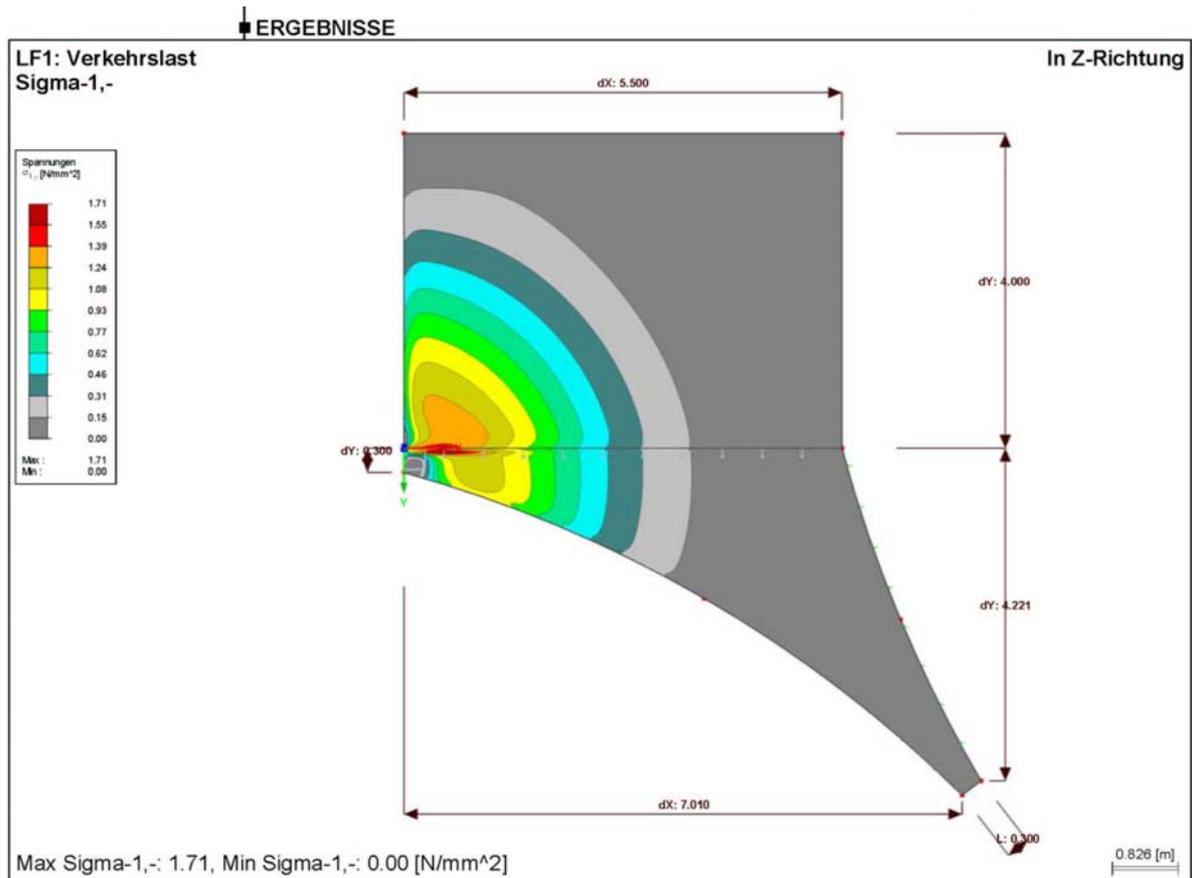


Abbildung 54: Verkehrslastspannungen bei einer Querkraftübertragung von 40 % (25 cm Plattendicke, 50 kN Radlast).

Tabelle 12: max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken.

Betondeckendicke [cm]	max. Biegezugspannungen Last 50 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 55 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 60 kN [N/mm ²]
20	2,27	2,48	2,70
22	2,01	2,21	2,40
25	1,71	1,87	2,03
27	1,54	1,69	1,84

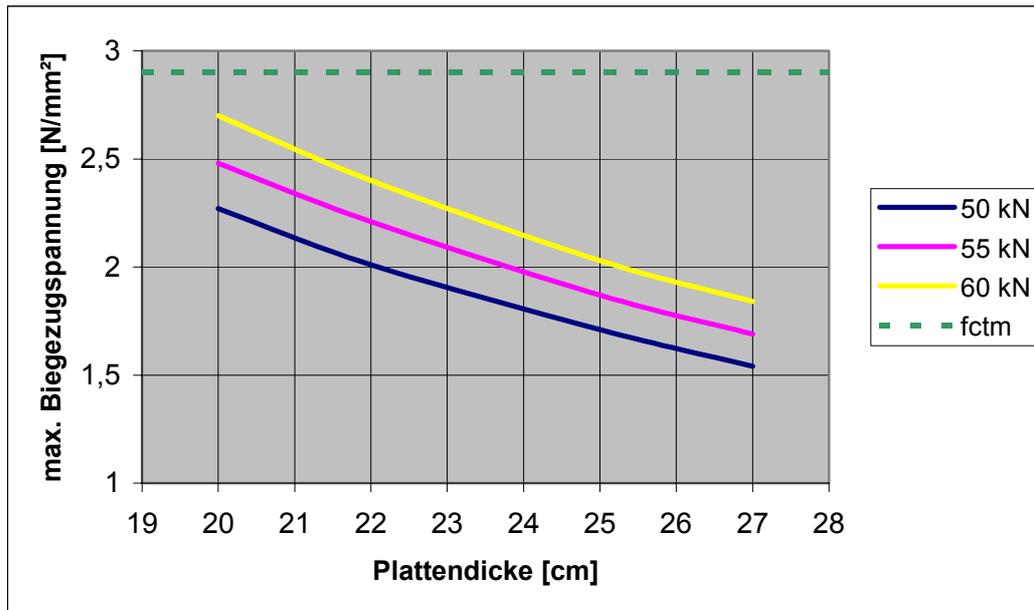


Abbildung 55: Zusammenhang zwischen max. Biegezugspannung und Betonplattendicke bei unterschiedlichen Verkehrslasten (Querkraftübertragung 40 %).

Betrachtet man die in der Abbildung 49 bzw. 56 dargestellte Plattenanordnung, so ergeben sich durch die Verdübelung der Anschlussfuge (entspricht einer Querkraftübertragung von 60 %) die max. Biegezugspannungen nicht in der unregelmäßig geformten Betonplatte. Als maßgebende Platte stellt sich in diesem Fall die kreisringsegmentförmige Plattengeometrie heraus. Die Ausführung dieser Plattenanordnung ist anzustreben, da es zu geringen Verkehrslastspannungen kommt. Die Lastklasse „I“ nach RVS 03.08.63 [2] ist für die Dimensionierung einer derartigen Plattenanordnung ausreichend, da auch bei höheren Radlasten die max. Biegezugspannungen unter dem Bemessungswert der Biegezugfestigkeit liegen. In der Tabelle 13 sowie der Abbildung 57 werden die max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken aufbereitet.

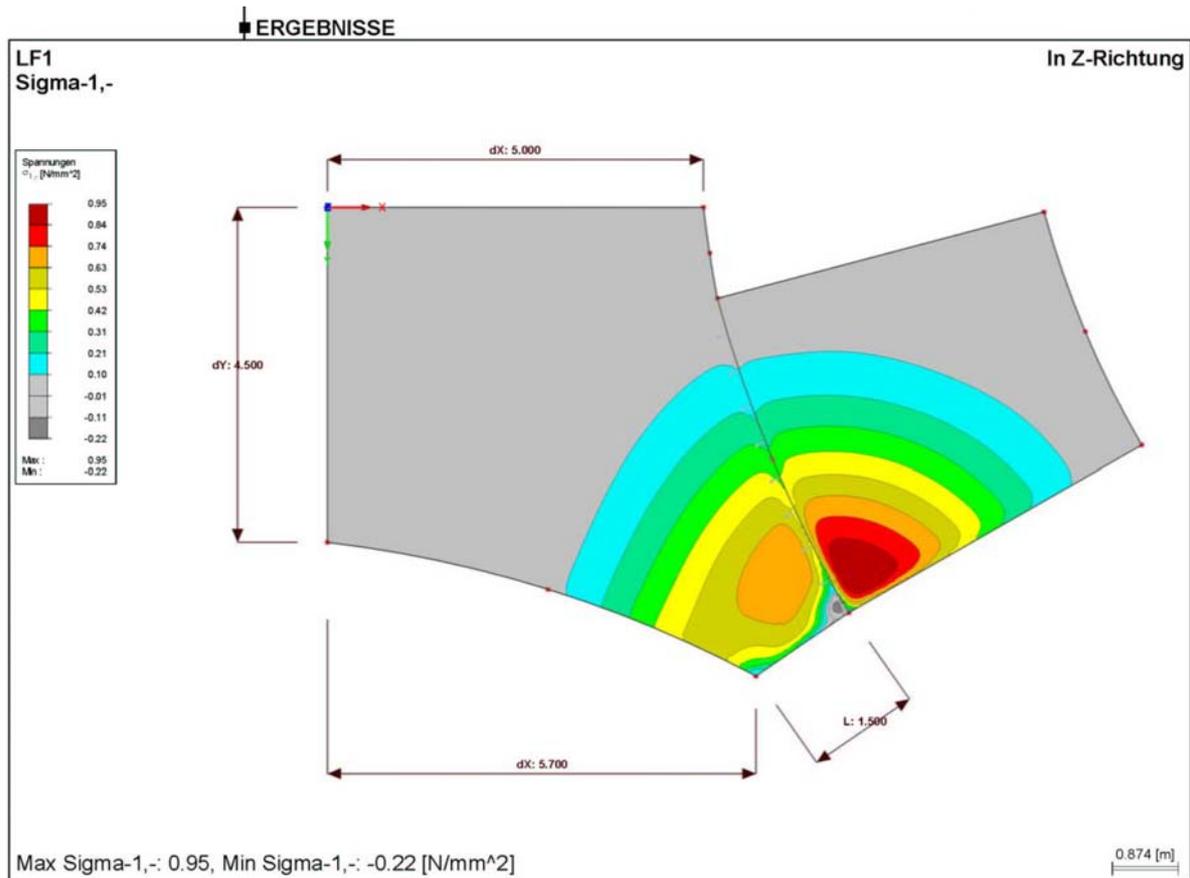


Abbildung 56: Verkehrslastspannungen bei einer Querkraftübertragung von 60 % (25 cm Plattendicke, 50 kN Radlast)

Tabelle 13: max. Biegezugspannungen an der Plattenoberseite bei unterschiedlichen Verkehrslasten und Betondeckendicken.

Betondeckendicke [cm]	max. Biegezugspannungen Last 50 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 55 kN [N/mm ²]	max. Biegezugspannungen Last 60 kN [N/mm ²]
20	1,36	1,47	1,58
22	1,17	1,26	1,36
25	0,95	1,03	1,11
27	0,84	0,91	0,98

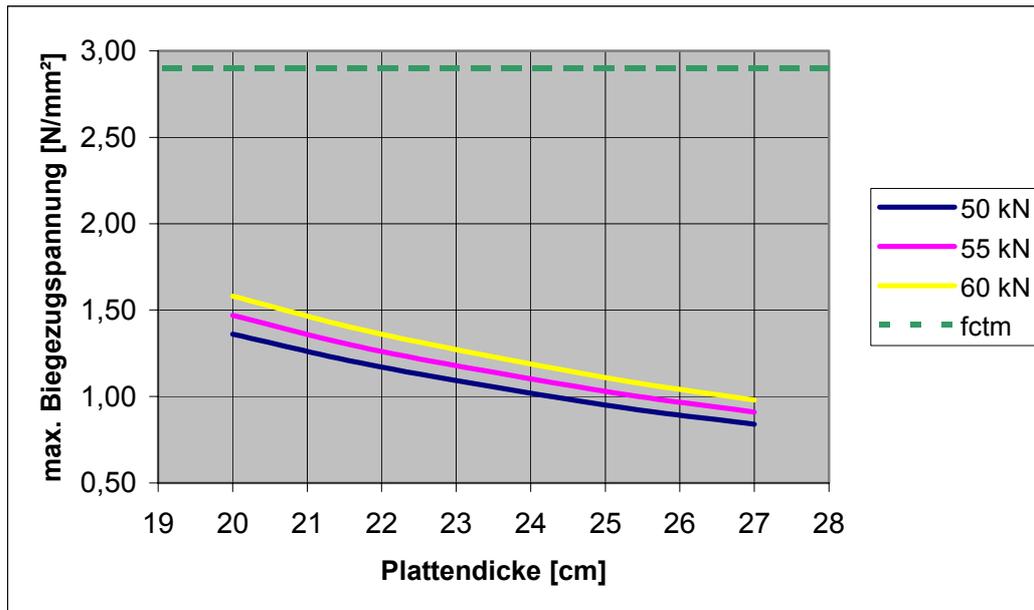


Abbildung 57: Zusammenhang zwischen max. Biegezugspannung und Betonplattendicke bei unterschiedlichen Verkehrslasten (Querkraftübertragung 60 %).

8.6 Zusammenfassung und Empfehlungen

Da die aufnehmbaren und auftretenden Belastungen immer voneinander unabhängige Zufallsgrößen enthalten und in den Berechnungsmodellen von idealisierten Bedingungen ausgegangen werden muss, ist eine rein theoretische Betrachtung für sich allein nur zur Abschätzung des Beanspruchungsverhaltens geeignet. Neben der in der Diplomarbeit ermittelten Verkehrslastspannungen treten noch Temperatur – und Schwindspannungen auf, welche für die Dimensionierung zu beachten sind. Wobei bei den temperaturbedingten Spannungszuständen jene in der Erhärtungsphase von jenen im Gebrauchszustand zu unterscheiden. Bemessungsrelevant im Gebrauchszustand sind jedenfalls zusätzlich die durch ungleichmäßige Erwärmung von oben auftretenden Wölbspannungen. Diese sind in einem weiteren Schritt mit den Verkehrslastspannungen zu überlagern [7].

Mit Hilfe der FEM – Simulation können die Spannungsverhältnisse aus Verkehrslast sehr anschaulich wiedergegeben werden und es wird eine zuverlässige Beurteilung von Beanspruchungs- und Konstruktionsvarianten speziell von hoch belasteten Betonstraßen auch außerhalb der standardisierten Aufbauten möglich.

Wie aus den Berechnungen hervorgeht, ergeben sich gerade bei sehr spitz zusammenlaufenden Plattengeometrien Spannungskonzentrationen, welche die Biegezugfestigkeit überschreiten können. Berücksichtigt man jedoch die Interaktion zwischen zwei Betonplatten mit einer simulierten Querkraftübertragung, so können die max. Biegezugspannungen wesentlich reduziert werden, wodurch der Bemessungswerte der Biegezugfestigkeit eingehalten wird.

Die optimale Ausführungsvariante des Übergangsbereichs stellt jedoch die unregelmäßig geformte Plattengeometrie in Verbindung mit der kreisringsegmentförmigen Platte dar (siehe Abbildung 49 und 56). Durch die geringen Verkehrslastspannungen kann die Betondeckendicke optimiert werden, ohne dass mit Schadensfällen unter Verkehrslast zu rechnen ist.

Empfehlungen:

1. Um Spannungskonzentrationen infolge Verkehrslast zu vermeiden, sollten die Plattengeometrien so gewählt werden, dass eine Mindestkantenlänge von 30 cm nicht unterschritten und der Eckwinkel von $\alpha > 85^\circ$ eingehalten wird (siehe Abbildung 20). Weiters sollte eine Mindestbetondicke (22 cm) eingehalten werden. Wobei eine Vergrößerung der Dicke der Betondecke, bei gleicher Radlast, zu einem überproportional starken Spannungsabbau führt.
2. Um die Spannungen in spitz zusammenlaufenden Platten möglichst gering zu halten, könnten diese auch mit einer größeren Betondickenstärke (z.B. 27 cm) ausgeführt werden als die übrigen Betonplatten des Kreisverkehrs. Jedoch müssten im Bereich der spitz zusammenlaufenden Platte Eintiefungen in den darunter liegenden Schichten vorgesehen werden, was konstruktiv nur schwer realisierbar ist. Darum ist von dieser Empfehlung abzusehen.

Beispiel: Die Betonfahrbahndecke wird mit der Lastklasse „S“ (25 cm Betondeckenstärke) ausgeführt. Alle spitz geformten Plattengeometrien werden mit 27 cm Betondeckenstärke ausgebildet. Dies bewirkt eine Abminderung der max. Biegezugspannungen um ca. 10 % (siehe Abbildung 58).

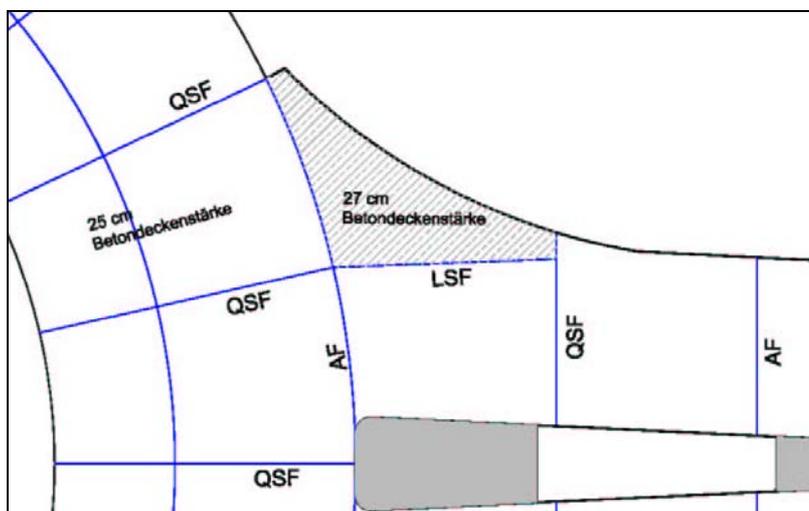


Abbildung 58: Beispiel: unterschiedliche Betondeckenstärke um Spannungen in spitz zusammenlaufenden Plattengeometrien gering zu halten.

3. Die auftretenden Kräfte in der Zugzone der Betonplatten können durch Bewehrung aufgenommen werden. Wobei die max. Biegezugspannungen bei den spitz geformten Plattengeometrien an der Plattenoberseite auftreten, wo auch die entsprechende Bewehrung, unter der Einhaltung einer Mindestüberdeckung (4,5 cm), einzulegen ist (siehe Abbildung 59).

Eine Anordnung der Bewehrung findet man in der Abbildung 60.

Beispiel: Bei in der Abbildung 48 gewählten Plattenanordnung ergibt sich aufgrund der max. Biegezugspannung von $\sigma_1 = 1,71 \text{ N/mm}^2$ eine Flächenbewehrung von $2,13 \text{ cm}^2/\text{m}$. Das entspricht etwa einer Mattenbewehrung AQ 55 ($2,38 \text{ cm}^2/\text{m}$).

Die dafür benötigte Schubbewehrung beträgt $7,3 \text{ cm}^2/\text{m}$. Dies entspricht bei Verwendung von zweischnittigen Bügeln (Stabdurchmesser 10 mm) einem Bügelabstand s von 20 cm.

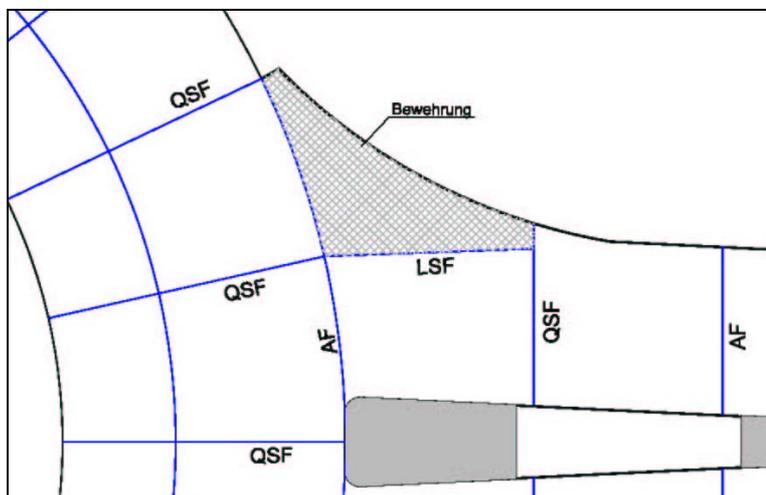


Abbildung 59: Bewehrung in spitz geformten Betonplatten

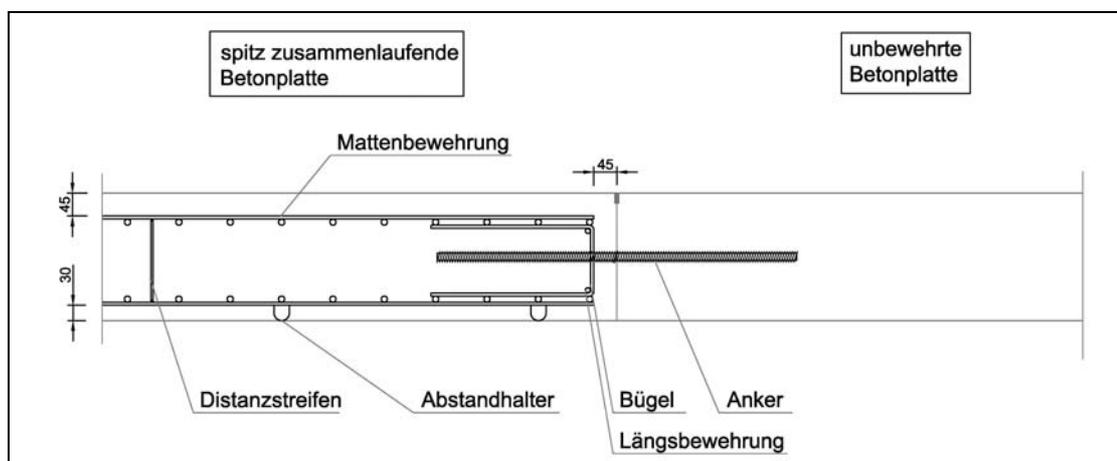


Abbildung 60: Lage der Bewehrung in der spitz zusammenlaufenden Betonplatte [15].
Maße in mm.

9 Ausführungsbeispiele

In den folgenden Punkten werden verschiedene Ausführungsvarianten für Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken angeführt.

Dabei wird auf Detaillösungen in der Fugenteilung sowie Anordnung der einzelnen Fugen hingewiesen.

9.1 Einstreifige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken

Beispiele für Fugenteilungspläne einstreifiger KV mit Betonfahrbahndecken sind im Anhang E (händischer Einbau) und F (maschineller Einbau) der Diplomarbeit enthalten. Grundsätzlich ist bei der Festlegung der Geometrien nach RVS 03.05.14 [2] vorzugehen.

Für die gewählten Geometrien der Kreisverkehrsanlage ist ein Schleppkurvennachweis zu erbringen. Besondere Bestimmungen gelten bei Sondertransportrouten.

9.1.1 Einbau erfolgt händisch (Anhang E)

Erfolgt der Einbau des Betonmischgutes zur Gänze händisch, so wurden folgende techn. Daten des Kreisverkehrs gewählt.

Techn. Daten des KV:

- Außendurchmesser: 35 m
- Fahrbahnbreite: 4,5 m + 2,5 m (gesamt 7 m)
- Kreisverkehrsarme: 40 m
- Die Ein-/ Ausfahrtsradien wurden mit 16 m bzw. 20 m gewählt [10].

Bereits bestehende ähnliche Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken findet man in der Abbildung 61.

Standort	Ausführungsbeispiel
<p>Steiermark Bezirk Leibnitz Kaindorf / Slum B 74 / L 611</p>	
<p>Steiermark Bezirk Leibnitz Gralla B 73 / A 9</p>	

Abbildung 61: Ausführungsbeispiele für einstreifige KV mit Betonfahrbahndecken –
händischer Einbau des Betonmischgutes (Foto: WEDL)

9.1.2 Einbau erfolgt maschinell (Anhang F)

Bei dieser Art der Herstellung wird der Zentral- sowie der Ein-/ Ausfahrtsbereich maschinell mittels Gleitschalungsfertiger hergestellt. Wobei im zentralen Bereich min. ein halbes Betonfeld freigelassen werden muss, damit der Fertiger aus der „Fertigerspur“ fahren kann und nicht in die frisch hergestellte Betondecke einfahren muss. Eine weitere Möglichkeit wäre, den Gleitschalungsfertiger mit einem Kran aus seiner „Spur“ zu heben. Dies ist aber nur dann sinnvoll, wenn an der Baustelle ein derart leistungsfähiges Gerät vorhanden ist.

Der Übergangsbereich hingegen wird händisch mittels Fließbeton hergestellt.

Bei derartigen Kreisverkehren wurden folgende techn. Daten gewählt:

Techn. Daten des KV:

- Außendurchmesser: 45 m
- Fahrbahnbreite: 4,5 m + 3 m (gesamt 7,5 m)
- Kreisverkehrsarme: 40 m
- Die Ein-/ Ausfahrtsradien wurden mit 16 m bzw. 20 m gewählt [10].

9.2 Zweistreifige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken (Anhang G)

Zweispurige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken werden grundsätzlich maschinell mittels Gleitschalungsfertiger hergestellt. Wobei der zentrale Bereich sowie der Ein-/ Ausfahrtsbereich mit dem Fertiger aufgefahren werden, im Übergangsbereich hingegen das Betonmischgut händisch in die gewünschte Form gebracht wird.

Für einen zweispurigen Kreisverkehr wurden folgende techn. Daten gewählt.

Techn. Daten des KV:

- Außendurchmesser: 50 m
- Fahrbahnbreite: 5,25 m + 5,25 m (Gesamt 10,5 m)
- Kreisverkehrsarme: 40 m
- Die Ein-/ Ausfahrtsradien wurden mit 16 m bzw. 20 m gewählt.[10]

Ausführungsbeispiele von bereits bestehenden „möglichen“ zweispurigen Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken sind in der Abbildung 62 enthalten.

Wobei diese bestehenden Anlagen nur in bautechnischer Hinsicht einem zweispurigen Kreisverkehr entsprechen. Neben der erforderlichen Fahrbahnbreite ist aber auch die dazu nötige horizontale Leiteinrichtung (Bodenmarkierung) notwendig. Bei den in der Abbildung 62 angeführten Kreisverkehren ist keine zweispurige Verkehrsführung gegeben, jedoch wird aufgrund der größeren Fahrbahnbreite die Geschwindigkeit im zentralen Bereich erhöht. Dies bewirkt einerseits eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit und einen erhöhten Platzbedarf für Lastzüge, andererseits wird dadurch die Verkehrssicherheit herabgesetzt. Kreisverkehre werden jedoch gerade an Kreuzungen mit hoher Unfallhäufigkeit errichtet, um die Geschwindigkeiten und Unfallhäufungspunkte im Kreuzungsbereich zu reduzieren. Hauptaugenmerk sollte also bei der Planung auf die Verkehrssicherheit gelegt werden.

Standort	Ausführungsbeispiel
<p>Niederösterreich Bezirk Schwechat Schwechat B 10</p>	
<p>Niederösterreich Bezirk Wr. Neustadt Wöllersdorf B 21 / B17</p>	

Abbildung 62: Ausführungsbeispiele für „mögliche“ zweispurige KV mit Betonfahrbahndecken
(Foto: WEDL)

9.3 Muster – Leistungsverzeichnis

Im ANHANG B der Diplomarbeit ist ein Muster – Leistungsverzeichnis für die Herstellung der Betonfahrbahndecke eines Kreisverkehrs angeführt.

9.4 Bilddokumentation

Im ANHANG C sind Herstellungs- und Ausführungsbeispiele in Form von Bildern dokumentiert.

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Zuge der Diplomarbeit wurden in Zusammenarbeit mit der ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton & Bautechnik) Informationen zur derzeitigen Ausführungspraxis von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken in Österreich zusammengetragen. Die Recherchen ergaben, dass es gerade im Übergangsbereich (siehe Pkt. 4.2) des Kreisverkehrs durch die Ausbildung von unregelmäßig geformten, spitz zusammenlaufenden Betonplattengeometrien häufig zu Schadensfällen kommt. Das Ziel der Diplomarbeit bestand nun darin, diese Bereiche genauer zu betrachten und in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Betonfahrbahnen“ der ÖVBB ein Merkblatt für die Planung und Ausführung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken zu erstellen.

Im Ersten Teil der Diplomarbeit wurden die Informationen zum derzeitigen Stand der Technik von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken aufbereitet. Diese dienten wiederum als Grundlage für spätere Aussagen über die optimale Baustoffwahl, Fugenausbildung und vor allem die Erstellung von Fugenteilungsplänen (siehe Anhang). Dabei wurde zwischen händischen und maschinellen Einbau des Betonmischgutes unterschieden. Die in den Fugenteilungsplänen auftretenden unregelmäßig geformten Plattengeometrien wurden mit Hilfe der numerischen Methode, basierend auf der Methode der Finiten Elemente untersucht. Besonderes Augenmerk galt dabei der Dimensionierung der unregelmäßig geformten Betonplatten. Um hier Aussagen machen zu können, mussten die Spannungsverhältnisse unter Verkehrslast ermittelt werden. Für die Simulation dieser Verkehrslastspannungen wurde eine FEM – Software verwendet, mit der das Modell „freier Plattenrand“ (siehe Pkt. 8.5.1) sowie „Querkraftübertragung am Plattenrand“ (siehe Pkt. 8.5.2) erstellt werden konnte. Die Auswertung der Systemwirkungen von einzelnen Betonplatten bzw. die Interaktion zwischen zwei Betonplatten erfolgte für unterschiedliche Radlasten, Betondeckendicken und Querkraftübertragungsraten.

Um die Querkraftübertragung zwischen den Fugen im FE – Modell zu simulieren, wurde am Plattenrand ein „Liniengelenk“ angeordnet, wo nur Querkräfte in Form einer Wegfeder übertragen werden. Versuchsergebnisse aus den USA [14] ergaben, dass bei verdübelten Fugen von einer über die Gebrauchsdauer vorhandenen Querkraftübertragung von 60 % ausgegangen werden kann. An verankerten Fugen wurde eine Annahme mit 40 % Querkraftübertragung getroffen, da es keine vergleichbaren Untersuchungen dazu gibt (siehe Pkt. 8.3.2).

Neben den Allgemeinen Vertragsbestimmungen für Deckenarbeiten [2] ergeben sich aus den Ergebnissen der Diplomarbeit noch zusätzliche Punkte die bei der Planung und Ausführung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken zu berücksichtigen sind.

Aufgrund der erhöhten Beanspruchung ist ein Oberbau gemäß Lastklasse „I“ [2] mit einer Betondeckendicke von 22 cm als Mindestanforderung auszuführen. Bei Straßen mit hohem Schwerverkehrsanteil soll die Lastklasse „S“ [2] mit einer Betondeckendicke von 25 cm die Langlebigkeit der Fahrbahn gewährleisten. Die Ein-/ Ausfahrtsbereiche des Kreisverkehrs sind auf eine Länge von ca. 40 m in Betonbauweise auszuführen.

Betrachtet man das FEM - Modell „freier Plattenrand“ (siehe Pkt. 8.5.1), so ergeben sich gerade bei spitz zusammenlaufenden Plattengeometrien Spannungskonzentrationen, welche die maßgebliche Biegezugfestigkeit von Beton überschreiten können. Durch die Interaktion mit der benachbarten Betonplatte (Querkraftübertragung) kann jedoch die Verkehrslastspannung um mehr als das Doppelte des „freien Plattenrandes“ reduziert werden. Bei ausreichender Dimensionierung und sorgfältiger Ausbildung der Plattengeometrien ist dann auch die Ausführung von spitz zusammenlaufenden Geometrien zulässig. Wenn mit erhöhten Verkehrslasten (Radlasten) zu rechnen ist, sollten die spitz zusammenlaufenden Betonplatten jedoch in bewehrter Form (siehe Abbildung 60) ausgeführt werden. Dadurch werden die Biegezugspannungen sicher aufgenommen und ein Versagen der Platte wird verhindert.

Die optimale Ausführungsvariante des Übergangsbereichs stellt die unregelmäßig geformte Plattengeometrie dar, die mit der kreissegmentförmigen Betonplatte der Kreisfahrbahn verdübelt ist (siehe Abbildung 49 und 56). Durch die geringen Verkehrslastspannungen kann die Betondeckendicke optimiert, und bei fachgerechter Herstellung das Schadensrisiko minimiert werden.

Bei Ausführung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken kann bei ausreichender Dimensionierung & fachgerechter Herstellung eine lange technische Gebrauchsdauer bei geringem Erhaltungsaufwand erzielt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Road and Traffic Authority (RTA): **Concrete Roundabout Pavements – A Guide to their Design and Construction**, Blacktown, Australia 2004
- [2] RVS, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau. Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr.
RVS 03.05.14: Plangleiche Knoten – Kreisverkehrsanlagen.
RVS 03.08.63: Bautechnische Details, Oberbaubemessung.
RVS 08.17.02: Deckenarbeiten, Betondecken, Deckenherstellung.
RVS 08.18.01: Deckenarbeiten, Pflasterdecken, Plattenbeläge und Randeinfassung.
- [3] ÖNORM B 4710-1: Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis.
- [4] Eisenmann J., Leykauf G: **Betonfahrbahnen**, Handbuch für Beton, Stahlbeton- und Spannbetonbau. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2.Auflage, 2003.
- [5] Wedl S.: **Kreisverkehrsanlagen mit Betondecken – State of the Art in Austria**, Interdisziplinäre Seminararbeit, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Technische Universität Wien, Wien 2005.
- [6] Holcim (Schweiz) AG: **Betonstraßenpraxis – Der Leitfaden für den Betonbelagsbau**, Zürich 2002.
- [7] R. Blab: **Einflussgrößen bei der Bemessung hochbelasteter Betonstraßen**, Vortrag: Österreichische Betonstraßentagung, Publikation "Betonstraßen 2005" der Schriftenreihe „Zement & Beton“, S. 22 – 30, Wien 2005.
- [8] Eifert H., Vollpracht A., Hersel O.: **Straßenbau heute – Betondecken**, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Düsseldorf 2004.
- [9] Verordnung des Bundesministers für öffentliche Wirtschaft und Verkehr über Bodenmarkierungen, **Bodenmarkierungsverordnung 1995**, BGBl.Nr. 848/1995 STO283.
- [10] Amt der steiermärkischen Landesregierung – Fachabteilung 18A, **Richtlinie für die Errichtung von Kreisverkehrsplätzen**, Graz 2003.
- [11] Schnabel W., Lohse D.: **Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung**, Band 1, Verlag für Bauwesen, 2. Auflage, Berlin 1997.
- [12] Ingenieur – Software Dlubal: **Finite Elemente Software RFEM 2** Tiefenbach 2006.

- [13] Cauwelaert F.: ***A Rigorous Analytical Solution of a Concrete Slab submitted to Interior an Edge Loads with No, Partial and Full Shear Transfer at the Edge.*** Proceedings of the 5th Intern. Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Vol. 1, Purdue University, Indiana USA 1993.
- [14] Colley B.E., Humphery H.A.: ***Aggregate Interlock at Joints in Concrete Pavements,*** Research and Development Laboratories, Portland Cement Association, Illinois USA 1966.
- [15] Fritsche G., Blasy R.: ***Bewehrungsatlas,*** Güteschutzverband für Bewehrungsstahl, 1. Ausgabe (Oktober 2002), Wien 2002.
- [16] Blab R., Wistuba M.: ***Vorlesungsunterlagen Straßenbautechnik Vertiefung,*** Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Ausgabe 2005, Wien 2005.

ANHANG A: Merkblatt

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG

1.1	ABKÜRZUNGEN	74
1.2	ANWENDUNGSBEREICH	74
1.3	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN – DEFINITIONEN	74

2. BAULICHE GESTALTUNG

2.1	HERSTELLUNGSART	74
2.2	OBERBAUAUSBILDUNG	74
2.3	FUGENTEILUNG	75
	2.3.1 Plattengeometrie	75
	2.3.2 Praktische Hinweise	76
2.4	FUGENAUSBILDUNG	76
	2.4.1 Scheinfugen	76
	2.4.2 Pressfugen	76
	2.4.3 Trennfugen	77
	2.4.4 Anschlussfugen	77
	2.4.5 Abschlussfugen	77
2.5	GESTALTUNG DER EIN- UND AUSFAHRTSBEREICHE	77
2.6	QUERSCHNITT - BANKETT	78

3. BAUSTOFFANFORDERUNGEN

3.1	BETON	79
3.2	FUGENFÜLLUNG	79
3.3	STAHLINLAGEN	79
	3.3.1 Dübel	79
	3.3.2 Anker	79

4. HERSTELLUNGSHINWEISE

4.1	TRAGSCHICHTEN	80
4.2	SCHALUNG	80
4.3	EINBAU	80
4.4	OBERFLÄCHENSTRUKTUR	80
4.5	NACHBEHANDLUNG	80
4.6	FUGENSCHNITT	80
4.7	HORIZONTALE LEITEINRICHTUNGEN	80

5. AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

5.1	EINSTREIFIGE KREISVERKEHRE MIT BETONFAHRBAHNDECKEN	81
	5.1.1 Einbau erfolgt händisch	81
	5.1.2 Einbau erfolgt maschinell	81
5.2	ZWEISTREIFIGE KREISVERKEHRE MIT BETONFAHRBAHNDECKEN	81
5.3	MUSTER - LEISTUNGSVERZEICHNIS	81
5.4	BILDDOKUMENTATION	81

1 Einleitung

1.1 Abkürzungen

Folgende Abkürzungen wurden in dem Merkblatt verwendet:

KV:	Kreisverkehr
LSF:	Längsscheinfuge
QSF:	Querscheinfuge
PF:	Pressfuge
TF:	Trennfuge
AF:	Abschlussfuge
ANF:	Anschlussfuge

1.2 Anwendungsbereich

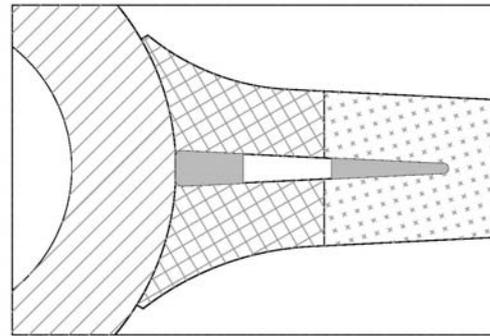
Oberbaukonstruktionen von Kreisverkehren unterliegen aufgrund der Flieh- und Bremskräfte des den Kreisverkehr durchfahrenden Schwerverkehrs besonders hohen Beanspruchungen.

Bei Ausführung von Kreisverkehren in Betonbauweise kann aufgrund der hohen Verformungsbeständigkeit von Beton bei ausreichender Dimensionierung und fachgerechter Herstellung eine lange technische Gebrauchsdauer bei geringem Erhaltungsaufwand erzielt werden. Die Bestimmungen dieses Merkblattes dienen als Planungs- und Ausführungsgrundlage zur Herstellung von Kreisverkehren mit Betonfahrbahndecken.

1.3 Begriffsbestimmungen – Definitionen

Ein Kreisverkehr ist in bautechnischer Hinsicht in drei Bereiche zu unterteilen (Abb. 1) [1]:

1. Zentraler Bereich (Kreisfahrbahn): Dieser umfasst die eigentliche Kreisverkehrsfläche.
2. Übergangsbereich: Dieser stellt den Übergang zwischen der Kreisfahrbahn und den anschließenden Ein-/Ausfahrtsbereich dar.
3. Ein-/Ausfahrtsbereich: Dieser reicht vom Ende des Übergangsbereichs bis zum Ende des mit Betonfahrbahndecke ausgeführten Kreisverkehrs.



-  Zentraler Bereich
-  Übergangsbereich
-  Ein-/ Ausfahrtsbereich

Abb. 1: Bereiche eines Kreisverkehrs (nach [1])

Kreisverkehrsarm:

Der Kreisverkehrsarm setzt sich aus dem Übergangsbereich sowie dem Ein-/Ausfahrtsbereich zusammen.

2 Bauliche Gestaltung

2.1 Herstellungsart

Betondecken für Kreisverkehre sind grundsätzlich lt. RVS 08.17.02 [2] ohne Bewehrung und Plattenlängen kleiner als die 25fache Plattendicke herzustellen. Weiters sind diese in Felder einzuteilen, welche durch Stahleinlagen (Dübel, Anker) miteinander zu verbinden sind.

2.2 Oberbauausbildung

Bei der Oberbaudimensionierung ist grundsätzlich nach RVS 03.08.63 [2] vorzugehen (Abb. 2).

Aufgrund der erhöhten Beanspruchung ist ein Oberbau gemäß Lastklasse I mit einer Betondeckendicke von 22 cm als Mindestanforderung auszuführen. Bei Straßen mit hohem Schwerverkehranteil wird die Ausführung des Oberbaus gem. Lastklasse S mit einer Betondeckendicke von 25 cm empfohlen, da bei zu gering dimensionierten Plattendicken in Verbindung mit schlechten Bettungsverhältnissen mit dem Auftreten von Kanten- und Plattenbrüchen zu rechnen ist [5].

Lastklasse (n > 30 Jahre)	S		I		II		III		IV		V		VI	
	BNLW in Mio		BNLW in Mio		BNLW in Mio		BNLW in Mio		BNLW in Mio		BNLW in Mio		BNLW in Mio	
	> 18 bis 4,0 ¹⁾		> 6,5 bis 18		> 2,1 bis 6,5		> 0,6 bis 2,1		> 0,15 bis 0,6		> 0,075 bis 0,15		> 0,075	
Baitype 5 Betondecke auf ungebundener Tragschicht	Betondecke verübelst													
	Betondecke unverübelst													
Baitype 6 Betondecke auf zementstabilisierter Tragschicht	Betondecke verübelst													
	Betondecke unverübelst													
Die Querneigung des Unterbauplanums ist gleich der der Fahrbahn auszuführen. $E_{cm} > 35 \text{ MN/m}^2$														

Anmerkungen bezüglich der Festlegungen der Plattengeometrie siehe auch RVS 05.04.33)
1) Bei ständigen radschnellen Verkehr (Radsprunghöhe näher als 30 cm zum freien Betondeckenrand), häufigen Überfahrten des freien Betondeckenrandes bzw. häufigen Einbauten in der Betondecke, ist die Betondecke der nächsthöheren Lastklasse zu wählen.
2) Für eine Bemessungsverkehrbelastung über 40 Mio. BNLW ist die Deckendicke auf 28 cm zu erhöhen. Für Belastungen über 80 Mio. BNLW ist jöberfalls eine gesonderte Dimensionierung vorzunehmen.

Betondecke gem. RVS 05.04.32

Bituminöse Tragschicht BT0 gem. einschlägiger RVS

ungebundene untere Tragschicht gem. RVS 05.05.11

zementstabilisierte Tragschicht gem. RVS 05.05.13

Oberflächenbehandlung

Abb. 2: Lastklassen lt. RVS 03.08.63 [2]

2.3 Fugenteilung

Um eine kontrollierte Rissbildung der Betondecke zu gewährleisten ist diese in einzelne Betonplatten aufzuteilen. Die Anordnung der einzelnen Fugen soll vor Baubeginn in Form eines Fugenteilungsplans dokumentiert werden.

2.3.1 Plattengeometrie

Es ist nach den Regeln der RVS 08.17.02 [2] vorzugehen.

Zusammenfassend:

- $L \leq 1,5 * B$
- $L \leq 25 * D$
- $L \leq 5,5 \text{ m}$
- $\alpha > 85^\circ$

L...Feldlänge: Abstand von Querfuge zu Querfuge.

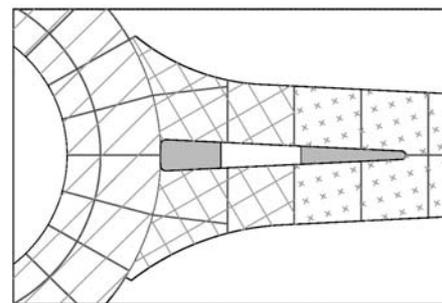
B...Feldbreite: Abstand vom Plattenrand zur Längsfuge bzw. Pressfuge.

D...Dicke der Betondecke

α ...Eckwinkel einer Betonplatte

Zentraler Bereich: (Abb. 3)

Im zentralen Bereich ist die Betondecke in kreissegmentförmige Betonplatten aufzuteilen. Wobei zwischen Platten des Zentralen Bereichs und des Übergangsbereichs am Umfang Abschlussfugen anzuordnen sind.



- Fugenteilung
- Zentraler Bereich
- Übergangsbereich
- Ein-/ Ausfahrtsbereich

Abb. 3: Beispiel einer Fugenteilung in den drei Bereichen eines Kreisverkehrs.

Übergangsbereich: (Abb. 3)

Im Übergangsbereich dürfen unregelmäßig geformte Betonplatten angeordnet werden. Bei diesen Betonplatten ist auf eine sorgfältige Ausbildung der Geometrien gemäß Abb. 4 zu achten.

Die Kantenlänge einer Betonplatte soll ein Mindestmaß von 30 cm nicht unterschreiten, um so sehr spitz zusammen laufende Plattengeometrien zu vermeiden.

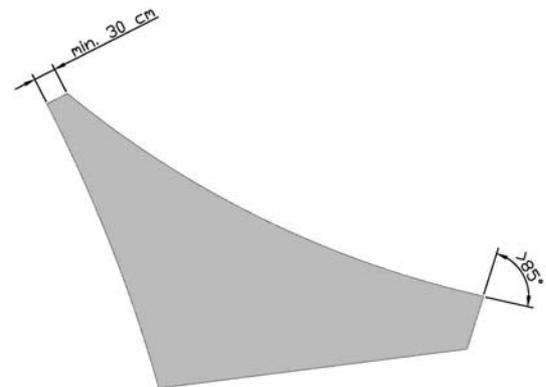


Abb. 4: Beispiel einer unregelmäßig geformten Betonplatte nach RVS 08.17.02 [2]

Ein-/ Ausfahrtsbereich: (Abb. 3)

Die Fugenaufteilung erfolgt bei den Kreisverkehrsarmen meist in üblicher rechteckiger Form.

2.3.2 Praktische Hinweise

1. Die Anordnung von Schächten oder sonstigen Einbauten im Bereich des Kreisverkehrs ist grundsätzlich zu vermeiden. Können diese nicht außerhalb des Kreisverkehrs angeordnet werden, so ist die Fugenteilung an die Anordnung der Schächte anzupassen (Plattenränder oder Plattenkreuze). Schächte und sonstige Einbauten sind durch eine Trennfuge von der Betondecke zu trennen, da diese ein unterschiedliches Bewegungs- und Setzungsverhalten aufweisen.
2. Um ein häufiges Überfahren der Längsfugen zu vermeiden, soll die Anordnung der Fugen mit den horizontalen Leiteinrichtungen (Bodenmarkierung) abgestimmt werden (siehe dazu auch Pkt. 4.7).
3. Bei der Erstellung des Fugenteilungsplans ist auf fertigungstechnische Gesichtspunkte zu achten, z.B. Abstimmung auf die Einbaubreite des Einbaufertigers.

2.4 Fugenausbildung

Grundsätzlich ist lt. RVS 08.17.02 [2] vorzugehen.

Sämtliche Fugen sind so herzustellen, dass die Ebenheit der Betondecke gewährleistet bleibt.

Längs- und Querfugen sind in der Regel unter einem Winkel $> 85^\circ$ zueinander anzuordnen. Im Allgemeinen sind Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken raumfugenlos auszubilden.

2.4.1 Scheinfugen

Scheinfugen sind grundsätzlich durch Fugenschnitt herzustellen. In Ausnahmefällen darf der obere Fugenspalt, der zu verschließen ist, auch durch Einlegen einer Fugenleiste mit trapezförmigem Querschnitt hergestellt werden. In den frischen Beton eingelegte Fugenleisten sind nach der Erhärtung des Betons zu entfernen.

Fugenschnitt:

Die Herstellung der Scheinfuge (Abb. 5) erfolgt in zwei Schritten. Als Erstes ist der Betondeckenquerschnitt mit einer Schnittbreite von 2 bis 3,5 mm auf

$1/3$ der Betondeckendicke einzuschneiden. Nachträglich wird die schmal geschnittene Scheinfuge im oberen Bereich (20 mm) mit einer Schnittbreite von 8 mm aufgeweitet.

Vor dem Schließen der Fuge mit bituminöser Fugenvergussmasse ist diese noch zu reinigen.

Der ideale Zeitpunkt für den Fugenschnitt richtet sich nach der verwendeten Betonsorte und der vorherrschenden Witterung (siehe dazu auch Pkt 4.6).

Längsscheinfugen (LSF) sind mittels Rippenstahl zu verankern. Querscheinfugen (QSF) sind mittels Rundstahl zu verdübeln (siehe dazu auch Pkt. 3.3).

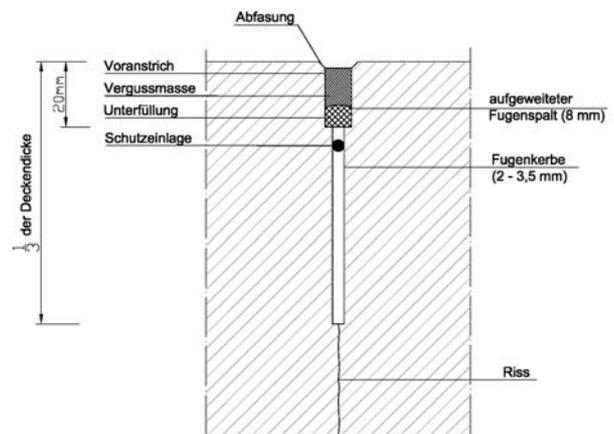


Abb. 5: Scheinfugenausbildung durch Fugenschnitt.

2.4.2 Pressfugen

Pressfugen PF entstehen, wenn an ein bestehendes Betonfeld ein Neues anbetoniert wird (Abb. 6).

Nach Herstellung des neuen Deckenfeldes ist im oberen Teil der Pressfuge ein Fugenspalt mit einer Breite von 8 mm und einer Tiefe von 20 mm einzuschneiden. Nach Reinigung des Fugenspalts ist dieser mit bituminöser Fugenvergussmasse zu verfüllen.

Pressfugen sind mittels Schraubanker zu verankern (siehe dazu auch Pkt. 3.3)

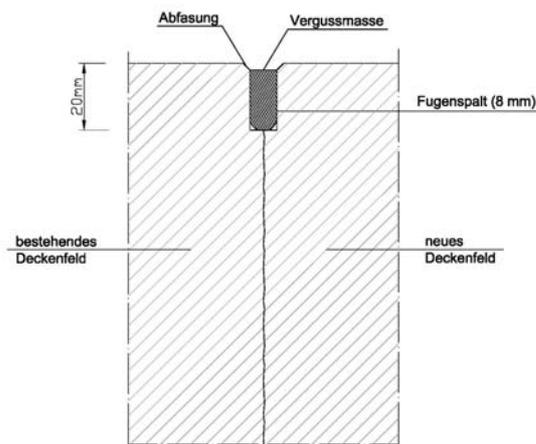


Abb. 6: Pressfuge

2.4.3 Trennfugen

Trennfugen TF (Abb. 7) werden bei bestehenden Randeinfassungen und Einbauten angeordnet (z.B.: Entwässerungsschacht).

Die Fuge ist durchgehend mindestens 20 mm breit auszuführen, wobei die oberen min. 20 mm mittels bituminöser Fugenvergussmasse zu verschließen sind. Im unteren Teil ist eine zusammendrückbare Einlage anzuordnen (z.B.: Holzfaserplatte).

Trennfugen sind weder zu verdübeln, noch zu verankern.

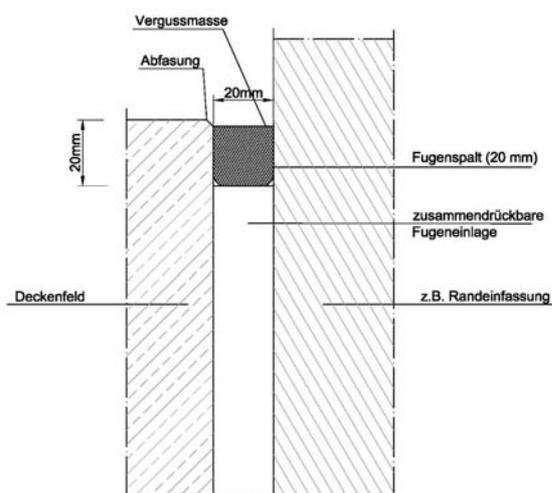


Abb. 7: Trennfuge

2.4.4 Anschlussfugen

Anschlussfugen ANF sind beim Übergang zwischen Betondecke und Asphaltbelag auszubilden (Abb. 8). Nach Herstellung der beiden Deckenbeläge ist in die bituminösen

Deckschichte ein 8 mm breiter und 20 mm tiefer Fugenspalt zu schneiden. Nach Reinigung des Fugenspalts ist dieser mit bituminöser Fugenvergussmasse zu verfüllen.

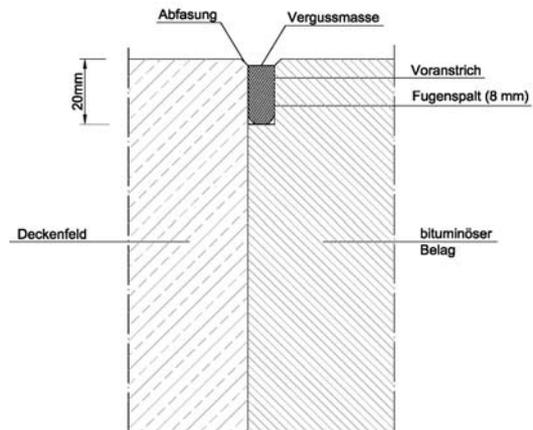


Abb. 8: Anschlussfuge

2.4.5 Abschlussfugen

Abschlussfugen AF sind Querfugen, die am Ende jeder Tagesleistung sowie durch Freilassen von Deckenfeldern entstehen.

Vor der Fortsetzung der Betonierarbeiten ist der Bereich der Abschlussfugen ordnungsgemäß auszubilden und mit Dübeln auszustatten.

2.5 Gestaltung der Ein- und Ausfahrtsbereiche

Beansprucht werden die Kreisverkehrsarme vor allem durch Verzögerungs- bzw. Beschleunigungskräfte. Weiters kann es des Öfteren im Einfahrtsbereich zur Staubildung kommen. Dies führt zu langen Belastungszeiten der Deckschicht. Bei bituminösen Oberbaukonstruktionen führt dies häufig zur Spurrinnenbildung.

Aus diesem Grund sind auch die Kreisverkehrsarme auf einer Länge von mind. 40 m mit Betonfahrbahndecken auszubilden (Abb. 9). Dies entspricht in etwa der Aufstelllänge von zwei Lastzügen.

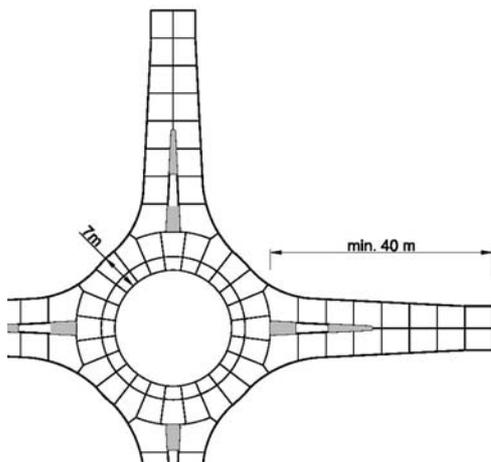


Abb. 9: Kreisverkehrsarme auf eine Länge von min. 40 m in Beton ausführen [2]

2.6 Querschnitt - Bankett

Aufgrund der geometrischen Ausbildung eines Kreisverkehrs werden die Randeinfassungen und Bankette durch den Schwerverkehr va. im Ein- und Ausfahrtsbereich häufig überfahren. Diese sind daher möglichst dauerhaft zu gestalten.

In den folgenden Ausführungen werden Detailvorschläge für Randeinfassungen und Bankette beispielhaft dargestellt.

Übergang Mittelinsel – Kreisfahrbahn:

Um die Oberflächenwässer (Schmelzwässer während der Tauphase) der Mittelinsel sicher ableiten zu können, wird eine rund 150 cm lange Versickerungsmulde (Rasenmulde) angeordnet (Abb. 10). Die stabile Begrenzung zwischen Fahrbahn und Mittelinsel wird durch die Anordnung eines Hochbordsteins ausgebildet.

Anstelle des Hochbordsteines können auch Flachbordsteine oder in einem Winkel von 45° gelegte Natursteine ausgeführt werden.

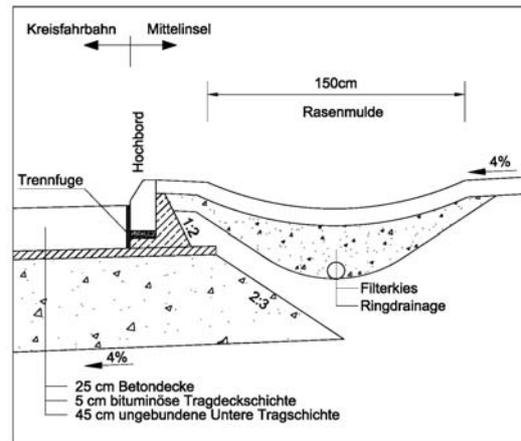


Abb. 10: Beispiel: Hochbord mit Rasenmulde [4]

Um eine besonders starre Übergangskonstruktion herzustellen, kann der Hochbord verankert werden. Dazu wird der Hochbordstein mittels Stahllanker in einem bewehrten Betonkörper rückverankert.

Übergang Kreisfahrbahn – Aussenbankett:

Im Freilandbereich wird das Aussenbankett meist als Schotterbankett ausgeführt, wobei kritische Bereiche im Ein- und Ausfahrtsbereich, die häufig überfahren werden, auch befestigt ausgeführt werden sollen (z.B.: mit Pflasterdeckenkonstruktion).

Im städtischen Gebiet hingegen kann der Randabschluss mittels Naturstein- oder Hochbordstein erfolgen.

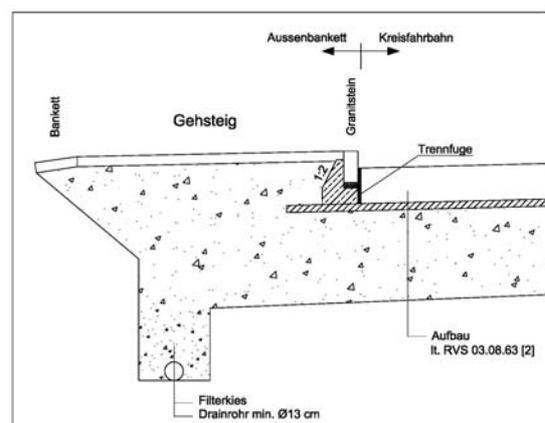


Abb. 11: Beispiel: Randeinfassung

3 Baustoffanforderungen

3.1 Beton

Zu verwenden ist die Betonsorte gemäß ÖNORM B 4710-1 [3]:

- C 30/37 / B7 / XM2

Bei zweischichtiger Ausführung darf für den Unterbeton auch die Betonsorte C 30/37 / B7 verwendet werden. Wenn im LV festgelegt, ist diese Betonsorte für untergeordnete Bauvorhaben auch bei einschichtiger Bauweise zulässig.

Die Konsistenz ist der Einbaumethode (händisch oder maschinell mittels Gleitschalungsfertiger) anzupassen. Statt obiger Betonsorten ist die Verwendung der relevanten Betonsorten gemäß RVS 08.17.02 [2] zulässig.

3.2 Fugenfüllung

Fugenfüllstoffe werden verwendet, um die Fugen in Betondecken möglichst dicht auszubilden, damit weder Wasser noch Feststoffe in die Fuge eindringen können.

Man unterscheidet zwischen Fugeneinlagen und Fugenfüllstoffen.

Es gelten die Anforderungen lt. RVS 08.17.02 [2].

3.3 Stahleinlagen

Um eine optimale Lastübertragung zwischen den Fugen zu gewährleisten sind diese mit Stahleinlagen zu versehen.

Im Allgemeinen sind Fugen quer zur Fahrtrichtung (Querfugen) zu verdübeln und längs zur Fahrtrichtung angeordnete Fugen (Längsfugen) sind zu verankern.

Pressfugen sind im Allgemeinen mittels Schraubanker zu verankern.

Es gelten die Anforderungen lt. RVS 08.17.02 [2].

3.3.1 Dübel

Dübel bestehen aus kunststoffbeschichteten Rundstahl und sind in der Mitte der Plattendicke zu verlegen (Abb. 12).

Mit Hilfe von Dübelkörben können diese in der gewünschten Lage so positioniert

werden, dass sie sich während des Betoneinbaus nicht verschieben können.

Tabelle 1: Dübel

Dübel lt. RVS 08.17.02 [2]
Anordnung: alle 25 cm ein Dübel
Durchmesser: 25 mm
Länge: 50 cm

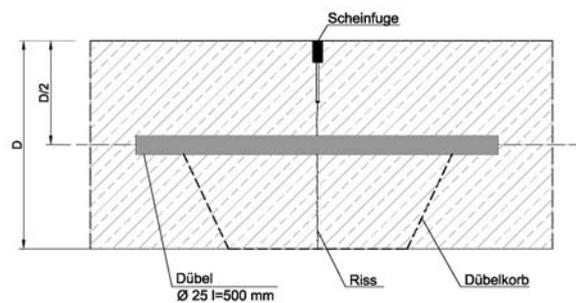


Abb. 12: Dübelanordnung in Plattenmitte

3.3.2 Anker

Anker bestehen aus Rippenstahl und werden in der Plattenmitte angeordnet (Abb. 13).

Für die Verankerung werden Normal-, Schraub- oder Klebeanker verwendet.

Tabelle 2: Anker

Anker lt. RVS 08.17.02 [2]
Anordnung: 6 Anker je Feld
Durchmesser: 14 mm
Länge: 70 cm

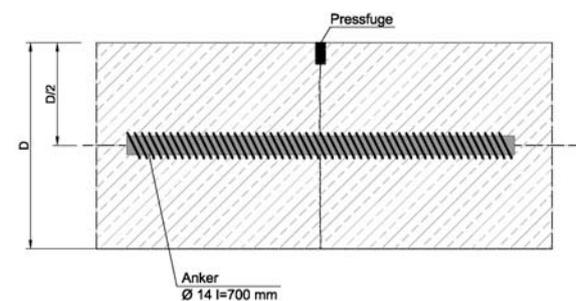


Abb. 13: Ankeranordnung in Plattenmitte

4 Herstellungshinweise

4.1 Tragschichten

Höhenunterschiede (Gefälle) sind bereits bei der Herstellung der Tragschichten auszubilden.

Aus fertigungstechnischen Gründen sind diese auch breiter als die fertige Betondecke auszuführen. Beim händischen Einbau sollte die zusätzliche Breite der unter der Betondecke angeordneten Tragschichten min. 20 cm betragen, um so die Schalung, z.B. mit Hilfe von Steckeisen, in der bituminösen Unterlage befestigen zu können.

Wird hingegen maschinell mittels Gleitschalungsfertiger eingebaut, ist eine zusätzliche Breite der unter der fertigen Betondecke angeordneten Tragschichten von min. 50 cm sicherzustellen, damit sich der Fertiger auf einer ausreichend tragfähigen Unterlage fortbewegen kann.

4.2 Schalung

Grundsätzlich gelten die diesbezüglichen Bestimmungen der RVS 08.17.02 [2]. Für den Einbau von Straßenbeton mit Fließmittel sind Schalungen so auszuführen, dass die geforderte profilgerechte Seiten- und Höhenlage der Decke sowie die Ebenheit der Betonoberfläche sicher eingehalten werden. Es soll sichergestellt sein, dass die stehende Schalung unverrückbar aufgestellt wurde und beim Einbringen des Betonmischgutes ein Durchbiegen verhindert wird. Dies kann z.B. mit Hilfe von Steckeisen erfolgen, welche in der bituminösen Unterlage befestigt werden.

Die Verwendung von Holzschalungen ist zulässig.

Beim Einsatz einer geschleppten Schalung (Gleitschalungsfertiger) muss der Frischbeton eine ausreichende Grünstand-festigkeit aufweisen, d.h. die Kante der frisch betonierten Fahrbahndecke darf nicht absacken.

4.3 Einbau

Grundsätzlich gelten die diesbezüglichen Bestimmungen der RVS 08.17.02 [2]. Der Beton kann ein- oder zweischichtig eingebaut werden, wobei die obere Schicht als Oberbeton und die darunter

liegende Schicht als Unterbeton bezeichnet wird.

In der Regel wird bei Kreisverkehren das Betonmischgut einschichtig und einlagig eingebaut. Der höherwertige Oberbeton muss dann über die gesamte Deckendicke eingebaut werden.

Der kostengünstigere zweischichtige Einbau hingegen benötigt einen höheren logistischen Aufwand, der für die vergleichsweise kleine Fläche einer Kreisverkehrsanlage erfahrungsgemäß nicht gerechtfertigt ist. Weiters besteht eine höhere Gefahr von Fehlerquellen, da die beiden Schichten frisch auf frisch einzubauen sind. [5]

4.4 Oberflächenstruktur

Im Allgemeinen erfolgt die Strukturierung der Oberfläche mit einem Besen (Stahlbesen). Die Oberfläche ist dazu so auszubilden, dass die Oberflächenwässer sicher abgeleitet werden können (in der Regel quer zur Fahrtrichtung).

4.5 Nachbehandlung

Während und nach der Herstellung der Decke muss der Beton geschützt und sorgfältig nachbehandelt werden. Damit sollen eine hohe Festigkeit und Dichte sowie ein hoher Frost-, Frosttaumittel- und Verschleißwiderstand der oberflächen-nahen Zonen gewährleistet, und Risse vermieden werden.

Unmittelbar nach Betoneinbau ist ein Verdunstungsschutz aufzubringen. Weiters ist der Beton in den ersten 2 Stunden vor Niederschlag zu schützen.

4.6 Fugenschnitt

Der ideale Zeitpunkt des Fugenschnitts hängt von vielen Faktoren ab (z.B.: Betonfestigkeitsklasse, Sonneneinstrahlung, Witterung).

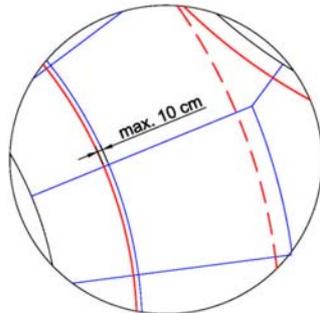
Es ist jedenfalls darauf zu achten, dass rechtzeitig eine geeignete Fugenschneidemaschine verfügbar ist.

Ein nicht zeitgerechter Fugenschnitt kann die Lebensdauer der Betondecke wesentlich verringern.

4.7 Horizontale Leiteinrichtungen

Die Bodenmarkierungen sind gemäß der Bodenmarkierungsverordnung 1995 vorzusehen [9].

Um ein häufiges Be- bzw. Überfahren von Längsfugen zu vermeiden, ist der Fugenteilungsplan mit dem Bodenmarkierungsplan abzustimmen. Empfohlen wird ein Abstand von max. 10 cm zwischen Fugenteilung und Bodenmarkierung (Abb. 14).



LEGENDE:

- Fugenteilung
- Bodenmarkierung

Abb. 14: Abstimmung Fugenteilung – Bodenmarkierung

5 Ausführungsbeispiele

In den folgenden Punkten werden verschiedene Ausführungsvarianten für Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken angeführt.

Dabei wird auf spezielle Detaillösungen hingewiesen.

5.1 Einstreifige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken

Beispiele für einstreifige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken sind im Anhang E (händischer Einbau) und F (maschineller Einbau) des Merkblattes enthalten.

Grundsätzlich ist bei der Festlegung der Geometrien nach RVS 03.05.14 [2] vorzugehen.

Für die gewählten Geometrien des Kreisverkehrs ist ein Schleppkurvennachweis zu erbringen. Besondere Bestimmungen gelten bei Sondertransportrouten.

5.1.1 Einbau erfolgt händisch

Fugenteilungsplan siehe ANHANG E. Bei dieser Ausführungsvariante wird der Beton zur Gänze händisch eingebaut.

5.1.2 Einbau erfolgt maschinell

Fugenteilungsplan siehe ANHANG F. Der zentrale Bereich als auch die Ein-/Ausfahrtsbereiche werden mittels Gleitschalungsfertiger hergestellt. Es ist darauf zu achten, dass mit einer festgelegten Einbaubreite des Fertigers alle Bereiche aufgefahren werden können.

Die Übergangsbereiche sind mittels Fließbeton händisch herzustellen.

Es sind Mindeststrahlen für den Einbau mittels Gleitschalungsfertiger zu beachten.

5.2 Zweistreifige Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken

Beispiel für einen zweistreifigen Kreisverkehr mit Betonfahrbahndecke ist im Anhang G (maschineller Einbau) des Merkblattes enthalten.

Der zentrale Bereich als auch die Ein-/Ausfahrtsbereiche werden mittels Gleitschalungsfertiger hergestellt. Es ist darauf zu achten, dass mit einer festgelegten Einbaubreite des Fertigers alle Bereiche aufgefahren werden können.

Die Übergangsbereiche sind mittels Fließbeton händisch herzustellen.

Es sind Mindeststrahlen für den Einbau mittels Gleitschalungsfertiger zu beachten.

5.3 Muster - Leistungsverzeichnis

Im Anhang B ist ein Muster - Leistungsverzeichnis für die Herstellung der Betonfahrbahndecke angeführt.

5.4 Bilddokumentation

Im Anhang C sind Herstellungs- und Ausführungsbeispiele in Form von Bildern dokumentiert.

ANHANG B: Muster - Leistungsverzeichnis
--

ÖSTERR. BETONDECKEN ARGE			
Bauvorhaben	MUSTERPROJEKT	Leistungsverzeichnis / EUR	
Positionsnummer	ZA Positionstext	P V ZZ w G K	Positionspreis
	Menge EH	Preisanteile	
01	Betondecken	Z	
01 01	Deckenherstellung	Z	
	Einschichtige Betondecke mit Kleingerät 25 cm dick in einer variablen Breite von 0,50 - 5,5 m händisch herstellen Es gelten die technischen Vertragsbestimmungen der RVS 08.17.02. und zusätzlich die Anforderungen gemäß Merkblatt "Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecken"		
01 01 01	Einsch. Betondecke 25 cm;variab. 0,5-5,5 m	Z	
	Die max. Feldlänge beträgt 5,0 m Querscheinfugen sind alle 25 cm zu verdübeln und Längsscheinfugen alle 70 cm zu verankern. Die Position beinhaltet alle Leistungen zur fertigen Herstellung der Decke, insbesondere das fachgerechte Schneiden und Ausbilden der Fugen (Raumfugen;Pressfugen;Scheinfugen und Dehnfugen) sowie das Anarbeiten an Bordsteine und an den Asphaltbestand. Weiters auch das Liefern und Versetzen der Dübel und Anker, sowie das Liefern und Verlegen der Fugeneinlagen (Weichfaserplatten); Vergußmittel, Lieferung und Aufbringen der Nachbehandlungsmittel ect. Betongüte C30/37/B7/XM2/GK22 unbewehrt. Einbau gemäß RVS 08.17.02 Pkt. 5.6.4 Oberfläche Besenstrich (Stahlbesen)		
	Vor Beginn ist dem AG ein Fugenplan zu übergeben.		
	Lohn	:	0,00
	Sonstiges	:	0,00
	m2 Einheitspreis	:	0,00 EUR
01	Betondecken		0,00

Zusammenstellung (EUR)

LG 01	Betondecken	0,00
Gesamtpreis in EUR		0,00
	Umsatzsteuer 20,00 %	0,00
Angebotspreis (zivilrechtlicher Preis) in EUR		0,00

.....
Ort.....
Datum.....
rechtsgültige Fertigung

ANHANG C: Bilddokumentation



Abbildung C.1 Händischer Einbau der Betonfahrbahndecke (Foto: SCHÖLLER)



Abbildung C.2 Maschineller Einbau der Betonfahrbahndecke (Foto: SCHÖLLER)



Abbildung C.3 Schalung und Dübelanordnung vor händischen Einbau des Fließbetons (Foto: SCHÖLLER)



Abbildung C.4 Zweispurige KVA mit Betonfahrbahndecke, Standort: Schwechat, NÖ (Foto: VÖZ)



Abbildung C.5 Einstreifige KVA mit Betonfahrbahndecke, Standort: Kaindorf / Sulm, Steiermark (Foto: WEDL)



Abbildung C.6 Zentraler- und Teil des Übergangsbereichs, Standort: Wöllersdorf, NÖ (Foto: WEDL)

ANHANG D: Schadensbilder & Schadensanalyse**PLATTENBRUCH****Technische Daten der Kreisverkehrsanlage**

- KV Anlage: Unterpremstätten
- Plattengeometrie: ca. 5 x 3,75 m
- Plattendicke: 22 cm
- Betonsorte: C35/45 XF4/XM3/GK22/F45 (24h)
- Verkehrsbelastung: JDTLV von 462 LKW/24 Std.

Schadensbild

In Plattenmitte ist ein durchgehender Riss entstanden, welcher mittels Fugenvergussmasse verfüllt wurde.

Mögliche Schadensursache

- Vorschädigung bei Abbindeprozess (Mikrorissbildung)
- Ungünstige Bettung



Abbildung 57: Plattenbruch (Foto: WEDL)

PLATTENBRUCH

Technische Daten der Kreisverkehrsanlage

- KV Anlage: Korneuburg
- Plattengeometrie: unregelmäßig geformt
- Plattendicke: 20 cm
- Betonsorte: C35/45 B7/XM3
- Verkehrsbelastung: JDTLV von 540 LKW/24 Std.

Schadensbild

- Durchgehender Riss in unregelmäßig geformter Platte.
- ungünstige Bankettausbildung, ein Bankettstein wurde aus dem Verband gelöst.

Mögliche Schadensursache

- ungünstig gewählte Plattengeometrie
- Unterdimensionierung (LKII)



Abbildung 58: unregelmäßig geformte Betonplatte – Plattenbruch (Foto: WEDL)

KANTENBRUCH

Technische Daten der Kreisverkehrsanlage

- KV Anlage: Korneuburg
- Plattengeometrie: ca. 6,3 x 5 m
- Plattendicke: 20 cm
- Betonsorte: C35/45 B7/XM3
- Verkehrsbelastung: JDTLV von 540 LKW/24 Std.

Schadensbild

Parallel zum Fugenschnitt hat sich ein durchlaufender Riss gebildet.

Mögliche Schadensursache

- zu später Fugenschnitt
- Fehlerhafte Fugenherstellung
- Ungünstige Plattengeometrie



Abbildung 59: unregelmäßig geformte Betonplatte – Plattenbruch (Foto: WEDL)

ECKABBRUCH

Technische Daten der Kreisverkehrsanlage
<ul style="list-style-type: none">- KV Anlage: Korneuburg- Plattengeometrie: ca. 5 x 3,75 m- Plattendicke: 20 cm- Betonsorte: C35/45 B7/XM3- Verkehrsbelastung: JDTLV von 540 LKW/24Std.
Schadensbild
Voranschreitender Eckabbruch
Mögliche Schadensursache
<ul style="list-style-type: none">- Unterdimensionierung (LKII)- schlechter Untergrund



Abbildung 60: voranschreitender Eckabbruch (Foto: WEDL)

KANTENBRUCH

Technische Daten der Kreisverkehrsanlage
<ul style="list-style-type: none">- KV Anlage: Korneuburg- Plattengeometrie: ca. 4,75 x 3,75 m- Plattendicke: 20 cm- Betonsorte: C35/45 /B7/XM3- Verkehrsbelastung: JDTLV von 540 LKW/24Std.
Schadensbild
Voranschreitender Bruch im Eckbereich der Betonplatte
Mögliche Schadensursache
<ul style="list-style-type: none">- Unterdimensionierung (LKII)- Veränderung der Auflagerbedingungen (Pumpwirkung)



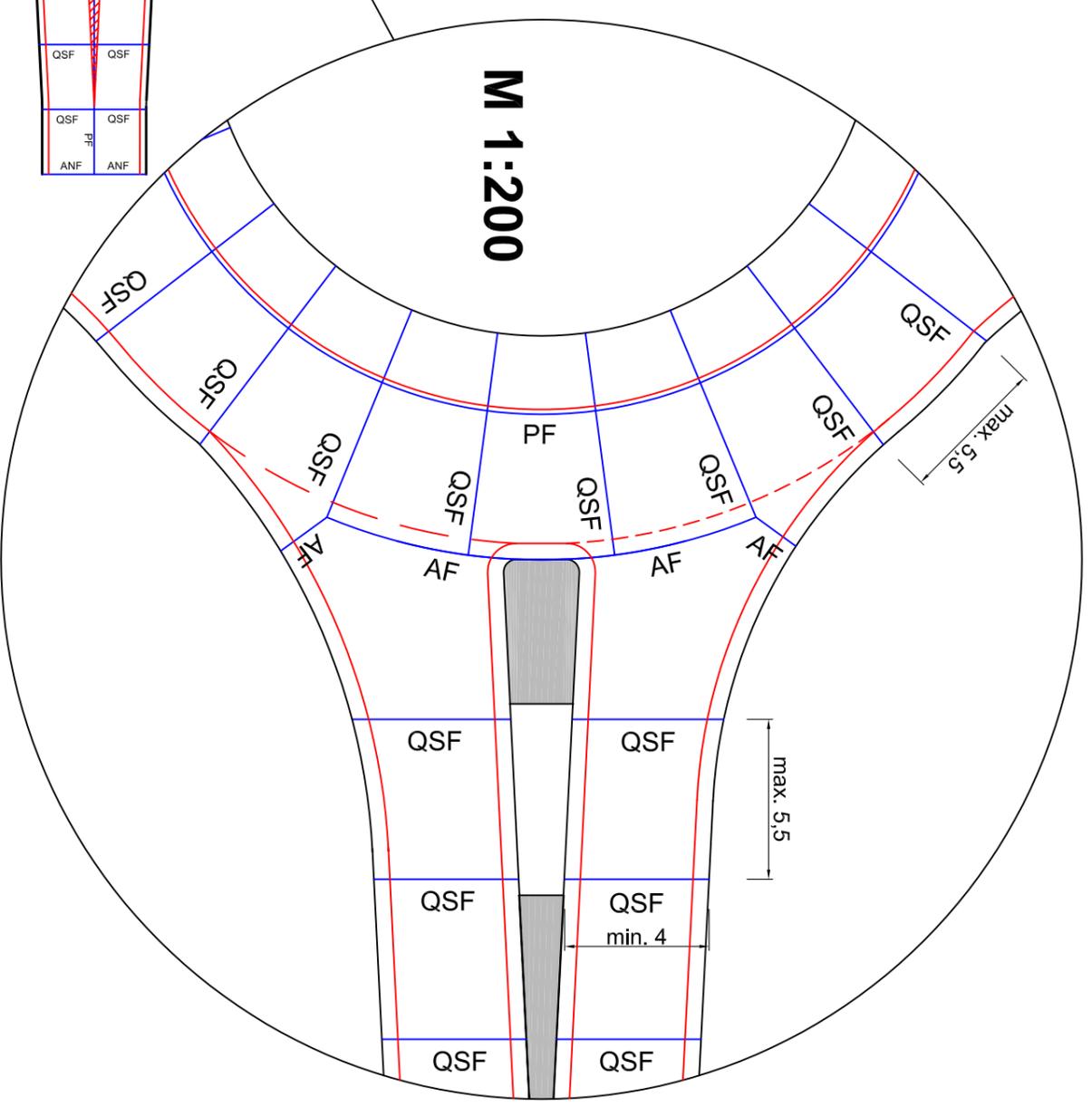
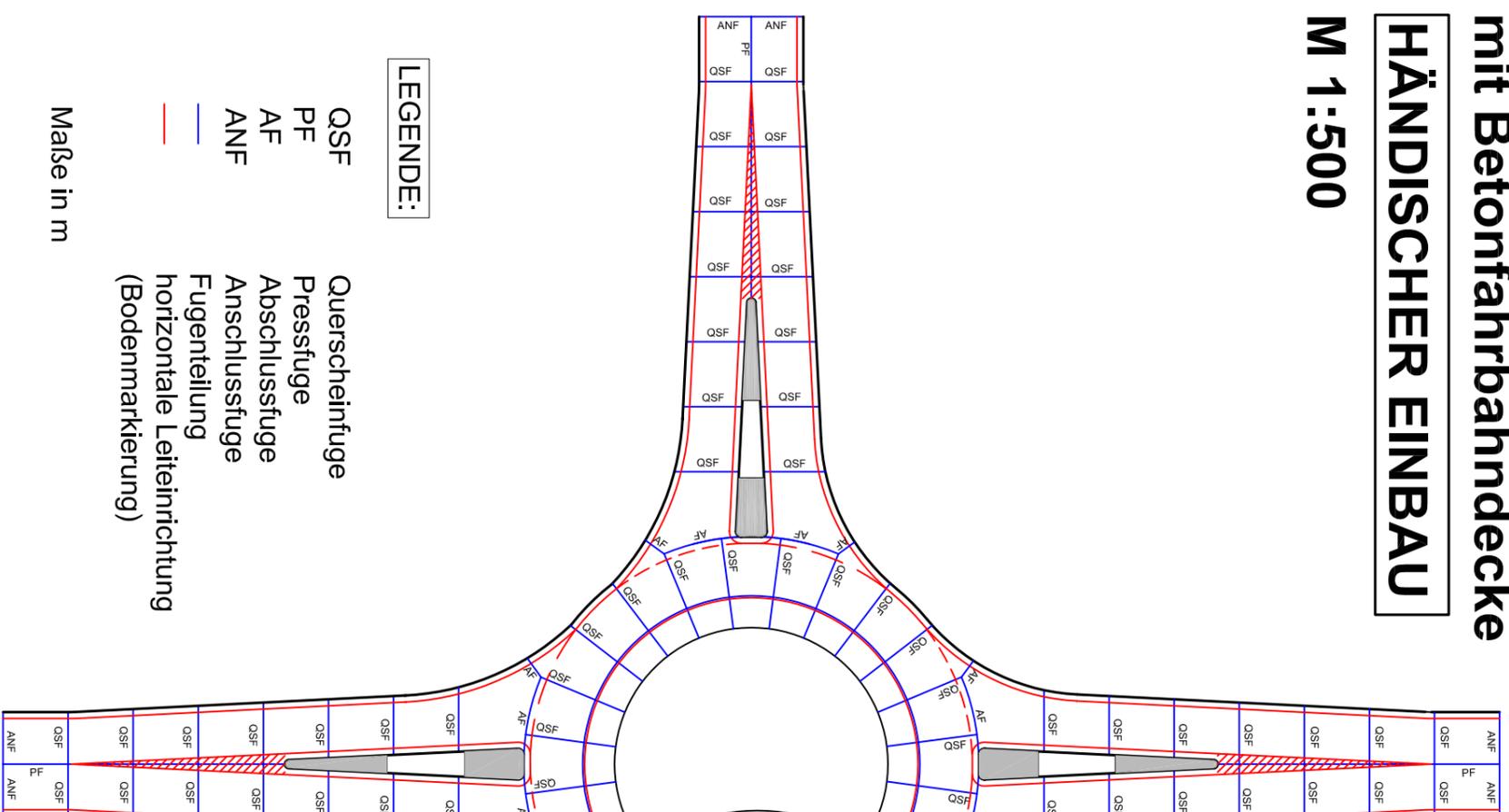
Abbildung 61: Eckabbruch (Foto: WEDL)

ANHANG E: Ausführungsbeispiel

FUGENTEILUNGSPLAN:

**Einstreifiger Kreisverkehr
mit Betonfahrbahndecke
HÄNDISCHER EINBAU**

M 1:500



LEGENDE:

- QSF Querscheinfuge
- PF Pressfuge
- AF Abschlussfuge
- ANF Anschlussfuge
- Fugenteilung
- horizontale Leiteinrichtung (Bodenmarkierung)

Maße in m

ISTU

VÖZ

PLANINHALT:
+ Anhang E
+ Händischer Einbau - Einstreifiger KV
+ Ein-/Ausfahrtsdetail

DATUM:
Februar 2007

PLANVERFASSER:
Wedl Simon E 610 Matr.Nr.: 9926270

BETREUER:

Univ.-Prof. DI Dr.techn. Ronald BLAB
DI Dr.techn. Johannes STEIGENBERGER

MASSSTAB:

1:500 / 1:200

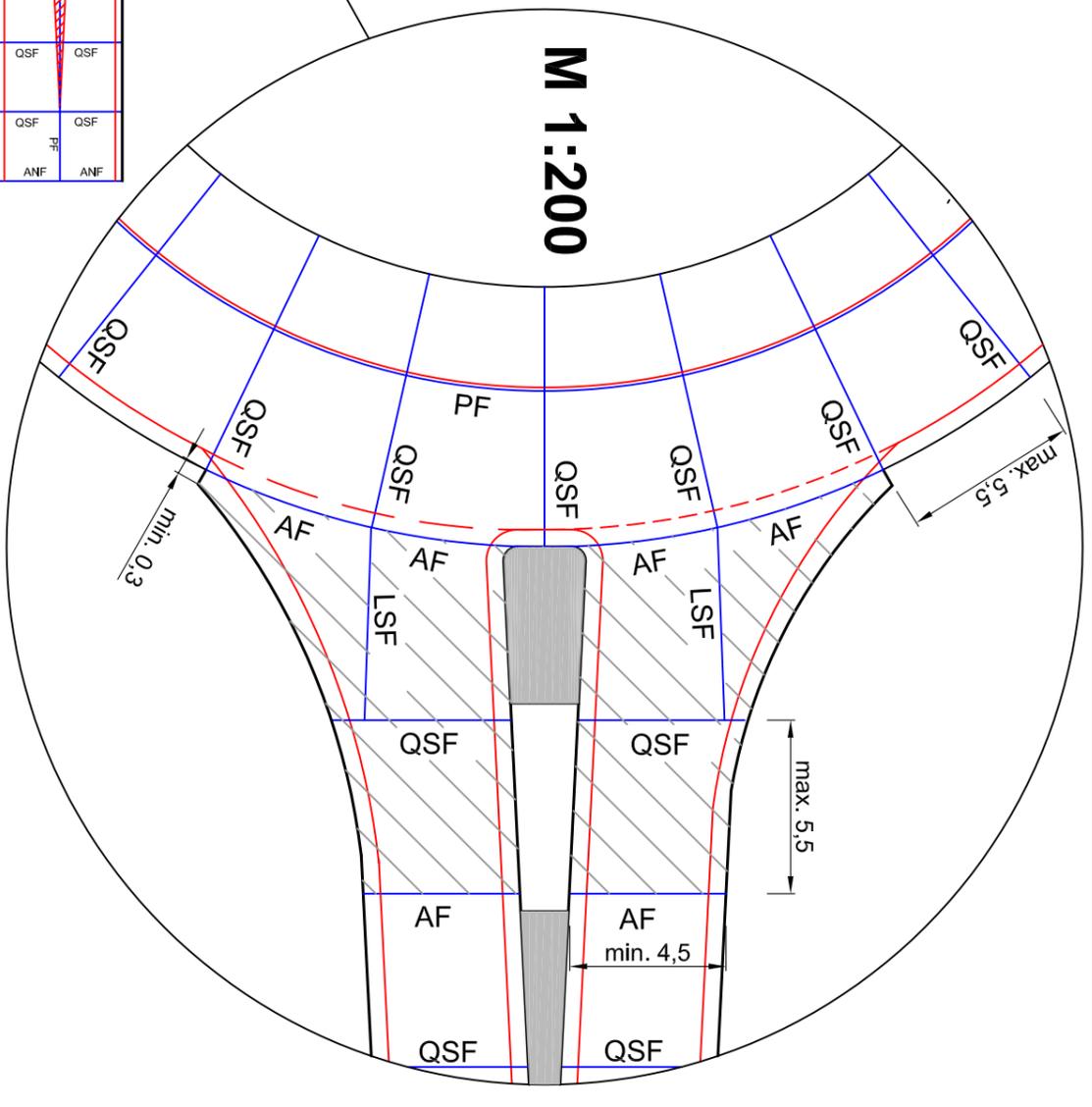
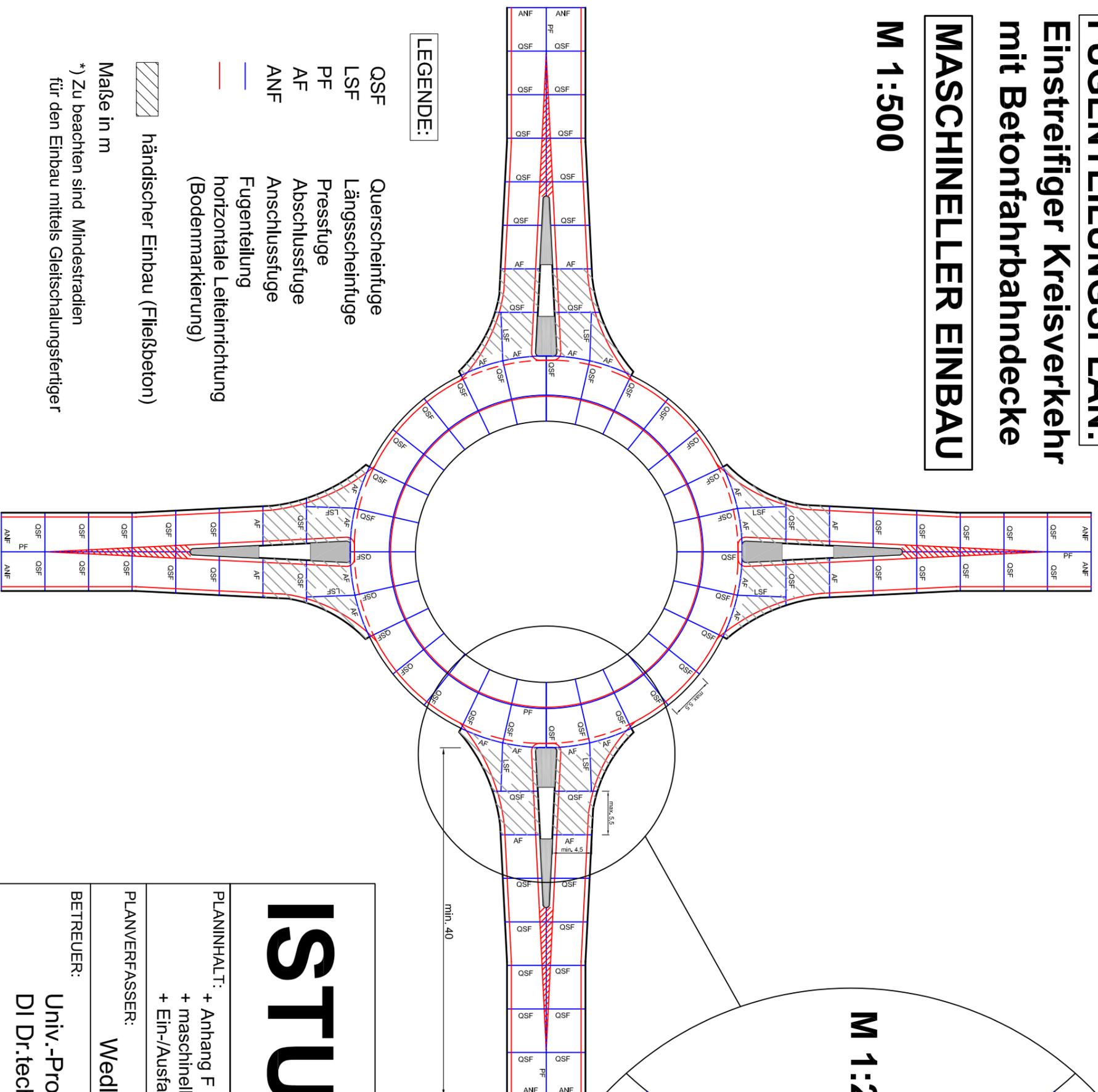
ANHANG F: Ausführungsbeispiel

FUGENTEILUNGSPLAN:

**Einstreifiger Kreisverkehr
mit Betonfahrbahndecke**

MASCHINELLER EINBAU

M 1:500



LEGENDE:

- QSF Querscheinfuge
- LSF Längsscheinfuge
- PF Pressfuge
- AF Abschlussfuge
- ANF Anschlussfuge
- Fugenteilung
- horizontale Leiteinrichtung (Bodenmarkierung)

händischer Einbau (Fließbeton)

Maße in m

*) Zu beachten sind Mindestradien für den Einbau mittels Gleitschalungsfertiger

ISTU

VÖZ

PLANINHALT:

- + Anhang F
- + maschineller Einbau - Einstreifiger KV
- + Ein-/Ausfahrtsdetail

PLANVERFASSER:

Wedl Simon E 610 Matr.Nr.: 9926270

BETREUER:

Univ.-Prof. DI Dr.techn. Ronald BLAB
DI Dr.techn. Johannes STEIGENBERGER

DATUM:

Februar 2007

MASSSTAB:

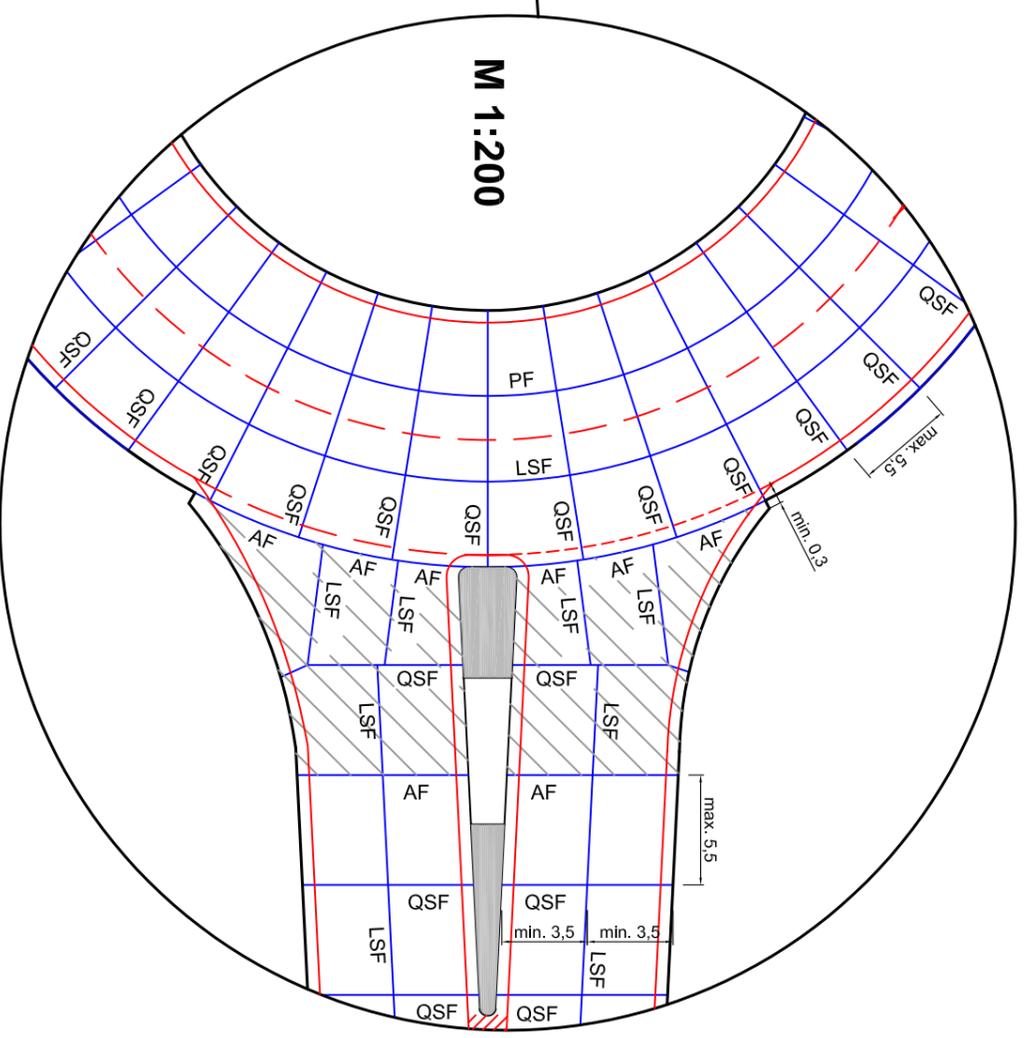
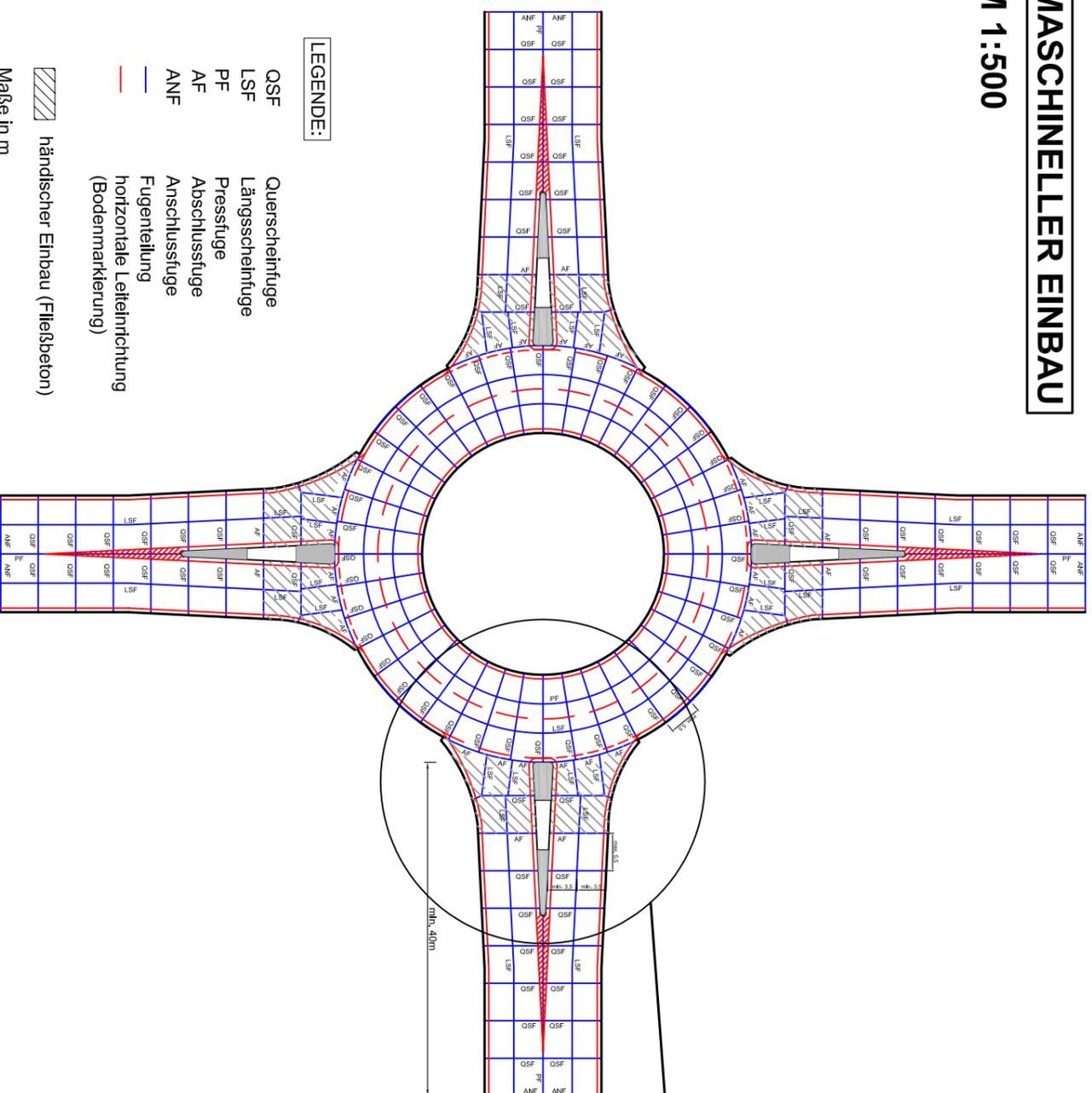
1:500 / 1:200

ANHANG G: Ausführungsbeispiel

FUGENTEILUNGSPLAN: Zweistreifiger Kreisverkehr mit Betonfahrbahndecke

MASCHINELLER EINBAU

M 1:500



LEGENDE:

- QSF Querscheinfuge
- LSF Längsscheinfuge
- PF Pressfuge
- AF Abschlussfuge
- ANF Anschlussfuge
- Fugenteilung
- horizontale Leiteinrichtung (Bodenmarkierung)
- ▨ händischer Einbau (Fließbeton)

Maße in m

*) Zu beachten sind Mindeststrahlen für den Einbau mittels Gleitschalungsfertiger

ISTU **VÖZ**

PLANINHALT:

+ Anhang G
+ maschineller Einbau - Zweistreifiger KV
+ Ein-/Ausfahrtsdetail

DATUM:
Februar 2007

PLANVERFASSER:
Wedi Simon E 610 Matr.Nr.: 9926270

BETREUER:
Univ.-Prof. DI Dr.techn. Ronald BLAB
DI Dr.techn. Johannes STEIGENBERGER

MASSSTAB:
1:500 / 1:200

