

**VSS 1998/193**

**Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln**

---

**Expertenkommission 3.07**

G. Del Curto, Lugano (Vorsitz)

M. Buck, Zürich

P. Bürgi, Aarau

H. Kaul, Muttenz

H.-R. Wymann, Zürich

**Forschungsstelle**

**B Ü H L M A N N**

Ingenieur- und Planungsbüro

Schlossbergstrasse 10a

8702 Zollikon

**MARTY + PARTNER AG**

Gustav-Maurerstrasse 25

8702 Zollikon

---

September 2005



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zusammenfassung, Summery, Résumé</b>	<b>I</b>
<b>1. Ausgangslage und Ziele</b>	
1.1. Ausgangslage	1
1.2. Ziele	1
1.3. Auftrag	2
1.4. Begleitkommission	2
1.5. Verkehrslenkungssysteme	2
1.6. Lichtsignalanlagen	3
1.7. Generelles Vorgehen	3
<b>2. Grundlagen</b>	
2.1. Begriff Kreisel	5
2.2. Umfrage	5
2.3. Literatur	5
<b>3. Verkehrsbeeinflussung bei Kreiseln</b>	
3.1. Der ungesteuerte Kreisel	7
3.2. Einsatzbereiche gesteuerter Kreiseln	9
3.3. Anforderungen an gesteuerte Kreiseln	11
<b>4. Betriebsformen</b>	
4.1. Übersicht Kreisel mit LSA	15
4.2. Schienengebundener öffentlicher Verkehr	17
4.3. Busbevorzugung	24
4.4. Fussgängerquerung	31
4.5. Steuern von einzelnen Zufahrten	33
4.6. Gewährleisten Verkehrsablauf	34
4.7. Grosskreisel	36
4.8. Fazit	39
<b>5. Bevorzugen einer Zufahrt</b>	
5.1. Verkehrsablauf bei Kreiseln	42
5.2. Mit Eingriff in Verkehrsablauf	44
5.3. Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffdauer	48
5.4. Auswirkung auf Leistungsfähigkeit	50
5.5. Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit	55
5.6. Rechtliche Situation	57
5.7. Fazit	58
<b>6. Bündeln der Fussgängerströme</b>	
6.1. Grundlagen	59
6.2. Auswirkungen der Fussgängerquerungen auf Leistungsfähigkeit	60
6.3. Auswirkungen der Steuerung auf die Leistungsfähigkeit	63
6.4. Steuern der Fussgängerquerung	67
6.5. Fazit	72
<b>7. Beurteilung und Empfehlung</b>	
7.1. Beurteilung	73
7.2. Leitfaden	75
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>79</b>
<b>9. Verzeichnis der ANHÄNGE</b>	<b>80</b>



## Zusammenfassung

In der Schweiz und im Ausland sind heute Kreiseln im Einsatz, bei denen der Verkehrsablauf zeitweise mit Lichtsignalanlagen (LSA) gesteuert wird. Vor allem zur Busbeschleunigung sowie als Querungshilfen für den Fussverkehr werden bei Kreiseln Lichtsignalanlagen eingesetzt. Damit wird ein beschränktes Beeinflussen des Verkehrsablaufes beim Kreiseln ermöglicht, ohne die Vorteile in den verkehrssamen Zeiten einzubüssen.

Das Ziel der Forschungsarbeit ist die Beantwortung grundlegender Fragen über die Anforderungen und Bedingungen für den Einsatz von betrieblichen Steuerungsmitteln bei Kreiseln. Dabei sollen die Einsatz- und Anforderungskriterien sowohl für bestehende als auch für geplante Kreiselanlagen ausgearbeitet werden.

## Einsatzmöglichkeiten

Wird ein Kreiseln mit einer LSA ausgerüstet, ist eine Verkehrslenkung nur in geringem Ausmass möglich und die Verkehrsbeeinflussung beschränkt sich auf das Zurückhalten der Fahrzeuge. Aufgrund der Umfrage bei den Kantonen wird das Beeinflussen des Verkehrsablaufes bei Kreiseln einerseits zum Erhöhen der Sicherheit und andererseits zum Bevorzugen einzelner Ströme eingesetzt. Im Folgenden sind die Ziele der Beeinflussung mit den massgebenden Einsatzmöglichkeiten zusammengestellt:

Ziel	Ansatz	Einsatz im Zusammenhang mit
Sichern	- keine Konflikte durch zeitliche Trennung der Ströme	- Erhöhen der Verkehrssicherheit - Ermöglichen von Durchfahrten schienengebundener Verkehrsmittel - Einfahren von Linienbussen vom Busstreifen in Zufahrt
Bevorzugung einzelner Ströme	- durch zusätzliche Zeitlücken kurzfristige Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Zufahrt	- Erhöhen der Leistungsfähigkeit durch Bündeln der Fussgängerströme - Bevorzugen von Linienbussen auf einer Zufahrt - gezieltes Bevorzugen einer Zufahrt (z. B. Staumanagement, Tunnel, Autobahn-Ausfahrt)
Leistungssteigerung	- Steuern der Zufahrten als Einzelknoten mit Anhalten auf Kreiselfahrbahn	- Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit bei Grosskreiseln
Gewährleisten des Verkehrsablaufes	- einzelne Fahrtfreigabe der verschiedenen Zufahrten	- Gewährleisten Verkehrsablauf bei überlastetem Netz - Verhindern Überstauen der Kreiselfahrbahn wenn Abfluss aus Kreiseln nicht gewährleistet ist

## Betriebsformen

Abhängig vom Ziel der Verkehrsbeeinflussung können bei den Kreiseln verschiedene Betriebsformen und Steuerungsabläufe unterschieden werden:

### *Schienengebundener öffentlicher Verkehr*

Bei Querungen des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs wird der Verkehrsablauf bei Kreiseln vorwiegend mit so genannten „schlafenden“ LSA gesteuert, d. h. die LSA wird erst nach dem Anmelden eines Schienenfahrzeugs eingeschaltet. Dabei werden mit der LSA die mit dem öffentlichen Verkehr in Konflikt stehenden Verkehrsströme angehalten. Dies geschieht entweder auf der Kreiselfahrbahn oder bei der Zufahrt.

### *Busbevorzugung*

Bei überlasteten Kreiseln muss mit Rückstau und somit längeren Zeitverlusten auf den Zufahrten gerechnet werden. Falls sie nicht auf einer Busspur geführt werden, sind davon auch die Linienbusse betroffen. Mit dem situationsgerechten Einsatz verkehrsbeeinflussender Massnahmen können die Zeitverluste für die Linienbusse minimiert werden.

Zum Bevorzugen der Linienbusse bei Kreiseln sind zwei unterschiedliche Strategien möglich:

- Der Bus wird über eine Busspur am Rückstau auf der Zufahrt vorbeigeführt. Der Wechsel von der Busspur auf den Fahrstreifen wird mit Hilfe einer LSA erleichtert.
- Die zum Bus massgebenden Konfliktströme werden angehalten und die Zufahrt mit der Busanmeldung kann mit minimalem Zeitverlust geräumt werden.

### *Fussgängerquerung*

Die LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei einer Kreiselfahrt funktioniert unabhängig vom Verkehrsablauf beim Kreisel. Sie drängt sich bei hohen Fussgängerströmen über einen Kreiselast auf. Mit dem Steuern der Fussgängerquerung kann ein Bündeln der Zufussgehenden erreicht und somit die Unterbrüche im Verkehrsablauf am Kreisel reduziert werden.

### *Steuern von einzelnen Zufahrten*

Bei Staugefahr in einen sicherheitstechnisch (z.B. Rückstau in Tunnel oder auf Autobahn) sensiblen Bereich kann bei einem allfälligen Rückstau mit einer LSA die Zufahrt des Kreisels analog der Bevorzugung der Linienbusse geräumt werden.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden in einem zweiten Teil die Auswirkungen der Bevorzugung einer Zufahrt sowie der Bündelung der Fussgängerströme auf den Verkehrsablauf untersucht.

## **Bevorzugen einer Zufahrt**

### *Nutzen*

- Die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt lässt sich mit beeinflussenden Massnahmen erhöhen. Der Verkehrsablauf auf dieser Zufahrt kann verbessert und die Wartezeiten reduziert werden.
- Durch das Steuern des Kreisels kann die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt kurzzeitig auf rund 1'300 Fz/h erhöht werden. Der höchste Nutzen wird mit kurzen Eingriffszeiten (< 30 sec) erzielt. Mit zunehmender Eingriffsdauer reduziert sich die Wirkung.
- Eine deutliche Zunahme der Leistungsfähigkeit bedingt eine hohe Belastung auf der Kreiselfahrt sowie lange Wartezeiten pro Fahrzeug auf der Zufahrt.

### *Auswirkungen*

- In Abhängigkeit der Belastungen der zurückgehaltenen Zufahrten sowie der Häufigkeit und der Dauer der Eingriffe ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen der Steuerung auf die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels.
- Bei Leistungsreserven auf der anzuhaltenden Zufahrt, bei kurzen Eingriffen und kleiner Anzahl wird die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels durch das Beeinflussen des Verkehrsablaufes kaum reduziert. Ist die Leistungsfähigkeit der anzuhaltenden Zufahrt bereits vor dem Eingriff überschritten, wirkt sich der Eingriff negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus. Der zusätzliche Rückstau kann innert nützlicher Frist (bis zur erneuten Schaltung) nicht mehr abgebaut werden.
- Bei langen Rotzeiten (> 40 sec) wird vermehrt das Rotlicht missachtet, jedoch führen diese Missachtungen nur selten zu Unfällen.

Bei der Bevorzugung von Zufahrten ist der Einsatz einer LSA im Bedarfsbetrieb ohne grünes Licht in der Signalisationsverordnung nicht vorgesehen. Für den Betrieb einer Lichtsignalanlage ohne grünes Licht zum Steuern eines Kreisels ist eine Ausnahmegewilligung beim zuständigen Bundesamt für Strassen (ASTRA) einzuholen.

## Bündeln der Fussgängerquerung

### *Nutzen*

- Die LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei einer Kreiselfahrt funktioniert unabhängig vom Verkehrsablauf beim Kreiseln. Sie drängt sich bei hohen Fussgängerströmen über einen Kreiseln auf.
- Während bei der Einfahrt in den Kreiseln der leistungsmindernde Einfluss des querenden Fussverkehrs deutlich von der Verkehrsstärke abhängig ist, wird bei der Ausfahrt die Leistungsfähigkeit allein durch den Fussverkehr bestimmt.

### *Auswirkungen*

- Durch das Steuern der Fussgängerquerung bei der Kreiselfahrt ergeben sich in Abhängigkeit der Umlaufzeit und der Länge der Rotphase Verlustzeiten für den Fahrzeugverkehr.
- Da die Fussgänger-LSA aufgrund des Steuervorgangs zu einer Abminderung der Leistungsfähigkeit der Einfahrt von mindestens 20% bis 25% führt, kann eine Abminderung der Leistungsfähigkeit einer Einfahrt infolge des Fussverkehrs von rund einem Viertel in Kauf genommen werden.

Die untersuchten Anordnungen der Steuerungen sind aus rechtlicher oder verkehrstechnischer Sicht unbefriedigend und teilweise gesetzeswidrig. Zum Steuern der Fussgängerquerungen ergeben sich somit folgende Lösungsansätze:

- Mit einem genügend grossen Abstand (rund 30m) zwischen der Fussgängerquerung und der Einfahrt in den Kreiseln gilt der Fussgängerübergang als eigenes Bauwerk und kann separat gesteuert werden.
- Ein zusätzlicher gelb blinkender Signalgeber bei der Einfahrt in den Kreiseln verdeutlicht den Fahrzeuglenkenden bei der Einfahrt in den Kreiseln, dass die sekundären Signale („kein Vortritt“) gelten. Missverständnisse über die Vortrittsverhältnisse bei der Einfahrt in den Kreiseln können reduziert und die rechtliche Situation geklärt werden.

## Beurteilung und Empfehlung

### *Beurteilung*

- Mit einer LSA kann der Verkehr beim Kreiseln beeinflusst und einzelne Beziehungen bevorzugt werden. Mit dem Steuern könnten teilweise die Vorteile von Kreiseln mit den Steuerungsmöglichkeiten einer LSA verbunden werden.
- Die Durchfahrt schienengebundener Fahrzeuge durch Kreiselanlagen kann mit Hilfe von LSA sowohl für die Fahrt nach Signal als auch die Fahrt nach vortrittsberechtigter Sicht gewährleistet werden. Die Einbusse bei der Gesamtleistungsfähigkeit wird durch die Lage des Trassees sowie die Häufigkeit der Durchfahrten bestimmt.
- Das Beschleunigen der Busdurchfahrt kann durch das Bevorzugen der Einfahrt bei der von den Linienbussen befahrenen Zufahrten ermöglicht werden. Die geeignete Steuerungsart hängt von den Verkehrsströmen, Belastungen und der Busführung im Kreiseln ab.
- Der Einsatz einer LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei Zufahrten von Kreiseln kann sowohl aus Gründen der Verkehrssicherheit als auch der Bündelung der Fussgängerströme begründet sein.
- Bei Grosskreiseln mit mehrstreifigen Zufahrten und Kreiselfahrbahnen kann eine höhere Gesamtleistungsfähigkeit mit dem Einsatz von LSA erzielt werden. Das permanente Steuern eines Kleinkreisels mit Lichtsignalanlagen zum Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit oder zum Verbessern der Verkehrssicherheit wurde weder im In- noch im Ausland umgesetzt. Eingriffe in den Verkehrsablauf bei Kleinkreiseln haben in der Regel negative Auswirkungen auf die Gesamtleistungsfähigkeit.

*Empfehlung*

- Werden die Steuerungen mit einem Kreiselbau geplant, sollte aufgrund der beschränkten Steuerungsmöglichkeiten und der Auswirkungen auf den Verkehrsablauf das Knotenregime nochmals überprüft und gegebenenfalls geändert werden.
- Steuerungseingriffe müssen auf kurze Zeitabschnitte beschränkt werden und zwischen den einzelnen Eingriffen muss sich der Verkehrsablauf wieder normalisieren können.
- Für den Betrieb einer Lichtsignalanlage ohne grünes Licht zum Steuern eines Kreisels ist eine Ausnahmebewilligung beim zuständigen Bundesamt für Strassen (ASTRA) einzuholen.

In einem Leitfaden ist für die Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln das geeignete Vorgehen aufgezeigt. Dabei werden die wichtigsten Elemente zum Beurteilen der Zweckmässigkeit der Steuerung, der geeigneten Beeinflussungsart sowie der Anordnung und Bedingungen der betrieblichen Steuerungsmittel dargestellt.

## Résumé

Aujourd'hui en Suisse comme à l'étranger sont exploités des giratoires dans lesquels la circulation est contrôlée à certaines heures au moyen de systèmes de signalisation lumineuse (LSA) (feux de circulation). Cette mesure a essentiellement pour fonction d'accélérer le passage des bus des transports publics et de faciliter la traversée des piétons. De cette manière, il est possible d'influencer de façon limitée les conditions de circulation dans les giratoires, sans présenter d'inconvénients en dehors des périodes de pointe.

Le but poursuivi par ce travail de recherche est de répondre aux questions fondamentales concernant les exigences et les conditions d'utilisation d'équipements de contrôle du trafic aux giratoires. Il s'agissait de définir les critères d'utilisation et les exigences aussi bien pour les giratoires existants, que pour les giratoires en projet.

## Possibilités d'utilisation

Lorsqu'un giratoire est équipé de feux de circulation, le contrôle de la circulation n'est possible que dans une mesure limitée, et l'influence exercée se limite à la retenue des véhicules. Sur la base d'un sondage auprès des cantons, la gestion de la circulation au moyen de giratoires d'une part produit une amélioration de la sécurité, et d'autre part permet de privilégier certains flux. L'exposé suivant présente les buts poursuivis par les moyens d'influencer le trafic ainsi que les principales possibilités d'application:

But	Prémises	Utilisation liée à
Sécuriser	- pas de conflits par séparation temporelle des flux	- augmentation de la sécurité routière - possibilité de traversée par des véhicules sur rails - approche de bus provenant de voies réservées aux transports publics
Influence des flux individuels	- par des espaces temps supplémentaires, augmentation momentanée de la capacité d'un accès	- Augmentation de la capacité par regroupement des flux piétonniers - Préférence aux bus sur un accès - Accès privilégiés (par ex. gestion des embouteillages, tunnel, sortie autoroutière)
Augmentation de capacité	- gestion des accès en tant que noeud unique avec arrêt sur la voie du giratoire	- Augmentation de la capacité globale des grands giratoires
Assurance de la fluidité du trafic	- libération individuelle de la circulation pour différents accès	- Assurance de la fluidité en cas d'engorgement du réseau - Prévention des blocages des voies du giratoire lorsque la sortie n'est pas assurée

## Modes d'exploitation

Selon le but visé par les moyens d'influencer le trafic, on procède à une distinction entre différentes formes d'exploitation et processus de contrôle des giratoires:

### *Transports publics sur rails*

Lors du passage de transports publics sur rails, la circulation dans les giratoires est essentiellement contrôlée au moyen de feux de circulation dits „dormants“, c'est-à-dire que les feux ne sont mis en service qu'à l'approche d'un véhicule sur rails. De la sorte, les flux de circulation en conflit avec les transports publics sont bloqués au moyen de ces feux. Cette mesure peut être prise soit sur les voies du giratoire, soit sur ses accès.

### *Accès privilégié aux bus*

Sur les giratoires surchargés, il faut s'attendre à des blocages, et par conséquent à d'importantes pertes de temps aux accès. S'ils ne circulent pas sur une voie réservée, les bus s'en trouveront également touchés. Grâce à l'emploi de mesures ciblées permettant d'influencer le trafic, il est possible de réduire au minimum les pertes de temps pour les bus des transports publics.

Deux différentes stratégies sont disponibles pour privilégier les bus aux giratoires:

- Le bus contourne le blocage par une voie de bus réservée pour accéder au giratoire. Le passage de la voie de bus aux voies de circulation est facilité par l'emploi de feux de circulation.
- Les flux conflictuels avec les bus sont bloqués, et l'accès peut être libéré avec une perte de temps minimale dès l'annonce de l'arrivée d'un bus.

### *Traversée des piétons*

Les feux de circulation prévus pour gérer les traversées de piétons fonctionnent indépendamment de la circulation dans le giratoire. Ces feux s'imposent lorsque les flux piétonniers sont importants sur un giratoire chargé. Le contrôle de la traversée des piétons permet de regrouper ces flux, et ainsi de réduire les arrêts de trafic sur le giratoire.

### *Contrôle d'accès individuels*

En cas de risque d'engorgement dans une zone sensible sur le plan sécuritaire (par ex. embouteillage dans un tunnel ou sur une autoroute), il est possible de libérer l'accès au giratoire au moyen de feux de circulation lors de blocages, de manière analogue à l'accès privilégié aux bus.

Dans le cadre de ce projet de recherche, il est examiné en seconde partie les effets de la préférence donnée à un accès ainsi que du regroupement des flux piétonniers sur l'écoulement du trafic.

## **Préférence à un accès**

### *Utilité*

- La capacité d'un accès peut être augmentée par des mesures d'influence. La circulation sur cet accès peut être améliorée, et les temps d'attente réduits.
- Le contrôle d'un giratoire permet d'augmenter momentanément la capacité d'un accès à 1.300 véhicules/heure. Le meilleur effet peut être obtenu avec de courts temps d'intervention (< 30 s). L'efficacité diminue lorsque la durée d'intervention augmente.
- Une amélioration sensible de la capacité implique une charge plus élevée sur la voie du giratoire, ainsi que des temps d'attente par véhicule plus longs sur l'accès.

### *Effets*

- En fonction de la charge sur les accès retenus ainsi que de la fréquence et de la durée des interventions, le contrôle permet d'exercer différents effets sur la capacité globale du giratoire.
- En cas de réserve de capacité sur l'accès à retenir, la capacité globale du giratoire n'est guère réduite par les mesures d'influence sur la circulation, pour autant que les interventions soient de courte durée et peu nombreuses. Si la capacité de l'accès à retenir se trouve déjà dépassée avant l'intervention, cette dernière exerce un effet négatif sur la capacité globale. La retenue supplémentaire ne pourra alors plus être absorbée dans un délai raisonnable (jusqu'à une nouvelle intervention).
- Lorsque la période au rouge est trop longue (> 40 s), l'interdiction risque d'être ignorée plus souvent par les automobilistes, toutefois en n'occasionnant que rarement d'accidents.

Pour donner la préférence à un accès, l'emploi d'un système de signalisation lumineuse à la demande sans feu vert n'est pas prévue dans l'ordonnance sur la signalisation routière. L'exploitation d'un tel système sans feu vert pour le contrôle d'un giratoire nécessite l'obtention d'une autorisation exceptionnelle auprès de l'Office fédéral des routes (OFROU).

## Regroupement des traversées de piétons

### Utilité

- Le système de signalisation lumineuse pour le contrôle de la traversée des piétons sur une voie d'accès à un giratoire fonctionne indépendamment de l'écoulement du trafic dans le giratoire. Un tel système s'impose en cas de flux piétonniers importants sur un giratoire.
- Tandis que la réduction de capacité à l'entrée du giratoire exercé par la traversée des piétons dépend dans une large mesure du volume de trafic, la capacité de la sortie est exclusivement déterminée par le trafic piétonnier.

### Effets

- Le contrôle de la traversée des piétons sur un accès du giratoire entraîne une perte de temps pour la circulation automobile tributaire du temps de cycle et de la longueur de la phase rouge.
- Etant donné que la séquence de commande des feux piétonniers entraîne une réduction de la capacité de l'entrée d'au minimum 20 à 25%, on peut assumer une réduction de capacité d'une entrée d'environ un quart pour cause de trafic piétonnier.

Les dispositions de contrôle examinées ne sont pas satisfaisantes du point de vue juridique et de la technique de circulation, voire partiellement illégales. Par conséquent, les solutions possibles pour contrôler la traversée des piétons sont les suivantes:

- En cas de distance suffisante (environ 30m) entre le passage des piétons et l'entrée du giratoire, ce passage peut être considéré comme un ouvrage distinct, et peut être géré séparément.
- Un feu jaune clignotant supplémentaire à l'entrée du giratoire signale aux automobilistes accédant au giratoire la présence de signaux secondaires ('pas de priorité'). Les incertitudes liées à la priorité d'entrée dans le giratoire peuvent ainsi être supprimées, et la situation juridique clarifiée.

## Evaluation et recommandations

### Evaluation

- Un système de signalisation lumineuse permet d'influencer le trafic dans le giratoire, et de privilégier certaines liaisons. Ce contrôle permet d'allier les avantages d'un giratoire et les possibilités de gestion offertes par les feux de circulation.
- La traversée d'un giratoire par les véhicules sur rails peut être assurée à l'aide de feux de circulation aussi bien pour la marche sur signal que pour la marche prioritaire en visibilité. Les pertes de capacité globale sont tributaires de la position des voies et de la fréquence des passages.
- L'accélération du passage des bus peut être assurée en privilégiant l'entrée sur les accès parcourus par les bus. Le mode de contrôle approprié dépend des flux de trafic, de la charge et de la conduite des bus sur le giratoire.
- La mise en oeuvre de feux de circulation pour contrôler la traversée des piétons sur un accès au giratoire peut être motivée par des raisons de sécurité, et de groupement des flux piétonniers.
- Sur d'importants giratoires comportant plusieurs voies d'accès et voies circulaires, le recours aux systèmes de signalisation lumineuse permet d'augmenter les capacités globales. Le contrôle permanent d'un petit giratoire avec des feux de circulation pour augmenter la capacité globale ou la sécurité routière n'a encore été utilisé ni en Suisse ni à l'étranger. Les interventions sur l'écoulement du trafic dans les petits giratoires se sont généralement révélées négatives sur la capacité globale.

### Recommandation

- Lorsque le contrôle du trafic est projeté au moment de la construction d'un giratoire, il s'agit, en raison des possibilités limitées en la matière et des effets sur l'écoulement du trafic, de vérifier une nouvelle fois le régime de noeuds et le cas échéant de le modifier.
- Les interventions de contrôle doivent être limitées à de courtes périodes, et entre les différentes interventions, l'écoulement du trafic doit pouvoir se rétablir normalement.
- L'exploitation d'un système de signalisation lumineuse sans feu vert pour gérer un giratoire doit

faire l'objet d'une demande d'autorisation exceptionnelle auprès de l'Office fédéral des routes (OFROU).

Cet ouvrage présente la procédure appropriée pour influencer le trafic dans les giratoires. Il expose les principaux éléments d'évaluation de l'adéquation d'un contrôle du trafic, les moyens d'influence appropriés ainsi que l'agencement des moyens de contrôle en service.

## Summary

In Switzerland and other countries, roundabouts can now be found where the flow of traffic is controlled at certain times by traffic light systems. Traffic light systems are mainly used at roundabouts to speed up the movement of buses and to help pedestrians cross the road. They allow limited control of the flow of traffic at the roundabout, without forfeiting the advantages of the roundabout system at times when there is less traffic.

The purpose of this research project was to answer fundamental questions about the requirements and conditions for using traffic regulation systems at roundabouts, and to work out the criteria for the conditions of use and requirements at both existing and planned roundabouts.

## Possible uses

When a roundabout is provided with a traffic light system, traffic can only be controlled to a limited extent and this influence is confined to holding back vehicles. A survey among the cantons shows that the reasons for roundabout traffic flow control are firstly to improve safety, and secondly to give priority to certain streams of traffic. The following table summarises the objectives of such control, including the key practical applications:

Purpose	Method	Application associated with
Safety	- traffic flows are separated in time, in order to avoid conflicts	- increasing road safety - allowing public transport vehicles on rails to pass - allowing public service buses to enter the approach road from bus lanes
Prioritising certain lanes	- the capacity of one approach road is temporarily increased by providing extra time slots	- increasing capacity by grouping pedestrian crossing times together - giving priority to public service buses on an approach road - specific priority to one approach road (e.g. managing heavy traffic, a tunnel, motorway exit)
Increasing capacity	- regulating approach roads as separate nodes with stops on the carriageway of the roundabout	- increasing overall capacity at large roundabouts
Guaranteeing continuous traffic flow	- different approach roads are given authorisation to go separately	- ensuring continuous traffic flow when the road network is overloaded - preventing the roadway on the roundabout becoming blocked when exit from it cannot be guaranteed

## Operating systems

Depending on the purpose of the traffic control at roundabouts, a distinction can be made between different operating systems and regulatory procedures:

### *Public transport vehicles on rails*

Where public transport vehicles on rails have to cross roundabouts, the traffic flow is mainly regulated by so-called "sleeping" traffic light systems, i.e. the lights are only switched on when the arrival of such a vehicle is detected. Then the traffic lights are used to stop the streams of traffic which are in conflict with the public transport vehicle. This may either be on the roundabout itself or on the approach road.

### *Priority to buses*

When roundabouts become overloaded, tailbacks and long delays on the approach roads can be expected. Unless they are in a bus lane, public service buses are also affected by this. By using traffic control measures as the situation demands, the delays for buses can be minimised.

There are two possible strategies for giving priority to buses at roundabouts:

- The bus is taken past the tailback on the approach road in a bus lane. A traffic light makes it easier for the bus to change from the bus lane to the normal carriageway.
- The main traffic streams in conflict with the bus are stopped and the approach road where a bus has been detected can be cleared with minimum delay.

### *Pedestrian crossing*

A traffic light to regulate pedestrians crossing the road at the approach to a roundabout operates regardless of the flow of traffic. It is triggered by large numbers of pedestrians at one branch of the roundabout. By regulating pedestrian crossings, pedestrians can be grouped together, thereby reducing the number of interruptions to the traffic on the roundabout.

### *Regulating individual approach roads*

Where there is a risk of a heavy build-up of traffic in a location with safety implications (e.g. tailback in a tunnel or on a motorway), a traffic light system can be used to clear the approach road to a roundabout, in the same way as giving priority to buses, if a traffic jam exists.

In a second part of the research project, the effects on the traffic flow of prioritising one approach road and grouping pedestrians together were investigated.

## **Prioritising one approach road**

### *Benefits*

- Control measures can be used to increase the capacity of an approach road. The flow of traffic on this approach road can be improved and waiting times reduced.
- By controlling the roundabout, the capacity of an approach road can be temporarily increased to about 1300 vehicles/hour. The greatest benefit is achieved by stopping the traffic for short periods (< 30 sec). As the stop grows longer, the effectiveness is reduced.
- A clear increase in capacity presupposes that there was heavy traffic on the roundabout itself with long delays for each vehicle on the approach road.

### *Effects*

- Depending on the amount of traffic that is being held back on the approach roads, and the frequency and duration of the use of traffic light systems, traffic control can have differing effects on the overall capacity of the roundabout.
- If there is spare capacity on the approach road which is to be held back and traffic light systems are used only for short periods and infrequently, then the overall capacity of the roundabout is barely reduced by controlling the traffic flow. If the capacity of the approach road which is to be held back was already exceeded before the use of the lights, then their use will have a negative effect on overall capacity. It is not possible for the additional tailback to be reduced within a reasonable period (before the lights change again).
- If the lights stay on red for a long time (> 40 sec), they are more frequently ignored, but this only rarely leads to accidents.

When prioritising approach roads and using traffic light systems which operate as necessary, there is no envisaged need for such a traffic light system without a green light in the signalling sequence. Operating a traffic light system without a green light to regulate roundabout traffic requires a licence from the relevant Federal Office for Roads (ASTRA).

## Grouping of pedestrian crossing times

### *Benefits*

- A traffic light system to regulate pedestrians crossing the road at the approach to a roundabout operates regardless of the flow of traffic at the roundabout. It is triggered by large numbers of pedestrians at one branch of the roundabout.
- Whereas, at the entrance to the roundabout, the capacity-reducing effect of crossing pedestrians is clearly dependent on the amount of traffic, at the exit, capacity is determined solely by the number of pedestrians.

### *Effects*

- Depending on the time it takes to walk round, and the time for which the light remains red, regulating pedestrian crossings at the approach road to a roundabout can result in delays for vehicular traffic.
- Since using traffic light systems to regulate pedestrian crossings leads to a reduction in capacity at the entrance to a roundabout of at least 20% to 25%, it can be expected that there will be a reduction in capacity of about a quarter at the entrance due to pedestrian traffic.

The regulatory arrangements that were studied were unsatisfactory from either a legal or a road safety point of view, and in some cases contravened the law. The following solutions are therefore proposed for regulating pedestrian crossings:

- If there is a sufficiently large distance (about 30 m) between the pedestrian crossing and the entrance to the roundabout, the pedestrian crossing counts as a separate installation and can be regulated separately.
- An additional amber flashing light at the entrance to the roundabout makes clear to vehicle drivers at the entrance to the roundabout that secondary signals ('no priority') apply. Misunderstandings about who has priority at the entrance to the roundabout can be reduced and the legal situation clarified.

## Assessment and recommendation

### *Assessment*

- Traffic light systems can be used to control traffic at a roundabout and to give priority in certain circumstances. This type of regulation helps to combine the benefits of roundabouts with the control options provided by a traffic light system.
- Traffic light systems can help ensure free passage for vehicles on rails across roundabouts, either by using the signal to control their movements or to grant them priority. The loss of overall capacity is determined by the position of the track and the frequency of crossings.
- Buses can be speeded up by giving priority at the entrance to those approach roads used by public service buses. The most appropriate type of regulation depends on traffic flow, capacity and the way in which buses travel round the roundabout.
- Using traffic light systems to regulate pedestrian crossings at approach roads to roundabouts can be justified both for reasons of road safety and in order to group together the flow of pedestrians.
- At large roundabouts with multi-lane approach roads and carriageways round the roundabout, a higher overall capacity can be achieved by using traffic light systems. Permanent regulation of a small roundabout by traffic light systems to increase overall capacity or improve road safety has not been implemented either at home or abroad. Intervention in the traffic flow at small roundabouts generally has negative effects on overall capacity.

### *Recommendation*

- Where traffic regulation systems are planned involving the use of a roundabout, the node regime should be re-checked several times and modified if necessary, because of the limited options for traffic regulation and the effects on traffic flow.
- Regulatory interventions must be confined to short periods, with sufficient time between the inter-

ventions for traffic flow to normalise again.

- Operating traffic light systems without a green light to regulate roundabout traffic requires a licence from the relevant Federal Office for Roads (ASTRA).

A Guideline is available and this indicates the best procedure for controlling traffic at roundabouts. It presents the key elements for evaluating the usefulness of traffic regulation, the most suitable type of control and the layout and conditions for using a regulatory system.

# 1. Ausgangslage und Ziele

## 1.1. Ausgangslage

Die Vorteile der Kreisel hinsichtlich Wartezeit, Verkehrssicherheit, Schadstoffemissionen und Lärm sind bei hohen Verkehrsbelastungen in der Regel nicht mehr gegeben. Auch während der Nebenverkehrszeiten sehr gut funktionierende Kreisel können oft bei zeitlich hoher Nachfrage die erwünschte Verkehrsqualität nicht mehr gewährleisten.

Von der ungenügenden Verkehrsqualität sind oft auch Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs betroffen. Zudem bedingt die Führung schienengebundener Fahrzeuge über die Kreiselfahrbahn oder die Zufahrten Eingriffe in den Verkehrsablauf.

In der Schweiz und im Ausland sind heute Kreisel im Einsatz, bei denen der Verkehrsablauf zeitweise mit Lichtsignalanlagen (LSA) gesteuert wird. Vor allem zur Busbeschleunigung sowie als Querungshilfen für den Fussverkehr werden bei Kreiseln Lichtsignalanlagen eingesetzt. Damit wird ein beschränktes Beeinflussen des Verkehrsablaufes beim Kreisel ermöglicht, ohne die Vorteile in den verkehrsarmen Zeiten einzubüssen.

## 1.2. Ziele

Das Ziel der Forschungsarbeit ist die Beantwortung grundlegender Fragen über die Anforderungen und Bedingungen für den Einsatz von betrieblichen Steuerungsmitteln bei Kreiseln.

Die Hauptziele der Forschungsarbeit gliedern sich wie folgt:

- Erkennen der wesentlichen Zusammenhänge zwischen den Elementen der verkehrstechnischen und verkehrsplanerischen Grössen und den Merkmalen der Betriebsformen bei den verschiedenen Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen an Kreiseln.
- Abschätzen der Auswirkungen der Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen bei Kreiseln auf den Verkehrsablauf am Knoten (Leistungsfähigkeit, Sicherheit) unter Berücksichtigung der spezifischen Vorgaben (Zielerreichung).
- Entwickeln einer Checkliste, die dazu dient, die Einsatzmöglichkeiten der Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln darzustellen und vorhandene Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Zielvorgaben aufzuzeigen.

Dabei sollen die Einsatz- und Anforderungskriterien sowohl für bestehende als auch für geplante Kreiselanlagen ausgearbeitet werden.

### **1.3. Auftrag**

Die Arbeitsgemeinschaft bestehend aus dem Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon, und der MARTY + Partner Ingenieurbüro AG, Zollikon, wurde durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) beauftragt, die notwendigen Abklärungen und Analysen im Zusammenhang mit dem Einsatz von betrieblichen Steuerungsmitteln bei Kleinkreiseln durchzuführen.

### **1.4. Begleitkommission**

Die Forschungsarbeit wurde durch die Expertenkommission 3.07 des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) begleitet. Die Forschungsstelle dankt den Mitgliedern der Kommission für die konstruktiven Diskussionen und wertvollen Hinweise.

### **1.5. Verkehrslenkungssysteme**

Das starke Anwachsen des Verkehrs führt vielerorts zu immer häufigeren Kapazitätsengpässen auf den bestehenden Verkehrsanlagen. Oftmals bestehen aber keine oder nur begrenzte Ausbaumöglichkeiten. Diese Situation führt zwangsläufig zu einer Bewirtschaftung des Verkehrsraumes um unter den gestellten Bedingungen den Betrieb der Verkehrsanlage besser auszunutzen und optimieren zu können. Die Verkehrssysteme müssen vermehrt im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit betrieben werden, ohne dass die geforderte Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. Die bestehende Kapazität kann dabei nur verlagert oder in sehr engen Grenzen erhöht werden.

Mit der Verkehrslenkung wird eine bessere Auslastung des Netzes angestrebt. Dies bedeutet, dass der Individualverkehr kanalisiert und gegebenenfalls plafoniert werden muss. Insbesondere bei der Verkehrsdosierung darf nur so viel Verkehr ins Netz einfliessen, wie die für die Gesamtleistungsfähigkeit des Systems massgebenden Knotenpunkte verarbeiten können.

Die Steuerung dieser Lenkungssysteme basiert weitgehend auf dem Beeinflussen der Verkehrsströme bei den Knoten. Diese sind untereinander vernetzt und werden koordiniert betrieben. Dabei stellt sich die Frage, ob Kreiseln, die mit einer LSA ausgerüstet sind, ebenfalls in die Lenkungssysteme integriert werden können oder ob mit diesen Steuerungen nur lokal der Verkehrsablauf beim Kreiseln optimiert werden kann.

## 1.6. Lichtsignalanlagen

Für den Entwurf, die Projektierung sowie den Betrieb der Lichtsignalanlagen gelten die bestehenden Normen<sup>1</sup> der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS). Die Normen dienen der Vereinheitlichung von verkehrlichen, baulichen und betrieblichen Aspekten von Lichtsignalanlagen und sind sinnesgemäss auf die Anforderungen von Kreiseln anzuwenden.

## 1.7. Generelles Vorgehen

Die Untersuchung besteht aus zwei Hauptteilen, wobei die Erkenntnisse des ersten Hauptteils die Grundlagen für die Felderhebungen im zweiten Hauptteil lieferten. Im ersten Teil standen theoretische und qualitative Untersuchungen im Vordergrund mit dem Aufzeigen der verschiedenen Betriebsformen und einer Kategorisierung der Zielvorgaben.

Aufgrund der Ergebnisse der Auswertung und unter Berücksichtigung in- und ausländischer Beispiele sowie Richtlinien wurden die verschiedenen Steuerungsarten bei Kreiseln typisiert mit dem Ziel, die quantitativ zu untersuchenden Betriebsformen festzulegen.

Für die quantitative Beurteilung wurden weitergehende Erhebungen bei ausgewählten, in der Praxis am häufigsten eingesetzten Betriebsformen durchgeführt. Der Schwerpunkt der Felderhebungen lag beim quantitativen Aufzeigen der Auswirkungen auf den Verkehrsablauf.

Aus den Ergebnissen der Felderhebungen und den qualitativen Erkenntnissen aus dem ersten Hauptteil wurden die Empfehlungen abgeleitet. Das generelle Vorgehen zeigt die Abbildung 1.

---

1 640 832 Lichtsignalanlagen, Kopfnorm; Mai 1992 und folgende

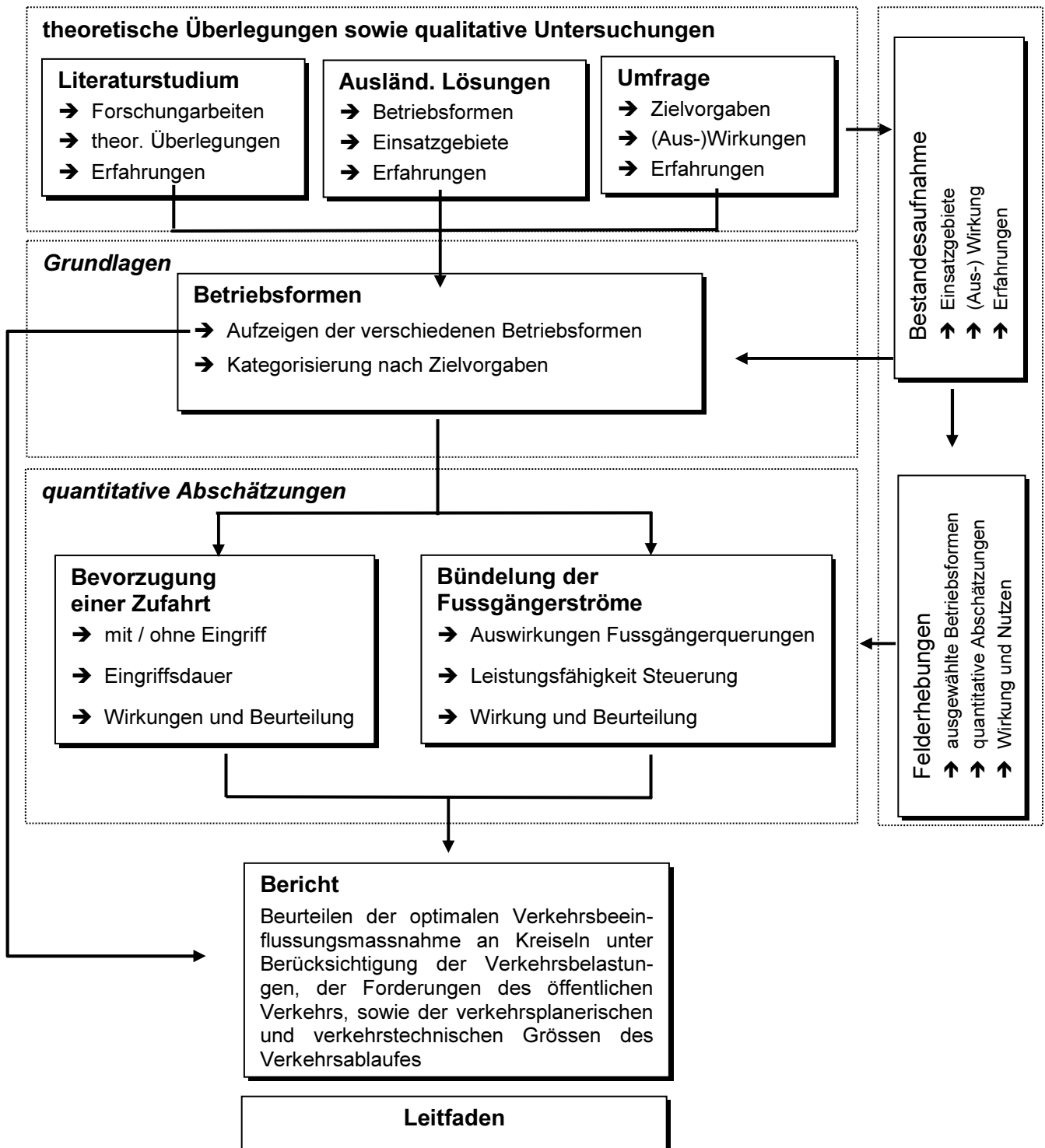


Abbildung 1 : Vorgehen generell

## 2. Grundlagen

### 2.1. Begriffe

#### *Kreisel*

„Kreisförmige Plätze“ werden in der Literatur unterschiedlich bezeichnet. Insbesondere im Ausland werden die Begriffe Kreisverkehrsplatz oder Kreisverkehr verwendet. Im vorliegenden Forschungsbericht wird aus Gründen der Einfachheit mehrheitlich der Begriff „Kreisel“ verwendet. Dabei sind Kleinkreisel mit Aussendurchmessern in der Grössenordnung von 20 bis 30 Metern sowie einstreifigen Zufahrten und Kreiselfahrbahnen gemeint.

#### *Leistungsfähigkeit*

Der Begriff (Gesamt-) Leistungsfähigkeit bezieht sich in der vorliegenden Forschungsarbeit auf die grösste Anzahl Fahrzeuge, die in geschlossener Kolonne den Querschnitt oder den Knoten pro Zeiteinheit passieren können. Der Begriff beruht auf dem reinen Zeitbedarf der einzelnen Fahrzeugarten. Unter Gesamtleistungsfähigkeit wird nicht die intermodale Leistungsfähigkeit vom motorisierten Individualverkehr und dem öffentlichen Verkehr verstanden.

### 2.2. Umfrage

Mit einer Umfrage bei den Kantonen sowie im angrenzenden Ausland konnten Beispiele von Kreiseln mit LSA gesammelt sowie Einsatzgründe dieser Anlagen untersucht und aufgezeigt werden. Die erhaltenen Unterlagen bestanden vielfach aus einem Signallageplan und einem Kurzbeschrieb der Anlage.

Für die weitergehenden Abklärungen wurden geeignete Objekte mit einer umfassenden Dokumentation ausgesucht. Im ANHANG 1 sind die wichtigsten Kenndaten der ausgewählten Beispiele zusammengestellt und die für die vorliegende Arbeit massgebenden Anlagen detaillierter beschrieben.

### 2.3. Literatur

In verschiedenen Forschungsarbeiten wurde der Einsatz betrieblicher Eingriffe bei Kreiseln behandelt [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Dabei beschränkten sich die Untersuchungen vorwiegend auf den Einsatz von LSA zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei mehrstreifigen Kreiseln. Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten wiedergegeben.

Einsatzkriterien für grosse Kreisverkehrsplätze mit und ohne Lichtsignalanlage an klassifizierten Strassen [3]:

Die Leistungsfähigkeit grosser Kreisverkehrsplätze (mindestens zwei Fahrstreifen) mit LSA wird mit Hilfe empirischer Untersuchungen und aus Ergebnissen von Verkehrssimulationen ermittelt. Die Steuerung erfolgt bei jeder Zufahrt und dem dazugehörenden Abschnitt der Kreiselfahrbahn. Dadurch ergeben sich zuerst mehrere voneinander unabhängige Einmündungen. Durch die kurzen Verbindungsstrecken in der Kreiselfahrbahn beruht die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisverkehrsplatzes auf einer optimalen Koordinierung der Einmündungen. Die Leistungsfähigkeit dieser Kreisel liegt in der Regel deutlich über der Leistungsfähigkeit grosser Kreisverkehrsplätze ohne LSA.

Der Kreisverkehr mit Lichtsignalanlage: Turbine oder Staugenerator? (Workshop „Kreisverkehr“ [7])

Für einen Kreisverkehr mit LSA wurden verschiedene Varianten entwickelt. Mit einer EDV-Simulation wurde die Leistungsfähigkeit abgeschätzt und einer konventionellen Kreuzung mit Lichtsignalanlage gegenübergestellt. Bei dieser Untersuchung wurde von einer Verkehrsbelastung von rund 6'000 Fz/h und von einem zweistreifigen Kreis mit Signalgebern auf der Kreiselfahrbahn ausgegangen.

Kreisverkehrsplätze mit Lichtsignalanlagen [5]

Die Auswirkungen einer LSA auf die Leistungsfähigkeit von Kreiseln wurden untersucht. Berücksichtigt wurden nur Grosskreisel mit durchgehend mindestens zwei Fahrstreifen und einem Kreiseldurchmesser von 40 bis 50 Metern. Dank den grosszügigen Abmessungen konnte der Verkehr auch auf der Kreiselfahrbahn angehalten und ein leistungsfähiger Phasenablauf realisiert werden.

Im Zusammenhang mit dem Führen des öffentlichen Verkehrs in Kreiseln wurden verschiedene Ansätze im Forschungsbericht "Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren" [2] aufgezeigt.

Die Auswirkungen der Kreisverkehre auf Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) wurden untersucht. Neben dem Erheben der Zeitverluste auf den Zufahrten sowie der Befahrbarkeit der Kreiselfahrbahn wurden verschiedene Beschleunigungsmassnahmen für den ÖPNV abgeklärt. Neben separaten Fahrstreifen wurde auch der Einsatz einer ‚schlafenden LSA‘ behandelt.

## Fazit

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann festgestellt werden, dass im Ausland LSA zum Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit eingesetzt werden. Der Einsatz von LSA bedingt aber ein Anhalten der Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn. Deshalb beschränkt sich der Einsatz von LSA zum Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit auf mehrstreifige Grosskreisel mit Ausseidurchmessern grösser 40 m sowie genügend Abstand zwischen den Zufahrten.

### 3. Verkehrsbeeinflussung bei Kreiseln

#### 3.1. Der ungesteuerte Kreisel

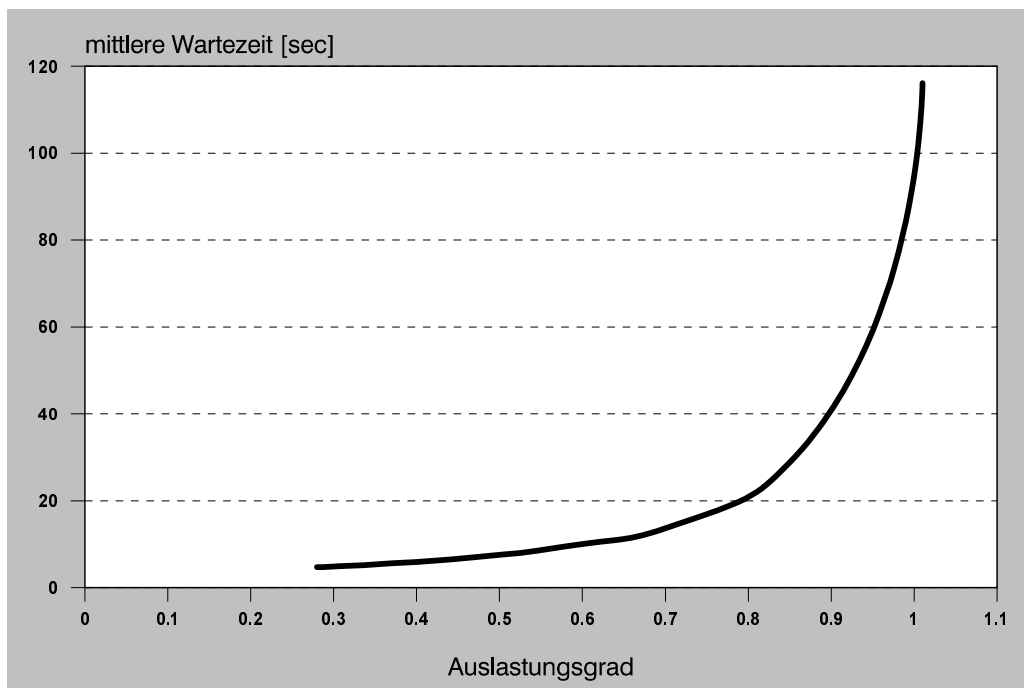
Beim Kreisel basiert der Verkehrsablauf auf dem Kreisvortritt. Die Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn haben gegenüber den Fahrzeugen auf den Zufahrten den Vortritt. Somit sind alle Zufahrten hinsichtlich Vortritt gleichgestellt.

Im Allgemeinen sind Kreisel mit einstreifigen Einfahrten und einstreifiger Kreiselfahrbahn leistungsfähiger als Knoten à niveau ohne LSA. Aufgrund von Erfahrungen sind Kreisel in vielen Fällen auch leistungsfähiger als Knoten mit LSA. Dies gilt insbesondere dann, wenn die LSA mit mehr als zwei Phasen gesteuert wird. Vorteilhaft sind Kreisel auch bei zeitlich stark wechselnden Verkehrsbelastungen und starken Abbiegeströmen [8]. Bei geringen Verkehrsbelastungen (Summe aller Einfahrten kleiner 1'500 Fz/h) treten an Kreiseln in der Regel nur kurze Wartezeiten und Rückstaus auf [9]. Bei grösseren Verkehrsbelastungen ist die Verkehrsqualität zu überprüfen und eine genügende Leistung nachzuweisen. Die Beurteilung der Verkehrsqualität wird dabei aufgrund der in Tabelle 2 zusammengestellten Merkmale vorgenommen (aus [10]).

Qualitätsstufe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kreiseldurchfahrt</li> <li>- Wartezeiten</li> <li>- mittlere Wartezeit bei Einfahrt</li> </ul>	Verkehrsqualität	Kolonnenbildung (Rückstau)
Stufe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nahezu ungehindert</li> <li>- Mehrzahl Fz ohne Wartezeit (nur ca. 5s Orientierungszeit)</li> <li>- ≤ 10 sec</li> </ul>	ausgezeichnet	keine Kolonnen
Stufe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nur in geringem Mass behindert</li> <li>- Wartezeit hinnehmbar</li> <li>- ≤ 15 sec</li> </ul>	gut	kaum Kolonnen
Stufe C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- häufige Beeinflussung durch vortrittsberechtigzte Fz</li> <li>- Wartezeiten wachsen spürbar an</li> <li>- ≤ 25 sec</li> </ul>	zufriedenstellend	kleinere Kolonnen
Stufe D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle Fz müssen Behinderungen hinnehmen</li> <li>- z.T. für einzelne Fz hohe Wartezeiten</li> <li>- ≤ 45 sec</li> </ul>	ausreichend	vorübergehend längere Kolonnen, werden abgebaut
Stufe E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ständige Behinderungen mit zeitweiser Überlastung</li> <li>- sehr lange und stark streuende Wartezeiten</li> <li>- &gt; 45 sec</li> </ul>	mangelhaft	kein Abbau der z.T. sehr langen Kolonnen
Stufe F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überlastung während ganzer Stunde</li> <li>- sehr lange Wartezeiten</li> <li>- keine Angabe</li> </ul>	ungenügend	kein Abbau der z.T. sehr langen Kolonnen

**Tabelle 1:** Beurteilung Verkehrsqualität Kreisel aus [10]

Zwischen der mittleren Wartezeit und dem Auslastungsgrad (vorhandene Belastung / maximal mögliche Belastung) besteht ein exponentieller Zusammenhang. Abbildung 2 zeigt als Beispiel den Zusammenhang bei einem vierarmigen Kreisell, berechnet nach dem in [10] aufgeführten Verfahren (Darstellung aus [1]). Daraus ist ersichtlich, dass die mittlere Wartezeit bis zu einem Auslastungsgrad von 0.8 maximal 20 Sekunden beträgt (Qualitätsstufe C nach Tabelle 1). Aufgrund des Kurvenverlaufes nimmt bei höheren Auslastungsgraden die mittlere Wartezeit überproportional zu. Bei hoch ausgelasteten Kreiseln muss deshalb mit starken Schwankungen bei den mittleren Wartezeiten und den Rückstaus gerechnet werden. Bereits kleine Verkehrszunahmen können zu Überlastungen führen. Auslastungsgrade bei den Kreiseleinfahrten grösser 0.9 sollten in der Regel vermieden werden.



**Abbildung 2:** Mittlere Wartezeit in Abhängigkeit des Auslastungsgrades (aus [1])

Mit zunehmender Auslastung verlieren die Kreisell die Vorteile kurzer Wartezeiten und geringer Schadstoffemissionen gegenüber lichtsignalgeregelten Knoten. Die gegenseitigen Behinderungen der einzelnen Verkehrsteilnehmenden am Kreisell nehmen zu und führen zu einer überproportionalen Abnahme der Verkehrsqualität.

### 3.2. Einsatzbereiche gesteuerter Kreisel

Wird ein Kreisel mit einer LSA ausgerüstet, ist eine Verkehrslenkung nur in geringem Ausmass möglich und die Verkehrsbeeinflussung beschränkt sich auf das Zurückhalten der Fahrzeuge. Eine gezielte Lenkung der Fahrzeuge von einer Zufahrt auf eine Achse ist im Gegensatz zu einem Knoten mit LSA nicht oder nur mit baulichen Anpassungen (Bypass) und geeigneten Verkehrsbeziehungen teilweise möglich.

Aufgrund der Umfrage bei den Kantonen wird das Beeinflussen des Verkehrsablaufes bei Kreiseln einerseits zum Erhöhen der Sicherheit und andererseits zum Bevorzugen einzelner Ströme eingesetzt. Dabei werden Kreisel mit Querungen schienengebundener Fahrzeuge bereits beim Bau mit einer LSA ausgerüstet.

Die Steuerung zum Bevorzugen einzelner Ströme beim Kreisel wird oftmals erst im Nachhinein beim Auftreten eines Mangels realisiert. Der Ausbau wird aufgrund der Rückstaus und Zeitverluste auf einzelnen Zufahrten beim Überschreiten der Leistungsfähigkeit des Kreisels realisiert. Aufgrund dieses Mangels im Verkehrsablauf und dem Bedürfnis einzelne Zufahrten kurzzeitig gezielt beeinflussen zu können, wird der Kreisel mit einer LSA ausgerüstet. Grössere bauliche Anpassungen (Bypass) werden nur vereinzelt vorgenommen. Vielfach wird nur mit betrieblichen Mitteln das Bevorzugen einer Zufahrt umgesetzt.

Die folgenden Ziele werden mit dem Steuern der Kreisel verfolgt:

#### **Sichern**

Durch das zeitliche Trennen der Konfliktströme kann der Kreisel gesichert gequert werden. Die Steuerung erfolgt unabhängig der Kreiselbelastung und führt in der Regel zu einer Einbusse der Leistungsfähigkeit, da während der Steuerung einzelne oder sogar alle Fahrtbeziehungen unterbunden werden. Diese Steuerungsart wird vorwiegend bei Querungen des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs und bei starken Fussgängerströmen<sup>1)</sup> eingesetzt.

#### **Bevorzugen einzelner Ströme**

Einzelne Ströme werden zu Lasten vortrittsberechtigter Ströme bevorzugt. Diese Steuerung ist der häufigste Einsatz der Verkehrsbeeinflussung bei Kreiseln. Neben der klassischen Busbevorzugung über eine Kreiselzufahrt wird diese Steuerung auch beim Staumanagement angewendet. Das Ziel der Steuerung ist das Erhöhen der Anzahl Zeitlücken für den zu bevorzugenden Strom.

---

1) Untersuchungen des Unfallgeschehens bei Kreiseln zeigen, dass der Anteil von Unfällen mit beteiligten Zufussgehenden in der Grössenordnung von 2% liegt [15]. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde deshalb das Erhöhen der Verkehrssicherheit für den Fussverkehr mit einer LSA nicht zum Ziel gesetzt.

## Leistungssteigerung

Mit einer LSA kann bei mehrstreifigen Grosskreisel die Leistungsfähigkeit gesteigert und der Verkehrsablauf gesteuert werden. Dabei müssen jedoch die Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn angehalten werden können. Die Steuerung des Grosskreisels funktioniert als koordinierter Ablauf verschiedener Einzelknoten bei den einzelnen Zufahrten.

Bei Kleinkreisel kann mit der Steuerung die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt erhöht werden. Dieser Eingriff führt jedoch im Allgemeinen zu einer Abnahme der Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels.

## Gewährleiten des Verkehrsablaufes

Wenn der Abfluss aus dem Kiesel infolge eines nachfolgenden Leitungseinganges nicht gewährleistet ist, kann ein Rückstau bis in die Kreiselfahrbahn zum Blockieren des Verkehrsablaufes am Kiesel führen.

Mit Stauschlaufen werden Rückstaus in die Kreiselfahrbahn erkannt. Mit dem Steuern der einzelnen Kieselzufahrten kann die Kreiselfahrbahn freigehalten und das Überstauen des Kreisels verhindert werden. Während dem Steuern erhalten die verschiedenen Zufahrten einzeln die Fahrtfreigabe. Dadurch kann ein Verkehrsablauf am Kiesel mit reduzierter Leistungsfähigkeit aufrecht erhalten werden.

Im Folgenden sind die Ziele der Beeinflussung mit den massgebenden Einsatzmöglichkeiten zusammengestellt:

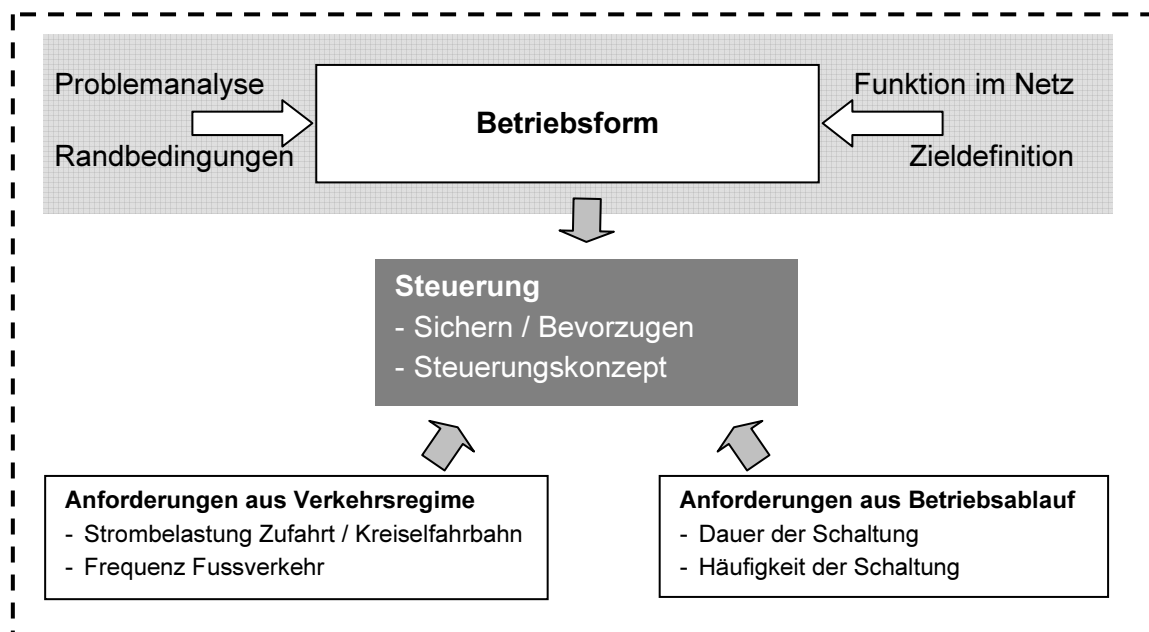
Ziel	Ansatz	Einsatz im Zusammenhang mit
Sichern	- keine Konflikte durch zeitliche Trennung der Ströme	- Erhöhen der Verkehrssicherheit - Ermöglichen von Durchfahrten schienengebundener Verkehrsmittel - Einfahren von Linienbussen vom Busstreifen in Zufahrt
Bevorzugung einzelner Ströme	- durch zusätzliche Zeitlücken kurzfristige Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Zufahrt	- Erhöhen der Leistungsfähigkeit durch Bündeln der Fussgängerströme - Bevorzugen von Linienbussen auf einer Zufahrt - gezieltes Bevorzugen einer Zufahrt (z. B. Staumanagement, Tunnel, Autobahn-Ausfahrt)
Leistungssteigerung	- Steuern der Zufahrten als Einzelknoten mit Anhalten auf Kreiselfahrbahn	- Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit bei Grosskreisel
Gewährleiten des Verkehrsablaufes	- einzelne Fahrtfreigabe der verschiedenen Zufahrten	- Gewährleiten Verkehrsablauf bei überlastetem Netz  - Verhindern Überstauen der Kreiselfahrbahn wenn Abfluss aus Kiesel nicht gewährleistet ist

### 3.3. Anforderungen an gesteuerte Kreisel

Vermeehrt werden heute Kreisel mit Steuerungen nachgerüstet oder bereits direkt mit einer LSA geplant und gebaut. Zum Beurteilen der geeigneten Beeinflussungsart sowie der Anordnung und Bedingungen der betrieblichen Steuerungsmittel müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Knotenausbau: Steuerung bei Neubau / Beheben eines Mangels
- Funktion im Netz: Verkehrslenkung / lokaler Knoten

Zudem prägen Anforderungen der Betriebsform, des Verkehrsregimes sowie des Betriebsablaufs die Steuerung bei Kreiseln. In Abbildung 3 sind die massgebenden Elemente und ihr Einfluss auf den Steuerungsablauf dargestellt.



\*1) Konflikt: keine zeitliche Trennung der Konfliktströme: signalisiertes Verkehrsregime (kein Vortritt) behält Gültigkeit

**Abbildung 3:** Unterschiedliche Anforderungen an das Steuern von Kreiseln

## **Knotenausbau**

### ***Steuerung bei Neubau***

Die Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln ist immer ein Kompromiss zwischen den Vorteilen des ungesteuerten Kreisels und den Zwängen, die eine Steuerung bedingen. Bei Neubauten von Kreiseln mit Steuerungen sollte die Zweckmässigkeit und Notwendigkeit des gewählten Knotenregimes überprüft werden. Dabei müssen die Auswirkungen der Steuerung auf den Verkehrsablauf abgeschätzt und der Erreichungsgrad des angestrebten Ziels beurteilt werden. Der Kiesel mit Steuerung verbindet teilweise die Vorteile von einem Kiesel mit den Steuerungsmöglichkeiten einer LSA; diese Mischlösung erreicht jedoch weder den flexiblen Verkehrsablauf des ungesteuerten Kreisels noch die Leistungsfähigkeit und Steuerungsmöglichkeiten einer LSA.

Zu komplexe Situationen mit permanenten Steuerungen (beispielsweise gesteuerte Kiesel mit Querungen schienengebundener Fahrzeuge und einer Haltestelle auf der Mittelinsel) werden von den Fahrzeuglenkenden oftmals nicht mehr als Kiesel wahrgenommen. Da bei diesen Objekten die LSA vielfach den Verkehrsablauf am Knoten dominiert, wird zum Abschätzen der Leistungsfähigkeit oftmals die Steuerung massgebend. Diese komplexen Knoten bilden eher die Ausnahme und sind als Einzelfälle zu prüfen und zu beurteilen.

**Werden die Steuerungen mit dem Kieselbau geplant, sollte aufgrund der beschränkten Steuerungsmöglichkeiten und der Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit das Knotenregime nochmals überprüft und gegebenenfalls geändert werden.**

### ***Beheben eines Mangels***

Beim Auftreten eines Mangels im Verkehrsablauf (Überschreiten der Leistungsfähigkeit, hohe Wartezeiten bei einer Zufahrt, Verlustzeiten beim öffentlichen Verkehr, hohe Fussgängerquerungen) wird oftmals das Nachrüsten einer Steuerung beim Kiesel in Erwägung gezogen.

Eine detaillierte Problemanalyse, das Abgrenzen der Randbedingungen und das Definieren der anzustrebenden Ziele sowie ein umfassendes Beurteilen möglicher Lösungsvarianten (inkl. Knotenumbau) sind wichtige Voraussetzungen für ein nachhaltiges Beheben des Mangels und eines effizienten Verbesserns des Verkehrsablaufes.

**Das Nachrüsten eines Kreisels mit einer Steuerung führt in der Regel zu einem Kompromiss zwischen den anzustrebenden Zielen und den negativen Auswirkungen auf die Gesamtleistungsfähigkeit.**

## Funktion im Netz

### *Knoten im System*

Das Beeinflussen des Verkehrs bei einem Kreisell beschränkt sich weitgehend auf das Zurückhalten einer Zufahrt. Das gezielte Bevorzugen einer Fahrtbeziehung und somit das Lenken des Verkehrs ist nur in geringem Ausmass möglich (ausser bei einem Bypass). Im Verbund mit koordinierten LSA („Grüne Welle“) kann der gesteuerte Kreisell die geforderten Aufgaben, wenn überhaupt, nur bedingt erfüllen.

**Das permanente Steuern oder Bevorzugen einer Zufahrt (z.B. in einem koordinierten Verkehrsablauf) führt zu einem trägen Verkehrsablauf und zu einer Abnahme der Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisells.**

### Isolierter Knoten

Im Überlastungszustand schneidet der Kreisell im Allgemeinen schlechter ab als ein lichtsignalgesteuerter Knoten. Mit der LSA kann bei einer Überlastung lenkend auf den Verkehrsablauf eingegriffen werden. Unter dem Aspekt der Leistungsfähigkeit werden beim Beurteilen des Knotenregimes somit nicht nur die zu verarbeitete Verkehrsmenge sondern auch die Auswirkungen im Überlastungszustand auf den Verkehrsablauf massgebend.

**Steuerungseingriffe müssen auf kurze Zeitabschnitte beschränkt werden und zwischen den einzelnen Eingriffen muss sich der Verkehrsablauf wieder normalisieren können.**

## 4. Betriebsformen

Abhängig vom Ziel der Verkehrsbeeinflussung können bei den Kreiseln verschiedene Betriebsformen und Steuerungsabläufe unterschieden werden. Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten gesteuerter Kreisel in der Schweiz. Die untersuchten Beispiele beschränkten sich hauptsächlich auf die Betriebsformen Bevorzugen öffentlicher Verkehr und Bündeln der Fussgängerströme. Vereinzelt existieren Spezialfälle zum Verhindern von Rückstau in Tunnel oder Steuerungen bei Rückstau bis in den Kreiselausfahrtsbereich.

Im Bereich der Verkehrslenkung werden nur vereinzelt gesteuerte Kreisel als Pfortner eingesetzt. Bei den wenigen Beispielen werden die Fahrzeuge bereits auf der Zufahrt, deutlich vor der Kreiseleinfahrt (rund 30m), angehalten und der Kreisel selbst wird nicht gesteuert (z.B. Lindenweg, Wabern BE). Die Dosierung funktioniert somit unabhängig vom Regime des nachfolgenden Knotens.

Der Einsatz von betrieblichen Massnahmen zum Erhöhen der Gesamtleistungsfähigkeit werden sowohl im In- als auch Ausland nur bei Grosskreisel angewandt. Diese Grosskreisel werden im Gegensatz zu den Kleinkreisel auch zum Erhöhen der Verkehrssicherheit mit einer LSA ausgerüstet. Bei den Kleinkreisel ist die Verkehrssicherheit ein wichtiger Aspekt, jedoch wurde kein Kleinkreisel aus Sicht der Verkehrssicherheit mit einer LSA ausgerüstet.



**Abbildung 4:** Einsatzmöglichkeiten gesteuerter Kreisel

#### 4.1. Übersicht Kreiseln mit LSA

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Objekte mit den Steuerungselementen aus der Umfrage bei den Kantonen aufgeführt. Insbesondere in der Stadt Lausanne werden bei der Busbevorzugung oftmals die Fussgängerübergänge in die Steuerung miteinbezogen.

Kreiseln mit Steuerungselementen Beispiele aus der Schweiz			Öffentlicher Verkehr			Fussverkehr	Spezialfälle	
			Fahrt nach Signalen	Fahrt auf vortritts- berechtigte Sicht	Busbevorzugung	Fussgängerquerung	Steuern einzelner Zufahrten	Gewährtesten Verkehrsablauf
Aarau	AG	Kreiseln Gais		X				
Bern	BE	Thunplatz		X		X		
Bern	BE	Burgernziel		X				
Biel	BE	Seevorstadt				X		
Chur	GR	Engadin- / Güggelstrasse		X				
Chur	GR	Postplatz				X		
Dietikon	ZH	Fahrweid			X			
Fällanden	ZH	Bruggacher			X		X	
Fällanden	ZH	Industriestrasse			X		X	
Flüelen	UR	Umfahrung					X	
Genf	GE	Saint-Julien		X				
Genf	GE	Communes-Réunies		X				
Köniz	BE	Schloss			X			
Lausanne	VD	Place de la gare			X	X		
Lausanne	VD	Sallaz College			X	X		
Lausanne	VD	Cour / Figuiers			X	X		
Lausanne	VD	Cour / Montoire				X		
Lausanne	VD	Provence / Chablais				X		
Lausanne	VD	Chablais / Grand / Pre			X	X		
Lausanne	VD	Rhodainie / Bains			X	X		
Melide	TI	Ausfahrt Melide					X	
Münchenstein	BL	Heiligholz	X					
Münchwilen	TG	Zentrum	X					
Oftringen	AG	Anschluss Perry-Center (ab Juni 05)						X
St. - Blaise	NE	Vieux-Pressoir			X			
Visp	VS	Zentrum				X		
Wil	SG	Schwanenplatz			X	X		
Worb	BE	Sonne Rüfenacht		X				
Wabern	BE	Lindenweg			X		X	
Wabern	BE	Seftigerstrasse		X				
Zollikofen	BE	Bern- / Zürichstrasse			X			
Zollikofen	BE	Bernstrasse / Kirchlindacherstr.			X			

**Tabelle 1:** Kreiseln mit Steuerungselementen in der Schweiz

Bei den Querungen schienengebundener Fahrzeuge sowie bei Busbevorzugungen auf einem separaten Streifen bis zur Einfahrt in den Kreisel wurden die LSA bereits von Anfang an geplant und mit dem Bau des Kreisels umgesetzt. Die Lichtsignalanlage gewährleistet das sichere Queren oder Einfahren in den Kreisel.

Bei der Busbevorzugung ohne separate Busspur wie auch bei den Fussgänger – LSA wurde die Steuerung beim Kreisel erst im Nachhinein beim Auftreten eines Mangels realisiert. Mit der Steuerung wird ein einzelner Strom gezielt kurzfristig bevorzugt und so die Leistungsfähigkeit der Zufahrt erhöht.

Bei den Spezialfällen (Pförtner, Gewährleisteten Verkehrsablauf) wurde die LSA ebenfalls bereits mit dem Bau des Kreisels realisiert und somit die Steuerung mit baulichen Elementen unterstützt (beispielsweise Bypass).

### Ausländische Beispiele

Aus dem nahen Ausland (Deutschland und Österreich) wurden die Grundlagen verschiedener Kreisels mit Strassenbahnverkehr (Fahren auf vortrittsberechtigter Sicht) genauer untersucht und analysiert<sup>2</sup>. Die Steuerung der Kreisels erfolgt aufgrund von Querungen schienengebundener Fahrzeuge und schaltet sich bei allen untersuchten Objekten auf Anmeldung der Strassenbahn ein.

Im Allgemeinen konnten bei den ausländischen Beispielen keine Unterschiede zu den Lösungsansätzen in der Schweiz festgestellt werden, so dass sich die weiteren Untersuchungen auf Kleinkreisels aus der Schweiz beschränken.

Bei den Grosskreiseln mit Steuerung (Kapitel 4.6) werden zwei Beispiele aus Deutschland genauer vorgestellt, die Notwendigkeit der Steuerung dargestellt und die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf aufgezeigt.

In den folgenden Kapiteln werden die Eigenheiten der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten gesteuerter Kreisels näher beschrieben und beurteilt. Zudem werden falls vorhanden Beispiele von in der Schweiz in Betrieb stehenden Kreiseln mit den entsprechenden Steuerungselementen aufgeführt.

---

2 von folgenden ausländischen Kreiseln standen Unterlagen zur Verfügung, die ausgewertet wurden:  
Wien      Gaussplatz: aus Seiten in Mittellage  
Stuttgart      Kreisels Reger- / Schumannstrasse: Querung in Mittellage  
                 Kreisels Beethoven- / Regerstrasse: aus Seiten in Mittellage  
                 Kreisels Reger- / Millöckerstrasse: Querung in Mittellage  
                 Kreisels Ostendplatz: aus Seiten in Mittellage  
München: Karolinenplatz: Querung über Kreiselszufahrt

## 4.2. Schienengebundener öffentlicher Verkehr

### Betriebsart

Beim schienengebundenen öffentlichen Verkehr wird unterschieden zwischen

1. Fahren nach Signalen auf freigeprüfter Strecke (Eisenbahnrecht)
2. Fahren auf vortrittsberechtigter Sicht (Strassenverkehrsrecht)

Im ersten Fall wird nach Signalen gefahren und der Fahrzeugführer muss nicht mit Hindernissen auf der Schiene. Dagegen passt im zweiten Fall der Fahrzeugführer die Geschwindigkeit den Sichtverhältnissen an und ist somit in der Lage, rechtzeitig vor einem Hindernis anzuhalten.

In Anlehnung an die im Forschungsbericht ‚Höhengleiche Kreuzungen Schiene / Strasse‘ [1] verwendeten Begriffe werden die Betriebsarten des schienengebundenen Verkehrs wie folgt unterschieden:

Betriebsart	Fahrt nach Signal	Fahrt auf Sicht
Begriff	Bahnübergang	Kreuzung Gleis / Strasse
Massnahme	Sicherung	Verkehrsregelung
Massgebende Rechtsordnung	Eisenbahnrecht	Strassenverkehrsrecht
Leitbehörde	Bundesamt für Verkehr	Kantonale Instanzen

Während bei der Fahrt nach Signalen der Konfliktbereich Schiene / Strasse mit Detektoren überwacht werden muss, kann bei der Fahrt auf vortrittsberechtigter Sicht ein kurzzeitiges Blockieren des Gleisbereichs verantwortet werden. Ein Überwachen des Konfliktbereichs ist somit nicht notwendig.

Das Konzept der Signalisation ist für den schienengebundenen öffentlichen Verkehr unabhängig der Betriebsart gleich. Unterschiede zeigen sich nur bei den signaltechnischen Massnahmen zum Sichern der Querung, zum Überwachen der Konflikträume sowie die daraus resultierenden Rotzeiten, die bei der Fahrt nach Signalen höher liegen, als bei der Fahrt nach vortrittsberechtigter Sicht.

### [1] Fahrt nach Signal

Bei der Querung eines Schienenfahrzeugs, das nach Signalen fährt, können zum Sichern des Individualverkehrs Schranken, Wechselblinklichter, Andreaskreuze und Lichtsignale eingesetzt werden.



Beispiel: Münchwilen TG

## [2] Fahrt auf vortrittsberechtigter Sicht

Gemäss [11] können zur Verkehrsregelung beim Kreiseln Lichtsignalanlagen, signaltechnische Massnahmen oder keine besondere Signalisation zum Einsatz kommen. Die notwendigen Massnahmen sind von den örtlichen Gegebenheiten und den vorhandenen Belastungen abhängig.

Bei den untersuchten Objekten wurde die Durchfahrt auf vortrittsberechtigter Sicht immer mit einer LSA geregelt.



## Steuerungsphilosophie

Bei Querungen des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs wird der Verkehrsablauf bei Kreiseln vorwiegend mit so genannten „schlafenden“ LSA gesteuert, d. h. die LSA wird erst nach dem Anmelden eines Schienenfahrzeugs eingeschaltet. Dabei werden mit der LSA die mit dem öffentlichen Verkehr in Konflikt stehenden Verkehrsströme angehalten. Dies geschieht entweder auf der Kreiselfahrbahn oder bei der Zufahrt.

Die untersuchten Objekte sind alles vierarmige Kreiseln, bei denen die Querung des schienengebundenen Fahrzeugs mit einer „schlafenden“ LSA geregelt wird. Bei fünf von sieben Steuerungen werden die Fahrzeuglenkenden unmittelbar vor der Querung auf der Kreiselfahrbahn angehalten und nur in zwei Fällen erfolgt das Anhalten bereits auf den Zufahrten.

Bei keinem der untersuchten Objekte wurden die Fahrzeuglenkenden mit einer Zusatztafel (beispielsweise „Bahn“) auf die Querung eines Schienenfahrzeuges aufmerksam gemacht.

## Signalisation

Beim Queren eines Kreisels durch ein Schienenfahrzeug können die folgenden Fälle unterschieden werden:

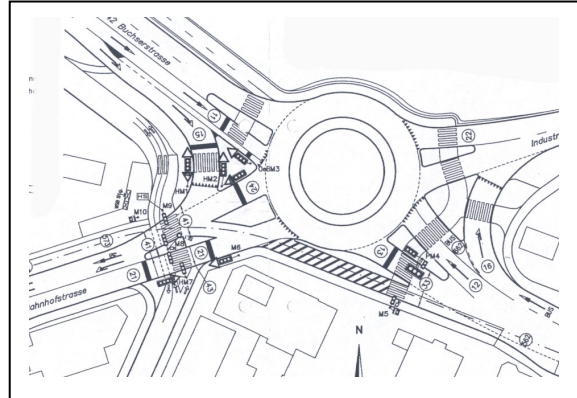
- |                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Schienenfahrzeug | - quert Kreiseln          |
|                  | - quert Kreiselfahrbahn   |
|                  | - fährt durch Mittelinsel |
|                  | - in Mittellage           |

Natürlich sind auch Kombinationen möglich, wie beispielsweise der Wechsel von der Mittel- in die Seitenlage. Somit ergibt sich auch bei der Signalisation eine Kombination der verschiedenen Elemente.

Im Folgenden sind die Steuerungen des Kreisels Gais (Aarau, AG) sowie des Kreisels Heiligholz (Münchenstein, BL) dargestellt. Während die Querung beim Kreisel Gais nur über eine Zufahrt erfolgt, quert das Schienenfahrzeug beim Knoten Heiligholz die Mittelinsel.

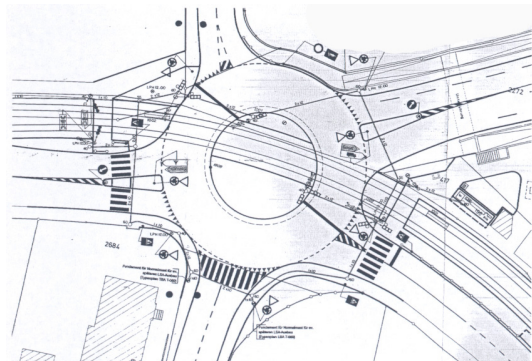
**Kreisel Gais (Aarau, AG): Schienenfahrzeug quert Zufahrt aus Seitenlage**

- Steuerung der Kreiselein- und Ausfahrt sowie der Fussgängerquerung
- Fahrzeuge werden auf dem Kreiselast angehalten
- Steuerung auf Anmeldung; kein grünes Leuchtfeld
- Nach Querung Fahrtfreigabe für Fahrzeuglenkende und mit Verzögerung für Zufussgehende
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden
- Rückstau kann nach Durchfahrt des Schienenfahrzeuges wieder abgebaut werden



**Kreisel Heiligholz (Münchenstein, BL): Schienenfahrzeug quert Mittelinsel aus Seitenlage**

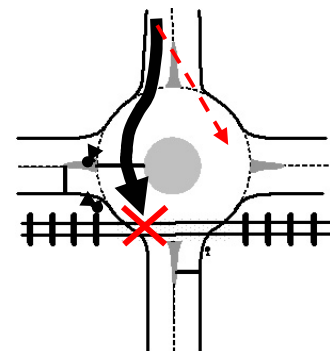
- Fahrzeuge werden auf Kreiselbahn und einer Zufahrt angehalten
- kein Steuern der Fussgängerquerung
- Steuerung auf Anmeldung; kein grünes Leuchtfeld
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden
- Rückstau kann nach Durchfahrt des Schienenfahrzeuges wieder abgebaut werden



**Verkehrssicherheit**

In der Stadt Stuttgart werden fünf Kreisel mit Querungen schienengebundener Fahrzeuge betrieben. Die Steuerung erfolgt jeweils auf Anmeldung der Schienenfahrzeuge. Die Fahrzeuglenkenden werden je nach Lage der Gleise bei den Zufahrten oder auf der Kreiselbahn angehalten. Die Erfahrungen sind sehr positiv und die Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmenden kann als gut beurteilt werden.

Im Zusammenhang mit der Steuerung wurden bei einem Kreisel vermehrt Unfälle mit Schienenfahrzeugen registriert. Als Ursache wird die zu starke Konzentration des einfahrenden Verkehrs auf Lücken im Fahrzeugstrom auf der Kreiselbahn vermutet. Dadurch wird vereinzelt das Rotlicht übersehen.

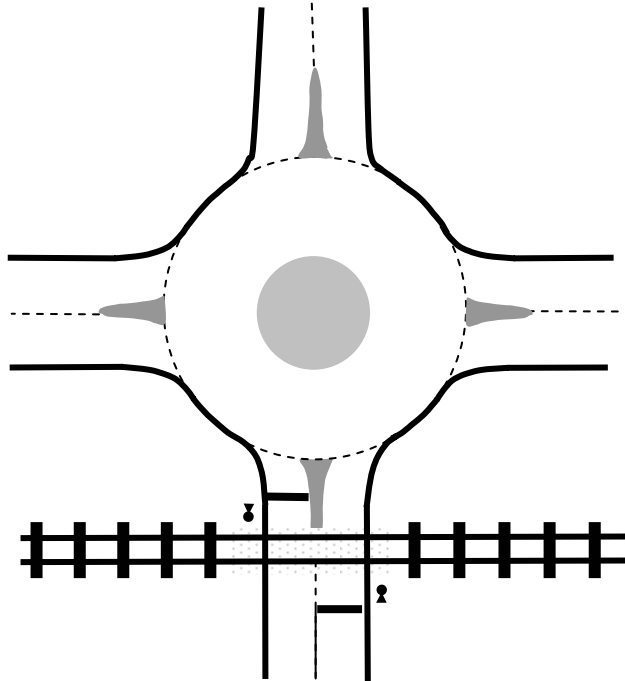


Bei den untersuchten Beispielen der Querungen schienengebundener Fahrzeuge in der Schweiz wurde keine erhöhte Anzahl Unfälle mit Fahrzeugen des öffentlichen Linienverkehrs registriert. Die Erfahrungen der Betreiber wie auch der Behörden können bei allen Objekten

als gut beurteilt werden.

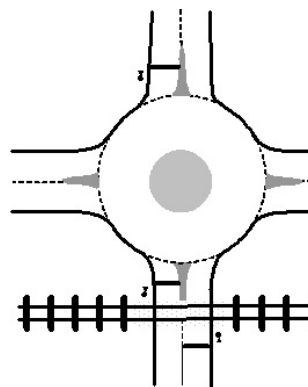
### Schienefahrzeug quert einen Kreiselastr

#### A) Anhalten der Fahrzeuge vor dem Übergang



- Regeln der Verkehrsströme, die auf den Übergang gerichtet sind (Kreiselu- und Ausfahrt)
- bei langen Sperrzeiten wird die Kreiselfahrbahn durch wartende Fahrzeuge blockiert
- durch die Vortrittsregelung bei der Kreiseinfahrt wird die Kreiselfahrt und somit der Konfliktpunkt Schiene / Strasse nur verzögert geräumt

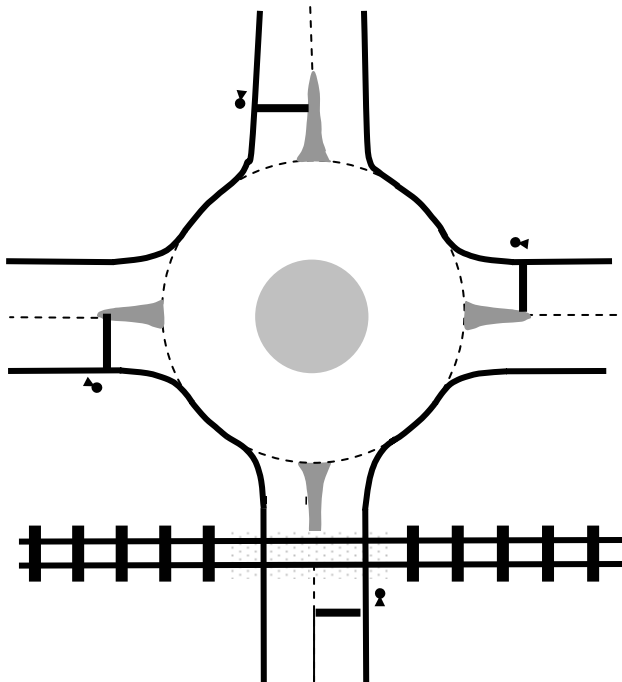
#### Untervariante



Zum Verhindern des Blockierens der Kreiselfahrbahn wird der massgebende Konfliktstrom bereits bei der Kreiselfahrt angehalten. Die Verkehrsbeziehungen parallel zur Gleisanlage können aufrechterhalten und der Verkehrsablauf gewährleistet werden.

- Während der Sperrzeiten baut sich auf den zurückgehaltenen Zufahrten ein Rückstau auf.

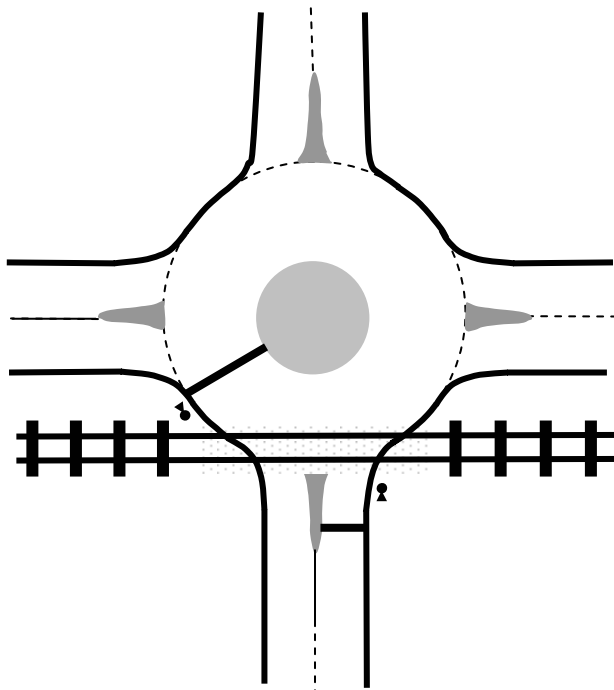
#### B) Anhalten der Fahrzeuge auf der Zufahrt



Nach der Anmeldung wird auf allen Zufahrten der Verkehr angehalten und der Verkehrsablauf kommt zum Erliegen. Auf allen Zufahrten baut sich in Abhängigkeit der Sperrzeit ein Rückstau auf.

- Diese Schaltung führt zu einer markanten Abnahme der Leistungsfähigkeit des Kreisels und kann nur bei geringen Frequenzen beim Schienen- und Strassenverkehr angewendet werden.
- Beim Ausschalten der LSA wird unterschieden:
  - Das Ausschalten erfolgt gleichzeitig bei allen Zufahrten.
  - Das Ausschalten erfolgt gestaffelt damit einzelne Zufahrten gezielt bevorzugt werden.

### Schienenfahrzeug quert Kreiselfahrbahn

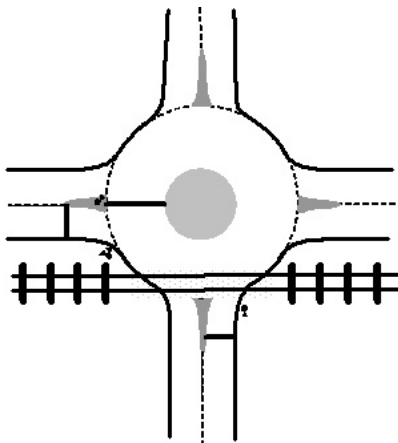


- Regeln derjenigen Verkehrsströme, die auf den Übergang gerichtet sind.
- bei langen Sperrzeiten werden alle Kreiselausfahrten durch wartende Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn blockiert
- durch das Anhalten der Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn erfolgt die Räumung des Konfliktpunkts Schiene / Strasse ohne Zeitverlust

#### Beispiele:

- Kreisell Ostendplatz (Stuttgart D)

### Untervariante



Bei kurzen Kreissegmenten, bei denen die Anordnung der Haltelinie zwischen der Kreiseinfahrt und dem Konfliktpunkt nicht möglich ist, kann die Haltelinie auf der Höhe der Leitinsel angeordnet werden.

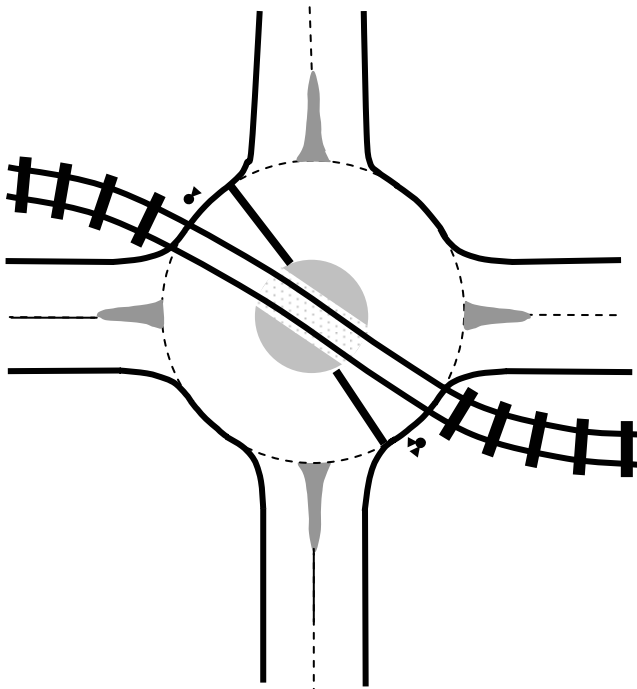
Zusätzlich muss jedoch noch die nachfolgende Kreiseinfahrt in die Steuerung miteinbezogen werden.

- Diese Anordnung kann in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung innert kurzer Zeit zur Blockierung des Verkehrsablaufs im Kreisell führen.

#### Beispiele:

- Kreisell Zentrum (Münchwilen, TG)

### Schienenfahrzeug fährt durch Mittelinsel

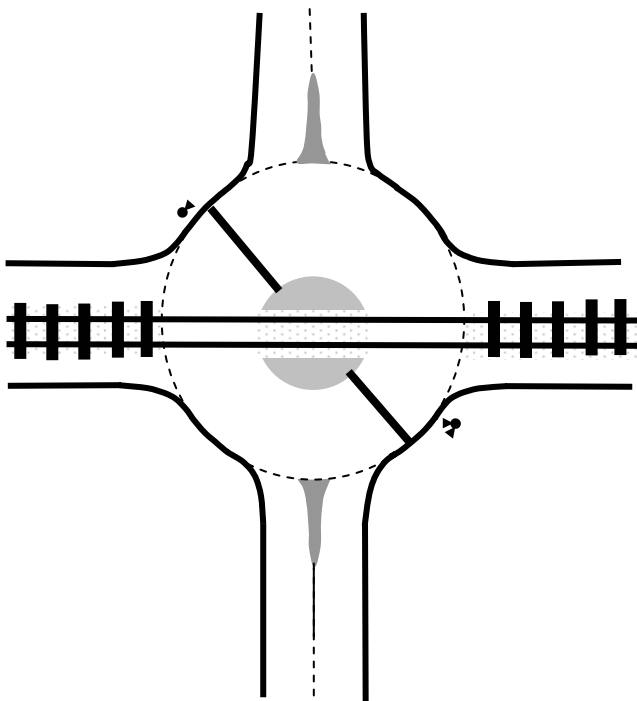


- Die Signalisation erfolgt nach demselben Prinzip wie bei der Durchfahrt über die Kreiselfahrbahn. Zudem kann dieselbe Untervariante angewendet werden.
- Nach einer Anmeldung werden die Verkehrsströme, die auf den Übergang gerichtet sind, angehalten und der Verkehrsablauf am Kreisel kommt weitgehend zum Erliegen.
- Durch das Anhalten der Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn erfolgt die Räumung des Konfliktpunkts Schiene / Strasse ohne Zeitverlust.

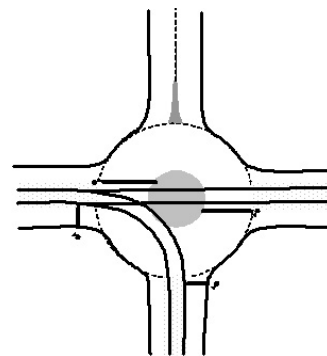
#### Beispiele:

- Kreisel 'Sonne' Rüfenacht (Worb, BE)
- Kreisel Thunplatz (Bern, BE)
- Kreisel Route de Saint-Julien / Avenues des Communes-Réunies (Genf, GE)
- Kreisel Avenues des Communes-Réunies / Rue du Bachet (Genf, GE)
- Kreisel Heiligholz (Münchenstein, BL)
- Kreisel Beethoven- / Regerstrasse (Stuttgart, D)

### Schienenfahrzeug in Mittellage



- Die Signalisation erfolgt nach demselben Prinzip wie bei der Durchfahrt über die Kreiselfahrbahn. Zudem kann dieselbe Untervariante angewendet werden.



- Tangiert die Querung nur einen Quadranten des Kreisels muss der Verkehr auch auf den Zufahrten angehalten werden.

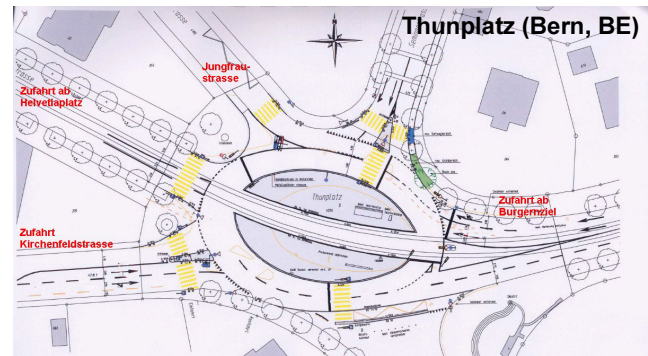
#### Beispiele:

- Kreisel Burgernziel (Bern, BE)
- Kreisel Reger- / Schumannstrasse (Stuttgart, D)

### Haltestelle im Bereich gesteuerter Kreisel

Neben den klassischen Querungen schienengebundener Fahrzeuge durch einen Kreisel liegen insbesondere in den Städten vielfach Haltestellen des öffentlichen Verkehrs unmittelbar neben oder sogar im Knotenbereich. Dadurch muss neben dem Sichern der Querungsstelle auch die Führung der Zufussgehenden zur Haltestelle gewährleistet werden. Insbesondere wenn die Haltestelle auf der Mittelinsel liegt, werden an die Erschliessung hohe Anforderungen gestellt.

Der Knoten Thunplatz (Bern) wurde als Unfallschwerpunkt saniert und vorerst provisorisch und anschliessend nach kurzer Testphase definitiv in einen Kreisel umgebaut. Da die Haltestelle auf der Mittelinsel liegt, musste die Kreiselfahrbahn mit zwei Fussgängerstreifen überquert werden. Neben der Sicherung der Bahnquerung wurden auch die beiden Übergänge mit einer Lichtsignalanlage ausgerüstet.



Während die Sicherung der Querung schienengebundener Fahrzeuge nur auf Anmeldung eingeschaltet wird und ohne grünes Leuchtfeld funktioniert, werden die Fussgängerquerungen über die Kreiselfahrbahn permanent gesteuert.



Kreisel Thunplatz (Bern, BE) Steuerung der Kreiseldurchfahrt und der Fussgängerquerung zur Mittelinsel

Aufgrund der komplexen Verkehrsanlage, der umfangreichen Steuerung mit einer LSA sowie der Nutzung der Mittelinsel als Fussgängerfläche und Haltestelle widerspricht der Knoten den klassischen Gestaltungskriterien eines Kreisels. Trotz einer Erhöhung der Verkehrssicherheit werden weiterhin viele Unfälle registriert und eine Verbesserung des Verkehrsablaufes konnte nur bedingt erzielt werden.

### 4.3. Busbevorzugung

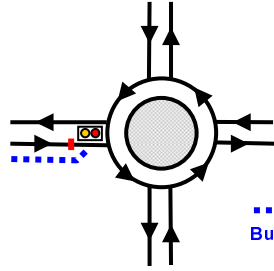
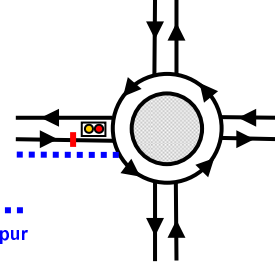
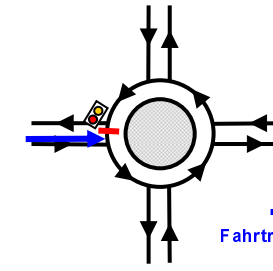
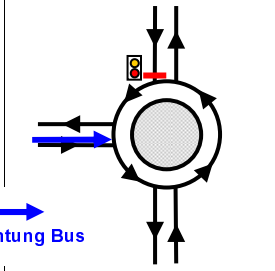
#### Steuerungskonzepte

Bei überlasteten Kreiseln muss mit Rückstau und somit längeren Zeitverlusten auf den Zufahrten gerechnet werden. Falls sie nicht auf einer Busspur geführt werden, sind davon auch die Linienbusse betroffen. Mit dem situationsgerechten Einsatz verkehrsbeeinflussender Massnahmen können die Zeitverluste für die Linienbusse minimiert werden.

Zum Bevorzugen der Linienbusse sind zwei unterschiedliche Strategien möglich:

- Der Bus wird über eine Busspur am Rückstau auf der Zufahrt vorbeigeführt.
- Die zum Bus massgebenden Konfliktströme werden angehalten.

Aufgrund der in der Untersuchung berücksichtigten Kreisel werden in der Schweiz die in Tabelle 2 aufgeführten Steuerungskonzepte eingesetzt. Bei den untersuchten Steuerungen werden zur Busbevorzugung vorwiegend „schlafende“ LSA eingesetzt, die sich nach der Busanmeldung einschalten.

<b>Busbevorzugung</b>			
mit Busspur		Anhalten der massgebenden Konfliktströme	
bis vor Kreiselfahrbahn	bis in Kreiselfahrbahn	auf der Kreiselfahrbahn	auf der Zufahrt
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus fährt über Busspur bis unmittelbar vor Kreiselfahrbahn</li> <li>• mit einer LSA kann das Einmünden erleichtert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus fährt über Busspur direkt in die Kreiselfahrbahn</li> <li>• mit einer LSA können Konflikte bei der Kreiseinfahrt verhindert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nach der Busanmeldung werden die Fahrzeuge unmittelbar vor der Einfahrt auf der Kreiselfahrbahn angehalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nach der Busanmeldung wird der massgebende Konfliktstrom auf der Zufahrt angehalten</li> </ul>
<p>Bei der Busbevorzugung über die Busspur wird der Verkehrsablauf am Kreisel nicht gesteuert und somit nicht beeinträchtigt. Die Kreiselfahrt wird für den öffentlichen Verkehr nicht geräumt, sondern die Busse fahren an dem mit der LSA aufgebauten Rückstau bis zur Kreiseinfahrt vorbei.</p>		<p>Bei diesem Steuerungskonzept wird mit einer LSA direkt in den Verkehrsablauf beim Kreisel eingegriffen. Mit der LSA werden die mit dem öffentlichen Verkehr im Konflikt laufenden Verkehrsströme bereits bei der Zufahrt oder auf der Kreiselfahrbahn unmittelbar vor dem Konfliktpunkt angehalten.</p>	

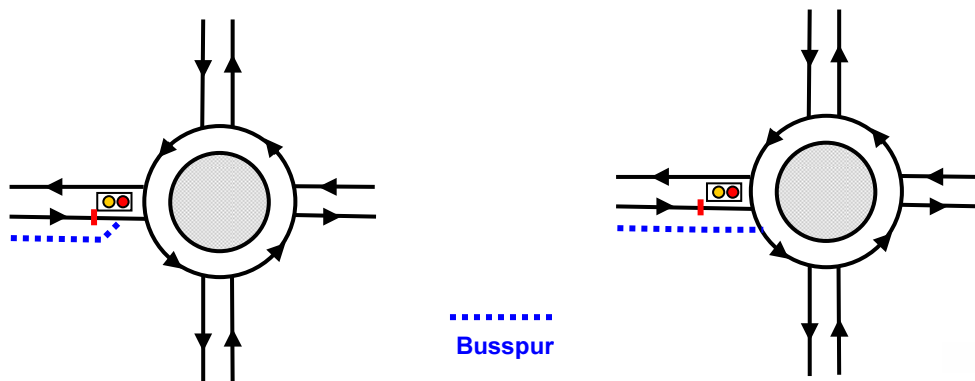
**Tabelle 2:** Busbevorzugung bei Kreiseln

Die in der Schweiz bei Kreiseln angewandten Massnahmen zur Busbevorzugung wurden im

Rahmen der Forschungsarbeit untersucht und beurteilt. Im Folgenden sind die daraus gewonnen Erkenntnisse zusammengestellt.

### Busbevorzugung mit Busspur

Über die Busspur wird der Bus bei den Zufahrten bis unmittelbar vor die Kreiseleinfahrt oder in den Kreisel geführt. Der Wechsel von der Busspur auf den Fahrstreifen wird mit Hilfe einer LSA erleichtert und Kollisionen zwischen dem Bus und den Fahrzeugen auf der Zufahrt können vermieden werden. Bei der Einfahrt in den Kreisel ist der Bus nicht vortrittsberechtigt.



#### Beispiele:

- Lindenweg (Wabern, BE)
- Bruggacher (Fällanden, ZH)
- Sallaz College mit Fg-Steuerung (Lausanne, VD)

#### Beispiele:

- Industriestrasse (Fällanden, ZH)
- Cour / Figuiers mit Fg-Steuerung (Lausanne, VD)
- Rhodainie / Bains mit Fg-Steuerung (Lausanne, VD)

### Verkehrsströme

Bei der Busbeschleunigung über einen separaten Fahrstreifen wird der Verkehrsablauf im Kreisel durch die Steuerung nicht tangiert und führt zu keiner Reduktion der Leistungsfähigkeit. Durch die Steuerung wird lediglich der motorisierte Individualverkehr auf der entsprechenden Kreiselfahrt kurzzeitig angehalten. Die Verkehrsqualität auf der Zufahrt mit der Busanmeldung wird nur während einer kurzen Zeit beeinträchtigt und nach der Busdurchfahrt normalisiert sich der Verkehrsablauf innert kurzer Zeit.

### Akzeptanz der Fahrzeuglenkenden

Die Akzeptanz der Fahrzeuglenkenden bei einer reinen Busbeschleunigung kann als gut beurteilt werden. Nach Aussagen der zuständigen Behörden wird das Signal mehrheitlich beachtet und nur vereinzelt werden Rotlicht-Missachtungen registriert.

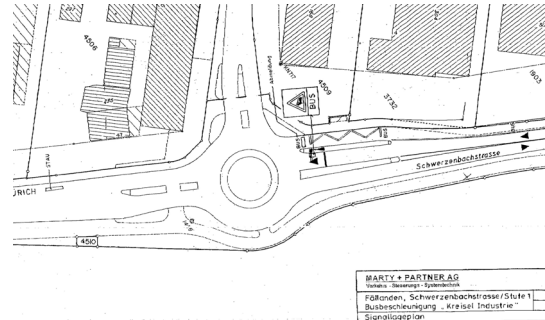
### Nutzen

Mit dieser Steuerungsart kann ein Plafonieren des Verkehrs am Siedlungsrand erreicht werden und wird oftmals zusammen mit einer Zufahrtdosierung zur Entlastung der nachfolgenden Siedlungsgebiete kombiniert. Dabei erfolgt die Steuerung der Zufahrt nach übergeordneten Zielen und nicht allein zur Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs. Beim Einsatz der LSA als Pförtner sollten die Fahrzeuglenkenden mit einem Wechselsignal auf die Zufahrtdosierung aufmerksam gemacht werden. Über die Akzeptanz und die Beachtung des Signals liegen keine genauen Ergebnisse vor. Nach Auskunft der zuständigen Behörden kann die Akzeptanz aber als gut beurteilt werden.

Im Folgenden sind als Beispiele die Steuerungen der Kreisel Industrie und Bruggacher in Fällanden, ZH dargestellt. Während beim Kreisel Industrie der Bus über eine eigene Einfahrt in den Kreisel geführt wird, fährt der Bus beim Kreisel Bruggacher in die Kreiselfahrt ein. Beide Lichtsignalanlagen werden bei Überlastung des Kreisels im Dorfzentrum als Pförtner eingesetzt.

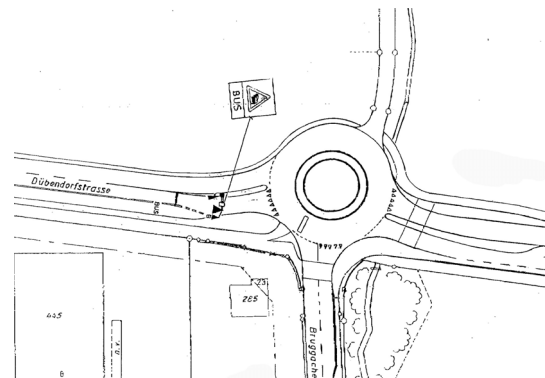
**Kreisel Industrie (Fällanden, ZH): Bus fährt direkt in Kreisel ein**

- Busbevorzugung über Busstreifen bis zum Kreisel Industrie
- Fahrzeuge werden auf Kreiselfahrt angehalten
- kein Steuern der Fussgängerquerungen
- Anlage wird bei Überlastung im Zentrum als Pförtner eingesetzt
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden, hoher Anteil der Rechtsabbieger in die Industrie missachten Rotlicht
- Kreisel wird nicht direkt gesteuert



**Kreisel Bruggacher (Fällanden, ZH): Bus fährt in Kreiselfahrt ein**

- Busbevorzugung über separaten Fahrstreifen; Bus fährt in Kreiselfahrt ein
- Fahrzeuge werden auf Kreiselfahrt vor der Buseinfahrt angehalten
- kein Steuern der Fussgängerquerungen
- Anlage wird bei Überlastung im Zentrum als Pförtner eingesetzt
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden
- Kreisel wird nicht direkt gesteuert



Kreisel Industrie (Fällanden, ZH): Bus fährt direkt in Kreisel ein



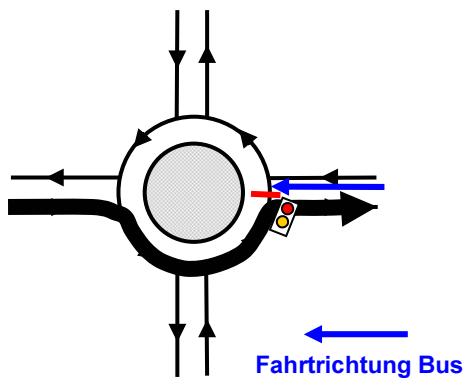
Kreisel Bruggacher (Fällanden, ZH): Bus fährt in Kreiselfahrt ein



## Konfliktstrom auf Kreiselfahrbahn anhalten

### Funktionsprinzip

Die Regelung erfolgt auf der Kreiselfahrbahn unmittelbar vor der Einmündung mit der Busanmeldung mit einer LSA im Bedarfsbetrieb. Der Individualverkehr wird nach der Busanmeldung auf der Kreiselfahrbahn angehalten und die Zufahrt mit der Busanmeldung kann mit minimalem Zeitverlust geräumt werden.

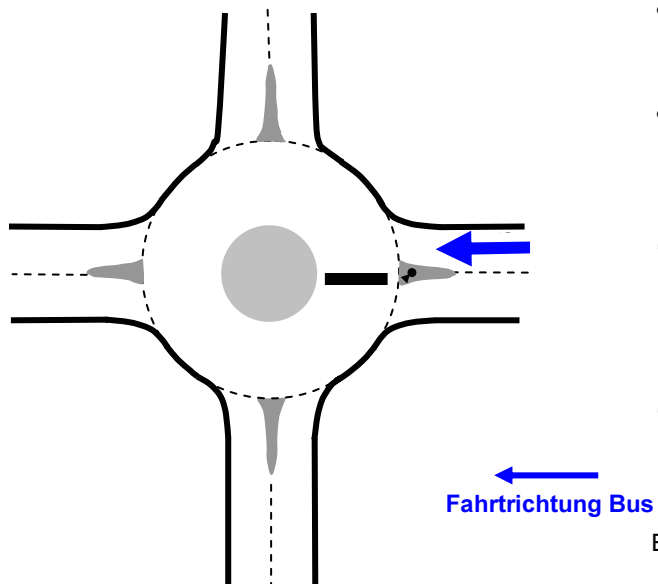


### Beispiel:

Kreisel Bern- / Zürichstrasse (Zollikofen, BE):  
Zufahrt Zollikofen

### Verkehrsströme

Diese Steuerung des Verkehrsablaufes eignet sich, wenn der Hauptverkehrsstrom den Kreiselschilde vor der Zufahrt mit der Busanmeldung verlässt und somit nur vereinzelt Fahrzeuge angehalten werden müssen. Zudem ist zu gewährleisten, dass der Bus nicht durch einen allfälligen Rückstau auf der Kreiselfahrbahn vor der LSA blockiert wird.



- Die Regelung erfolgt auf der Kreiselfahrbahn unmittelbar vor der Einmündung mit der Busanmeldung.
- Das Anhalten auf der Kreiselfahrbahn ist eigentlich immer mit dem Anhalten des massgebenden Konfliktstroms auf der Zufahrt kombiniert
- Bei langen Sperrzeiten wird die Kreiselausfahrt durch wartende Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn blockiert und der ganze Verkehrsablauf im Kreiselschilde kommt zum Erliegen.
- Aufgrund der Platzverhältnisse kann ein normgerechter Abstand zwischen dem Haltebalken und dem Signalgeber kaum eingehalten werden.

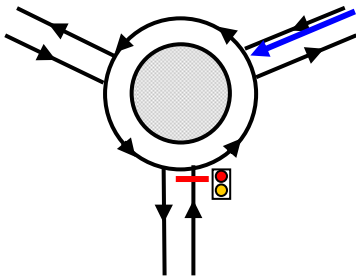
Beispiel: Kreiselschilde Bern- / Zürichstrasse (Zollikofen)

## Konfliktstrom auf Zufahrt anhalten

### Funktionsprinzip

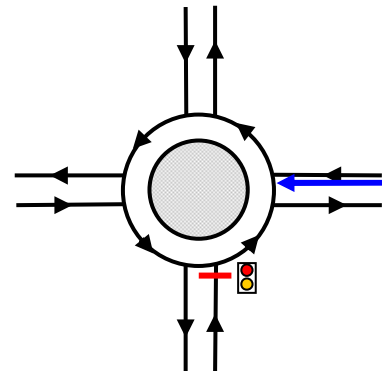
Die Regelung erfolgt auf der Kreiselfahrt mit dem massgebenden Verkehrsstrom, der bei der Zufahrt mit der Busanmeldung vortrittsberechtigt ist. Die im Bedarfsbetrieb funktionierende LSA hält nach einer Busanmeldung die Fahrzeuge auf der entsprechenden Zufahrt zurück.

Dieses Steuerungsprinzip eignet sich sehr gut bei Kreiseln mit nur drei Zufahrten, da mit dem Anhalten einer Zufahrt alle massgebenden Konflikte bei der nächstfolgenden Zufahrt eliminiert werden können. Die Steuerung wird jedoch auch bei vierarmigen Kreiseln eingesetzt, insbesondere wenn aus verschiedenen Richtungen Busse den Kreisel queren. Dabei wird für die Busse nur eine Teilbevorzugung erreicht, da weiterhin Fahrzeuge in den Kreisel einfahren können.



#### Beispiel:

Kreisel Fahrweid (Dietikon, ZH), dreiarmlig mit Bypass



#### Beispiel:

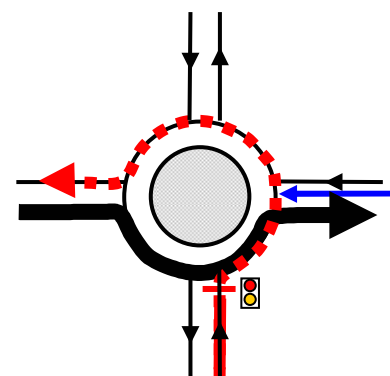
Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG), vierarmig  
Kreisel Bern- / Zürichstrasse (Zollikofen, BE): Zufahrt Münchenbuchsee

### Teilbevorzugung

Diese Steuerung des Verkehrsablaufes eignet sich, wenn vorwiegend die Fahrzeuge aus nur einer Zufahrt mit dem Bus in Konflikt laufen und die übrigen Verkehrsströme den Kreisel vor der Zufahrt mit der Busanmeldung verlassen.

Mit dieser Steuerungsphilosophie wird nur der massgebende Konfliktstrom angehalten, so dass das Vortrittsregime am Kreisel auch während der Busbevorzugung gilt. Die vor dem Bus in den Kreisel einfahrenden Fahrzeuglenkenden müssen (insbesondere bei vierarmigen Kreiseln) weiterhin mit Fahrzeuglenkenden auf der Kreiselfahrbahn rechnen. Dadurch erfolgt die Räumung des Fahrstreifens nur verzögert.

Im Folgenden sind als Beispiele die Steuerungen des Kreisels

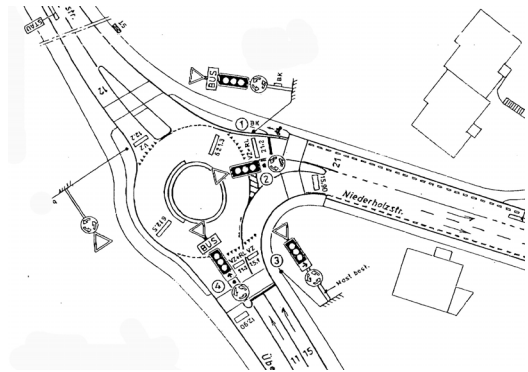


- - - > Massgebender Konfliktstrom
- - - > Hauptstrom
- - - > Fahrtrichtung Bus

des Kreisels Schwanenplatz (Wil, SG) dargestellt. Genauere Angaben sind im ANHANG 1 aufgeführt. Während beim Kreisel Fahrweid mit einem Bypass die rechtsabbiegenden Fahrzeuglenkenden durch die Busbevorzugung nicht tangiert werden, müssen beim Kreisel Schwanenplatz alle Fahrzeuge auf der Zufahrt anhalten.

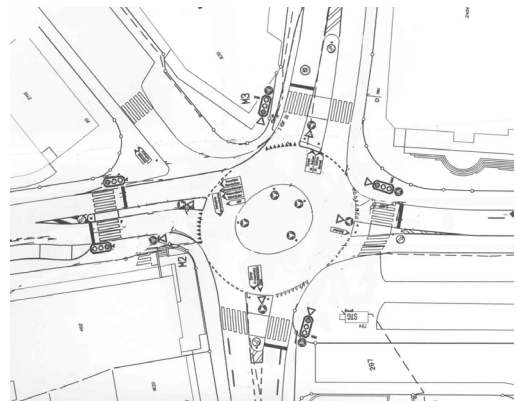
**Kreisel Fahrweid (Dietikon, ZH): Anhalten auf Zufahrt mit Bypass**

- Busbevorzugung aus zwei Richtungen
- Fahrzeuge werden auf Kreiselfahrten angehalten; Bypass in Steuerung integriert
- kein Steuern der Fussgängerquerungen
- Steuerung auf Anmeldung, kein grünes Leuchtfeld
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden, hoher Anteil Rotfahrer während Busbevorzugung
- Rückstau kann nach der Busbevorzugung wieder abgebaut werden



**Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG): Anhalten auf Zufahrt (inkl. Steuerung Fg-Querung)**

- Busbevorzugung aus drei Richtungen
- Fahrzeuge werden auf Kreiselfahrt angehalten
- Steuerung auf Anmeldung der Busse; kein grünes Leuchtfeld
- zusätzlich Steuern einer leicht abgesetzten Fussgängerquerung
- Rückstaus während Hauptverkehrszeit auf allen Zufahrten
- Rückstaus können nach der Busbevorzugung nicht mehr abgebaut werden
- aufgrund hoher Anzahl Fussgängerquerungen wurde Fg-Übergang Lerchenfeldstrasse unter Licht genommen (siehe Kap. 6)

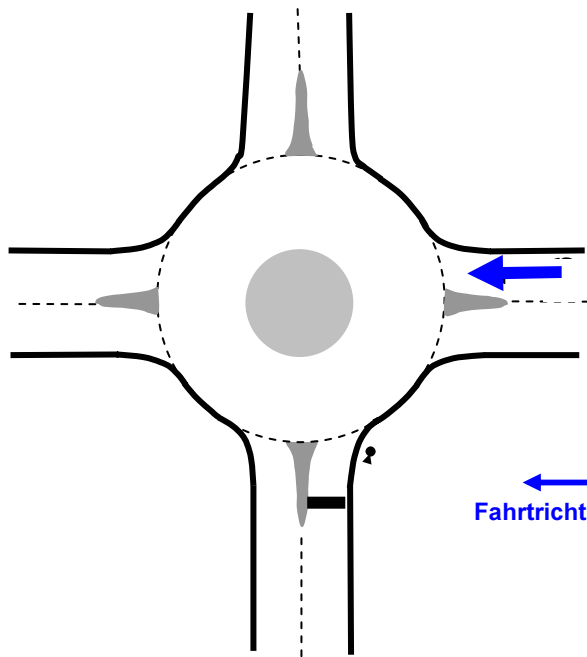


Kreisel Fahrweid (Dietikon, ZH): Bypass erhöht Leistungsfähigkeit

Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG): Rückstau wird nicht abgebaut



## Signalisation



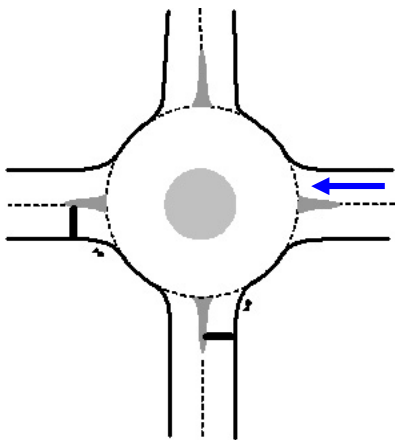
- Die Regelung erfolgt auf der Kreiselfahrt mit dem massgebenden Verkehrsstrom, der bei der Zufahrt mit der Busanmeldung vortrittsberechtigt ist.
- Unabhängig der Sperrzeiten wird der Verkehrsablauf im Kreisel durch die Busbevorzugung nicht beeinträchtigt.
- Der Fussgängerquerung bei der geregelten Zufahrt wird im Normalfall nicht in die Steuerung integriert.

Beispiel:

Kreisel Bern- / Zürichstrasse (Zollikofen, BE)

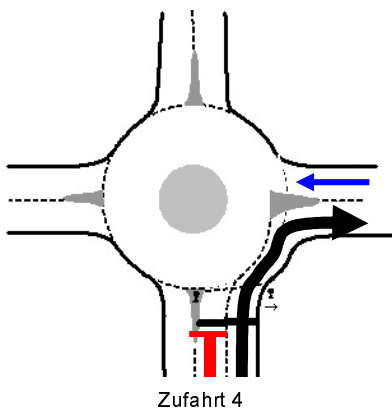
Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG)

## Untervarianten



Zum schnelleren Entleeren der Kreiselfahrt mit der Busanmeldung können mehrere Kreiselfahrten angehalten werden. Dadurch wird die Anzahl Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn reduziert und für die einfahrenden Fahrzeuglenkenden auf der Zufahrt mit der Busanmeldung ergeben sich zusätzliche Zeitlücken.

Die letzte Stufe der Busbevorzugung ist das Anhalten aller Zufahrten um so die Kreiselfahrbahn von Fahrzeugen frei zu halten.



Bei einem starken Rechtsabbiegestrom bei der Zufahrt 4 kann mit einem Bypass (muss in Steuerung integriert werden) diese Verkehrsbeziehung auch während der Busbevorzugung aufrechterhalten werden.

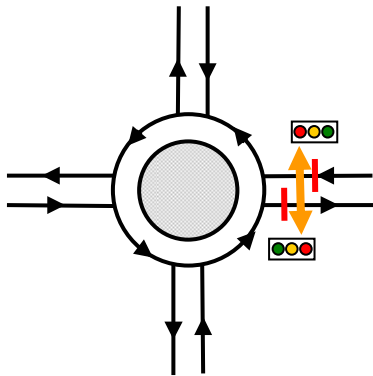
Beispiel: Kreisel Fahrweid (Dietikon, ZH)

## 4.4. Fussgängerquerung

### Steuern der Fussgängerquerungen

Die LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei einer Kreiselfahrt funktioniert unabhängig vom Verkehrsablauf beim Kreisel. Sie drängt sich bei hohen Fussgängerströmen über einen Kreiselast auf.

- Steuerung über Ein- und Ausfahrt**
- festzeitgesteuerter Programmablauf
  - Freigabe nur auf Anmeldung durch Zufussgehende



**Beispiele:**

- Postplatz (Chur, GR)
- Schwanenplatz (Wil, SG)

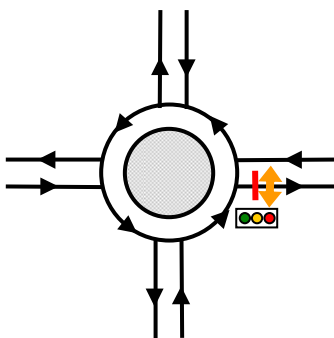
Mit dem Steuern der Fussgängerquerung kann ein Bündeln der Zufussgehenden erreicht und somit die Unterbrüche im Verkehrsablauf am Kreisel reduziert werden. Je nach Frequenzen beim Fahrzeug- und Fussverkehr wird die Fussgängerquerung nur nach Anmeldung durch die Zufussgehenden oder durch einen festzeitgesteuerten Programmablauf freigegeben.

Bei den festzeitgesteuerten Programmen sind die Verlustzeiten für die Verkehrsteilnehmenden durch die Länge der einzelnen Phasen vorgegeben. Bei den auf Anmeldung bedarfsgesteuerten Anlagen ist die Verlustzeit abhängig von der Fussgängerfrequenz. Während der Hauptverkehrszeit funktionieren diese Anlagen jedoch aufgrund der vielen Fussgängeranmeldungen oftmals wie festzeitgesteuert.

Ein Sonderfall stellen die Kreisel Seevorstadt (Biel, BE) sowie die Fussgängersteuerungen in der Stadt Lausanne (VD) dar.

**Steuern der Kreiselausfahrt**

Nur die Kreiselausfahrt ist in die Steuerung integriert, die Kreiseleinfahrt bleibt ungesteuert.

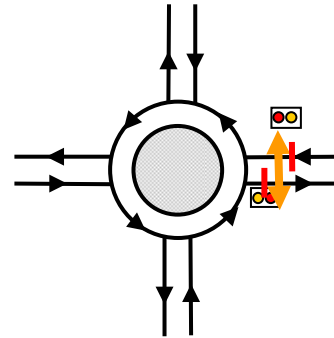


**Beispiele:**

- Seevorstadt (Biel, BE)
- Rhodainie / Bains (Lausanne, VD)

**Steuern ohne grünes Leuchtfeld**

Die Fahrzeuglenkenden erhalten nur ‚Gelb-Blinken‘; kein Konflikt mit aufgehobenen Vortritt bei Kreiseleinfahrt



**Beispiele:**

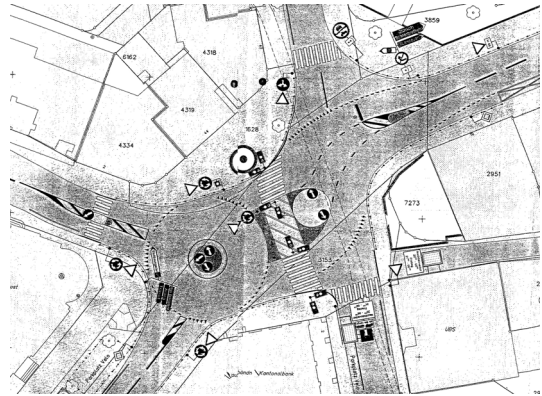
- Place de la gare (Lausanne, VD)
- Provence / Chablais (Lausanne, VD)
- Cour / Montoire (Lausanne, VD)

Die verschiedenen Steuerungen sowie die quantitativen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Zufahrt sind im Kapitel 6 genauer beschrieben und beurteilt.

Im Folgenden sind als Beispiele die Signalisationen des Kreisels Postplatz (Chur, GR) sowie des Kreisels Schwanenplatz (Wil, SG) dargestellt. Genauere Angaben sind im ANHANG 1 aufgeführt. Beide Steuerungen regeln die Querung über die Kreisein- und Ausfahrt und werden permanent betrieben.

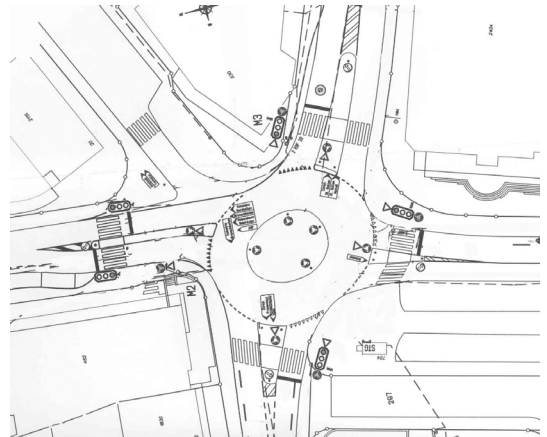
#### **Kreisel Postplatz (Chur, GR)**

- Festzeitsteuerung über Kreisein- und Ausfahrt
- über 1'200 Fg/h und ca. 1'800 Fz/h während Abendspitze
- mit baulichen Absperrungen wird illegales Queren unterbunden
- Fussgängerquerung sehr nahe bei der Kreiseinfahrt
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden, keine Unfälle zwischen Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden während Steuerung
- Grünphase beim Fussgängerstreifen konkurrenziert sich mit dem aufgehobenen Vortritt bei der Kreiseinfahrt
  - Gefahr von Vortrittsmissachtungen



#### **Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG)**

- Fussgängerphase auf Anmeldung über Kreisein- und Ausfahrt
- zusätzlich Busbevorzugung bei drei Zufahrten
- Fg-Übergang von der Kreiseinfahrt leicht abgesetzt
- Erfahrungen der Betreiber können als gut beurteilt werden, keine Unfälle zwischen Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden während Steuerung
- Grünphase beim Fussgängerstreifen konkurrenziert sich mit dem aufgehobenen Vortritt bei der Kreiseinfahrt
  - Abstand Übergang zu Kreiseinfahrt entschärft Konfliktsituation



Kreisel Postplatz (Chur, GR): Fg-Übergang sehr nahe Einfahrt

Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG): Fg-Übergang leicht abgesetzt



#### 4.5. Steuern von einzelnen Zufahrten

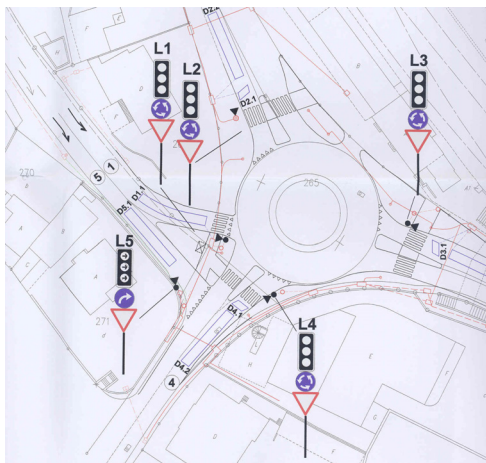
Bei einem Rückstau von einer Kreiselfahrt in einen sicherheitstechnisch (z.B. Rückstau in Tunnel oder auf Autobahn) sensiblen Bereich wird mit einer LSA die Zufahrt bei einem entsprechenden Rückstau geräumt.

Das Steuern erfolgt

- [1] wie bei herkömmlicher LSA mit einem Drei- (dreiarmiger Kreisel) beziehungsweise Vierphasenablauf (vierarmiger Kreisel); Zufahrten erhalten einzeln die Fahrtfreigabe
- [2] wie bei der Busbevorzugung durch Anhalten der massgebenden Konfliktströme; dabei können eine oder mehrere Zufahrten angehalten werden

Steuern mit Vierphasenablauf [1]

Im Folgenden wird das Beispiel der Steuerung Kreisel Melide Sud (Melide, TI) bei der Autobahnausfahrt erläutert, die nach dem Einschalten wie eine herkömmliche LSA funktioniert.



Die Rampe der Autobahnausfahrt Melide liegt rund 300 m vom Kreisel entfernt. Während der Abendspitze stauen sich die Fahrzeuge bei den einzelnen Kreiselfahrten. Zeitweise reichte der Rückstau bis auf die Hauptfahrbahn der Autobahn.

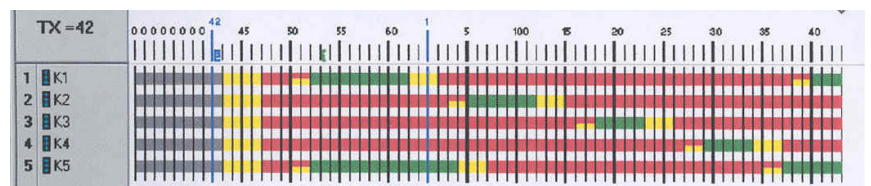
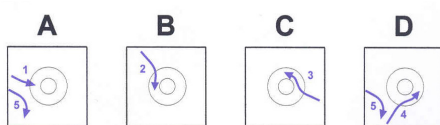
Im Frühjahr 2005 wurde die Steuerung des Kreisels in Betrieb genommen, die beim Ansprechen der entsprechenden Stauschlaufen eingeschaltet wird.

Im Gegensatz zu den Steuerungen der Busbevorzugung erfolgen die Regelung des Verkehrsablaufes mit Dreikammerampeln und die Fahrtfreigabe mit einem grünen Licht. Die LSA schaltet sich somit über das Einschaltbild gemäss [13] ein und die Steuerung wird über mindestens 5 min betrieben.

Der Kreisel wird mit einem Vierphasenablauf gesteuert. Die Fussgängerquerungen sind nicht in die Steuerung integriert. So erhalten die Fahrzeuglenkenden ihre Grünphase und sind gleichzeitig gegenüber den Zufussgehenden vortrittsbelastet.

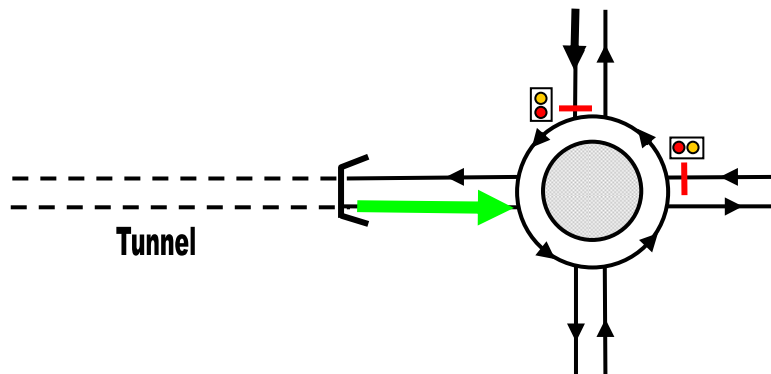
→ Betriebsart widerspricht Grundsatz, dass die Signalisation klar und unmissverständlich sein muss

Vier-Phasenablauf der Steuerung



13 SN 640 832 ‚Lichtsignalanlagen: Kopfnorm‘ Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, 1992

Bei der Umfahrung Flüelen (Flüelen, UR) wird der angrenzende Kreisel zum Räumen des Tunnels bei einem Störfall mit einer LSA gesteuert. Die Steuerung funktioniert wie eine Busbevorzugung, bei der nur die massgebenden Konfliktströme angehalten werden. Die Zufahrt aus dem Umfahrungstunnel wird nicht gesteuert.



Weitere solche Steuerungen bei Kreiseln sind beim Zubringer Staffelegg (Aarau, AG) sowie beim Anschluss Galgenbucktunnel (Schaffhausen, SH) geplant. Die entsprechenden Projekte sind jedoch noch nicht ausgearbeitet.

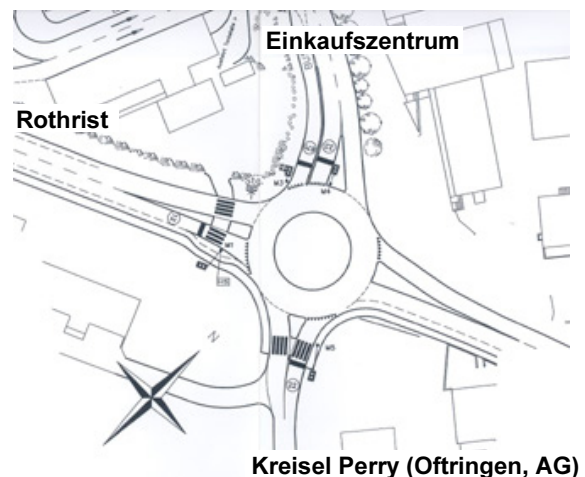
#### 4.6. Gewährleisten Verkehrsablauf

Kreisels Erschliessung Einkaufszentrum Perry zwischen Aarburg und Oftringen, AG (Inbetriebnahme Juni 2005)

Durch den Kreiselsneubau wird die Ausfahrt aus dem Einkaufszentrum gegenüber der Hauptrichtung von Rothrist vortrittsberechtigigt. Durch die Veränderung der Vortrittsverhältnisse mit dem Bau des Kreisels treten neu Wartezeiten beim ehemals vortrittsberechtigigten Strom auf.

Mit dem Steuern des Kreisels wird versucht, der Verkehrsablauf gezielt zu beeinflussen. Dabei werden folgende Steuerungskonzepte angewendet:

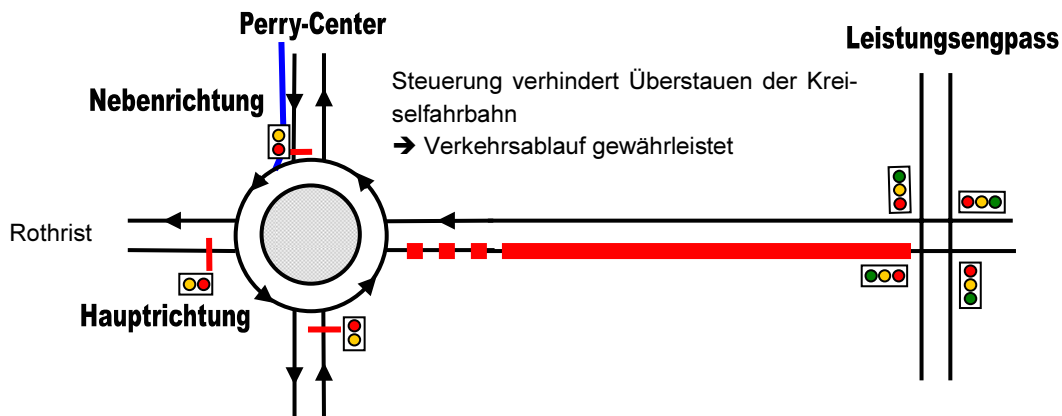
**Dosieren:** Um die Leistungsfähigkeit der Zufahrt Rothrist gewährleisten zu können, wird nach dem Ansprechen von Stauschlaufen auf der Hauptachse die Zufahrt aus dem Einkaufszentrum dosiert. Dadurch können zusätzliche



Zeitlücken geschaffen und die aus Richtung Rothrist zufahrenden Fahrzeuge einfacher in den Kreisel einfahren.

**Busbevorzugung:** Damit die Busse aus dem Perry-Center bei der nachfolgenden LSA keine Verlustzeiten aufweisen, werden nach der Busanmeldung alle Zufahrten angehalten. Der Rückstau vor der nachfolgenden LSA kann abgebaut und der Bus ungehindert bis zur LSA (Leistungsengpass) vorfahren.

**Stauausgleich:** Beim Überschreiten der Leistungsfähigkeit des Kreisels werden auf den Kreiselfzufahrten die Rückstaulängen gemessen. Der Verkehrsablauf am Kreisel wird in Abhängigkeit der Rückstaulänge gesteuert und die verschiedenen Zufahrten erhalten einzeln die Fahrtfreigabe. Der Verkehrsablauf wird mit einem einfachen Dreiphasenablauf gesteuert.



Da die Steuerung der Kreisel erst im Sommer 2005 in Betrieb genommen wird, können keine Aussagen bezüglich der Wirkung und der Auswirkung auf den Verkehrsablauf gemacht werden.

Während die Leistungsfähigkeit der bevorzugten Zufahrt während der Steuerung ansteigt, werden die Fahrzeuge bei den restlichen Zufahrten angehalten. Dadurch werden nicht mehr alle Zeitlücken auf der Kreiselfahrbahn ausgenutzt und die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels reduziert sich entsprechend. Zudem werden durch das Steuern viele Fahrzeuge zurückgehalten, die nicht in Richtung Leistungsengpass fahren wollen. Der Rückstau bei den einzelnen Kreiselfzufahrten steigt stark an und der Kreisel verliert durch das Steuern seinen flexiblen Verkehrsablauf.

#### 4.7. Grosskreisel

Bei der Steuerung von Grosskreiseln kann dank den grosszügigen Abmessungen der Verkehr auf der Kreiselfahrbahn angehalten werden ohne die vorangehende Zufahrt zu blockieren. Die Steuerung des Grosskreisels funktioniert als koordinierter Ablauf verschiedener Einzelknoten bei den einzelnen Zufahrten. Durch die kurzen Verbindungsstrecken zwischen den Kreiseleinfahrten beruht die Gesamtleistungsfähigkeit des Grosskreisels auf einer optimalen Koordinierung der Einmündungen. Die Leistungsfähigkeit dieser gesteuerten Grosskreisel liegt in der Regel deutlich über der Leistungsfähigkeit ungesteuerter Grosskreisel [3].

In der Schweiz werden mit Ausnahme des Seetalplatzes in Emmenbrücke (LU) keine Grosskreisel mit LSA betrieben. Der Seetalplatz besteht aus einem Doppelkreisel mit mehrstreifigen Zufahrten und Kreiselfahrbahnen. Der Doppelkreisel wurde im Grundsatz als lichtsignalgesteuerter Knoten projektiert und gebaut. Beim Betrieb wirken sich die langen Räumwege negativ auf die Leistungsfähigkeit aus. Der Seetalplatz ist nicht als Kreisel signalisiert und wird permanent gesteuert.

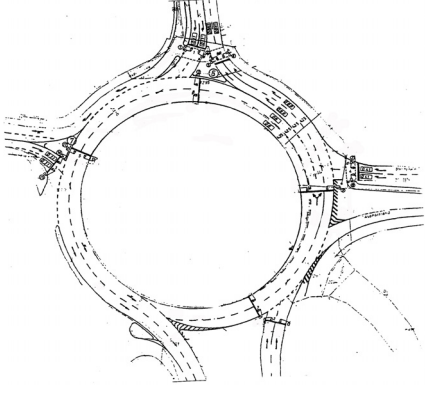
Im Ausland sind die Grosskreisel stark verbreitet und die Leistungsfähigkeit sowie die Wirkung auf den Verkehrsablauf wurden bereits in [3], [5] und [7] vertieft untersucht. In der folgenden Tabelle sind verschiedene ausländische Grosskreisel mit den Steuerungselementen aufgeführt. Bei Querungen schienengebundener Fahrzeuge sowie teilweise bei Busbevorzungen über separate Fahrstreifen wurden die Grosskreisel vielfach bereits mit einer LSA geplant und gebaut.

<b>Grosskreisel mit Steuerungselementen</b>			Steuerung mit Umbau in Kreisel realisiert	Fahrt auf vortritts- berechtigter Sicht	Busbevorzugung	Fussgänger-LSA	Leistungsfähigkeit	Unfallerschwerpunkt
<b>Ausländische Kreisel</b>								
Magdeburg	D	nur Teilsignalisierung	X	X				
Halle (Saale)	D	Rennbahnkreuz						X
Halle (Saale)	D	Franckeplatz			X			X
Köln	D	Verteilerkreisel Köln – Süd						X
Remscheid	D	Freiheits- / Bismarkstrasse	X		X	X		
Saarbrücken	D	Ludwigsberg			X		X	
Wien	A	Gaussplatz	X	X				
St. Pölten	A	Europaplatz	X		X		X	

Im Folgenden werden der Verteilerkreisel Köln Süd (Nachrüsten der LSA) sowie der Grosskreisel Freiheits- / Bismarkstrasse in Remscheid (Steuerung mit Umbau in Kreisel realisiert) genauer beschrieben.

## Köln (D): Verteilerkreisel Köln Süd

Der Verteilerkreisel Köln Süd gehörte vor der Steuerung seit Jahren zu den Knotenpunkten mit der höchsten Anzahl Unfälle im Raum Köln. Da keine kurzfristigen baulichen Änderungen möglich waren, wurden alle Zufahrten des Verteilerkreisels mit einer LSA ausgerüstet.

Ziel	<b>Steigern Leistungsfähigkeit und Sanieren Unfallschwerpunkt</b>	
Örtlichkeit	Köln (D): Verteilerkreisel Köln Süd	Schemaskizze
Lage	am Siedlungsrand	
Anz. Zufahrten	vier	
Beeinflussungsart	Mit verschiedenen Programmen während vierundzwanzig Stunden am Tag gesteuert.	
Funktionsprinzip	Zeitabhängig werden verschiedene verkehrsabhängige Programme geschaltet. Die Phasen werden zyklisch abgearbeitet. Die Grünzeiten variieren zwischen einem Minimal- und Maximalwert, die programmabhängig festgelegt sind.	
Gesamtbelastung	ca. 4'500 Fz/h	
Individualverkehr	Die Anzahl Unfälle konnten von rund 200 Unfällen pro Jahr vor der Steuerung mit einer Lichtsignalanlage auf knapp 80 Unfälle pro Jahr reduziert werden. Der massgebende Unfalltyp ist weiterhin nicht Anpassen der Geschwindigkeit und neu Auffahrkollisionen vor der LSA.	
Langsamverkehr	keine Fussgängerquerungen	
Gesamtbeurteilung	<p>Akzeptanz aller Verkehrsteilnehmer hoch; während Spitzenstunde bei allen Zufahrten eine Auslastung von ca. 80 – 90%. Die Rückstaulängen und Wartezeiten blieben für die Verkehrsteilnehmenden ungefähr gleich. Die Unfallzahlen gingen nach Inbetriebnahme der Verkehrssteuerung um ca. 40% zurück, sind aber immer noch sehr hoch.</p> <p>Der Verteilerkreisel trat 2001 als Unfallschwerpunkt in Erscheinung. Zwischen dem 1.1.01 und dem 31.12.01 ereigneten sich 78 Unfälle mit 11 Verletzten. Die häufigsten Unfallursachen waren Fahrstreifenwechsel im Kreisel und Auffahrkollisionen bei den Lichtsignalanlagen.</p> <p>2002 wurde der Verteilerkreisel nicht mehr als Unfallschwerpunkt gemeldet.</p>	

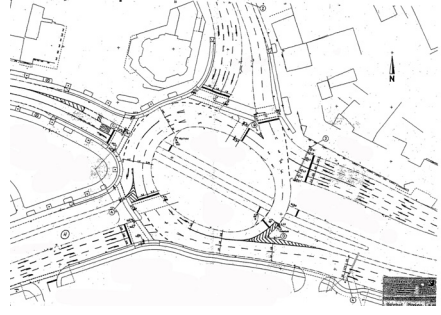
Die vertiefte Unfallanalyse zeigte, dass sich die Anzahl Unfälle durch die Inbetriebnahme der LSA verringerten. Die Unfälle mit schweren Sachschaden und Personenschäden sind nach der Inbetriebnahme der LSA dagegen annähernd auf dem gleichen, tiefem Niveau geblieben.

## Fazit

Grosskreisel, die im Nachhinein mit einer LSA ausgerüstet wurden, wiesen im Vorherzustand eine überdurchschnittlich hohe Anzahl Unfälle aus. Die Steuerung wurde ohne wesentliche bauliche Änderung nachgerüstet, so dass ausschliesslich mit betrieblichen Mitteln die Verkehrssicherheit und der Verkehrsablauf verbessert wurden.

**Remscheid (D): Bismark- / Freiheits- / Nordstrasse**

Der Knoten Bismark- / Freiheits- / Nordstrasse wurde direkt in einen Kreisel mit einer LSA-Steuerung umgebaut. Dadurch konnten sichere Fussgängerquerungen und das Einfahren der Busse in die Haltestelle in der Kreiselmittle gewährleistet werden.

Ziele	<b>Busbevorzugung und Sichern Fussgängerquerung</b>	
Örtlichkeit	Remscheid (D)	Schemaskizze
Lage	im Siedlungsgebiet	
Anz. Zufahrten	vier	
Beeinflussungsart	Mit fünf Programmen vierundzwanzig Stunden am Tag gesteuert. Umlaufzeit: 75 – 95 sec	
Funktionsprinzip	<p>Zeitabhängig werden zwei verkehrsabhängige Programme geschaltet. Die Phasen werden zyklisch abgearbeitet. Die Grünzeiten variieren zwischen einem Minimal- und Maximalwert, die programmabhängig festgelegt sind.</p> <p>Die Linienbusse melden sich ohne Fahrzeugerkennung via Induktionsschlaufen an. Die Busse können die Phasen abbrechen, verlängern oder über ein Busfenster den Phasenablauf unterbrechen.</p>	
Gesamtbelastung	ca. 5'500 Fz/h	
Individualverkehr	gute Erfahrungen: 2001: zwei Unfälle - Rotlichtmissachtung - unvorsichtiger Fahrstreifenwechsel im Kreisel	
Öffentlicher Verkehr	Busse werden auf eigenen Fahrstreifen zum Kreisel geführt	
Langsamverkehr	Fussgängerquerungen sind in den Phasenablauf integriert, die OeV – Haltestelle befindet sich auf der Mittelinsel	
Gesamtbeurteilung	Akzeptanz aller Verkehrsteilnehmer sehr hoch; keine Kritik an der Geometrie oder an der Verkehrstechnik. Auffälligkeiten etwa in Hinblick auf ungewöhnlich viele Rotlichtverstösse liegen nicht vor.	

**Fazit**

Grosskreisel, die bereits während dem Realisieren mit einer LSA ausgerüstet wurden, weisen tendenziell eine tiefe Unfallzahl aus. Die Steuerung besteht ausschliesslich aus koordinierten Einzelknotensteuerungen. Da die Geometrie und die Anordnung der Fahrstreifen bereits auf eine Steuerung ausgerichtet wurden, konnte in der Regel ein verkehrsabhängig gesteuerter, leistungsfähiger Verkehrsablauf unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedürfnissen (OeV-Bevorzugung, Fg-Querungen) erreicht werden.

#### 4.8. Fazit

Mit Hilfe der vorgenommenen theoretischen Überlegungen sowie der qualitativen Untersuchungen bei den in der Schweiz in Betrieb stehenden Kreiseln mit unterschiedlichen Massnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsablaufes können erste Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Der Verkehrsablauf beim ungesteuerten Kreisel kann nicht beeinflusst werden. Jede Knotenzufahrt wird grundsätzlich gleich behandelt. Wird ein Knoten in einen Kreisel umgebaut, ist eine Verkehrslenkung mit einer LSA nur in geringem Ausmass möglich und die Verkehrsbeeinflussung beschränkt sich auf das Zurückhalten der Fahrzeuge. Eine gezielte Lenkung der Fahrzeuge von einer Zufahrt auf eine Achse ist im Gegensatz zu einem Knoten mit LSA nicht oder nur mit baulichen Anpassungen (Bypass) teilweise möglich.
- Die in der Schweiz angewendeten Steuerungen bei Kreiseln optimieren vorwiegend den lokalen Verkehrsablauf durch Verlagern der Kapazitäten bei den einzelnen Zufahrten. Kreiseln mit Steuerungen, die in ein Lenkungskonzept eingebunden sind, sind selten.
- Die Durchfahrt schienengebundener Fahrzeuge durch Kreiselanlagen kann mit Hilfe von LSA sowohl für die Fahrt nach Signal als auch die Fahrt nach vortrittsberechtigter Sicht gewährleistet werden. Die Einbusse bei der Leistungsfähigkeit wird durch die Lage des Trassees sowie die Häufigkeit der Durchfahrten bestimmt.
- Das Beschleunigen der Busdurchfahrt kann durch das Bevorzugen der Einfahrt bei der von den Linienbussen befahrenen Zufahrten ermöglicht werden. Die geeignete Steuerungsart hängt von den Verkehrsströmen, Belastungen und der Busführung im Kreisel ab. Dabei sind Eingriffe in den Verkehrsablauf, die lediglich die entsprechenden Zufahrten betreffen, gegenüber solchen auf der Kreiselfahrbahn von Vorteil.
- Der Einsatz einer LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei Zufahrten von Kreiseln kann sowohl aus Gründen der Verkehrssicherheit als auch der Bündelung der Fussgängerströme begründet sein.
- Bei Grosskreiseln mit mehrstreifigen Zufahrten und Kreiselfahrbahnen kann eine höhere Gesamtleistungsfähigkeit mit dem Einsatz von LSA erzielt werden. Das permanente Steuern eines Kleinkreisels mit Lichtsignalanlagen zum Erhöhen der Leistungsfähigkeit oder zum Verbessern der Verkehrssicherheit wurde weder im In- noch im Ausland umgesetzt. Eingriffe in den Verkehrsablauf bei Kleinkreiseln haben in der Regel negative Auswirkungen auf die Gesamtleistungsfähigkeit.

## Weitergehende Erhebungen

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden bei ausgewählten Kreiseln weitergehende Erhebungen zu den Auswirkungen verschiedener Massnahmen zur Verkehrsbeeinflussung durchgeführt. Dabei wurden Massnahmen untersucht zum

- Bevorzugen einer Zufahrt
- Bündeln von Fussgängerströmen
- Leistungsfähigkeit

Für die quantitativen Abschätzungen der Steuerung aus Sicht der Verkehrsbelastung und Zusammensetzung, des Steuerungsablaufs sowie der vorhandenen Grundlagen wurden folgende Kreisel vertieft analysiert und beurteilt:

Dietikon ZH: Kreisel Fahrweid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dreiarmer Kreisel mit Busbevorzugung aus zwei Richtungen</li> <li>- Fz werden auf Kreiselfahrt angehalten</li> <li>- während Hauptverkehrszeiten: langer Rückstau mit kurzen Wartezeiten pro Fahrzeug</li> <li>- ‚schlafende‘ LSA (Einschaltung nach Busanmeldung)</li> <li>- wenig querende Fussgänger (ungesteuert)</li> </ul>
Wil SG: Kreisel Schwanenplatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vierarmiger Kreisel mit Busbevorzugung aus drei Richtungen</li> <li>- Fz werden auf Kreiselfahrt angehalten</li> <li>- Fussgänger-LSA bei einer Zufahrt</li> <li>- während Hauptverkehrszeiten: Zufahrt Bronschhoferstrasse: kurzer Rückstau mit langen Wartezeiten pro Fahrzeug Zufahrt Lerchenfeldstrasse: langer Rückstau mit kurzen Wartezeiten pro Fahrzeug</li> <li>- ‚schlafende‘ LSA (Einschaltung nach Busanmeldung)</li> <li>- viele querende Fussgänger (ungesteuert / gesteuert)</li> </ul>
Zollikofen BE: Kreisel Bern- / Zürichstrasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vierarmiger Kreisel mit Busbevorzugung aus zwei Richtungen</li> <li>- Fz werden auf Kreiselfahrt angehalten (Zufahrt Zollikofen) Fz werden auf Kreiselfahrt angehalten (Zufahrt Münchenbuchsee)</li> <li>- keine Fussgängerquerungen</li> <li>- während Hauptverkehrszeiten: langer Rückstau mit kurzen Wartezeiten pro Fz (Zufahrt Zollikofen) kurzer Rückstau mit langer Wartezeit pro Fz (Zufahrt Münchenbuchsee)</li> <li>- ‚schlafende‘ LSA (Einschaltung nach Busanmeldung)</li> </ul>
Uster ZH: Kreisel Zürich- / Bahnhofstrasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vierarmiger Kreisel mit Bahnquerung über eine Zufahrt</li> <li>- lange Schliesszeiten von über 60 sec</li> <li>- während Hauptverkehrszeiten: Zufahrt Zürichstrasse: kurzer Rückstau mit langen Wartezeiten pro Fz</li> <li>- wenig querende Fussgänger (ungesteuert)</li> </ul>

Bei den Kreiseln Via Grevas / Via Serlas (St. Moritz, GR) sowie Zürich- / Johann Renfer- / Fritz Oppligerstrasse (Biel, BE) konnte der Verkehrsablauf während einer Regelung durch die Polizei beobachtet und analysiert werden. Bei diesen von Hand gesteuerten Kreiseln konnten Auswirkungen langer Bevorzugungsphasen (bis 2 min) und einer aktiven Fahrtfreigabe des zu bevorzugenden Stroms (Handzeichen durch die Polizei) untersucht werden. Dabei konnte auch die Wirkung der Steuerung auf die Leistungsfähigkeit des Kreisels analysiert und dargestellt werden.

Zum Beurteilen der Steuerung eines Fussgängerübergangs wurden folgende Kreisel untersucht:

Chur GR: Kreisel Postplatz	- vierarmiger Kreisel - Fussgänger-LSA bei einer Zufahrt (Festzeitprogramm)
Wil SG: Kreisel Schwanenplatz	- vierarmiger Kreisel mit Busbevorzugung aus drei Richtungen - Fussgänger-LSA bei einer Zufahrt (auf Anmeldung)
Biel BE: Kreisel Seedorf	- dreiarmer Kreisel - Fussgänger-LSA nur bei Kreiselausfahrt (auf Anmeldung)

Die einzelnen Untersuchungsobjekte sind im ANHANG 1 beschrieben und dargestellt. Die Verkehrsbelastungen der untersuchten Zufahrten in Tabelle 3 aufgeführt.

In den folgenden Kapiteln werden die Resultate der Untersuchungen zusammengestellt und analysiert. Damit sollen die qualitativen Erkenntnisse durch quantitative Aussagen ergänzt werden.

## 5. Bevorzugen einer Zufahrt

### 5.1. Verkehrsablauf bei Kreiseln

Die in den Kreisel einfahrenden Fahrzeuge sind gegenüber denjenigen auf der Kreiselfahrbahn vortrittsbelastet. Nur bei genügend grossen Zeitlücken auf der Kreiselfahrbahn kann in die Kreiselfahrbahn eingefahren werden. Die Zeitlücken auf der Kreiselfahrbahn sind im Bereich der Einfahrt abhängig von der Kreisbelastung und von der Menge der ausfahrenden Fahrzeuge. In Abbildung 5 sind die wichtigsten Kenngrössen für das Charakterisieren des Verkehrsablaufes einer Kreiselfahrt dargestellt.

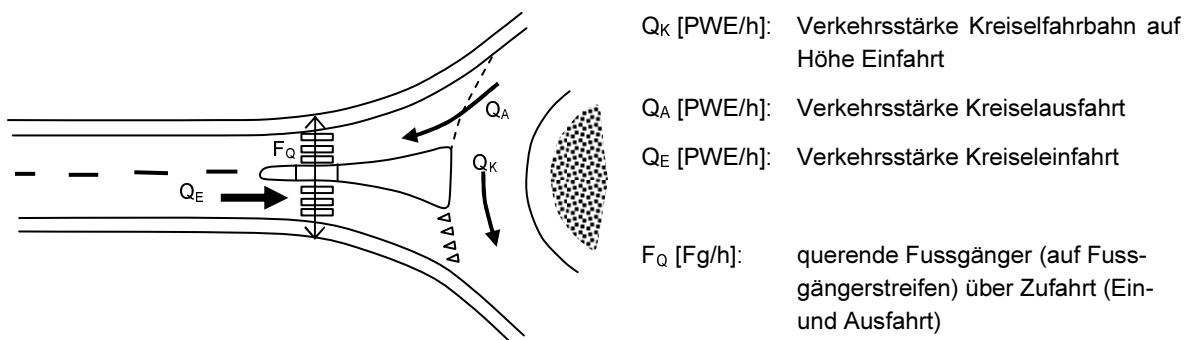


Abbildung 5: Verkehrsablauf bei Kreiseleinfahrt

Die Kapazität einer Zufahrt bei einem Kreisel wird nach demselben Vorgehen wie bei einer vortrittsbelasteten Einmündung bestimmt. Die Berechnung der Kapazität für eine einstreifige Zufahrt und einstreifige Kreiselfahrbahn erfolgt nach den folgenden Zusammenhängen:

$$K_E = 3'600 \left[ 1 - \frac{t_{\min} \times Q_K}{3'600} \right] \frac{1}{t_f} \times e^{-\frac{Q_K}{3'600}} - \left[ t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right]$$

Legende:

- KE: Kapazität Einfahrt
- QK: Verkehrsstärke Kreiselfahrbahn
- tg: Grenzzeitlücke
- tf: Folgezeitlücke
- tmin: Mindestzeitlücke zwischen Fahrzeugen auf Kreiselfahrbahn

Die mit der Formel für KE berechneten Kapazitäten einer Zufahrt in Abhängigkeit der Verkehrsstärke QK auf der Kreiselfahrbahn sind in Tabelle 2 für einen vierarmigen Kreis mit gleich starker Verkehrsbelastung (symmetrische Belastung) auf allen Zufahrten zusammengestellt. Für unsymmetrische Belastungen, die in der Praxis den Regelfall darstellen, ist die Gesamtkapazität des Kreisels geringer.

Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn (Q <sub>K</sub> ) PWE/h	Kapazität Zu- fahrt (K <sub>E</sub> ) PWE/h
475	835
576	755
609	729
632	712
678	677

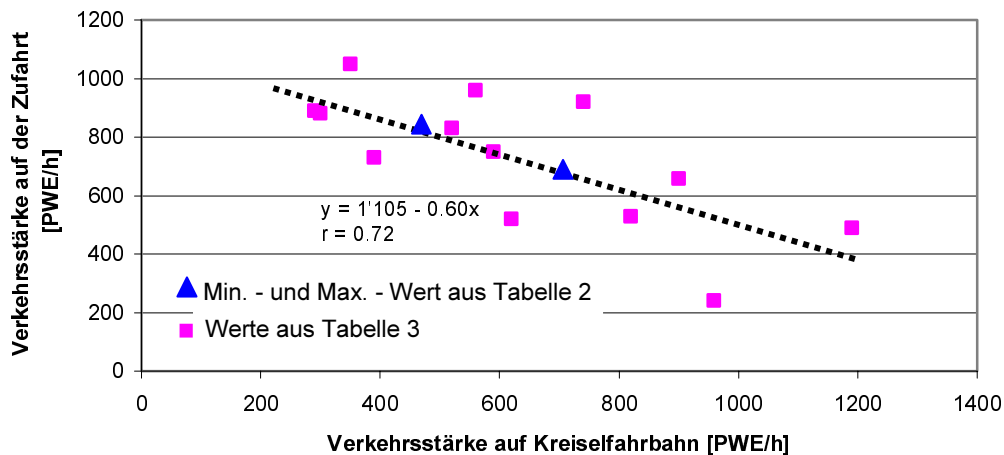
**Tabelle 2:** Abhängigkeit K<sub>E</sub> von Q<sub>K</sub> (aus [13])

Bei verschiedenen Kreiseln mit gesättigten Zufahrten, d. h. mit Rückstau auf der untersuchten Zufahrt, wurden in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn die in den Kreisel einfahrenden Verkehrsmengen erhoben. Dabei darf davon ausgegangen werden, dass von den Einfahrenden alle genügend grossen Zeitlücken genutzt wurden.

In Tabelle 3 sind die Resultate der Erhebungen zusammengestellt. Abbildung 6 zeigt die Verkehrsstärke auf der Einfahrt in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn. Als Vergleich sind in Abbildung 6 auch der Minimal- und Maximalwert aus Tabelle 2 eingetragen.

Örtlichkeit	Kreisel	Zufahrt		Verkehrsstärke auf Einfahrt Q <sub>E</sub> [PWE/h]	Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn Q <sub>K</sub> [PWE/h]
Uster ZH	Zürich- / Bahnhofstrasse	Zürcherstrasse	[1]	660	900
Dietikon ZH	Fahrweid	Zufahrt Dietikon	[2]	1050	350
		Zufahrt Weiningen	[3]	920	740
Wil SG	Schwanenplatz	Zürcherstrasse	[4]	770	590
		Bahnhofstrasse	[5]	820	510
		Lerchenfeldstrasse	[6]	530	810
		Bronschhoferstr.	[7]	720	370
Zollikofen BE	Bern- / Zürichstrasse	Zollikofen	[8]	960	240
		Münchenbuchsee	[9]	620	520
Volketswil ZH	Industrie- / Greifensee- strasse	Industriestrasse	[10]	960	560
		Greifenseestrasse	[11]	490	1290
St. Moritz GR	Via Grevas / Serlas	Zufahrt Celerina	[12]	880	300
		Zufahrt Silvaplana	[13]	890	290

**Tabelle 3:** Verkehrsstärken bei gesättigter Zufahrt



**Abbildung 6:** Verkehrsstärke Zufahrt in Abhängigkeit der Verkehrsstärke Kreiselfahrbahn

Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, dass zwischen der Verkehrsstärke der Zufahrt und derjenigen auf der Kreiselfahrbahn eine lineare Abhängigkeit besteht. Mit  $r = 0.72$  ist die Güte des Zusammenhanges jedoch nicht sehr hoch. Vor allem mit zunehmender Belastung auf der Kreiselfahrbahn streuen die Verkehrsstärken auf der Zufahrt deutlicher.

Auffallend ist die Lage des Minimal- und Maximalwertes aus Tabelle 2 in der Nähe der Regressionsgeraden. Offensichtlich liegen die aufgrund der in der Schweiz bei verschiedenen Kreiseln erhobenen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke auf der Zufahrt und derjenigen auf der Kreiselfahrbahn in Grössenordnungen, wie sie auch im Ausland festgestellt wurden. Im Weiteren kann festgehalten werden, dass aufgrund der Erhebungen die maximal mögliche Verkehrsstärke auf der Zufahrt bei rund 1'100 PWE/h liegt.

## 5.2. Mit Eingriff in Verkehrsablauf

Durch das Anhalten massgebender Konfliktströme wird die Anzahl genügend grosser Zeitlücken für die Einmünder künstlich erhöht. Die Wirkung des Eingriffes beim Kreisel wird einerseits vom Verkehrsablauf und andererseits durch die Belastungen der einzelnen Ströme bei der entsprechenden Kreiselfahrt beeinflusst.

Bei den in Tabelle 3 aufgeführten Kreiseln sind unterschiedliche Massnahmen zum Beeinflussen des Verkehrsablaufes in Betrieb. Zum Erkennen einer allfälligen Erhöhung der Verkehrsstärke bei der Zufahrt als Folge des Eingriffes in den Verkehrsablauf wurden deshalb bei den entsprechenden Zufahrten die Verkehrsstärken in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn bestimmt.

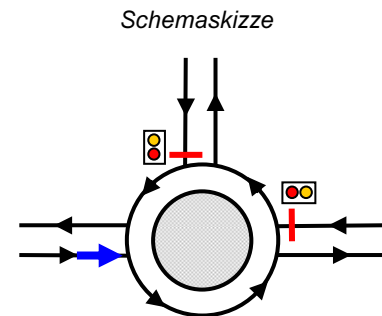
Im Folgenden werden die Massnahmen bei den einzelnen Kreiseln beschrieben und die Auswirkungen des Eingriffes auf die Verkehrsstärke der Zufahrt aufgezeigt. In Abbildung 7 sind die Auswirkungen grafisch dargestellt.

## Dietikon ZH: Kreisel Fahrweid

Der Kreisel Fahrweid ist ein dreiarmiger Kreisel mit Busbeschleunigung aus zwei Richtungen. Die Steuerung erfolgt nur nach einer Busanmeldung, ansonsten ist die Anlage dunkel. Der Anteil querender Fussgänger ist gering und wirkt sich nicht auf den Verkehrsablauf aus.

Die Schaltung zur Beschleunigung der Busse dauert bei der Zufahrt Dietikon im Mittel 40 sec und bei der Zufahrt Weiningen 16 sec.

Nach der Busbevorzugung schaltet die LSA auf dunkel und der Verkehrsablauf normalisiert sich wieder. Der durch die Steuerung aufgebaute Rückstau wird innert weniger Minuten abgebaut.



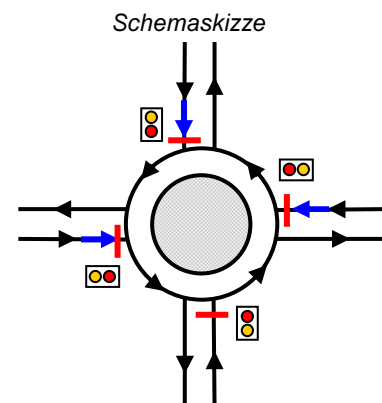
	Verkehrsstärke auf Einfahrt	Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn	mit Busbevorzugung		in Prozent
	$Q_E$ [PWE/h]	$Q_K$ [PWE/h]	$Q_{EBus}$ [PWE/h]	Steigerung	
Zufahrt Dietikon	1'050	350	1'330	+ 270	+ 25%
Zufahrt Weiningen	920	740	1'420	+ 600	+ 65%

## Wil SG: Kreisel Schwanenplatz

Der Kreisel Schwanenplatz ist ein vierarmiger Kreisel mit Busbeschleunigung aus drei Richtungen sowie einer geregelten Fussgängerquerung. Die Steuerung erfolgt nur nach einer Busanmeldung, ansonsten ist die Anlage dunkel. Der Anteil querender Fussgänger ist hoch. Unabhängig der Busbevorzugung werden bei der Zufahrt Lerchenfeldstrasse die Zufussgehenden geregelt. Die Fussgängerquerungen über die restlichen Zufahrten erfolgen ungesteuert.

Die Schaltung zur Beschleunigung der Busse dauert im Mittel 40 sec. Während bei der Busbevorzugung Lerchenhofstrasse die Zufussgehenden mit einer LSA zurückgehalten werden, reduzieren während der Busbevorzugung die Fussgängerquerungen über die Bronschhoferstrasse die Wirkung der Massnahme stark.

Während der Abendspitze stauen sich auf allen Zufahrten die Fahrzeuge. Nach der Busbevorzugung kann der zusätzlich aufgebaute Rückstau nicht mehr abgebaut werden.



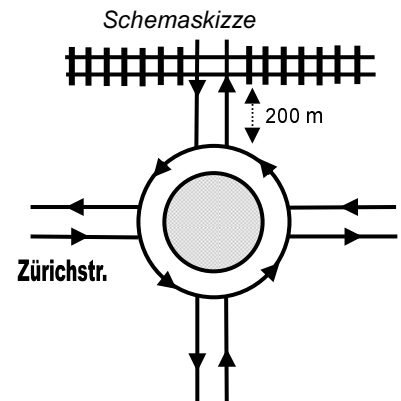
	Verkehrsstärke auf Zufahrt	Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn	mit Busbevorzugung		in Prozent
	$Q_E$ [PWE/h]	$Q_K$ [PWE/h]	$Q_{EBus}$ [PWE/h]	Steigerung	
Bronschhoferstr.	720	370	880	+ 160	+ 22%
Lerchenfeldstrasse	530	810	840	+ 310	+ 58%

### Uster: Kreisel Zürich- / Bahnhofstrasse

Der Kreisel Zürich- / Bahnhofstrasse ist ein vierarmiger Kreisel. Bei der Zufahrt Bahnhofstrasse ist rund 200m vor dem Kreisel eine Bahnquerung. Bei geschlossenen Bahnschranken fahren über diese Zufahrt keine Fahrzeuge in den Kreisel ein. Dadurch können die Fahrzeuge bei der folgenden Zufahrt konfliktfrei in den Kreisel einfahren.

Die Fahrzeuglenkenden werde auf der Kreiselfahrbahn auf den geschlossenen Bahnübergang aufmerksam gemacht und können über eine Alternativroute den Übergang umfahren. Ein Rückstau vom Bahnübergang bis in die Kreiselausfahrt wurde während der Verkehrserhebungen nicht beobachtet.

Die Bahnquerung dauert im Mittel 90 sec.

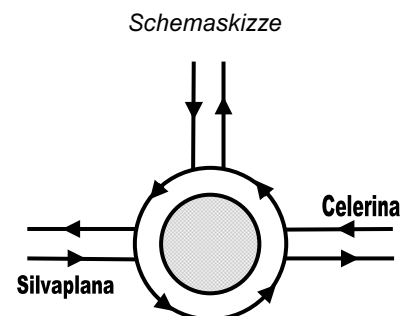


	Verkehrsstärke auf Zufahrt	Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn	Barriere geschlossen		in Prozent
	$Q_E$ [PWE/h]	$Q_K$ [PWE/h]	$Q_{EBahn}$ [PWE/h]	Steigerung	
Zufahrt Zürichstrasse	660	900	1220	+ 560	+118%

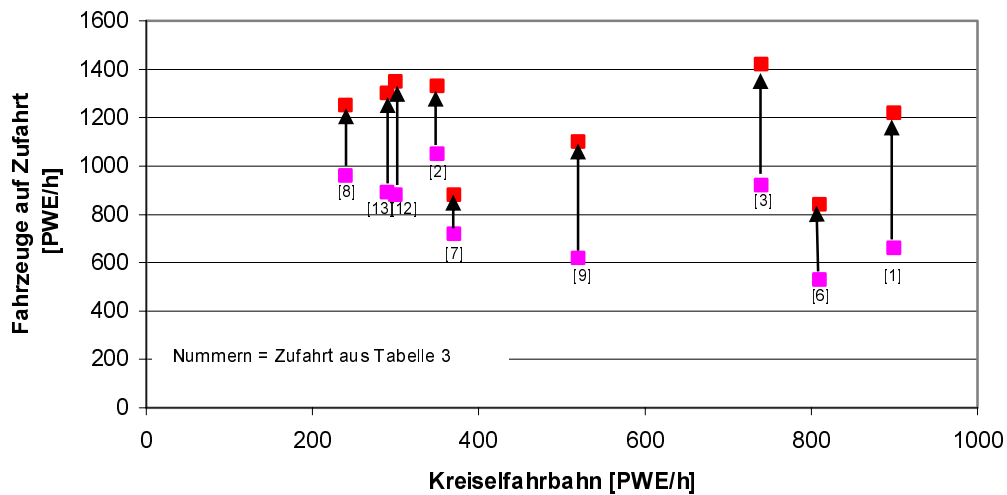
### St. Moritz: Kreisel Via Grevas / Via Serlas

Der Kreisel Via Grevas / Via Serlas ist ein dreiarmiger Kreisel. Während der Abendspitze wird durch die Polizei zeitweise eine Zufahrt angehalten. Dadurch konnten die Fahrzeuge der nachfolgenden Zufahrt konfliktfrei in den Kreisel einfahren. Der Anteil querender Fussgänger ist gering und wirkt sich nicht auf den Verkehrsablauf aus.

Während der gesamten Erhebung stauten sich die Fahrzeuge auf der Zufahrt Celerina wie auch Silvaplana.



	Verkehrsstärke auf Zufahrt	Verkehrsstärke auf Kreiselfahrbahn	mit Busbevorzugung		in Prozent
	$Q_E$ [PWE/h]	$Q_K$ [PWE/h]	$Q_{EBus}$ [PWE/h]	Steigerung	
Zufahrt Celerina	880	300	1350	+ 470	+ 53%
Zufahrt Silvaplana	890	290	1300	+ 410	+ 46%



**Abbildung 7:** Einfluss der Eingriffe in die Verkehrsstärke auf der Zufahrt

Durch das gezielte Anhalten der Konfliktströme konnte die Leistungsfähigkeit der Zufahrt zwischen 25% und 120% erhöht werden. Tendenziell zeigt sich, dass im Idealfall die Kapazität auf der Einfahrt unabhängig von der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn kurzfristig auf bis zu 1'400 PWE/h (durchschnittliche Zeitlücke 2.6 sec) gesteigert werden kann.

Die Leistungsfähigkeit bei der bevorzugten Zufahrt kann einerseits durch querende Fussgänger und andererseits durch einzelne Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn, die von ungeregelten Zufahrten einfahren, reduziert werden. Beobachtungen haben zudem gezeigt, dass die maximale Leistungsfähigkeit nur bei kurzen Beeinflussungen erreicht wird.

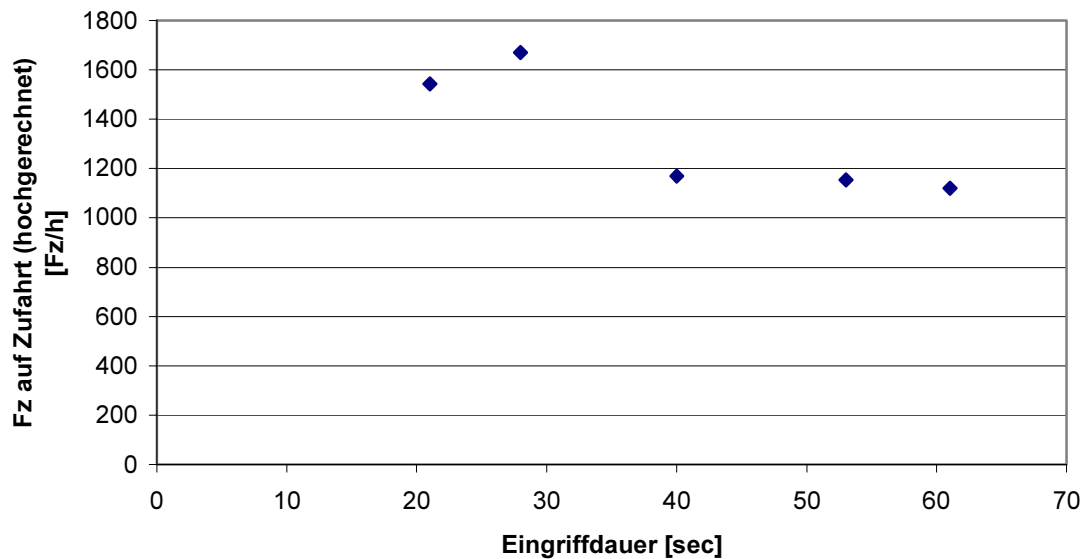
Dies ist beim Kreisel Schwanenplatz (Zufahrt 7) deutlich ersichtlich. Die Leistungsfähigkeit der Zufahrt ist während der Beeinflussung deutlich geringer, da die ungesteuerten Fussgängerquerungen (hohe Frequenzen) sowie Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn aus ungesteuerten Kreiselfahrten während der Busbeschleunigung weiterhin zu Verlustzeiten bei den einfahrenden Fahrzeuglenkenden führen.

Da offensichtlich zwischen der Dauer des Eingriffes und der Leistungsfähigkeit auf der beschleunigten Zufahrt ein Zusammenhang vermutet wird, wurden bei Kreiseln mit unterschiedlich langen Eingriffen entsprechende Erhebungen vorgenommen. Im folgenden Kapitel 5.3 werden die Ergebnisse dargestellt und analysiert.

### 5.3. Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffdauer

Dietikon: Kreisel Fahrweid

In Abbildung 8 sind die Auswirkungen der Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffdauer beim Kreisel Fahrweid, Zufahrt Dietikon, dargestellt. Bei Eingriffen kürzer 30 Sekunden liegt die hochgerechnete Leistungsfähigkeit bei rund 1'600 Fz/h und sinkt bei Eingriffen über 30 Sekunden auf knapp 1'200 Fz/h.



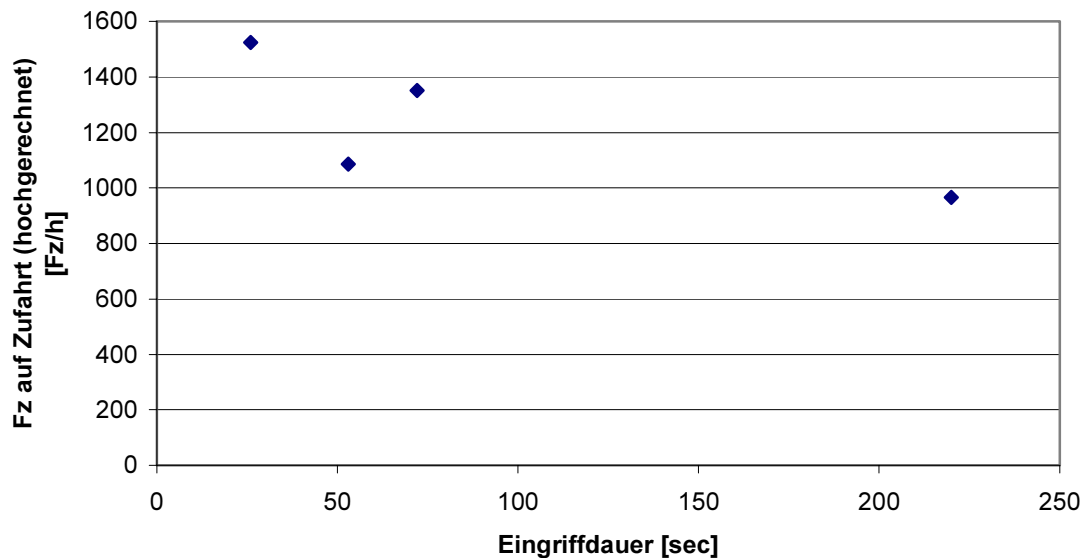
**Abbildung 8:** Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffdauer

Im Folgenden sind die durchschnittlichen Zeitlücken zwischen den einfahrenden Fahrzeugen für unterschiedliche Eingriffdauer dargestellt. Bei einem kurzen Eingriff nähern sich die Zeitlücken zwischen den einfahrenden Fahrzeugen den Werten einer LSA (1.8 bis 2.0 sec).

in Abhängigkeit der Eingriffsdauer	Leistungsfähigkeit [Fz/h] (hochgerechnet)	Zeitlücke [sec]
ungesteuert	1'050	3.5
> 30 sec	1'150	3.2
< 30 sec	1'600	2.3

Uster: Kreisel Zürich- / Bahnhofstrasse

Beim Kreisel Zürich- / Bahnhofstrasse konnten die Auswirkungen sehr lange dauernder Eingriffe untersucht werden. Abbildung 9 zeigt die Resultate der Erhebungen.

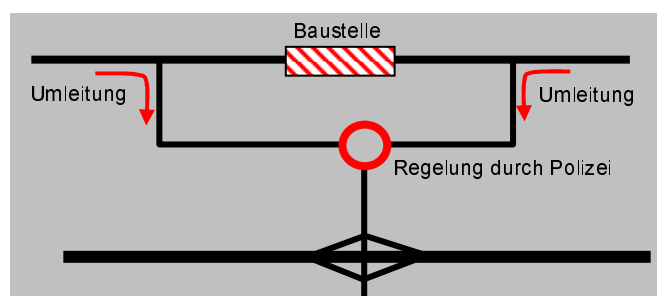


**Abbildung 9:** Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffsdauer

Auch bei diesem Kreisel zeigte sich eine Abnahme der Leistungsfähigkeit bei langen Eingriffen. Die durchschnittlichen Zeitlücken nahmen von 2.3 sec bei kurzen Eingriffen auf 3.7 sec bei Eingriffen über drei Minuten zu. Dies entspricht während dem Eingriff einer Reduktion der Leistungsfähigkeit um rund 500 Fz/h (von 1'500 Fz/h auf 1'000 Fz/h).

Biel: Kreisel Zürich- / Johann Renfer- / Fritz Oppligerstrasse

Infolge Bauarbeiten auf der Hauptachse (Solithurnstrasse) wurde der Verkehr umgeleitet. Die Umfahrroute führte über einen dreiarmigen Kreisel. Während der Hauptverkehrszeiten wurde der Verkehrsablauf beim Kreisel Zürich- / Johann Renfer- / Fritz Oppligerstrasse durch Polizeibeamte geregelt. Dabei wurde bei zwei der drei Zufahrten während 30 bis 60 Sekunden der Verkehr angehalten.



In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Erhebungen zusammengestellt.

Zufahrt	Fahrtfreigabe (Mittelwert) [sec]	Anzahl Fahr- zeuge pro Fahrt- freigabe	kurzfristige* Leistungsfähigkeit (hochgerechnet) [Fz/h]	effektive Leistungsfähigkeit (in einer Stunde) [Fz/h]
Zürichstrasse	39 sec	18 Fz	1'660 Fz/h	535 Fz/h
Fritz Oppligerstr.	41 sec	18 Fz	1'580 Fz/h	545 Fz/h
Johann Renferstr.	36 sec	14 Fz	1'400 Fz/h	440 Fz/h

\* während Zeit der Beschleunigung durch Polizeibeamte

**Tabelle 4:** Einfluss der Eingriffsdauer auf die Leistungsfähigkeit

Das Steuern des Verkehrsablaufes durch die Polizeibeamten konnte trotz der lange dauernden Eingriffe die kurzfristige Leistungsfähigkeit der beschleunigten Zufahrt bis auf rund 1'600 Fz/h gesteigert werden.

Da jedoch die Fahrzeuge bei zwei Zufahrten während rund zwei Drittel der Zeit angehalten wurden, lag die effektive Leistungsfähigkeit der Zufahrt nur bei rund einem Drittel der kurzfristigen Leistungsfähigkeit. Die Gesamtleistungsfähigkeit des gesteuerten Kreisels beträgt somit rund 1'500 Fz/h und liegt deutlich tiefer als bei ungesteuerten dreiarmligen Kreiseln.







## 5.4. Auswirkung auf Leistungsfähigkeit

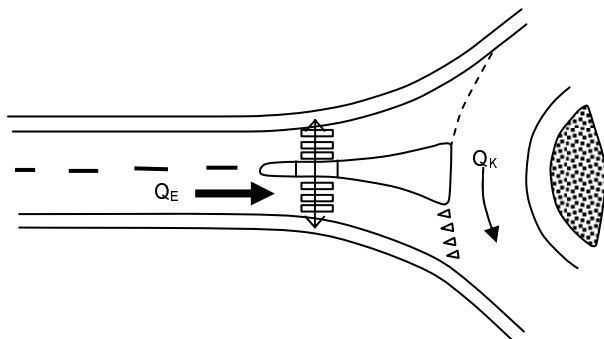
### Bevorzugte Zufahrt

Durch das Anhalten der Konfliktströme kann die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt gezielt erhöht werden. Bei kurzen Eingriffen können Spitzenwerte von 1'400 bis 1'600 Fz/h erzielt werden. Mit zunehmender Dauer des Eingriffes (> 30 sec) werden die Zeitlücken zwischen den einfahrenden Fahrzeugen grösser und die Leistungsfähigkeit reduziert auf rund 1'000 bis 1'200 Fz/h (Dieser Effekt ist auch aus dem Betrieb von LSA mit zu hohen Grünzeiten bekannt).

Die maximale kurzfristige Leistungsfähigkeit ist unabhängig von der Belastung vor dem Eingriff. Die Wirkung der Verkehrsbeeinflussung am Kreisell ist somit abhängig vom Verkehrsablauf und den Strombelastungen ( $Q_K$ ;  $Q_E$ ) bei der entsprechenden Zufahrt. Die grösste Wirkung eines Eingriffes wird bei tiefen Belastungen auf der Zufahrt und hohen Belastungen auf der Kreiselfahrbahn erzielt (dank dem Eingriff wird  $Q_K$  reduziert und das Einfahren dadurch erleichtert).

Zum Abschätzen der Wirkung der Verkehrsbeeinflussung muss zwischen den in Tabelle 5 aufgeführten Belastungsverhältnissen bei der Kreiseleinfahrt unterschieden werden. Dabei wird in einem ersten Schritt davon ausgegangen, dass die Einfahrt in den Kreisel von der bevorzugten Zufahrt nicht durch Fussgängerquerungen behindert wird (keine Fussgängerquerungen).

gewährleistet	L e i s t u n g s f ä h i g k e i t		
		nicht gewährleistet	
<b>Fall 1</b>	<b>Fall 2</b>	<b>Fall 3</b>	<b>Fall 4</b>
$Q_K = \text{tief}$ $Q_E = \text{tief}$ 	$Q_K = \text{hoch}$ $Q_E = \text{tief}$ 	$Q_K = \text{tief}$ $Q_E = \text{hoch}$ 	$Q_K = \text{hoch}$ $Q_E = \text{hoch}$ 
genügend Zeitlücken für wartende Fz	vorhandene Zeitlücken reichen nicht aus	vorhandene Zeitlücken reichen nicht aus	vorhandene Zeitlücken reichen nicht aus
<ul style="list-style-type: none"> <li>- nur kurzer oder kein Rückstau auf der Zufahrt</li> <li>- kurze Verlustzeit pro Fz auf der Zufahrt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kurzer Rückstau</li> <li>- lange Verlustzeit pro Fz auf der Zufahrt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- langer Rückstau</li> <li>- kurze Verlustzeit pro Fz auf der Zufahrt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- langer Rückstau</li> <li>- lange Verlustzeit pro Fz auf der Zufahrt</li> </ul>
<b>Eingriff auf Verkehrsablauf nicht notwendig</b>	<i>positive Auswirkungen des Eingriffs auf Verkehrsablauf zu erwarten</i>	<b>Positive Auswirkungen des Eingriff auf Verkehrsablauf nicht gewährleistet; überprüfen der Situation notwendig</b>	



$Q_K$  [PWE/h]: Verkehrsstärke Kreiselfahrbahn auf Höhe Einfahrt

$Q_E$  [PWE/h]: Verkehrsstärke Kreiseleinfahrt

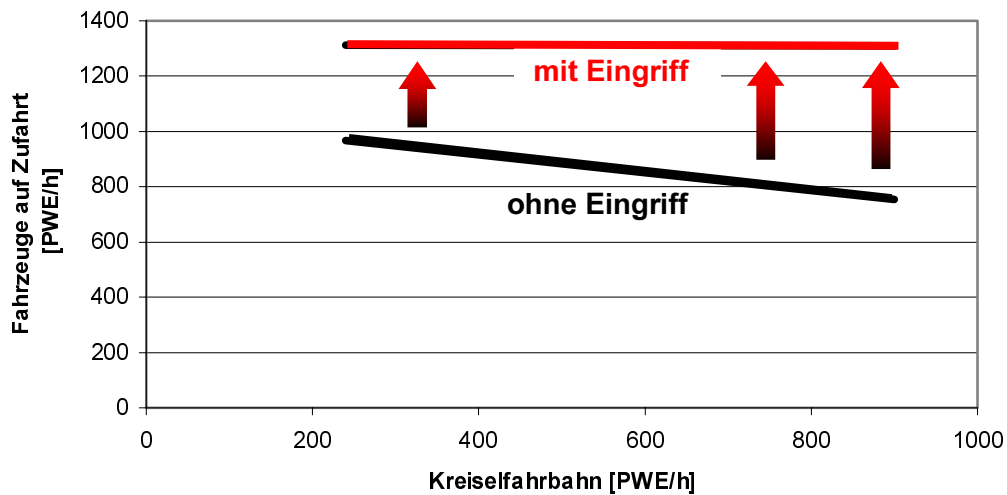
$F_Q$  [Fg/h]: querende Fussgänger (auf Fussgängerstreifen) über Kreiseleinfahrt und Ausfahrt

**Tabelle 5:** Auswirkungen des Eingriffes abhängig von den Verkehrsbelastungen

Je höher die Belastung auf der Kreiselfahrbahn ( $Q_K$ ), desto stärker kann die kurzfristige Leistungsfähigkeit der Zufahrt ( $Q_E$ ) gesteigert werden.

Fussgängerquerungen bei der Zufahrt oder Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn, die über ungesteuerte Zufahrten einfahren, können die kurzfristige Leistungsfähigkeit während eines Eingriffes stark beeinträchtigen und somit den Nutzen der Bevorzugung in Frage stellen.

In Abbildung 10 ist der Einfluss eines Eingriffes auf die Leistungsfähigkeit der Zufahrt dargestellt. Bei der Auswertung wurden nur die Intervalle ohne massgebende Fussgängerquerungen berücksichtigt.



**Abbildung 10:** Einfluss des Eingriffs auf die Verkehrsstärke der Zufahrt

Je tiefer die Verkehrsbelastung auf der Kreiselfahrt ist, desto grösser wird der Nutzen der Beeinflussung für die einfahrenden Fahrzeuge. Diese Werte wurden gemittelt und gelten für Eingriffszeiten von rund 30 sec.

- Bei kürzeren Eingriffen (< 15 sec) steigt die hochgerechnete Leistungsfähigkeit bei optimalen Bedingungen (alle Konfliktströme angehalten, Abfluss aus Kreiseln gewährleistet, keine Fussgängerquerungen) auf rund 1'600 Fz/h.
- Bei längeren Eingriffen (> 30 sec) sinkt die hochgerechnete Leistungsfähigkeit auf rund 1'000 Fz/h, da die Zeitlücken zwischen den einfahrenden Fahrzeugen zunehmen.

In der folgenden Tabelle sind die Richtwerte für die Leistungsfähigkeit während der Steuerung in Abhängigkeit der Eingriffsdauer dargestellt. Zeitlückenwerte wie sie bei LSA erreicht werden (ca. 2 sec) können nur bei sehr kurzen Eingriffsdauern erzielt werden.

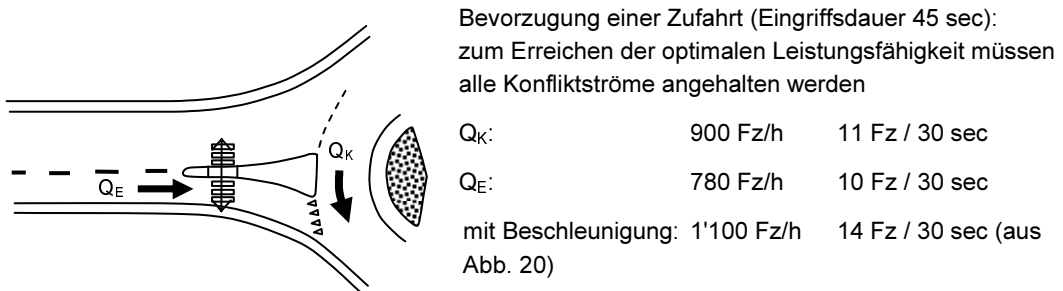
Eingriffsdauer	Leistungsfähigkeit [Fz/h] (hochgerechnet)	Zeitlücke [sec]
< 15 sec	1'600	2.3
16 bis 30 sec	1'200	3.0
> 30 sec	1'000	3.6

**Tabelle 6:** Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Eingriffsdauer

### Gesamtleistungsfähigkeit

Durch das Steuern kann kurzfristig ein Nutzen für die bevorzugte Zufahrt erzielt werden. Der Leistungsgewinn auf dieser Zufahrt wiegt jedoch auch bei einem optimalen Fall (hohe Belastung auf Kreiselfahrbahn und tiefe Belastung bei Kreiselfahrt) die Reduktion der Gesamtleistung nicht auf.

In der folgenden Abbildung werden die Auswirkungen der Bevorzugung an einem gerechneten Beispiel mit optimalen Belastungen dargestellt:



	Fz / Eingriff	
einfahrende Fz ohne Beschleunigung	10	Während durch die Bevorzugung die Leistungsfähigkeit der Zufahrt um 40% gesteigert und 4 Fahrzeuge zusätzlich in den Kreiselfahrt einfahren konnten, wurden während der Eingriffzeit mindestens 11 Fahrzeuge zurückgehalten. (Fahrzeuge auf der Zufahrt ohne Konflikt werden ebenfalls zurückgehalten)
einfahrende Fz mit Beschleunigung	14	
<b>Leistungssteigerung durch Bevorzugung</b>	<b>4</b>	Durch das gezielte Bevorzugen einer Zufahrt führen während dem Eingriff mindestens 7 Fahrzeuge weniger durch den Kreiselfahrt als ohne Bevorzugung.
<b>Leistungsabnahme bei den Konfliktströmen</b>	<b>11</b>	
<b>Reduktion der Gesamtleistungsfähigkeit</b>	<b>7</b>	
<b>7 Fz / Eingriff → bei 12 Eingriffen: 84 Fz/h</b>		
<b>Reduktion von <math>Q_K</math> um knapp 10%</b>		

Wil SG: Kreiselfahrt Schwanenplatz

Die durchschnittliche Bevorzugung eines Busses dauert während der Abendspitze 40 Sekunden. Während dieser Zeit werden die Fahrzeuge auf der konfliktbehafteten Zufahrt zurückgehalten. Bei 35 Bussen pro Stunde liegt die Verlustzeit bei über 1'400 Sekunden oder 24 Minuten, aufgeteilt auf die Zufahrten, die bei einer Busanmeldung jeweils angehalten werden.

Die gesamte Busbevorzugung wirkt sich laut den zuständigen Behörden negativ auf den Individualverkehr aus. Während der Bus bevorzugt behandelt wird, werden die konfliktbehafteten Beziehungen angehalten. Zum Verhindern eines Zusammenbrechens des Systems sind die maximalen Rotzeiten begrenzt. Die Busse profitieren von einer grosszügigen Grünzeit, welche das Überwinden von rund 85% der Staulänge ermöglicht.

Dietikon ZH: Kreiselfahrt Fahrweid

Die Bevorzugung eines Busses liegt durchschnittlich bei 35 Sekunden, kann jedoch während der Abendspitze zwischen wenigen und maximal 90 Sekunden variieren. Während dieser Zeit werden die Fahrzeuge auf der konfliktbehafteten Zufahrt zurückgehalten. Da nur wenige Busse (sechs Busse während der Abendspitze) den Knoten passieren und zwischen den einzelnen Steuerungseingriffen mehrere Minuten liegen, kann sich nach der Busabmeldung der Verkehrsablauf wieder normalisieren. Der durch die Busbevorzugung aufgebaute Rückstau wird abgebaut und über einen längeren Zeitraum (Hauptverkehrszeit) betrachtet, führt die Busbevorzugung bei diesem Kreiselfahrt zu keiner Abnahme der Verkehrsqualität.

Bei den untersuchten Objekten lag die durchschnittliche Dauer der Eingriffe zwischen 35 und 40 Sekunden. In Tabelle 7 wurden in Abhängigkeit der Anzahl Eingriffe pro Stunde bei einer durchschnittlichen Eingriffszeit von 30sec die Betriebszeiten in Minuten abgeleitet.

Anzahl Eingriffe pro Stunde	1	3	6	9	12	15	18
Betriebszeit [min/h]	0.5	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0
Reduktion der Leistungsfähigkeit [%]	0.8	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%

**Tabelle 7:** Betriebszeiten in Abhängigkeit der Eingriffe pro Stunde

Die effektiven Auswirkungen auf die einzelne Zufahrt sind abhängig von der Belastung und der Leistungsreserve während der Hauptverkehrszeit.

Bei kurzen Eingriffen (< 30 sec) und wenigen Ereignissen während dem Eingriff konnten kaum negative Auswirkungen auf die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels festgestellt werden. Die durch das Steuern aufgebauten Rückstaus konnten innert weniger Minuten wieder abgebaut werden und der Verkehrsablauf normalisierte sich relativ schnell.

Bei Kreiseln mit bis zu 30 Eingriffen pro Stunde (z. B. Schwanenplatz Wil: 35 Kurse aus drei Richtungen) wird der Verkehrsablauf fast jede zweite Minute beeinflusst. Durch die häufigen Eingriffe kann sich der Verkehrsablauf nicht mehr "normalisieren", die Rückstaus können kaum noch abgebaut werden.

Bei längeren Eingriffen sind die Auswirkungen der Steuerung von der Kreisbelastung sowie den Belastungen auf den einzelnen Zufahrten abhängig. Im Folgenden sind die Abhängigkeiten dargestellt.

Belastung	Auswirkungen	Beurteilung
<b>Leistungsreserven</b> auf der anzuhaltenden Zufahrt vorhanden	Zusätzliche Rückstau durch Anhalten des Konfliktstroms kann innert weniger Minuten abgebaut werden (Beispiel: Dietikon ZH: Kreiselfahrweid)	<b>Eingriff wirkt sich nicht negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus</b>
Leistungsfähigkeit der anzuhaltenden Zufahrt überschritten, bereits vor dem Eingriff <b>Rückstau</b> auf der Zufahrt	Zusätzlicher Rückstau durch Anhalten des Konfliktstroms kann nicht mehr abgebaut werden (Beispiel: Wil SG: Kreiselschwanenplatz)	<b>Eingriff wirkt sich negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus</b>

Mit einem zeitlichen Beschränken der Dauer der Eingriffe können negative Auswirkungen kontrolliert und minimiert werden. Dies um so mehr, da die Wirkung der Eingriffe mit zunehmender Dauer abnimmt.

## 5.5. Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit

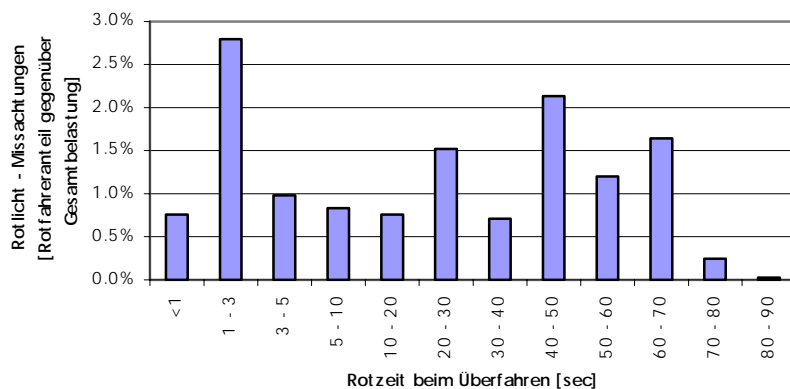
Ein wesentliches Kriterium zum Beurteilen der Verkehrssicherheit ist der Befolgungsgrad während der Steuerung, d.h. wie gross ist der Anteil der Fahrzeuglenkenden, die das Rotlicht überfahren.

Die Auswertung der Rotfahrer für die einzelnen Fahrströme bei zwei mit einer LSA geregelten Knoten im Raum Zürich zeigte, dass der Anteil Rotfahrer stark unterschiedlich ist und zwischen 0.2% bis 4.5% variiert. Dabei kommen Anteile grösser 1% vor allem bei den untergeordneten Strömen mit kurzen Grünzeiten vor.

Beim Kreisel Fahrweid wurde der Anteil Rotfahrer genauer untersucht.

Kreisel Fahrweid (Dietikon, ZH)

Während dem Untersuchungszeitraum (September 03) wurden 204 Schaltungen für die Busbevorzugung registriert. Die Wartezeiten für die Fahrzeuglenkenden variierten zwischen 5 und 90 Sekunden. Dabei wurden 555 Rotfahrer erfasst. Bei durchschnittlich 20 zurückgehaltenen Fahrzeugen entspricht dies einem Rotfahreranteil von knapp 14%. Dies ist gegenüber dem Rotfahreranteil bei herkömmlichen LSA (Rotfahreranteil: 0.2% bis 4.5%) ein sehr hoher Wert. In der folgenden Abbildung ist die Anzahl Missachtungen in Abhängigkeit der Dauer der Rotzeit beim Überfahren des Signals dargestellt.



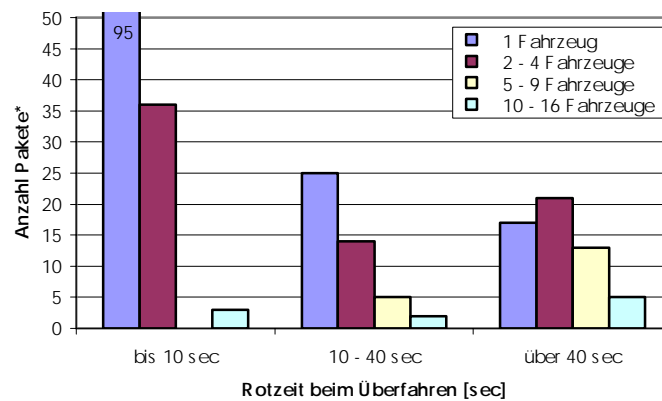
Rotzeit [sec]	Rotfahreranteil	
	absolut	Summe
<1	0.8%	0.8%
1 - 3	2.8%	3.6%
3 - 5	1.0%	4.6%
5 - 40	3.8%	8.4%
40 - 90	5.1%	13.5%

\*) Rotfahreranteil bei untergeordneten Strömen mit kurzen Grünzeiten und langen Wartezeiten: 4.5%

**Abbildung 11:** Rotlichtmissachtungen in Abhängigkeit der Dauer der Rotzeit

Aus der Auswertung ist ersichtlich, dass kurz nach dem Einschalten der LSA und nach einer Wartezeit von rund 40 sec die Anzahl Missachtungen tendenziell hoch sind, während Wartezeiten bis 40 Sekunden von den Fahrzeuglenkenden eher akzeptiert werden.

Zudem missachten mit zunehmender Wartezeit ganze Fahrzeugpakete das Rotlicht. Insbesondere ab Rotzeiten über 40 sec wurden vermehrt Fahrzeugpakete über fünf Fahrzeuge registriert.



\*) Anzahl Pakete während Erhebungsdauer  
(555 Rotlichtübertretungen bei 204 Schaltungen)

**Abbildung 12:** Grösse der Fz-Pakete in Abhängigkeit der Rotzeit

Die Akzeptanz der LSA zum Bevorzugen der Busse ist bei den Fahrzeuglenkenden deutlich geringer als bei einer herkömmlichen LSA. Die Bereitschaft zum Befolgen von Vorschriften hängt offensichtlich ab von

- der Einschätzung der Schadenswahrscheinlichkeit und der zu erwartenden Schadenshöhe,
- der Wahrscheinlichkeit, bei der Missachtung erlappt zu werden,
- der Überblickbarkeit der Situation

Aufgrund von Verkehrsbeobachtungen, Erhebungen und Auswertungen der Verkehrs- und Rotfahrerdaten bei den Steuergeräten führen folgende Aspekte zu einer hohen Missachtungsquote:

- Kurz nach dem Einschalten der Busbevorzugung und nach Wartezeiten über 40 sec können vermehrt Rotlichtübertretungen festgestellt werden.
- Auch während der Bevorzugung gelten im Gegensatz zu den lichtsignalgesteuerten Knoten die sekundären Signale (kein Vortritt für die einfahrenden Fahrzeuge). Trotz dem Missachten des Rotlichts sind die Vortrittsverhältnisse geregelt.
- Fahrzeuglenkende, die den Kreisel bei der nächsten Ausfahrt wieder verlassen, werden bei der Kreiseinfahrt ebenfalls angehalten. Diese im vorliegenden Beispiel nicht direkt in die Busbevorzugung involvierten Verkehrsströme akzeptieren die Steuerung nur mangelhaft.

Grundsätzlich beurteilen die Betreiber die Auswirkung des Steuerns auf den Verkehrsablauf bei allen untersuchten Kreiseln positiv. Während dem Betrieb der Steuerung wurden nur wenige Unfälle registriert.

Negativ fallen bei vielen Kreiseln die vielen Rotlichtmissachtungen während dem Steuern auf. Bei Rotfahreranteilen von teilweise über 10% (Busbevorzugung) muss die Akzeptanz der Fahrzeuglenkenden als mangelhaft beurteilt werden. Polizeiliche Massnahmen zum besseren Einhalten des Rotlichts sind bei keinem Kreiseln geplant.

Für eine hohe Akzeptanz der Steuerung gelten folgende Grundsätze:

- maximale Wartezeit nicht grösser 40 sec
- Fahrzeuglenkende auf der bevorzugten Zufahrt wie auch der zurückgehaltenen Zufahrt auf den Betrieb der Steuerung aufmerksam machen
- falls möglich nicht involvierte Ströme an der Steuerung vorbeiführen (By-Pass)

## 5.6. Rechtliche Situation

In der Signalisationsverordnung<sup>4</sup> (SSV) dürfen Ampeln mit gelbem und rotem, jedoch ohne grünes Licht nur in Ausnahmefällen verwendet werden, namentlich bei Feuerwehrgaragen, bei Wendeschlaufen für Fahrzeuge im öffentlichen Linienverkehr, bei Flugplätzen, vor und in Tunneln, bei Schienenübergängen in besonderen Fällen.

Die Steuerung des Verkehrsablaufes mit einer LSA im Bedarfsbetrieb auf Anmeldung ohne grünes Licht nicht in diesem Ausmass in der SSV nicht vorgesehen. Obwohl die Aufzählung in der SSV nicht abschliessend ist, sollte für den Betrieb einer entsprechenden Lichtsignalanlage in jedem Fall eine Ausnahmebewilligung beim zuständigen Bundesamt für Strassen (ASTRA) eingeholt werden.

---

4 Art. 70, Abs. 1 und 4; Signalisationsverordnung (SSV)

## 5.7. Fazit

Aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen bei unterschiedlichen Eingriffen in den Verkehrsablauf können die folgenden Aussagen zu den Auswirkungen und zum Einsatz verkehrsbeeinflussender Massnahmen bei Kreiseln angegeben werden:

- Die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt lässt sich mit beeinflussenden Massnahmen erhöhen. Dabei bedingt eine deutliche Zunahme der Leistungsfähigkeit auf der Zufahrt eine hohe Verkehrsbelastung auf der Kreiselfahrbahn sowie lange Wartezeiten auf der Zufahrt (Tabelle 5: Fall 2). Bei langen Rückstaus und kurzen Verlustzeiten pro Fahrzeug (Tabelle 5: Fall 3) nimmt die Wirkung der Bevorzugung stark ab.
- Bei Leistungsreserven auf der anzuhaltenden Zufahrt, bei kurzen Eingriffen (kürzer 30 sec) und kleiner Anzahl (weniger als 15 Eingriffe pro Stunde) darf davon ausgegangen werden, dass die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels durch das Beeinflussen des Verkehrsablaufes nur in geringem Ausmass reduziert wird (siehe Tabelle 7).
- Ist die Leistungsfähigkeit der anzuhaltenden Zufahrt bereits vor dem Eingriff überschritten, wirkt sich der Eingriff negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus. Der zusätzliche Rückstau kann während der Hauptverkehrszeit nicht mehr abgebaut werden.
- Während der Steuerung wird ein hoher Anteil Rotfahrer registriert und bei langen Rotzeiten (>40 sec) missachten ganze Fahrzeugpakete das Rotlicht. Überdurchschnittlich viele Unfälle werden jedoch nicht registriert. Die Signalisation wird von den Fahrzeuglenkenden verstanden und bei kurzen Rotzeiten akzeptiert.
- Die Wahl der geeigneten Steuerungsart zum Bevorzugen von Bussen hängt stark von den Verkehrsströmen, Belastungen und der Busführung im Kreisel ab.
- Durch das Anhalten mehrerer Zufahrten kann die Kreiselfahrbahn weitgehend von Fahrzeugen freigehalten werden. Die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels nimmt während der Bevorzugung markant ab.
- Durch die Kombination Anhalten auf der Kreiselfahrbahn und Anhalten des massgebenden Konfliktstroms auf der Zufahrt kann die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels annähernd aufrechterhalten und das Blockieren der Kreiselfahrbahn verhindert werden.
- Für den Betrieb einer Lichtsignalanlage ohne grünes Licht zum Steuern eines Kreisels ist eine Ausnahmegewilligung beim zuständigen Bundesamt für Strassen (ASTRA) einzuholen.

## 6. Bündeln der Fussgängerströme

### 6.1. Grundlagen

Das Erstellen einer LSA zum Regeln des Fussgängerverkehrs kann bei einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit durch starke, vortrittsberechtigte Fussgängerströme angezeigt sein. Mit Hilfe der LSA kann der Fussgängerstrom gebündelt und die Unterbruchszeiten für die in den Kreisel ein- und ausfahrenden Fahrzeuge können deutlich reduziert werden.

In Abbildung 11 ist die mittlere Wartezeit für den Fahrzeugverkehr in Abhängigkeit der Fussgängerfrequenzen (Fg/h) dargestellt. Die Berechnungen wurden für einen vierarmigen Kreisel mit einer gleichmässigen Belastung auf allen Zufahrten und einer Auslastung von rund 0.85 (Gesamtbelastung aller Zufahrten 2'700 Fz/h) durchgeführt. Aus dem Kurvenverlauf kann festgestellt werden, dass Fussgängerfrequenzen bis zu 300 Fg/h (bei jeder Zufahrt) nur einen geringen Einfluss auf die mittlere Wartezeit des Fahrzeugverkehrs bewirken. Bei höheren Frequenzen nimmt der Einfluss deutlich zu. Beim dargestellten Beispiel wird bei einer Frequenz von 400 Fg/h die mittlere Wartezeit im Vergleich ohne Fussgängerverkehr um 15 sec erhöht und somit die angestrebte Verkehrsqualitätsstufe D überschritten.

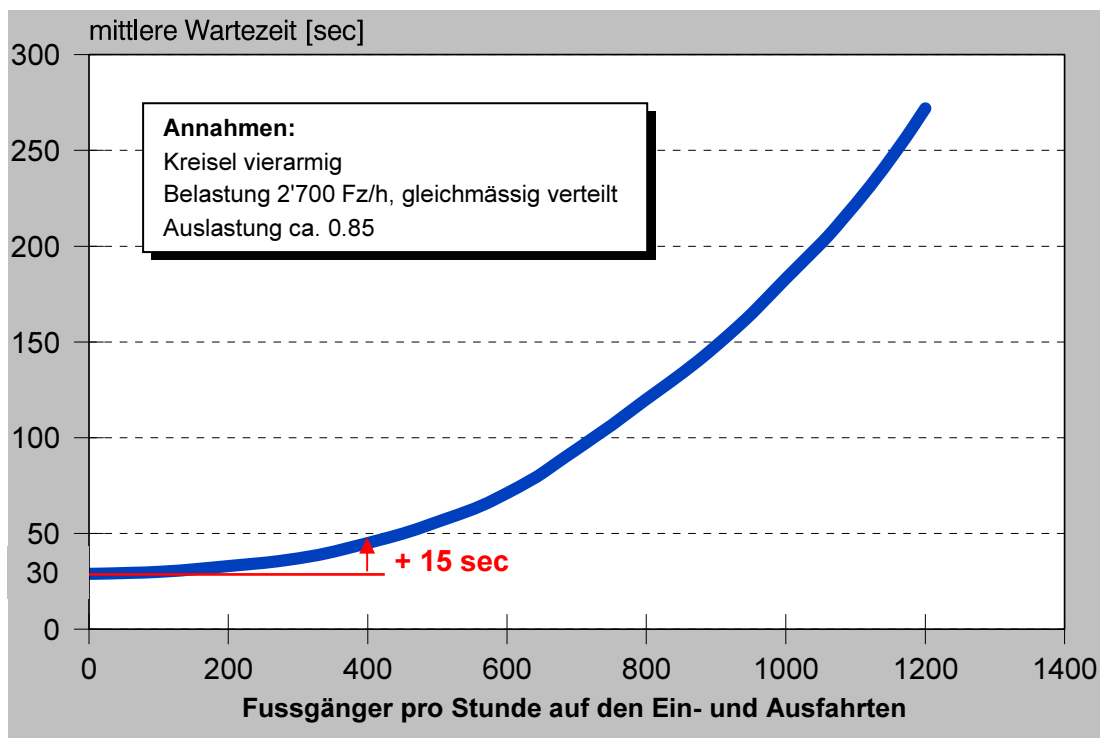
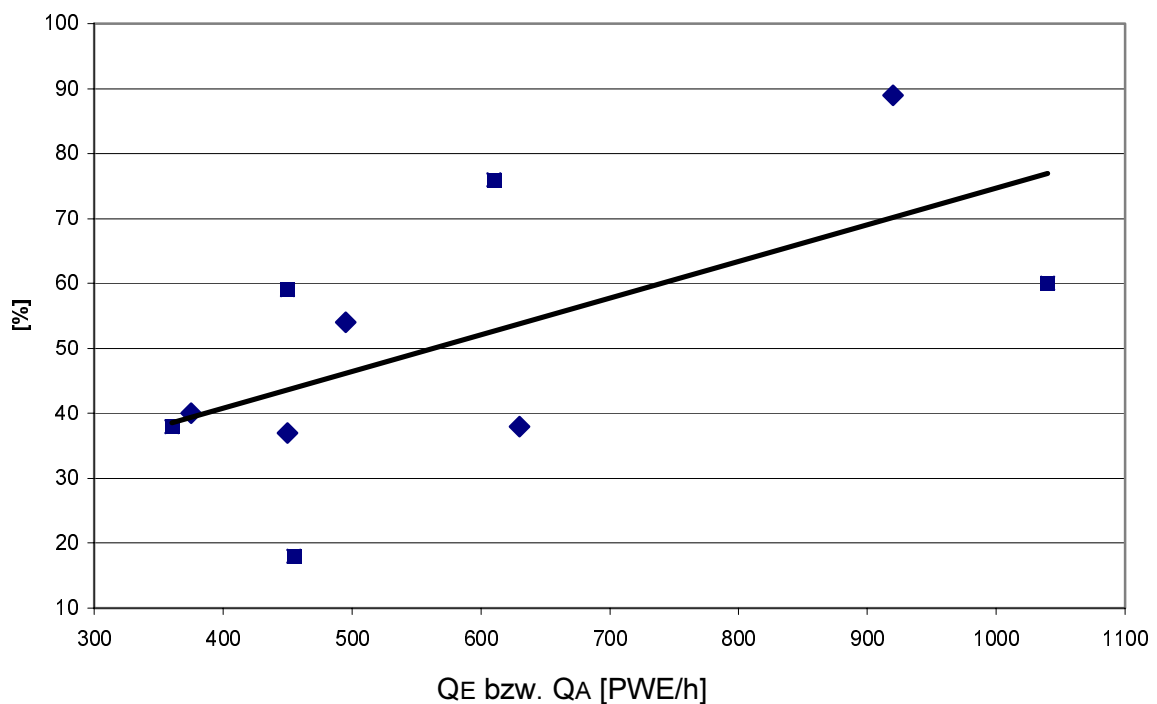


Abbildung 13: Mittlere Wartezeit für Fahrzeuge in Abhängigkeit Fussgängerfrequenz

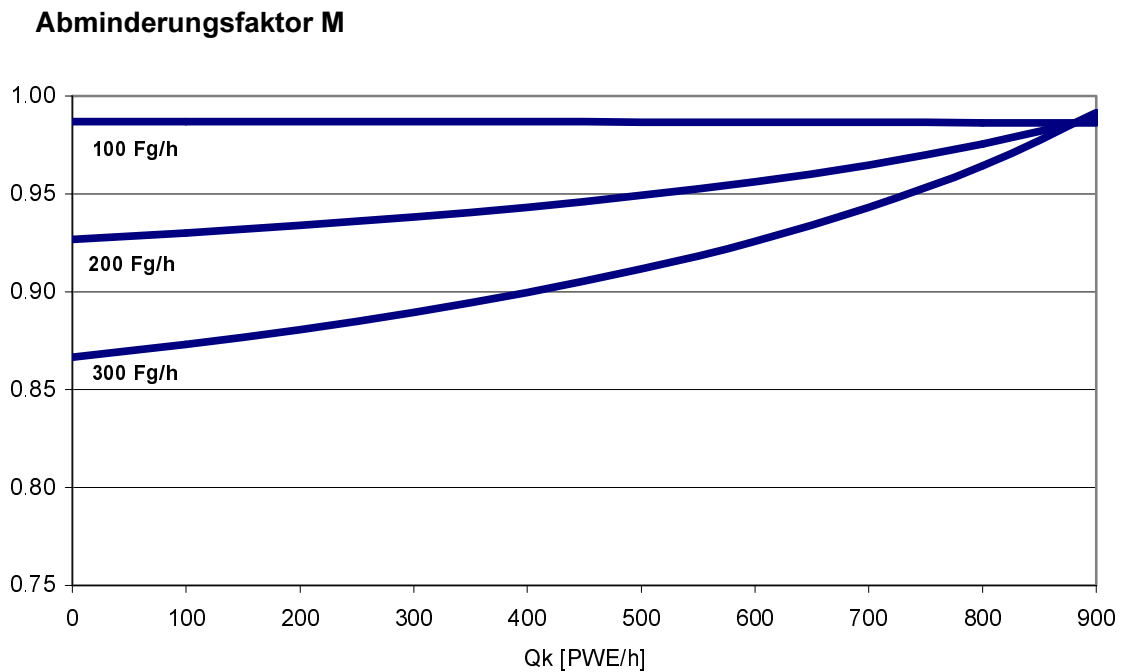
## 6.2. Auswirkungen der Fussgängerquerungen auf Leistungsfähigkeit

In [16] wurde der Einfluss des Fussverkehrs auf die Leistungsfähigkeit bei verschiedenen Zufahrten von Kreiseln untersucht. Dabei zeigte sich, dass im Mittel der Anteil der behindernden Fussgänger am gesamten Fussverkehr bei rund 50% liegt. Dabei wird der Anteil mit zunehmender Verkehrsstärke auf der Zufahrt grösser. Während bei geringem Verkehrsaufkommen sowohl die Fahrzeuglenkenden als auch die Fussgänger ihre Geschwindigkeiten so anpassen, dass sie den Fussgängerstreifen gerade zu den Zeiten erreichen, zu denen kein Fahrzeug beziehungsweise kein Fussgänger dort ist, gelingt dies bei mit zunehmendem Verkehrsaufkommen nicht mehr (vgl. Abb. 14).



**Abbildung 14:** Behindernde Fussgänger (in %) in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der Zufahrt (aus [16])

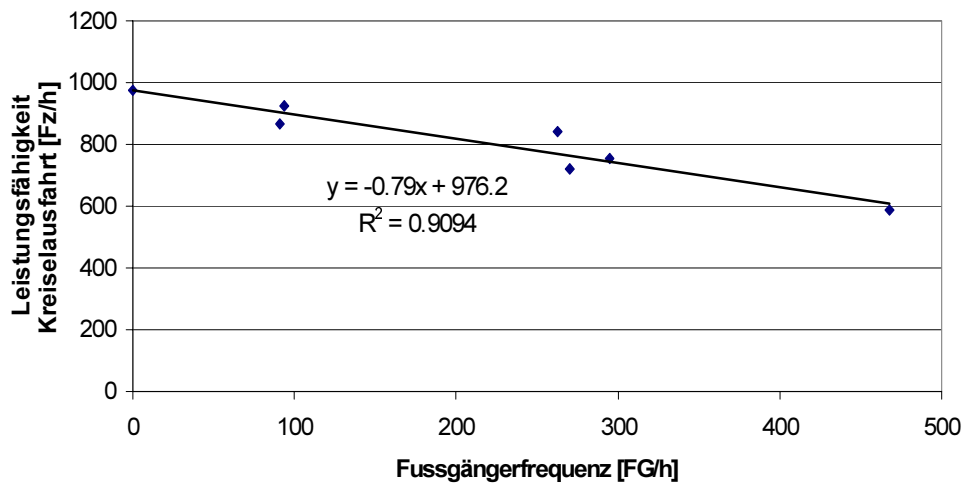
Im Weiteren wurde aufgrund der Untersuchungen in [16] festgestellt, dass der leistungsmindernde Einfluss der Fussgänger, welche die Zufahrt überqueren, mit zunehmender Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn und abnehmender Verkehrsstärke auf der Zufahrt ebenfalls abnimmt. Bei einem einstreifigen Kreisell ist bei einer Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn von rund 900 Fz/h kein Einfluss der Fussgänger mehr vorhanden. Entscheidend wird dann für die Leistungsfähigkeit der Zufahrt allein das Verkehrsaufkommen auf der Kreiselfahrbahn. Mit Hilfe der Resultate aus den Untersuchungen wurden Abminderungsfaktoren für die Leistungsfähigkeit der Zufahrt in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn sowie des Fussverkehrs für einstreifige Kreisell abgeleitet. Abbildung 15 zeigt den Kurvenverlauf für verschiedene Fussgängerfrequenzen.



**Abbildung 15:** Abminderungsfaktor für Leistungsfähigkeit Zufahrt (aus [16])

Während bei der Einfahrt in den Kreisell der leistungsmindernde Einfluss des querenden Fussverkehrs deutlich von der Verkehrsstärke auf der Kreiselfahrbahn abhängig ist, wird bei der Ausfahrt die Leistungsfähigkeit allein durch den Fussverkehr bestimmt. Deshalb wurden bei den Kreiseln Sonnenplatz (Emmenbrücke LU) und Schwanenplatz (Wil SG) die Auswirkungen der Fussgängerquerungen auf die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt untersucht. In Abbildung 16 ist der Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit einer Kreisellzufahrt der Fussgängerfrequenz dargestellt.

Die lineare Abhängigkeit zwischen der Fussgängerfrequenz und der Leistungsfähigkeit der Kreisellausfahrt ist aus Abbildung 14 klar ersichtlich. In Tabelle 7 sind die Auswirkungen der Anzahl Querungen auf die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt in Prozenten zusammengefasst.



**Abbildung 16:** Einfluss Fussgängerfrequenz auf Leistungsfähigkeit (Ausfahrt)

Bereits 300 Fussgängerquerungen pro Stunde führen zu einer Reduktion der Leistungsfähigkeit von rund 25% und bei über 500 Fg/h wird die Leistungsfähigkeit der entsprechenden Ausfahrt um die Hälfte reduziert.

Fussgängerquerungen [FG/h]	Leistungsfähigkeit der Ausfahrt [%]
0	100%
100	91%
200	82%
300	74%
400	65%
500	56%

**Tabelle 8**

Die Fussgängerquerungen wirken sich stärker auf die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt aus. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die aus dem Kreisel ausfahrenden Fahrzeuglenkenden beschleunigen und bei einer Fussgängerquerung wieder abbremsen müssen.

Die auf den Kreisel zufahrenden Fahrzeuglenkende verzögern unabhängig von Zufussgehenden ihre Geschwindigkeit bei der Kreiselausfahrt. Fussgängerquerungen wirken sich somit weniger stark auf den Geschwindigkeitsverlauf aus.

### 6.3. Auswirkungen der Steuerung auf die Leistungsfähigkeit

Durch das Steuern der Fussgängerquerung bei der Kreiselfahrt ergeben sich in Abhängigkeit der Umlaufzeit und der Länge der Rotphase Verlustzeiten für den Fahrzeugverkehr.

Die Umlaufzeit der Fussgänger-LSA und somit die einzelnen Phasen werden einerseits durch die örtlichen Gegebenheiten (Länge der Fussgängerquerung, Stauraum) und andererseits durch die Fahrzeug- und Fussgängerfrequenzen bestimmt. Gemäss SN 640 837 ‚Lichtsignalanlagen: Übergangszeiten und Mindestzeiten‘ [12] liegt für die Fussgängerphase die Grünzeit bei mindestens vier und die Übergangszeit zwischen zwei und acht Sekunden.

Die untersuchten Kreisel mit einer Steuerung der Fussgängerquerung sind durch die in Tabelle 9 aufgeführten Werte gekennzeichnet.

Kreisel	Umlaufzeit $t_U$ Festzeitgesteuert oder Daueranmeldung	Motorfahrzeugphase		Fussgängerphase	
		$t_{Gr}$	$t_{Gelb}$	$t_{Gr}$	$t_{Gelb}$
Schwanenplatz*, Wil (SG)	44 sec	25 sec	3 sec	8 sec	8 sec
Postplatz, Chur (GR)	50 sec	22 sec	3 sec	17 sec	8 sec

\*) Anlage funktioniert auf Anmeldung

**Tabelle 9:** Umlaufzeiten von Fussgänger-LSA

Die Umlaufzeit der Fussgänger-LSA wird jedoch durch die Beschleunigung des öffentlichen Verkehrs bei den angrenzenden Kreiselfahrten beeinflusst. Eine Erhebung während der Abendspitze beim Kreisel Schwanenplatz (Wil, SG) ergab eine mittlere Umlaufzeit von 60 sec mit einer Grünphase für den Motorfahrzeugverkehr von 32 sec. In Tabelle 10 ist der Steuerungsablauf während der Abendspitze bei der Fussgänger-LSA beim Kreisel Schwanenplatz zusammengestellt.

mittlere Umlaufzeit	60 sec	
Grünphase	32 sec	52%
Rotphase (gelb + rot)	28 sec	48%
Leistungsfähigkeit [Fz/h]	530 Fz/h	

Die Leistungsfähigkeit der Zufahrt wird durch die Steuerung auf knapp die Hälfte reduziert. Während der Abendspitze konnten noch rund 530 Fz/h in den Kreisel einfahren.

**Tabelle 10:** Fussgänger-LSA Kreisel Schwanenplatz

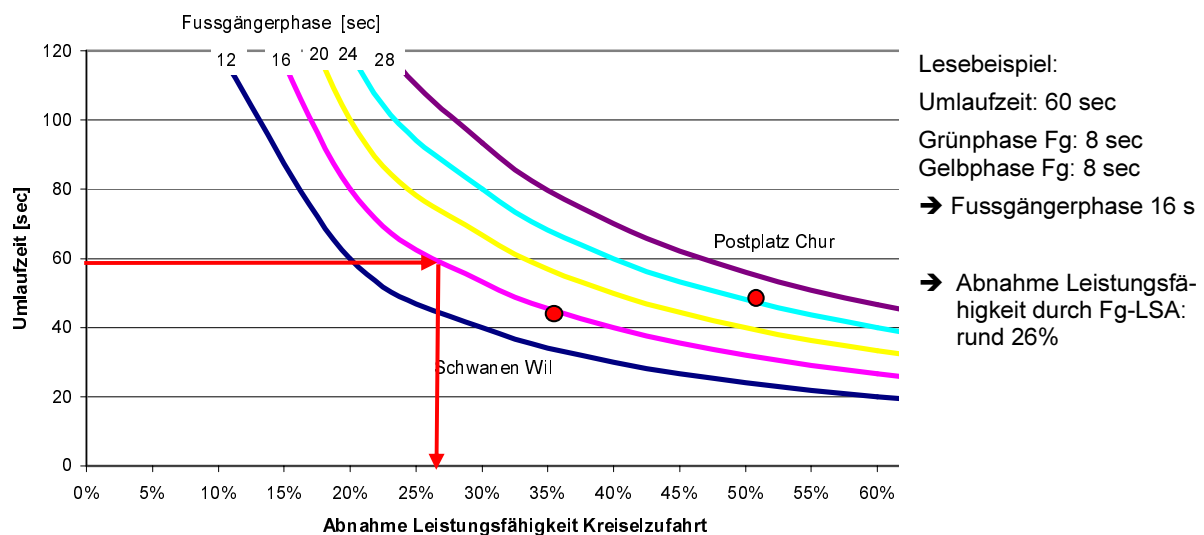
Auf der Basis der Steuerprogramme der LSA ergeben sich für die gesteuerte Kreiselfahrt bei den Kreiseln Schwanenplatz (Wil, SG) und Postplatz (Chur, GR) theoretische Verlustzeiten von bis zu 30 Minuten (Abminderung der Leistungsfähigkeit um 50%). In der Praxis können diese sogar noch höher liegen.

Kreisell	Umlaufzeit $t_U$	Anz. Umläufe	Grünphase Kreiselfahrt	Abnahme der Leistungsfähigkeit	
				min/h	Prozent
Schwanenplatz*, Wil (SG)	44 sec	81	25 sec	22 min	36%
Postplatz , Chur (GR)	50 sec	72	22 sec	30 min	50%

\*) Anlage funktioniert auf Anmeldung

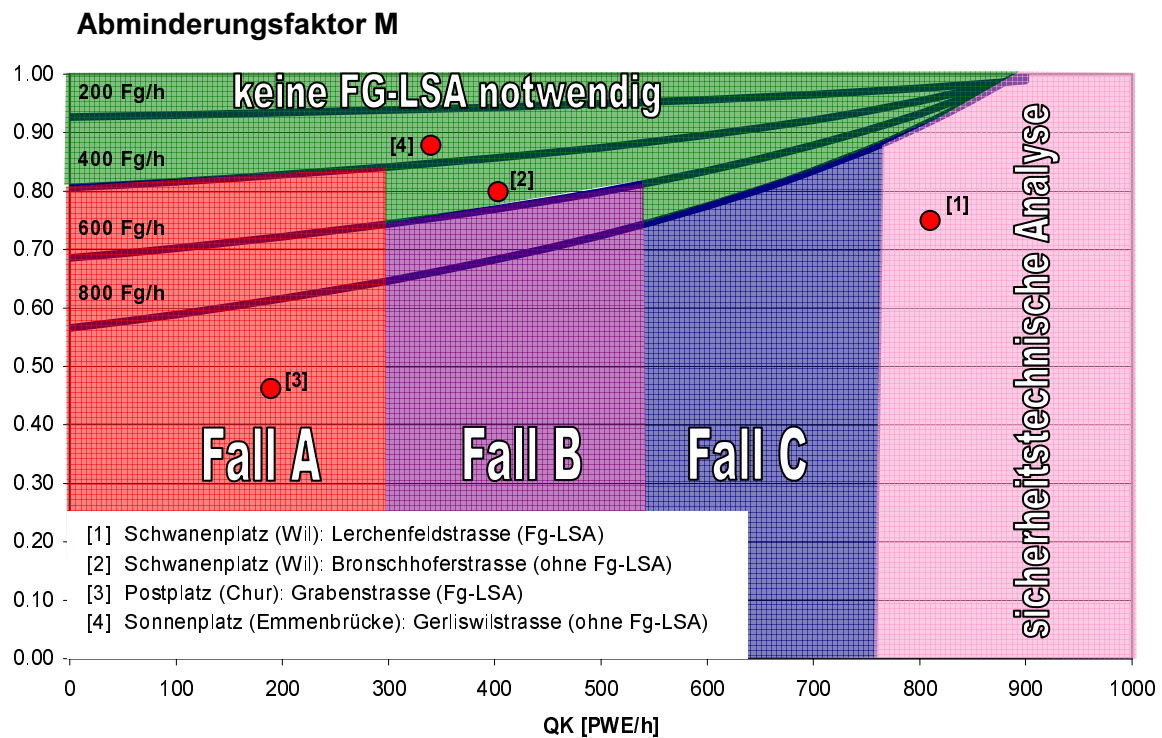
**Tabelle 11:** Einfluss auf die Leistungsfähigkeit

Wie die Auswertungen zeigen, führen die ungesteuerten Fussgängerquerungen wie auch die Fussgänger-LSA zu einer starken Abnahme der Leistungsfähigkeit auf der Kreiselfahrt. In Abbildung 17 sind die Auswirkungen der Fussgänger-LSA auf die Leistungsfähigkeit der Zufahrt dargestellt. Die Fussgängerphase beinhaltet die Grün- und die Gelbphase der Fussgänger, wobei mit einer Gelbphase von acht Sekunden gerechnet wurde.



**Abbildung 17:** Zusammenhang zwischen Fussgängerphase und Leistungsfähigkeit

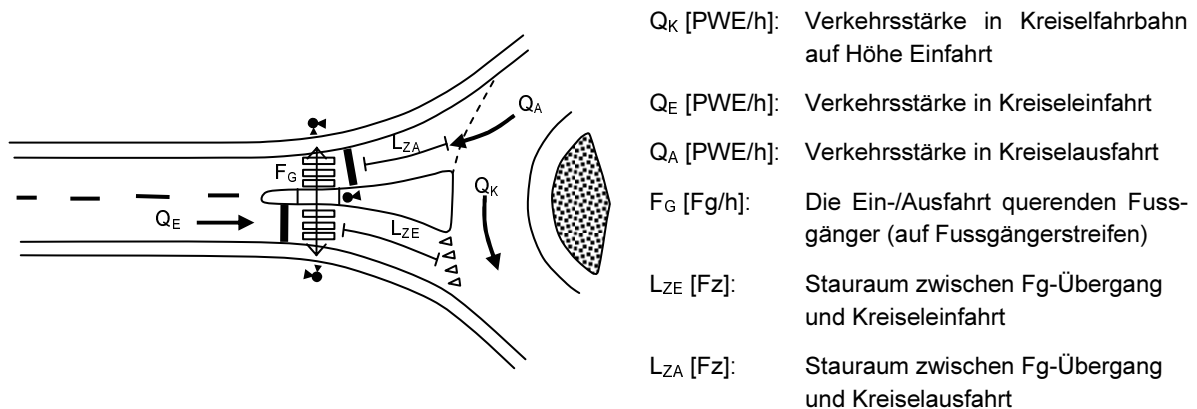
Die Abnahme der Leistungsfähigkeit durch die Fussgänger-LSA bei der Einfahrt in den Kreisell kann mit einem langen Stauraum  $L_{ZE}$  zwischen dem Fussgängerstreifen und der Kreiselfahrbahn reduziert werden. Dadurch können auch während der Fussgängerphase Fahrzeuge in den Kreisell einfahren.



Die Fussgänger-LSA führt aufgrund des Steuervorgangs zu einer Abminderung der Leistungsfähigkeit der Einfahrt von mindestens 20% bis 25% (siehe Abb. 15). Unter dieser Voraussetzung kann eine Abminderung der Leistungsfähigkeit einer Einfahrt infolge des Fussverkehrs von 25% (Abminderungsfaktor 0.75) in Kauf genommen werden. Daraus können die folgenden Einsatzkriterien für FG-LSA definiert werden. Eine FG-LSA ist zweckmässig falls

- Fall A** Fussgängerfrequenz grösser 400 Fg/h sowie Verkehrsbelastung auf Kreiselfahrbahn kleiner 300 Fz/h.
- Fall B** Fussgängerfrequenz grösser 600 Fg/h sowie Verkehrsbelastung auf Kreiselfahrbahn zwischen 300 und 550 Fz/h
- Fall C** Fussgängerfrequenz grösser 800 Fg/h und Verkehrsbelastung auf Kreiselfahrbahn zwischen 550 und 750 Fz/h

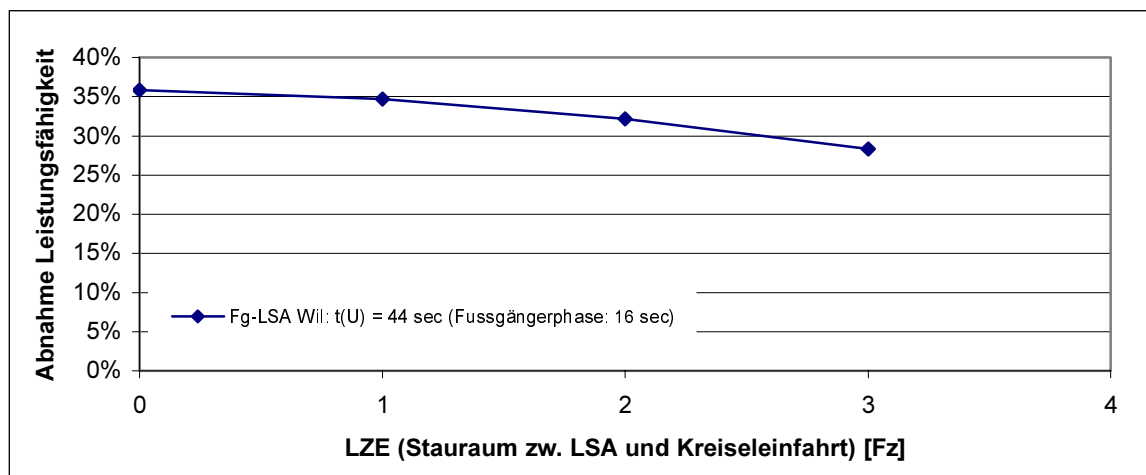
Bei grösseren Fussgängerfrequenzen und Verkehrsbelastungen sind weitere Abklärungen notwendig. Dabei müssen bei den Verkehrsbelastungen und bei den Zufussgehenden das zeitliche Auftreten der Spitzenfrequenzen sowie die Verteilung der Querungen genauer untersucht und analysiert werden.



**Abbildung 18:** Stauraum im Bereich Ein- und Ausfahrt

Bei der Fußgänger-LSA Schwanenplatz (Wil, SG) reicht der Stauraum ( $L_{ZE}$ ) zwischen dem Fußgängerstreifen und der Einfahrt in den Kreisel für zwei Fahrzeuge. Diese Fahrzeuge können auch während der Rothphase für den Motorfahrzeugverkehr in den Kreisel einfahren.

Abbildung 19 zeigt, dass mit zunehmendem Stauraum ( $L_{ZE}$ ) die negativen Auswirkungen der Fußgänger-LSA auf die Leistungsfähigkeit der Zufahrt abnehmen.



**Abbildung 19:** Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Stauraums

## 6.4. Steuern der Fussgängerquerung

In der Regel wird die Querung der Fussgänger über die Kreiselein- und Ausfahrt einer Zufahrt geregelt. Aufgrund der sich konkurrenzierenden Situation der LSA-Steuerung und dem aufgehobenen Vortritt bei der Kreiseleinfahrt werden verschiedene Sonderfälle angewendet. Im Folgenden werden die Steuerungen vorgestellt und beurteilt.

### **Steuern der Kreiselein- und Ausfahrt**

Am Kreisel Schwanenplatz in Wil (SG) führte die hohe Frequenz der Fussgängerquerungen über die Lärchenstrasse zu einer starken Einbusse dieser Kreiselzufahrt und zu grossen Behinderungen und Zeitverlusten für die Fahrzeuglenkenden und den Bus. Diese Behinderungen



betrafen den ein- wie auch den ausfahrenden Verkehr, jedoch führte der Rückstau des ausfahrenden Verkehrs sofort zu Behinderungen auf der Kreiselfahrbahn und zum Blockieren des gesamten Kreisels.

Aufgrund dieser Gegebenheiten wurde die Querung über die Lärchenstrasse mit einer Fussgänger-LSA ausgerüstet. Dadurch konnte die Verkehrssicherheit erhöht und die Leistungsfähigkeit dieser Zufahrt verbessert werden.

Während der Rothphase für die Motorfahrzeuge stauen sich jedoch weiterhin die Fahrzeuge bis in den Kreisel zurück. Der Rückstau löst sich innert kurzer Zeit wieder auf und der Kreisel wird nur noch vereinzelt durch wartende Fahrzeuge blockiert.

Da auch die Kreiselzufahrt durch die Fussgänger-LSA gesteuert wird, konkurrenziert sich die Grünphase beim Fussgängerstreifen mit dem aufgehobenen Vortritt bei der Kreiseleinfahrt. Die Grün- beziehungsweise Rothphase gilt nur für den Fussgängerübergang und nicht für die Kreiseleinfahrt. Trotz der speziellen Situation wurden überdurchschnittlich viele Unfälle bei dieser Zufahrt bis jetzt nicht registriert.

### **Steuern ohne grünes Leuchtfeld**

In der Stadt Lausanne wird bei fünf Kreiseln den Fahrzeuglenkenden die Fahrtfreigabe nach der Rothphase nicht mit einem grünen Leuchtfeld, sondern mit Gelb-Blinken angezeigt. Die Fussgängerampel schaltet nach der Grünphase ebenfalls auf Gelb-Blinken, so dass am Übergang wieder die sekundären Signale gelten. Dadurch kann die Unsicherheit der Vortrittsverhältnisse bei der Kreiseleinfahrt verhindert werden, jedoch ermöglicht diese Schaltung kein Bündeln der Fussgängerströme, da die Zufussgehenden auch beim ausgeschalteten Zustand (Gelb-Blinken) vortrittsberechtigt sind (Die Zufussgehenden nehmen während dem Gelb-Blinken jedoch ihr Vortrittsrecht oftmals nicht wahr).

Nur nach einer Busanmeldung werden die Zufussgehenden mit einem roten Leuchtfeld zurückgehalten

### Steuern der Kreiselausfahrt

Beim Kreisel Seevorplatz in Biel wird auf die Steuerung der Kreiseleinfahrt verzichtet und nur die Kreiselausfahrt geregelt. Die Kreiseleinfahrt ist ungesteuert und das Vortrittsrecht der Zufussgehenden beim Fussgängerstreifen hat nach wie vor Gültigkeit. Die Gefahr einer Vortrittsmissachtung bei der Kreiseleinfahrt kann dadurch eliminiert werden.

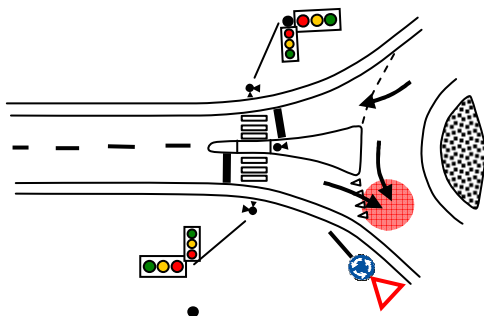


Für die Zufussgehenden entsteht jedoch die ungewohnte Situation, dass eine Fahrbahnhälfte mit einer LSA geregelt und bei der zweiten Fahrbahnhälfte das Vortrittsrecht gilt.

Für die Zufussgehenden entsteht jedoch die ungewohnte Situation, dass eine Fahrbahnhälfte mit einer LSA geregelt und bei der zweiten Fahrbahnhälfte das Vortrittsrecht gilt.

### Gegenüberstellung und Beurteilung

Fall 1 Normalfall

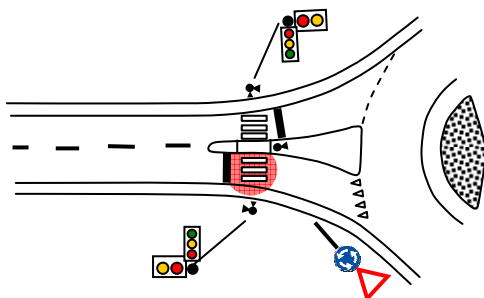


Fussgängerübergang wird als separater Knoten behandelt und vollständig unter Licht genommen

Abstand zwischen Fg-Übergang und Kreiseleinfahrt ist massgebend für Verständnis, dass die Grünphase beim Fussgängerübergang nicht auch bei der Kreiseleinfahrt gilt

→ Problematik vorwiegend bei Kreiseleinfahrt

Fall2 Steuern ohne grünes Leuchtfeld

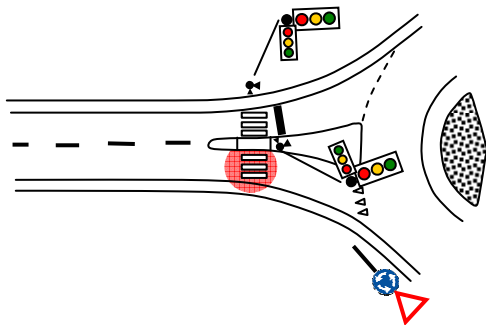


Fussgängerübergang ist ein Element des Kreisels

Die Fahrzeuglenkenden erhalten kein grünes Leuchtfeld sondern nur Gelb-Blinken. Dadurch gilt für die Fahrzeuglenkenden die sekundäre Signalisation. Somit sind die Zufussgehende gegenüber den Fahrzeuglenkenden immer vortrittsberechtigt.

→ vermehrt Missverständnisse zwischen Fahrzeuglenkenden und Zufussgehenden

## Fall 3 Steuern der Kreiselausfahrt



Fussgängerübergang ist ein Element des Kreisels

Da nur die Kreiselausfahrt gesteuert wird, ergibt sich keine konkurrenzierende Situation der LSA-Steuerung und dem aufgehobenen Vortritt bei der Kreiseinfahrt

- Verkehrsablauf kann bei der Kreiseinfahrt nur bedingt verbessert werden (Bündelung der Zufussgehenden nur aus einer Richtung)
- Ungewohnte Situation für die Zufussgehenden, da nur eine Fahrbahnhälfte gesteuert wird; Gefahr von Fehlinterpretation während Grünphase

Die folgende Stellungnahme von Herrn P. Friedli, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Abteilung Strassenverkehr, Bereich Verkehrsregeln basiert auf den vorgestellten Steuerungen für Fussgängerquerungen (Fall 1 bis 3).

## Allgemeines

Nach Art. 71 Abs. 3 SSV müssen Lichtsignale das Zusammentreffen von Fahrzeugen aus verschiedener Richtung, ausser von Linksabbiegern mit dem Gegenverkehr, verhindern. Im vorliegenden Fall sollen offensichtlich durch Lichtsignale nur die Verkehrsströme (Fussgänger einerseits und Fahrzeuge andererseits) geregelt werden, welche auf den Fussgängerstreifen im unmittelbaren Bereich eines Kreisels zusammentreffen könnten. Bei einer Lichtsignalanlage, welche sich unmittelbar vor der Einfahrt in einen Kreisverkehrsplatz befindet, ist jedoch grundsätzlich davon auszugehen, dass diese den gesamten Verkehr im Bereich des Kreisels regelt, also nicht nur das Verhältnis zwischen dem vor dem Kreisel befindlichen Fussgängerstreifen und der Kreiselzufahrt. Zumindest ist zu befürchten, dass eine solche Situation - je nach Abstand zwischen FG-streifen und Kreiseinfahrt - bei gewissen Strassenbenutzern (wahrscheinlich in erster Linie bei Ortsunkundigen) Unsicherheiten in Bezug auf den Geltungsbereich der LSA auslösen und zu Unfällen führen könnte.

LSA haben nach der jeweiligen Betriebsart unterschiedliche rechtliche Konsequenzen für den Strassenbenutzer. Im eingeschalteten Zustand (Normalbetrieb) wechseln die Vortrittsverhältnisse entsprechend der aufleuchtenden Signalfarben, beim ausgeschalteten Zustand ("Gelb-Blinken" oder schwarz) kommen die sekundären Signale (z.B. "Kein Vortritt"; "Stop") oder wo solche fehlen (z.B. bei einer LSA, die "lediglich" die Verkehrsströme bei einem Fussgängerstreifen regelt) die allgemeinen Verkehrsregeln zum Zug. Eine gleichzeitige Mischung von "Normalbetrieb" und "ausgeschaltetem Zustand" ist u.E. bundesrechtswidrig (vgl. Bemerkungen zu Fall 2).

## Fall 1: Normalfall (d.h. LSA im Normalbetrieb)

In den Kreisel einfahrende Fahrzeuge dürfen bei Einschalten des Grünlichtes davon ausgehen, dass sie nicht nur gegenüber den Fussgängern, sondern auch gegenüber den im Kreis befindlichen Fahrzeugen und allenfalls weiteren einfahrenden Fahrzeugen Vortritt haben. Da für die im Kreis befindlichen Fahrzeuge jedoch keine korrespondierende Lichtsignalanlage besteht, dürfen auch diese davon ausgehen, dass sie vortrittsberechtigt sind. Für Schäden, die bei einem Zusammenstoss von Fahrzeugen im Kreisel einerseits und von der LSA herkommend andererseits entstehen, haftet unter Umständen der Strasseneigentümer.

### Fall 2: LSA ohne grünes Licht

Diese Steuerung zeigt sich den Verkehrsteilnehmern teils in eingeschaltetem teils in abgeschaltetem Zustand: Die Fahrzeuglenker müssen aufgrund des Gelb-Blinkens annehmen, die Anlage sei ausgeschaltet (nach Art. 70 Abs. 1 Bst. b SSV ist gelbes Blinklicht nur zulässig "bei ausgeschalteten Lichtsignalanlagen") und daher würden für sie die allgemeinen Verkehrsregeln gelten, wonach sie den Fussgängern auf dem Zebrastreifen ohne Verkehrsregelung grundsätzlich den Vortritt gewähren müssen (Art. 33 Abs. 2 SVG, Art. 6 Abs. 1 und 47 Abs. 2 VRV). Für allfällige Schäden, die im Zusammenhang mit einer solchen Mischsteuerung entstehen könnten, haftet unter Umständen der Strasseneigentümer.

### Fall 3: Steuern der Kreiselausfahrt durch LSA im Normalbetrieb

Es gibt keine bundesrechtliche Vorschrift, welche verbietet, dass bei Fahrbahnen mit Mittelinsel nur eine der beiden Fahrbahnhälften mit LSA gesichert werden dürfte. Es ist Sache der Behörde, in einem solchen Fall durch eine unmissverständliche Signalisation bzw. bauliche Massnahmen eine Fehlinterpretation (insbesondere auf der Seite der Fussgänger) zu vermeiden.

Aufgrund der Stellungnahme des ASTRA zeigt sich, dass zum Steuern der Fussgängerquerungen keine rechtlich (Fall 1 und 2) und keine verkehrstechnisch (Fall 3) befriedigende Lösung vorhanden ist. Bei den umgesetzten Lösungen in Wil (SG) und Chur (GR) muss bei Schäden unter Umständen mit einer Haftung der Strasseneigentümer gerechnet werden.

Zum Steuern der Fussgängerquerungen ergeben sich folgende Lösungsansätze:

#### **Alternative Führung der Fussgängerströme**

Der Fussgängerübergang wird vom Kreisel abgesetzt, so dass die Querung als eigenes Bauwerk und nicht als Bestandteil des Kreisels erscheint. Durch das Absetzen der Fussgängerquerung von der Kreiseleinfahrt kann einerseits der Einfluss der Querungen auf den Verkehrsablauf beim Kreisel reduziert und andererseits die Trennung der beiden Bauwerke Fussgängerquerung und Kreisel verdeutlicht werden.

Dieser Lösungsansatz wurde beim Kreisel Zentrum in Brig (VS) gewählt. Mit der Inbetriebnahme der Steuerung des Fussgängerübergangs wurde der Fussgängerstreifen rund 30m von der Kreiseleinfahrt zurückversetzt.

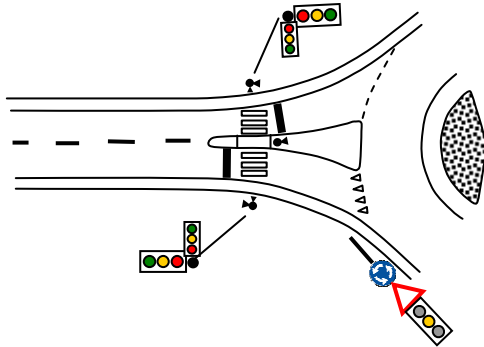


Beim Versetzen der Querungsstelle muss berücksichtigt werden, dass der Übergang weiterhin der Wunschlinie der Zufussgehenden entspricht und dass gegebenenfalls mit baulichen Massnahmen das Überqueren der Fahrbahn im Bereich der Kreiseleinfahrt unterbunden werden kann.

### Signalisation mit Zusatzampel

Nach dem gesteuerten Fußgängerübergang wird mit einer zusätzlichen gelb-blinkenden Ampel unmittelbar vor der Einfahrt in den Kreisel den Fahrzeuglenkenden angezeigt, dass bei der Kreiseinfahrt wieder die sekundären Signale gelten und sie bei der Einfahrt in den Kreisel vortrittsbelastet sind. Dadurch können Missverständnisse bei der Kreiseleinmündung verhindert werden.

Zusätzliche Ampel bei Kreiseinfahrt



Mit einer zweiten Ampel unmittelbar vor der Einfahrt in den Kreisel werden durch Gelb-Blinken die sekundären Signale massgebend. Die einfahrenden Fahrzeuglenkenden sind gegenüber den Fahrzeugen auf der Kreisfahrbahn vortrittsbelastet.

→ klare Regelung der Vortrittsverhältnisse im Kreisel



## 6.5. Fazit

Mit den Erkenntnissen aus der Literatur und aus den durchgeführten Untersuchungen können im Zusammenhang mit dem Fussverkehr im Bereich von Kreiseln die folgenden Feststellungen abgegeben werden:

- Der Fussverkehr beeinflusst die Leistungsfähigkeit sowohl bei der Ein- als auch Ausfahrt in den Kreisel.
- Der Einfluss ohne LSA ist bei der Einfahrt von der Verkehrsstärke auf der Kreisel-fahrbahn abhängig. Die Abminderungsfaktoren der Leistungsfähigkeit auf der Einfahrt variieren je nach Fussgängerfrequenz und Verkehrsstärke auf der Kreisel-fahrbahn zwischen 0.87 und 0.99.
- Die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt wird durch den Fussverkehr unabhängig von der Verkehrsstärke auf der Kreisel-fahrbahn beeinflusst. Dabei konnte ein linearer Zusammenhang zwischen der Fussgängerfrequenz und der Leistungsfähigkeit festgestellt werden: Pro 100 Fg/h nimmt die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt um rund 10% ab.
- Die Fussgänger-LSA führt aufgrund des Steuervorgangs zu einer Abminderung der Leistungsfähigkeit von mindestens 20% bis 25%. Mit zunehmendem Stauraum zwischen der LSA und der Kreiseleinfahrt nehmen die negativen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Zufahrt ab.
- Das Steuern der Querung über die Kreiselein- und Ausfahrt mit grünem Licht für die Fahrzeuglenkenden muss aus rechtlicher Sicht als kritisch beurteilt werden. Bei Schäden im Zusammenhang mit dem Steuern haftet unter Umständen der Strasseneigentümer.
- Auswirkungen Verkehrssicherheit  
Unfälle zwischen Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden sind äusserst selten. Statistisch signifikante Unterschiede gegenüber der Situation vor dem Inbetriebnehmen der Steuerung konnten weder in Wil (SG) noch in Chur (GR) ausgewiesen werden.

## 7. Beurteilung und Empfehlung

### 7.1. Beurteilung

#### *Allgemein*

- Mit der Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln können schienengebundene Fahrzeuge sicher den Kreisel queren oder einzelne Zufahrten bevorzugt behandelt werden.
- Eine Leistungssteigerung kann bei Kleinkreiseln, im Gegensatz zu Grosskreiseln, nicht erzielt werden.
- Das Beeinflussen des Verkehrs beschränkt sich auf das Zurückhalten eines Fahrzeugstroms. Eine gezielte Verkehrlenkung wie mit einem lichtsignalgesteuerten Knoten kann nicht erreicht werden. Die Steuerung von Kreiseln kann zum Pfortnern eingesetzt werden.
- Beim Überschreiten der Leistungsfähigkeit des Kreisels und Behinderungen im Abflussbereich kann mit dem Steuern der Verkehrsablauf auf tiefem Niveau aufrecht erhalten werden. Die Leistungsfähigkeit des Kreisels während dem Steuern sinkt jedoch auf rund 1'500 Fz/h.
- Bei Schienenübergängen dürfen Ampeln mit gelbem und rotem, jedoch ohne grünes Licht verwendet werden.

#### *Bevorzugen einer Zufahrt*

- Mit dem Steuern kann die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt erhöht werden. Eine deutliche Zunahme wird bei kurzer Eingriffsdauer, einer hohen Verkehrsbelastung auf der Kreiselfahrbahn sowie langen Wartezeiten auf der Zufahrt erzielt.
- Bei Leistungsreserven auf der anzuhaltenden Zufahrt, bei kurzen Eingriffen und kleiner Anzahl wird die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels durch das Beeinflussen des Verkehrsablaufes kaum reduziert. Ist die Leistungsfähigkeit der anzuhaltenden Zufahrt bereits vor dem Eingriff überschritten, wirkt sich der Eingriff negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus. Der zusätzliche Rückstau kann während der Hauptverkehrszeit nicht mehr abgebaut werden.
- Die Wahl der geeigneten Steuerungsart hängt stark von den Verkehrsströmen und Belastungen der einzelnen Zufahrten ab. Das Anhalten auf der Kreiselfahrbahn führt jedoch in der Regel zum Blockieren des Verkehrsablaufes und sollte nur in Kombination mit dem Anhalten des massgebenden Konfliktstroms auf der Zufahrt eingesetzt werden.
- Bei der Bevorzugung von Zufahrten ist der Einsatz einer LSA im Bedarfsbetrieb ohne grünes Licht in der Signalisationsverordnung<sup>5</sup> nicht vorgesehen.

---

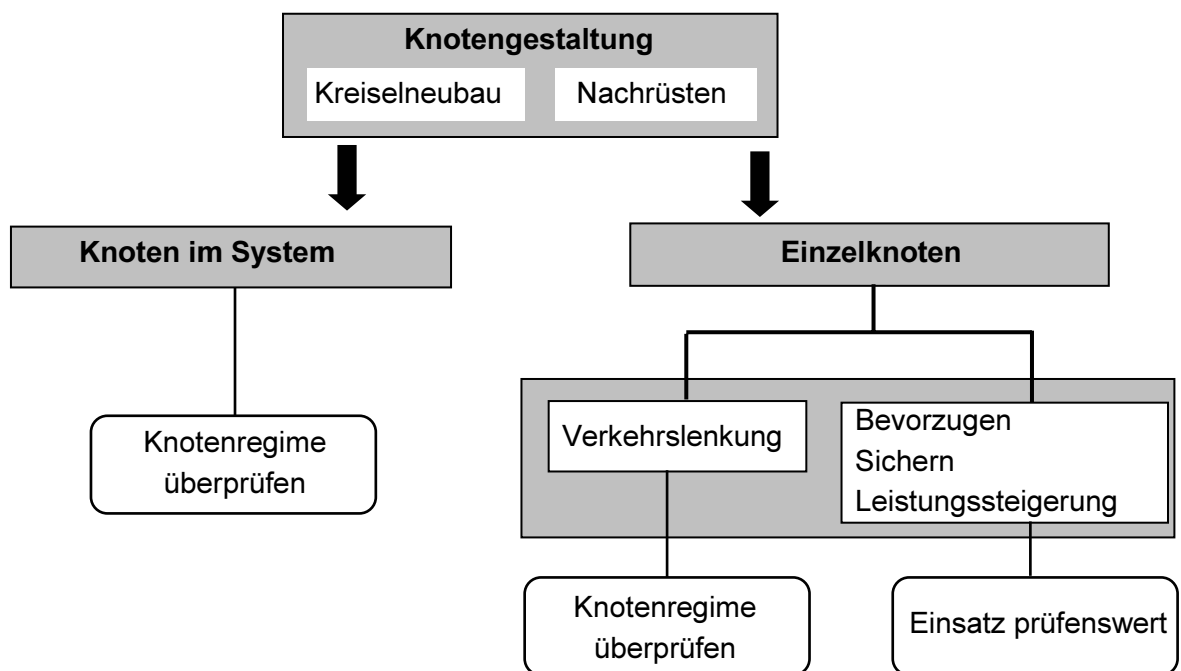
5 Art. 70, Abs. 1 und 4, Signalisationsverordnung SSV

***Bündeln der Fussgängerquerung***

- Der Einsatz einer LSA zum Steuern der Fussgängerquerung bei Knotenästen von Kreiseln kann sowohl aus Gründen der Verkehrssicherheit als auch der Bündelung der Fussgängerströme begründet sein.
- Die untersuchten Anordnungen der Steuerungen sind aus rechtlicher oder verkehrstechnischer Sicht unbefriedigend und teilweise gesetztes widrig.
- Mit einem genügend grossen Abstand (rund 30m) zwischen der Fussgängerquerung und der Einfahrt in den Kreisel gilt der Fussgängerübergang als eigenes Bauwerk und kann separat gesteuert werden. Missverständnisse über die Vortrittsverhältnisse bei der Einfahrt in den Kreisel können verhindert werden.
- Ein zusätzlicher gelb blinkender Signalgeber bei der Einfahrt in den Kreisel verdeutlicht den Fahrzeuglenkenden bei der Einfahrt in den Kreisel, dass die sekundären Signale („kein Vortritt“) gelten. Missverständnisse über die die Vortrittsverhältnisse bei der Einfahrt in den Kreisel können reduziert und die rechtliche Situation geklärt werden.

## 7.2. Leitfaden

Vermeehrt werden heute Kreisel mit Steuerungen nachgerüstet oder bereits direkt mit einer LSA geplant und gebaut. Zum Beurteilen der Zweckmässigkeit der Steuerung, der geeigneten Beeinflussungsart sowie der Anordnung und Bedingungen der betrieblichen Steuerungsmittel ergibt sich aufgrund der Erkenntnisse der Untersuchungen und Felderhebungen folgender Ablauf:



### **Knotenregime**

#### **Kreiselneubau**

Die Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln ist immer ein Kompromiss zwischen den Vorteilen des ungesteuerten Kreisels und den Zwängen, die eine Steuerung bedingen. Bei Neubauten von Kreiseln mit Steuerungen muss die Zweckmässigkeit und Notwendigkeit des gewählten Knotenregimes überprüft werden.

Bei Knoten in einem System sind die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und den Nutzen genau zu überprüfen

### **Funktion im Netz**

#### **Knoten im System**

Das permanente Steuern oder Bevorzugen einer Zufahrt (Beispielsweise in einem koordinierten Verkehrsablauf) führt zu einem trägen Verkehrsablauf und zu einer Abnahme der Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels.

Die Lenkung des Verkehrs durch das Steuern beschränkt sich weitgehend auf das Zurückhalten der Fahrzeuge bei einer Zufahrt.

#### **Nachrüsten**

Beim Auftreten eines Mangels im Verkehrsablauf wird oftmals das Nachrüsten einer Steuerung in Erwägung gezogen.

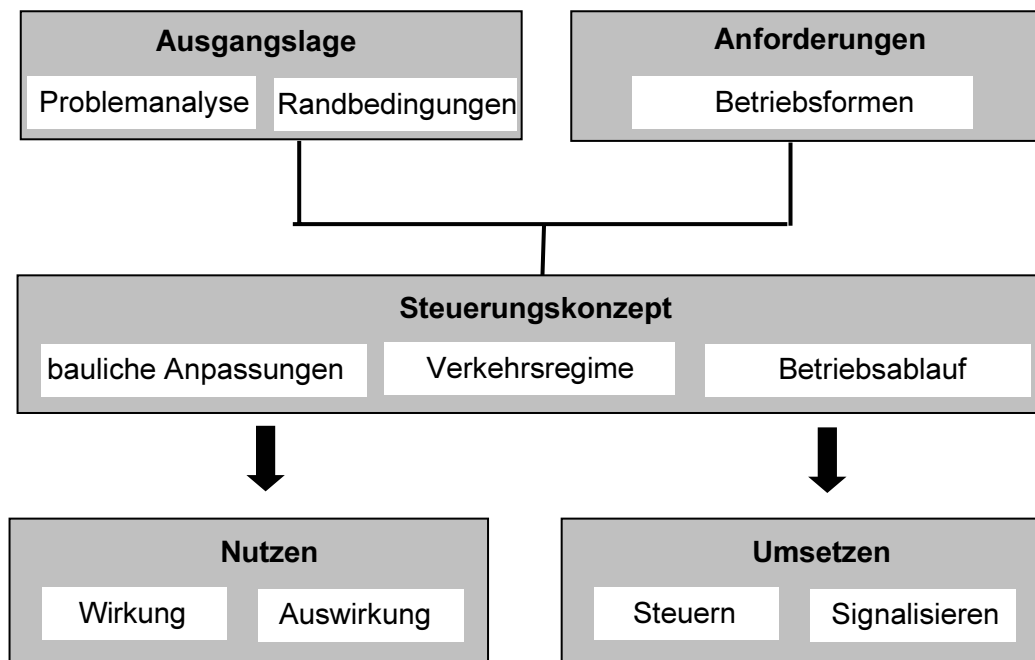
Eine detaillierte Problemanalyse, das Abgrenzen der Randbedingungen sowie das umfassende Beurteilen aller Lösungsvarianten sind wichtige Voraussetzungen für ein nachhaltiges Beheben des Mangels und eines effizienten Verbesserns des Verkehrsablaufes.

#### **Einzelknoten**

Bei einem Einzelknoten kann mit einer LSA der Verkehr beeinflusst und einzelne Beziehungen bevorzugt werden. Mit dem Steuern können teilweise die Vorteile von einem Kreisel mit den Steuerungsmöglichkeiten einer LSA verbunden werden.

Diese Mischlösung erreicht jedoch weder den flexiblen Verkehrsablauf des ungesteuerten Kreisels noch die Leistungsfähigkeit und Steuerungsmöglichkeiten einer LSA.

Mit dem Steuern an Kreiseln kann bei Einzelknoten der Verkehrsablauf gezielt beeinflusst und die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt verbessert werden. Abhängig von der Problemanalyse und den Randbedingungen sowie der Betriebsform (öffentlicher Verkehr, Fussverkehr und Spezialfälle) ergibt sich das geeignete Steuerungskonzept.



### **Betriebsform**

Abhängig vom Ziel der Verkehrsbeeinflussung können bei den Kreiseln verschiedene Betriebsformen und Steuerungsabläufe unterschieden werden. Dabei werden folgende Einsatzmöglichkeiten von gesteuerten Kreiseln unterschieden:

#### Öffentlicher Verkehr

- schienengebundene Fahrzeuge
- Linienbusse

#### Fussverkehr

- Fussgängerquerungen

#### Spezialfälle

- Steuern einzelner Verkehrsströme
- Gewährleisten Verkehrsablauf

### **Steuerungskonzept**

Die Steuerungsstrategie hängt von der gewählten Betriebsform, dem Verkehrsregime am Kreisel sowie den Anforderungen des Betriebsablaufs (Dauer und Häufigkeiten der Schaltungen) ab.

#### Bauliche Anpassungen

Mit baulichen Anpassungen kann die Geometrie auf das Steuerungskonzept ausgerichtet werden, so

#### Verkehrsregime

Die Wirkung der Steuerung hängt massgebend von den Verkehrsbelastungen und Strömen am Kreisel

#### Betriebsablauf

Steuerungseingriffe müssen auf kurze Zeitabschnitte beschränkt werden. Zwischen den einzelnen

dass die Auswirkungen während der Bevorzugung auf die übrigen Zufahrten minimiert werden (z.B. Bypass)

ab. Bei hochbelasteten Kreiseln mit Staus auf allen Zufahrten kann mit dem Steuern der Verkehrsablauf auf tiefem Niveau aufrechterhalten werden. Beim Überschreiten der Leistungsfähigkeit auf nur einer Zufahrt führt das Steuern zu einer Verbesserung des Verkehrsablaufes ohne negative Auswirkungen auf die Gesamtleistungsfähigkeit.

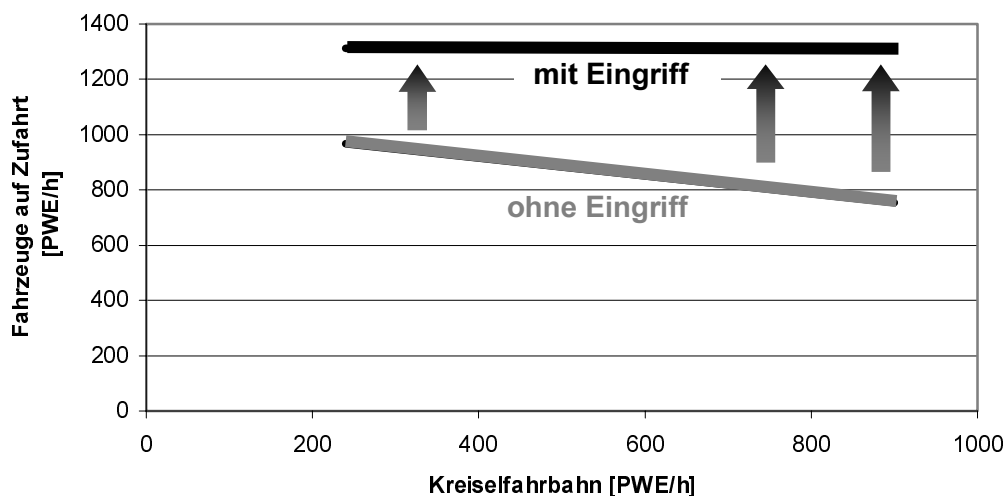
Eingriffen muss sich der Verkehrsablauf wieder normalisieren können.

## Nutzen

### Wirkung

- Die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt lässt sich mit beeinflussenden Massnahmen erhöhen. Der Verkehrsablauf kann verbessert und die Wartezeiten auf einzelnen Zufahrten reduziert werden.
- Eine deutliche Zunahme der Leistungsfähigkeit bedingt eine hohe Belastung auf der Kreiselfahrbahn sowie lange Wartezeiten pro Fahrzeug auf der Zufahrt.

Durch das Steuern des Kreisels kann die Leistungsfähigkeit einer Zufahrt kurzzeitig (Eingriffszeiten < 30 sec) auf rund 1'300 Fz/h gesteigert werden. Je tiefer die Verkehrsbelastung auf der Kreiselfahrt, desto grösser wird der Nutzen der Beeinflussung für die einfahrenden Fahrzeuge.



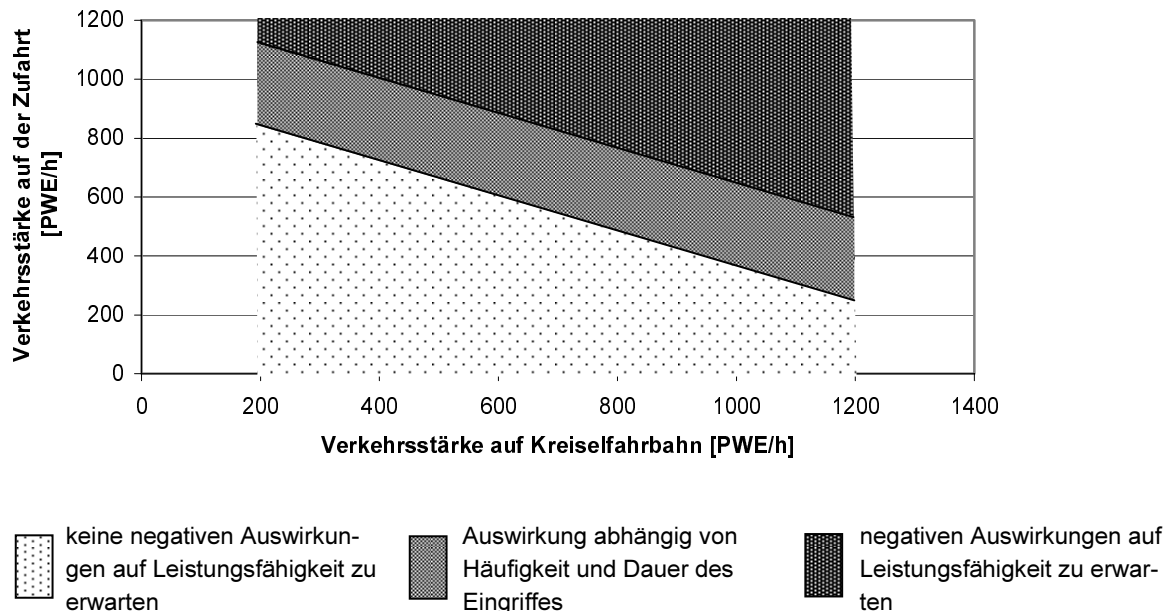
Der höchste Nutzen wird mit kurzen Eingriffszeiten (< 30 sec) erzielt. Mit zunehmender Eingriffsdauer reduziert sich die Wirkung.

### Auswirkungen

- Bei hochbelasteten Kreiseln wirkt sich der Eingriff negativ auf die Gesamtleistungsfähigkeit aus. Der zusätzliche Rückstau kann während der Hauptverkehrszeiten nicht mehr abgebaut werden.
- Bei langen Rotzeiten (>40 sec) wird vermehrt das Rotlicht missachtet, jedoch führen diese Missachtungen nur selten zu Unfällen.

In Abhängigkeit der Belastungen der zurückgehaltenen Zufahrten sowie der Häufigkeiten und der Dauer der Eingriffe ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen der Steuerung auf die Gesamtleistungsfähigkeit des Kreisels.

In der folgenden Abbildung sind in Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der zurückgehaltenen Zufahrt in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der Zufahrt und auf der Kreiselfahrbahn aufgezeigt.



## Umsetzen

### Steuern

Bei der Bevorzugung einer Zufahrt stellt sich die Frage nach der geeigneten Steuerungsart. Dabei kann zwischen dem Anhalten der Konfliktströme auf der Kreiselfahrbahn, dem Anhalten auf der Kreiselfahrt oder einer Kombination der beiden Ansätze unterschieden werden.

Mit baulichen Anpassungen (Bypass) können zudem die negativen Auswirkungen der Steuerung minimiert werden.

Ein Schema der geeigneten Steuerungsart in Abhängigkeit der Fahrzeugströme ist im Anhang 2 dargestellt  
 → ANHANG 2

### Signalisieren

Die an die Strassenbenützer gerichteten Signale sind in der SSV festgelegt. Dabei dürfen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Verkehr oder bei Spezialfällen (Tunnelsteuerung) Ampeln mit gelbem und rotem, jedoch ohne grünes Licht eingesetzt werden.

Zum Gewährleisten der Anforderungen an die Verkehrssicherheit sowie an den Verkehrsablauf muss die VSS SN 640 842 berücksichtigt werden.

Das Steuern einer Fußgängerquerung mit gelbem, rotem und grünem Licht ist

- über eine Kreiselausfahrt
- mit einem zusätzlichen Signalgeber (Gelb-Blinken) unmittelbar vor der Einfahrt in den Kreisel
- bei einem abgesetzten Übergang (> 30m), der als eigenes Bauwerk gilt, möglich

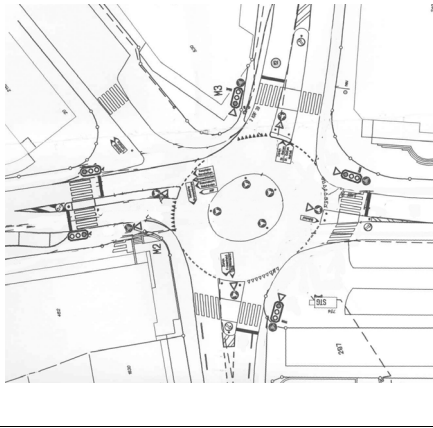
## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Leitfaden Kreisell, Baudepartement des Kantons Aargau  
Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Juni 2004
- [2] Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren  
Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen  
Verkehrstechnik Heft 95; Mai 2002
- [3] Einsatzkriterien für grosse Kreisverkehrsplätze mit und ohne Lichtsignalanlage an  
klassifizierten Strassen, Bundesministerium für Verkehr  
Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 788, 2002
- [4] Entwicklung eines Simulationsmodells für Kreisverkehrsplätze mit Lichtsignalanlagen  
Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr – Universität Bochum Heft 12, 1994
- [5] Kreisverkehrsplätze mit Lichtsignalanlagen  
W. Brilon, Ruhr – Universität Bochum  
Strassenverkehrstechnik Heft 8; 1995
- [6] Einsatzgrenzen von Kreisverkehrsanlagen  
Technische Universität Graz, Heft Nr. 24, 1998
- [7] Workshop ‚Kreisverkehr‘  
Tagungsband; Technische Universität Graz Heft Nr. 27, 2001
- [8] Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehrsplätzen  
FGSV Köln, 1998
- [9] Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung kleiner Kreisverkehrsplätze  
Freistaat Sachsen, 1994
- [10] Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Knoten mit Kreisverkehr  
SN 640 024, VSS, 1999
- [11] FA 1007 Höhengleiche Kreuzung Schiene / Strasse VSS 1999/111  
Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), 2001
- [12] SN 640 832 ‚Lichtsignalanlagen: Kopfnorm‘  
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, 1992
- [13] Die Kapazität von Knotenpunkten nach dem HBS 2001  
Strassenverkehrstechnik, Heft 9, 2004
- [14] Strassenprojektierung  
Vorlesungsunterlagen, IVT an der ETH Zürich, 1998
- [15] Neue kleine Kreisverkehre, verkehrssicher, umweltfreundlich, kostensenkend  
Seminar vom 23. Februar 1994  
Kreisverkehr – Neue Forschungsergebnisse, W. Brilon et al
- [16] Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen  
Ruhr-Universität Bochum, Juli 1993

## 9. Verzeichnis der ANHÄNGE

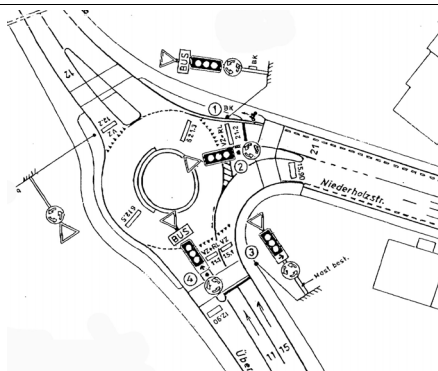
	ANHANG
<b>Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln (Beispiele)</b>	
Wil (SG): Busbevorzugung und Fussgängerquerung	1.1
Dietikon (ZH): Busbevorzugung	1.2
Zollikofen (BE): Busbevorzugung	1.3
Fällanden (ZH): Busbevorzugung und Pförtner	1.4
Chur (GR): Fussgängerquerung	1.5
Biel (BE): Fussgängerquerung	1.6
<b>Schema Steuerung in Abhängigkeit der Fahrzeugströme</b>	
Nachrüsten einer Steuerung	2.1
Kreiselneubau / Umbau mit Steuerung	2.2
<b>Felderhebungen</b>	
Erhebungsorte und Dauer	3.1
Aufnahmeprotokoll	3.2

**Wil (SG): Schwanenplatz**

<i>Betriebsform</i>	<b>Busbevorzugung und Fussgängerquerung</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Wil (SG): Schwanenplatz	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	im Siedlungsgebiet	
<i>Anz. Zufahrten</i>	vier	
<i>Beeinflussungsart</i>	nur nach Busanmeldung in Betrieb, sonst dunkel	
<i>Funktionsprinzip</i>	<p>Nach einer Busanmeldung werden die Zufahrten der Konfliktströme angehalten. Auf der Zufahrt mit Busanmeldung weiterhin ‚gelb blinken‘</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. alle Ampeln auf dunkel</li> <li>2. nach Busanmeldung Anlage auf ‚gelb blinken‘</li> <li>3. Zufahrten über stehendes gelb auf rot</li> <li>4. Zufahrt mit Busanmeldung blinkt weiter, Kreisell wird nur mit Fahrzeugen aus dieser Zufahrt gespiesen</li> <li>5. alle Zufahrten über ‚gelb blinken‘ zurück auf dunkel</li> </ol>	
<i>Gesamtbelastung</i>	Spitzenstunde: ca. 2'200 Fz/h, 300 Zr/h, 35 Buskurse/h und total rund 1'500 Fg/h	
<i>OeV: Anz. Kurse</i>	35 Buskurse aus drei Richtungen	
<i>Ausgangslage</i>	Als Folge einer Überlastung des Kreisels werden der motorisierte Individualverkehr, der Zweiradverkehr und vor allem der öffentliche Verkehr stark behindert. Die Stadt- und Regionalbusse, die durch den Kreisell fahren, müssen während der Spitzenzeiten erhebliche Verspätungen in Kauf nehmen.	
<i>Massnahme</i>	Mit einer Lichtsignalanlage zur Busbevorzugung am und im Kreisell kann ein wesentlicher Mangel des Kreisels gegenüber einem gesteuerten Knoten wettgemacht werden.	
<i>Unfälle</i>	<p>Phase ohne LSA (1.1.00 – 4.6.01): acht registrierte Unfälle mit drei Verletzten, davon vier Richtungswechsel / Abbiegen</p> <p>Phase mit LSA (5.6.01 – 31.12.02): sieben Unfälle mit drei Verletzten, davon vier Richtungswechsel / Abbiegen (keine Angaben LSA in / ausser Betrieb)</p>	
<i>Öffentlicher Verkehr</i>	Obwohl zu Spitzenzeiten keine 100% Privilegierung garantiert ist, kann der OeV von einer grosszügigen ‚Grünzeit‘ profitieren, welche eine Überwindung von rund 85% der Staulänge ermöglicht.	
<i>Individualverkehr</i>	Die gesamte Bevorzugung wirkt sich negativ auf den Individualverkehr aus. Während der Bus bevorzugt behandelt wird, stehen die konfliktbehafteten Beziehungen auf Rot. In diesen Abschnitten wachsen die Staulängen an. Mit der nicht 100 – prozentigen Busbevorzugung kann aber ein Zusammenbrechen des Systems verhindert werden.	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Die Erfahrungen mit der Lichtsignalanlage zur Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs am Schwanenkreisell in Wil sind positiv.	

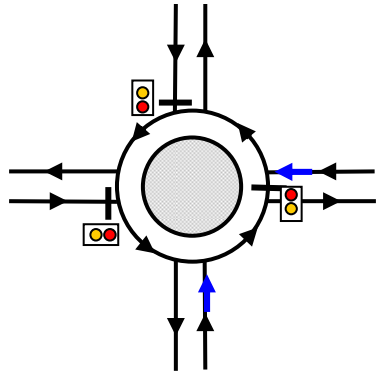


**Dietikon (ZH): Fahrweid**

<i>Betriebsform</i>	<b>Busbevorzugung</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Dietikon (ZH): Fahrweid	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	ausserhalb Siedlungsgebiet	
<i>Anz. Zufahrten</i>	drei	
<i>Beeinflussungsart</i>	nur nach Busanmeldung in Betrieb, sonst dunkel (Dreikammerampeln)	
<i>Funktionsprinzip</i>	<p>nach einer Busanmeldung werden in Abhängigkeit der Rückstaulänge eine oder beide Zufahrten der Konfliktströme angehalten.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. alle Ampeln auf dunkel</li> <li>2. nach Busanmeldung Konfliktströme auf ‚gelb blinken‘</li> <li>3. Zufahrten über stehendes gelb auf rot</li> <li>4. Zufahrten über ‚gelb blinken‘ zurück auf dunkel</li> </ol> <p>Signal ‚Bus‘ als Zusatzinformation</p>	
<i>Gesamtbelastung</i>	Abendspitze 1994: 2'500 Fz/h	
<i>OeV: Anz. Kurse</i>	Zwei Linien im 30 min – Takt → 4 Kurse / h	
<i>Ausgangslage</i>	Während der Hauptverkehrszeiten baut sich auf der Zufahrt Überlandstrasse aus Richtung Dietikon ein Rückstau auf. Da für den OeV kein separater Fahrstreifen zur Verfügung steht, erleiden die Busse die selben Zeitverluste wie der mIV.	
<i>Massnahme</i>	Die Einschaltung der Busbeschleunigungsanlage erfolgt in zwei Schritten. Die Beeinflussungsanlage kann nur eingeschaltet werden, wenn der Rückstau genügend lang ist und eine Busanmeldung vorliegt.	
<i>Unfälle</i>	Gemäss Aussagen der Kantonspolizei ereignen sich am Kreisel Fahrweid sehr wenige Unfälle.	
<i>Öffentlicher Verkehr</i>	Der Betreiber der Busse beurteilt die Busbevorzugung am Kreisel als gut.	
<i>Individualverkehr</i>	Akzeptanz sinkt mit zunehmender Wartezeit	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Die Räumung des Fahrstreifens mit Busanmeldung verläuft eher zögernd mit entsprechend langen Rotzeiten auf den Konfliktströmen Trotz der Information ‚Bus‘ werden nach rund 40 sec. vermehrt Rotlichtübertretungen festgestellt.	

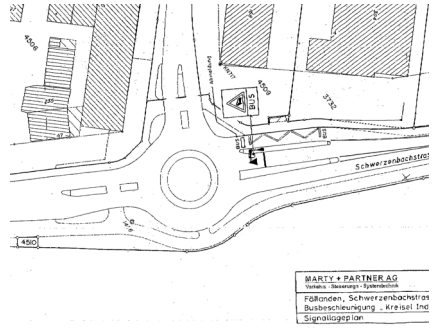


**Zollikofen (BE): Bern- / Zürichstrasse**

<i>Betriebsform</i>	<b>Busbevorzugung</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Zollikofen (BE):	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	ausserhalb Siedlungsgebiet	
<i>Anz. Zufahrten</i>	vier	
<i>Beeinflussungsart</i>	nur nach Busanmeldung in Betrieb, sonst dunkel (Zweikammerampeln)	
<i>Funktionsprinzip</i>	nach einer Busanmeldung werden die Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn unmittelbar vor der Einfahrt mit Busanmeldung angehalten. Auf der Zufahrt mit der Busanmeldung wird nichts angezeigt. <ul style="list-style-type: none"> <li>1. alle Ampeln auf dunkel</li> <li>2. nach Busanmeldung Ampel auf Kreiselfahrbahn über stehendes gelb auf rot</li> <li>3. Ampel über ‚gelb blinken‘ zurück auf dunkel</li> </ul>	
<i>Ausgangslage</i>	Während der Hauptverkehrszeiten ist die Leistungsfähigkeit des Kreisels überschritten und die Fahrzeuge stauen sich bei den Zufahrten. Die Busse, die aus zwei Richtungen diesen Kreisel befahren, erleiden denselben Zeitverlust wie der MiV.	
<i>Massnahme</i>	Unmittelbar vor den Kreiseleinfahrten wurde auf der Kreiselfahrbahn eine Ampel montiert. Nach einer Busanmeldung werden die Fahrzeuge auf der Kreiselfahrbahn angehalten und die Zufahrt mit der Busanmeldung kann ohne grosse Zeitverluste geräumt werden. Die angrenzende Kreiselzufahrt kann durch wartende Fahrzeuglenkende blockiert werden.	
<i>Öffentlicher Verkehr</i>	Die Verlustzeiten für den OeV konnte stark reduziert werden. Je nach Rückstaulänge auf der Zufahrt können sie jedoch weiterhin im Bereich von 60 Sekunden liegen. Auf einer Zufahrt steht dem Bus ein separater Fahrstreifen bis unmittelbar vor der Kreiseleinfahrt zur Verfügung.	
<i>Individualverkehr</i>	Während der Erhebung konnten vereinzelte Rotlichtmissachtungen festgestellt werden.	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Gemäss Aussagen des Strassenverkehrs- und Schifffahrtsamt des Kantons Bern ist der Betreiber des öffentlichen Linienbetriebs mit der Bevorzugung am Kreisel weitgehend zufrieden.	

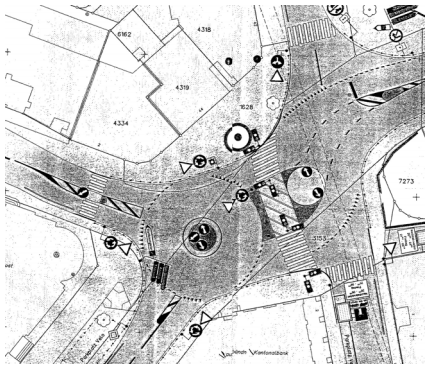


**Fällanden (ZH): Kreisel Industrie**

<i>Betriebsform</i>	<b>Busbevorzugung und Pförtner</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Fällanden (ZH): Kreisel Industrie	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	am Siedlungsrand	 <p>WARTY + PARTNER AG Ingenieur-Planung-Gesellschaft Fällanden, Schwerzenbacherstrasse Busbeeinflussung - Kreisel Ind. Signalgeplän</p>
<i>Anz. Zufahrten</i>	drei	
<i>Beeinflussungsart</i>	nach Busanmeldung oder bei Überlastung im Zentrum in Betrieb, sonst dunkel	
<i>Funktionsprinzip</i>	<p>Nach einer Busanmeldung wird die Zufahrt angehalten.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. alle Ampeln auf dunkel</li> <li>2. nach Busanmeldung Anlage auf ‚gelb blinken‘</li> <li>3. Zufahrten über stehendes gelb auf rot</li> <li>4. Bus kann über eigenen Fahrstreifen in Kreisel einfahren</li> <li>5. Signalgeber über ‚gelb blinken‘ zurück auf dunkel</li> </ol>	
<i>Gesamtbelastung</i>	Spitzenstunde: ca. 800 Fz/h in Richtung Zentrum (Stau im Zentrum)	
<i>OeV: Anz. Kurse</i>	4 Buskurse in Richtung Zentrum	
<i>Ausgangslage</i>	Als Folge der Überlastung im Zentrum stauen sich die Fahrzeuge auf der Schwerzenbacherstrasse. Der Rückstau beträgt mehrere 100m. Die Linienbusse aus Richtung Schwerzenbach müssen während der Spitzenzeiten erhebliche Verspätungen in Kauf nehmen. Leistungsfähigkeit des Kreisels ist gewährleistet, jedoch stauen sich die Fahrzeuge vom Zentrum über den Kreisel zurück.	
<i>Massnahme</i>	Auf einem separaten Fahrstreifen kann der Bus ausserhalb des Siedlungsgebiets den Rückstau überholen. Nach der Busanmeldung werden die Fahrzeuge auf der Kreiselfahrt angehalten und der Rückstau im Zentrum beginnt sich abzubauen. Der Bus fährt über einen separaten Fahrstreifen in den Kreisel ein. Anschliessend wird die Fahrt für die Fahrzeuge wieder frei gegeben.	
<i>Unfälle</i>	keine registrierte Unfälle während dem Betrieb der Steuerung	
<i>Öffentlicher Verkehr</i>	Die Linienbusse können einen Grossteil des Rückstaus ausserhalb des Siedlungsgebiets umfahren. Gleichzeitig wird durch die Pförtnerumfahrung der Rückstau im Zentrum abgebaut und der Bus fährt als Pulkführer durch das Siedlungsgebiet.	
<i>Individualverkehr</i>	Die Akzeptanz der Fahrzeuglenkenden ist im Allgemeinen gut. Vermehrt werden nach dem Einschalten vermehrt Rotlichtübertretungen festgestellt. Insbesondere die Fahrzeuglenkenden in die Industrie missachten das Rotlicht. Vereinzelt fahren sie auch über den Busstreifen um die Kolonne zu umfahren und in die Industrie einbiegen zu können.	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Die Steuerung ist eigentlich am Kreisel vorgelagert. Der Verkehrsablauf am Kreisel wird durch die LSA nicht oder nur gering beeinflusst. Von der Steuerung profitiert keine Zufahrt durch das Erhöhen der Zeitlücken.	

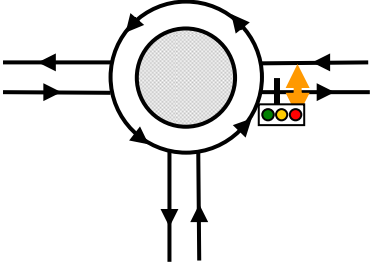


**Chur (GR): Postplatz**

<i>Betriebsform</i>	<b>Fg - Steuerung</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Chur (GR): Postplatz	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	im Siedlungsgebiet	
<i>Anz. Zufahrten</i>	drei	
<i>Beeinflussungsart</i>	Festzeitgesteuerte Fussgänger - LSA (Dreikammerampeln mit rotem, gelbem und grünem Licht)	
<i>Funktionsprinzip</i>	<p>Tagsüber ist die LSA in Betrieb und läuft nach einem festgelegten Programm:</p> <p>zw. 9.30 und 11.00 Uhr: Umlaufzeit = 42 sec; <math>t_{\text{grün}}</math> (Fg) = 17 sec</p> <p>zw. 11.00 und 19.00 Uhr: Umlaufzeit = 50 sec; <math>t_{\text{grün}}</math> (Fg) = 17 sec</p> <p>Während der Nacht ist die LSA auf Blinken eingestellt.</p>	
<i>Gesamtbelastung</i>	<p>Während Spitzenstunde: Ca. 1'800 Fz/h, 1'200 FG/h in Nord – Süd Richtung</p>	
<i>OeV: Anz. Kurse</i>	OeV auf verschiedenen Achsen	
<i>Ausgangslage</i>	Als Folge einer Überlastung des Kreisels werden der motorisierte Individualverkehr, der Zweiradverkehr und vor allem der öffentliche Verkehr stark behindert. Insbesondere die starken Fussgängerströme führen zu einer Einbusse der Leistungsfähigkeit des Kreisels.	
<i>Massnahme</i>	Mit einer Lichtsignalanlage werden die Fussgängerströme in der Nord – Südrichtung über die Grabenstrasse geführt.	
<i>Unfälle</i>	Gemäss Angaben der Stadtpolizei passieren Unfälle mit Fussgängern und Fahrzeuglenkern sehr selten.	
<i>Individualverkehr</i>	Die Akzeptanz seitens der Fahrzeuglenkenden ist gemäss Stadtpolizei gut, d.h. die Fahrzeuglenkenden berücksichtigen Mehrheitlich das Signal, Übertretungen sind sehr selten.	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Mit dem Umbau der vortrittsbelasteten Kreuzung in einen Kreisel mit Fussgängerregelung mittels einer LSA hat sich der Verkehr wesentlich verflüssigt und beruhigt, obwohl eine Verkehrszunahme erfolgte.	



**Biel (BE): Seevorplatz**

<i>Betriebsform</i>	<b>Fg - Steuerung</b>	
<i>Örtlichkeit</i>	Seevorplatz (Biel)	<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>	im Siedlungsgebiet	
<i>Anz. Zufahrten</i>	drei	
<i>Beeinflussungsart</i>	Fussgänger - LSA auf Anmeldung (Dreikammerampeln mit rotem, gelbem und grünem Licht)	
<i>Funktionsprinzip</i>	Nach einer Fussgängeranmeldung werden nur die aus dem Kreisel ausfahrenden Fahrzeuglenkenden angehalten. Der Fg - Übergang über die Kreiselfahrt ist ungesteuert; somit genießt der Fussgänger das Vortrittsrecht	
		<p>Ø 27 m</p> <p>einstreifige Zufahrten und einstreifige Kreiselfahrbahn</p>
<i>Ausgangslage</i>	Während schönen Sommertagen blockierten die vielen querenden Fussgänger die Kreiselein- und Ausfahrt mit Rückstaus bis in die Kreiselfahrbahn. Während der Hauptverkehrszeiten kommt der Verkehrsablauf im Kreisel zeitweise zum Erliegen.	
<i>Massnahme</i>	Mit der Fg – Lichtsignalanlage konnten die Fussgängerströme gebündelt und die Behinderungen im Verkehrsablauf stark reduziert werden. Während der Rotphase für die ausfahrenden Fahrzeuglenkenden stauen sich zeitweise die Fahrzeuge bis auf die Kreiselfahrbahn zurück und blockieren kurzfristig den Verkehrsablauf am Kreisel.	
<i>Unfälle</i>	keine registrierten Unfälle während der Steuerung	
<i>Individualverkehr</i>	Die Akzeptanz seitens der Fahrzeuglenkenden ist gemäss Strassenverkehrs- und Schiffsamtsamt gut, d.h. die Fahrzeuglenkenden berücksichtigen mehrheitlich das Signal, Übertretungen werden selten registriert. Bereits nach kurzer Zeit wird die Kreiselfahrbahn durch wartende Fahrzeuglenkende blockiert.	
<i>Gesamtbeurteilung</i>	Die Verkehrssituation hat sich für alle Verkehrsteilnehmende verbessert.	



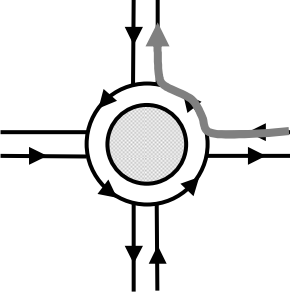
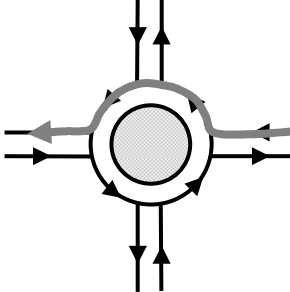
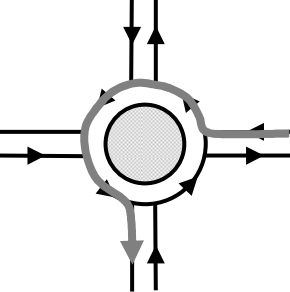
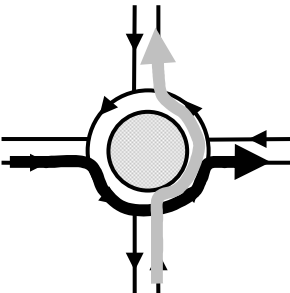
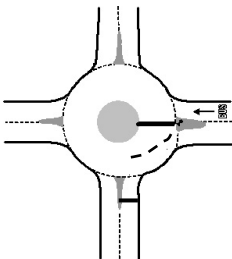
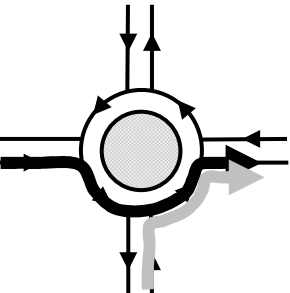
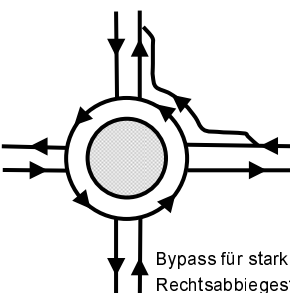
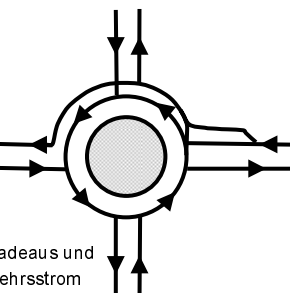
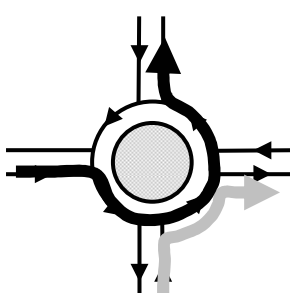
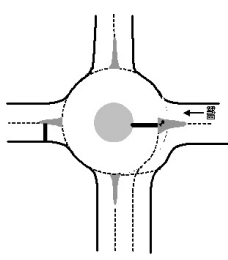
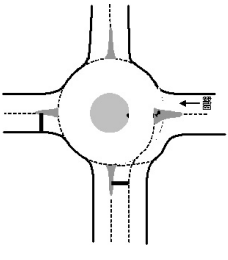
**Nachrüsten einer Steuerung**

In der folgenden Übersicht ist das geeignete Steuerungskonzept in Abhängigkeit der Busführung und der massgebenden Fahrzeugströme dargestellt. Der Kreisel wird ohne bauliche Anpassungen mit einer LSA ausgerüstet.

<p>Busführung</p> <p>massgebender Fz - Strom</p>			
	<p>oder</p> <p>- auf massgebender Zufahrt</p>	<p>oder</p> <p>- auf massgebender Zufahrt - auf Kreiselfahrbahn</p>	<p>- auf massgebenden Zufahrten</p>
		<p>oder</p> <p>..... Busspur</p>	
	<p>oder</p> <p>- auf massgebender Zufahrt</p>	<p>oder</p> <p>- auf massgebender Zufahrt - auf Kreiselfahrbahn</p>	<p>- auf massgebenden Zufahrten</p>
	<p>- auf massgebender Zufahrt - auf Kreiselfahrbahn</p>		<p>- auf massgebenden Zufahrten</p>

**Kreiselneubau / Umbau mit Steuerung**

In der folgenden Übersicht sind mögliche baulichen Ergänzungen in Abhängigkeit der Busführung und der massgebenden Fahrzeugströme dargestellt. Durch den Kreiselnneubau oder einen Umbau kann die Geometrie der Steuerung angepasst werden, so dass die Auswirkungen während der Bevorzugung auf die übrigen Zufahrten geringer sind.

<p>Busführung</p> <p>massgebender Fz - Strom</p>			
	<p>Aufweiten der Kreiselfahrbahn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewährleistet Ausfahrt aus dem Kreiseln vor der Busbevorzugung</li> <li>- Verhindert das Blockieren des Kreisels durch wartende Fahrzeuge</li> </ul>		
	 <p>Bypass für starken Rechtsabbiegestrom</p>	<p>Bei ausgeprägten Abbiegeströmen kann die Leistungsfähigkeit der überlasteten Zufahrt mit dem Bus durch einen Bypass erhöht werden</p> <p>→ Leistungsfähigkeit des Kreisels wird erhöht</p> <p>Bypass für starken geradeaus und linksabbiegenden Verkehrsstrom</p>	
		<p>Bypass bei der Zufahrt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewährleistet Rechtsabbiegen und erhöht Leistungsfähigkeit während Busbevorzugung</li> <li>- Erhöht Leistungsfähigkeit unabhängig Busbevorzugung</li> </ul>	

## Felderhebungen

Für die quantitative Abschätzung der Steuerung aus Sicht der Verkehrsbelastung und Zusammensetzung sowie zum Aufzeigen der Auswirkungen auf den Verkehrsablauf wurden bei folgenden Kreiseln Verkehrsbeobachtungen durchgeführt und die notwendigen Verkehrsdaten erfasst.

Örtlichkeit	Kreisel	Zufahrt	Datum	Verkehrsbeobachtungen und -erfassung
Dietikon ZH	Fahrweid	Zufahrt Dietikon Zufahrt Weiningen	15. Mai 03 30. Sept. 03 1. Okt. 03 14. Okt. 04	6.30 – 8.00 Uhr 6.30 – 7.30 Uhr 17.00 – 17.45 Uhr 6.30 – 8.00 Uhr
Wil SG	Schwanenplatz	Zürcherstrasse Bahnhofstrasse Lerchenfeldstrasse Bronschhoferstrasse	11. Feb. 04 15. Dez. 04	16.00 – 18.00 Uhr 16.00 – 18.00 Uhr
Zollikofen BE	Bern- / Zürichstrasse	Zollikofen Münchenbuchsee	13. Mai 03 31. März 05	17.00 – 18.00 Uhr 16.30 – 18.30 Uhr
Chur GR	Postplatz	Fussgängerquerung	19. Nov. 04	17.30 – 19.30 Uhr
Volketswil ZH	Industrie- / Greifensee- seestrasse	Industriestrasse Greifenseestrasse	23. Nov. 04	17.00 – 18.30 Uhr
Uster ZH	Zürich- / Bahnhofstrasse	Zürcherstrasse	22. Nov. 04	17.00 – 18.00 Uhr
Biel BE	Seevorstadt	Ländtestrasse	13. Mai 03 31. Aug. 04	16.00 – 17.00 Uhr 12.00 – 13.00 Uhr
Biel BE	Zürich- / Renfer- / Oppligerstrasse	Johan Renferstrasse Fritz Oppligerstrasse	31. Aug. 04	16.30 – 17.30 Uhr

**Aufnahmeprotokoll: Felderhebungen**

<i>Betriebsform</i>		
<i>Örtlichkeit</i>		<i>Schemaskizze</i>
<i>Lage</i>		
<i>Anz. Zufahrten</i>		
<i>Beeinflussungsart</i>		
<i>Funktionsprinzip</i>		

<i>Unbeeinflusster Verkehrsablauf</i>					
<i>Zufahrt 1</i>				<i>Datum / Zeit</i>	
<i>Zeit</i>	<i>Fz Zufahrt</i>	<i>Fz Kreiselfahrbahn</i>	<i>Rückstau auf Zufahrt</i>	<i>Fg-Querungen</i>	<i>Erfassungszeit</i>

<i>Unbeeinflusster Verkehrsablauf</i>					
<i>Zufahrt 2</i>				<i>Datum / Zeit</i>	
<i>Zeit</i>	<i>Fz Zufahrt</i>	<i>Fz Kreiselfahrbahn</i>	<i>Rückstau auf Zufahrt</i>	<i>Fg-Querungen</i>	<i>Erfassungszeit</i>

<i>Unbeeinflusster Verkehrsablauf</i>					
<i>Zufahrt 3</i>				<i>Datum / Zeit</i>	
<i>Zeit</i>	<i>Fz Zufahrt</i>	<i>Fz Kreiselfahrbahn</i>	<i>Rückstau auf Zufahrt</i>	<i>Fg-Querungen</i>	<i>Erfassungszeit</i>

**Beeinflusster Verkehrsablauf:**

Bevorzugte Zufahrt								
Zufahrt			Datum / Zeit					
Zeit	Bevorzugung		Fz - Einfahrt	Fz auf Kreiselfahrbahn	Fussgänger-Querungen	Rückstau		Bemerkung
	ein	aus				vor	nach	

Zurückgehaltene Zufahrt 1								
Zufahrt			Datum / Zeit					
Zeit	LSA		Rückstau		Fussgänger-Querungen	Rotlicht-missachtungen	nach Auflösung	
	ein	aus	vor	nach			Fz Zufahrt	Zeit

Zurückgehaltene Zufahrt 2								
Zufahrt			Datum / Zeit					
Zeit	LSA		Rückstau		Fussgänger-Querungen	Rotlicht-missachtungen	nach Auflösung	
	ein	aus	vor	nach			Fz Zufahrt	Zeit

Anhalten auf Kreiselfahrbahn								
Zufahrt			Datum / Zeit					
Zeit	LSA		Fz vor LSA	Blockieren Kreiselfb	Auswirkungen Zufahrten	nach Auflösung		
	ein	aus				Fz Zufahrt	Zeit	