



Working Paper

Auswirkungen des Grünblinkens bei lichtsignalgesteuerten Knoten auf die Verkehrssicherheit

Author(s):

Köll, H.; Bader, M.; Axhausen, Kay W.

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004726683> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

AUSWIRKUNGEN DES GRÜNBLINKENS BEI LICHTSIGNALGESTEUERTEN KNOTEN AUF DIE VERKEHRSSICHERHEIT

(H. Köll, M. Bader, K.W. Axhausen)

1 Ausgangslage

In Österreich wurde mit der 3. StVO-Novelle vom 22.05.1969 Grünblinken zur Ankündigung des Endes der Freigabezeit eingeführt. Während in vielen anderen Ländern Europas und in den USA Forschungsarbeiten und Tests mit Grünblinken und anderen Ankündigungssignalen zu keiner eindeutigen Präferenz führten und unterschiedliche Auswirkungen zeigten, wurden ungeachtet dessen in Österreich bis 1988 sämtliche Lichtsignalanlagen umgestellt.

Der ausschlaggebende Grund für die Einführung des Grünblinkens ist heute nicht mehr eruierbar. Nach Aussagen von Beteiligten wurde vermutlich nach einer starken Zunahme von rechtwinkligen Kollisionen an Kreuzungen die Vorankündigung der zu erwartenden Sperre der Zufahrt für notwendig erachtet.

In mehreren Beiträgen haben wir bereits von der vom Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds sowie mehreren Städten und Bundesländern in Österreich geförderten Forschungsarbeit zur Ermittlung der Auswirkungen des Grünblinkens auf die Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit von lichtsignalgesteuerten Knoten (Köll et al. 2003) berichtet. Dabei wurden die Erhebungsmethode mit digitaler Bildauswertung sowie Ergebnisse betreffend regelwidriges Fahrverhalten (Köll et al. 2001), Entscheidungsverhalten (Köll et al. 2002) und die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit beschrieben.

Im vorliegenden Beitrag zu diesem Thema sind die wesentlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit zusammengefasst. Anhand von Konfliktbeobachtungen und der Analyse von Unfallzahlen an rund 50 Knoten in Österreich sowie 50 Knoten in der Schweiz und in Deutschland sollen die Zusammenhänge zwischen Unfallhäufigkeiten unterschiedlicher Typen und der Lichtsignal aufgezeigt werden.

2 Methode

Für eine möglichst umfassende Beurteilung der Auswirkungen des Grünblinkens auf die Verkehrssicherheit wurden drei sehr unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt:

- Die Analyse der Gelb- und Rotüberfahrten sollte als Indikator für rechtwinklige Kollisionen dienen. Frühzeitiges Anhalten müsste auch zu einer geringeren Anzahl von rechtwinkligen Kollisionen führen.
- Konfliktbeobachtungen wurden durchgeführt, um einen Hinweis auf das Unfallpotential für ausländische FahrzeuglenkerInnen durch die ungewohnte Signalfolge zu erhalten.

- Die Analyse von Unfalldaten in Österreich, der Schweiz und Deutschland sollen Aufschluss über Häufigkeit und Typ von Unfällen in Abhängigkeit unterschiedlicher Knotengeometrien, -Belastungen und Steuerungsvariablen (insbesondere mit/ohne Grünblinken) geben.

Das Vorgehen bei der Datenerhebung und die Ergebnisse der Gelb- und Rotüberfahrten wurden in Köll et al. (2001) bereits vorgestellt. Grob zusammengefasst führt in einer Entscheidungssituation Grünblinken an Lichtsignalanlagen in Österreich durch die vergleichsweise viel häufigeren Halt-Entscheidungen zu einer deutlich geringeren Anzahl von Gelb- und Rotüberfahrten. Allerdings werden in der Schweiz durch Koordination und verkehrsabhängige Steuerung mit Zeitlückenkriterium solche Entscheidungssituationen weitestgehend vermieden, wodurch in der Summe aller Umläufe ähnlich geringe Werte wie in Österreich erreicht werden.

Unfälle mit Ausländerbeteiligung treten in Österreich relativ selten auf. Die Probleme ausländischer FahrzeuglenkerInnen mit der österreichischen Signalfolge lassen sich daraus nicht klar erkennen und auch nicht nachweisen. Verkehrskonflikte treten im Vergleich zu Unfällen in wesentlich größerer Zahl auf. Ihre Beobachtung ermöglicht eine aktuelle und schnelle Mängelanalyse und soll die Unfallanalyse im Hinblick auf die Unfälle mit Ausländerbeteiligung ergänzen.

Für die vorliegende Fragestellung sollten dazu VLSA-geregelte Kreuzungen mit unterschiedlicher Geometrie und einem vermuteten hohen Anteil ausländischer Fahrzeuge unter verschiedenen Verkehrsbedingungen beobachtet werden. Die Knoten sollten idealerweise grenznah bzw. so positioniert sein, dass möglichst viele AusländerInnen zum ersten Mal auf eine VLSA-gesteuerte Kreuzung in Österreich treffen. Die Wahl fiel auf vier Knoten in Tirol und Vorarlberg. Die Erhebungen wurden von zwei ausgebildeten Konfliktbeobachtern an Freitagen und Samstagen zwischen 15 und 36 Stunden durchgeführt. Es wurden schwere Konflikte, leichte Konflikte und konfliktfreie Interaktionen getrennt erfasst. Zusätzlich wurde die nach in- und ausländischen Kraftfahrzeugen unterschiedene Zufahrtsbelastung erhoben.

Die umfangreichsten Arbeiten wurden bei der Analyse von Unfallzahlen an rund 50 Knoten in Österreich sowie insgesamt 50 Knoten in der Schweiz und in Deutschland durchgeführt. Hierfür wurden neben den Unfalldaten mit sehr viel Aufwand knotenspezifische Variablen erhoben, wie z.B.

- Lage des Knotens (innerorts dicht/ locker verbaut, außerorts)
- Straßenkategorie und Orientierung der Zufahrt
- Anzahl und Art der Fahrstreifen in der Zufahrt
- Anzahl und Lage der Signalgeber
- Verkehrsbelastung und Verkehrsfluss (zufällig, gepulkt, koordiniert, Geschwindigkeit)
- Steuerung (Festzeitsteuerung, Freigabezeit Anpassung etc., Rotlichtüberwachung)

Bei der Auswahl der Knoten wurde versucht, ein breites Spektrum mit verschiedenen Geometrien und Steuerungsarten abzudecken, nach Möglichkeit sollten auch die Verkehrsstärken bekannt sein. Zur

Beschreibung der Verkehrsbelastung wurden zuerst Abendspitzenstunden von "normalen" Werktagen herangezogen, da diese Daten für einen Großteil der Knoten in Form von kurzzeitigen händischen Knotenstromzählungen oder Messungen mit Schleifendetektoren zur Verfügung standen. Da aber die Betriebszeiten werktags und speziell an Wochenenden sehr unterschiedlich sind, mussten zusätzlich auch die Verkehrsbelastungen während der Betriebszeiten ermittelt werden, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen. Zu diesem Zweck wurden in jedem betrachteten Gebiet mehrere Dauerzählstellen analysiert, die Knoten entsprechend ihrer Charakteristik zugeordnet und über Prozentanteile die Jahresverkehrsstärke während der VLSA-Betriebszeiten näherungsweise bestimmt.

Mit der Lage des Knotens, der Anzahl Zufahrten, Fahrstreifen und Signalgeber wird die Komplexität, die Ausdehnung und das Umfeld des Knotens beschrieben. Mit den steuerungsspezifischen Variablen soll unter anderem der vermutete Einfluss von Zeitlückensteuerung und Koordination verifiziert werden.

Die Unfalldaten wurden für einen Zeitraum von 5 Jahren erfasst und beinhalten

- Unfalltyp
- Datum und Uhrzeit
- Verletzungsgrad
- Fahrbahnzustand
- Lichtverhältnisse
- Beteiligung von Ausländern/Österreichern
- Angaben über die betroffene Zufahrt (sofern Zuordnung möglich) und darüber, ob die VLSA in Betrieb war oder nicht

Die Unfalldaten wurden händisch aus den Protokollen entnommen oder Auswertungen von Unfalldatenbanken durchgeführt. Die herrschenden Lichtverhältnisse sind aus den Unfalldaten nicht ersichtlich, konnten jedoch auf Grundlage von Datum und Uhrzeit des Unfalles sowie den Sonnenauf- und Untergangszeiten in den betrachteten Städten grob ermittelt werden.

Sachschadenunfälle werden nicht verpflichtend von Polizei oder Gendarmerie aufgenommen, es ist auch eine gütliche Einigung der Unfallbeteiligten möglich. Zudem gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen und Gebühren bei einem Polizeieinsatz in den 3 Ländern. Die Exekutive wird somit auch unterschiedlich in Anspruch genommen, die Unfallaufzeichnungen sind unvollständig. Die Sachschadenunfälle werden daher nur in einer Gesamtstatistik, jedoch nicht mehr in den Detailauswertungen betrachtet.

Nach der Beschreibung der Stichprobe und Knoten werden in einer umfassenden deskriptiven Analyse die Unfalldaten ausgewertet und Zusammenhänge dargestellt. Darüberhinaus soll mittels Reg-

ressionsanalyse der Grad des Einflusses von knoten- oder steuerungsspezifischen Variablen und nicht zuletzt des Grünblinkens auf das Unfallgeschehen aufgeklärt werden.

3 Konfliktbeobachtung

Als erklärende Variablen werden die Verkehrsstärken und die Anteile an Fahrzeugen mit ausländischem Kennzeichen herangezogen. Darüberhinaus ist auch die Anzahl Umläufe pro Stunde von Relevanz, da bei einer größeren Anzahl an Umschaltungen bei der VLSA auch mehr Möglichkeiten z.B. für Auffahrkonflikte und rechtwinklige Konflikte gegeben sind.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass Fahrzeuge mit ausländischem Kennzeichen nicht notwendigerweise von LenkerInnen gesteuert werden, denen die österreichische Signalfolge unbekannt ist. Der Anteil an "überraschten" LenkerInnen kann auch an den beobachteten Knotenzufahrten unterschiedlich sein. Dennoch werden mangels genauerer Informationen zum Fahrzeuglenker die beobachteten Konflikte in Relation zu den ausländischen Kennzeichen gesetzt.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der relevanten Konflikte, also jener in Zusammenhang mit der Signalfolge im weitesten Sinne sowie eine Zusammenstellung der wesentlichen Daten der Konfliktbeobachtung.

Generell ist erkennbar, dass überwiegend Konflikte im Richtungsverkehr (Auffahrkonflikte) passieren. 19 von 21 Konflikten wurden im Zeitraum des Signalbildwechsels von Grünblinken bis Rot beobachtet, an 15 Konflikten sind ausländische Fahrzeuge beteiligt. Eindeutig einer Verunsicherung aufgrund des Grünblinkens konnten 3 Konflikte zugeordnet werden, wobei 2 davon von ausländischen Fahrzeugen und einer von einem Fahrzeug mit österreichischem Kennzeichen ausgelöst wurde.

Konfliktbeobachtung Knoten	Anzahl relevante Konflikte gesamt	davon mit Ausländerbeteiligung	Erhebungsstunden	Anzahl Kfz beobachtet	Anzahl Kfz mit aus- ländischem Kennzeichen	Anteil Kfz mit aus- ländischem Kennzeichen	Konflikte pro 1.000 Kfz	
							Konflikte pro 1.000 Kfz	Konflikte mit Ausländerbe- teiligung pro 1.000 Kfz mit ausländ. Kennzeichen
B190/L1 - Lochau	12	12	36	14.771	9.756	66%	0,81	1,23
B188/L84 - Tschagguns	1	1	18	2.572	1.033	40%	0,39	0,97
B171/B178 - Kirchbichl	3	0	15	3.067	1.720	56%	0,98	0,00
B166 - Kitzbühel	3	2	18	9.747	2.985	31%	0,31	0,67

Tab. 1: Ergebnis und Kenngrößen der Konfliktbeobachtung

Pro 1.000 Kfz ereignen sich zwischen 0,31 und 0,98 Konflikte im Zusammenhang mit der Signalfolge. Schränkt man die Auswahl auf relevante Konflikte mit Ausländerbeteiligung ein und bezieht diese auf 1.000 Kfz mit ausländischem Kennzeichen, dann - sieht man vom Knoten in Kirchbichl ab - liegen die Werte deutlich höher (0,67 bis 1,23 Konflikte mit beteiligten ausländischen Fahrzeugen).

Wenngleich ein streng kausaler Zusammenhang mit Grünblinken hier selbstverständlich nicht herstellbar ist, so geben die beobachteten Konflikte deutliche Hinweise auf Probleme mit der österreichischen Signalfolge und Grünblinken, insbesondere für damit nicht vertraute FahrzeuglenkerInnen aus dem Ausland.

4 Deskriptive Unfalldatenanalyse

4.1 Stichprobe

Insgesamt wurden 101 Knoten untersucht, davon 49 in Österreich und zwar in Wien (20), Innsbruck (18) und an Bundesstraßen in Tirol und Vorarlberg (11), 15 in München, 16 in Zürich und 21 in St. Gallen.

Die Betriebszeiten der Lichtsignalanlagen sind sehr unterschiedlich, wobei St. Gallen mit werktäglichen Betriebszeiten von 06.45 Uhr bis 18.45 Uhr ein extremes Minimum und Wien mit 17 von 20 Anlagen, die Montag bis Sonntag rund um die Uhr in Betrieb sind, ein Maximum darstellt.

Die jährlichen Gesamtzufahrtsbelastungen am Knoten während der Betriebszeiten weisen auch größere Streuungen auf mit 2,4 bis 19,0 Mio Kfz in Innsbruck (Mittelwert 10,3 Mio Kfz), 4,3 bis 35,0 Mio Kfz in Wien (Mittelwert 16,3 Mio Kfz), 4,5 bis 23,5 Mio Kfz in München (Mittelwert 11,2 Mio Kfz), 5,3 bis 19,8 Mio Kfz in Zürich (Mittelwert 10,2 Mio Kfz) und 3,0 bis 15,6 Mio Kfz in St. Gallen (Mittelwert 8,9 Mio Kfz).

4.2 Absolute Anzahl der Unfälle

Insgesamt wurden 2.133 Unfälle erfasst, 1.045 Unfälle mit Personenschaden und 1.088 Unfälle mit Sachschaden. In den Tabellen 2 und 3 ist die absolute Anzahl aller Unfälle für die betrachteten Städte/Bundesländer und im Ländervergleich dargestellt. Da für Vorarlberg überhaupt keine Sachschadensunfälle vorliegen, wurden die entsprechenden Knoten in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

Es zeigt sich eine große Anzahl an Auffahrunfällen insbesondere in Innsbruck und Wien. Auffallend sind außerdem die vielen Unfälle mit Gegenverkehr beim Abbiegen in München und generell geringere Unfallzahlen in der Schweiz.

Gebiet	Anzahl Knoten	Anzahl Unfälle gesamt					Summe
		Auffahr- unfälle	mit Gegen- verkehr beim Abbiegen	recht- winklige Kollisionen	Unfälle mit Fußgängern	sonstige Unfälle	
Innsbruck / A	18	243	57	85	39	108	532
Wien / A	20	213	63	67	60	85	488
Vorarlberg / A							
Tirol / A	3	43	2	5	2	13	65
St.Gallen / CH	21	92	31	57	10	56	246
Zürich / CH	16	100	79	57	13	53	302
München / D	15	80	188	51	27	78	424
Summe	93	771	420	322	151	393	2.057

Tab. 2: Absolute Anzahl der Unfälle in 5 Jahren nach Gebiet

Länder	Anzahl Knoten	Anzahl Unfälle gesamt					Summe
		Auffahr- unfälle	mit Gegen- verkehr beim Abbiegen	recht- winklige Kollisionen	Unfälle mit Fußgängern	sonstige Unfälle	
Österreich	41	499	122	157	101	206	1.085
Schweiz	37	192	110	114	23	109	548
Deutschland	15	80	188	51	27	78	424
Summe	93	771	420	322	151	393	2.057

Tab. 3: Absolute Anzahl der Unfälle in 5 Jahren aggregiert nach Ländern

Die Anzahl der Personenschadenunfälle in den dargestellten 5 Jahren unterliegt zwar größeren Schwankungen, ein Trend ist aber nicht feststellbar. Statistische Tests (10%-Niveau) zeigen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der erklärenden Variable Jahr und der Anzahl Unfälle.

Da im Rahmen dieser Arbeit die Unfälle im Zusammenhang mit der Lichtsignalsteuerung von Interesse sind, werden in der Folge nur mehr die Unfälle während der VLSA-Betriebszeiten betrachtet. **Während der Betriebszeiten** der Lichtsignalanlagen passierten 1.899 Unfälle (ohne Vorarlberg). Der Anteil der Unfälle außerhalb der VLSA-Betriebszeiten ist in St. Gallen mit 29% und in Tirol mit 17% besonders hoch, in Zürich sind es 13%, in Innsbruck 5%, in München 2% und in Wien weniger als 1%.

Hier ist deutlich erkennbar, dass die unterschiedlich langen Einschaltzeiten eine bedeutende Rolle spielen. Um die Daten trotzdem vergleichbar zu machen, werden diese entweder mit Hilfe der Verkehrsmengen während der Betriebszeiten normiert (Berechnung von Unfallraten) oder für den größtmöglichen gemeinsamen Betriebszeitraum ausgewertet. Hier bietet sich der Zeitbereich zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr von Montag bis Freitag an, in dem praktisch alle VLSA in Betrieb sind. An

Samstagen und Sonntagen sind die Betriebszeiten teilweise reduziert und manche Anlagen abgeschaltet. Als Besonderheit gibt es in St. Gallen einen Ferienbetrieb mit 3 durchgehend, also auch Montag bis Freitag abgeschalteten Anlagen. Auf eine Hochrechnung wird wegen der kleinen Zahlen in diesem Fall jedoch verzichtet.

4.3 Anzahl Unfälle während der VLSA-Betriebszeit

Aussagekräftiger als die Gesamtzahl der Unfälle sind die relativen Unfallhäufigkeiten (Unfallzahlen pro Knoten) im 5-Jahreszeitraum. Hier ragen im Zeitraum zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr die betrachteten Knoten in Innsbruck mit durchschnittlich 12,50 Personenschadenunfällen pro Knoten und 5 Jahren im negativen und die Knoten in der Stadt St. Gallen mit 1,76 Unfällen im positiven Sinne heraus (Tabelle 4). Die auch zwischen Innsbruck und Wien gewaltigen Differenzen zeigen sich bereits bei den Verunglückten (Verletzte und Getötete) je 1.000 Einwohner mit 9,7 für Innsbruck und 3,7 für Wien im Jahr 1998 (Kuratorium für Verkehrssicherheit 1999). Zum Vergleich: in Zürich gab es 1998 eine Verunglücktenrate von ebenfalls 3,7 / 1.000 Einwohner (Stadtpolizei Zürich Abteilung Verkehr 1999), in St. Gallen 2,5 / 1.000 Einwohner.

Gebiet	Anzahl Knoten	Personenschadenunfälle pro Knoten 07.00 Uhr - 19.00 Uhr					Summe
		Auffahr- unfälle	mit Gegen- verkehr beim Abbiegen	recht- winklige Kollisionen	Unfälle mit Fußgängern	sonstige Unfälle	
Innsbruck / A	18	5,17	1,44	2,00	1,33	2,56	12,50
Wien / A	20	1,95	0,90	0,70	2,30	0,50	6,35
Vorarlberg / A	8	3,63	0,63	0,75	0,75	0,38	6,13
Tirol / A	3	3,67	0,33	0,33	0,33	0,00	4,67
St.Gallen / CH	21	0,76	0,14	0,33	0,19	0,33	1,76
Zürich / CH	16	0,94	0,56	0,31	0,38	0,25	2,44
München / D	15	1,80	2,27	0,87	1,40	1,93	8,27
Summe	101	2,28	0,95	0,81	1,07	0,98	6,09

Tab. 4: Mittlere Anzahl der Personenschadenunfälle zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr in 5 Jahren nach Gebiet

Generell ist eine deutlich höhere Anzahl an Auffahrunfällen in Österreich erkennbar (Tabellen 4 und 5), im Durchschnitt knapp doppelt so viele wie in Deutschland und mehr als viermal so viele wie in der Schweiz. Über diesen Sachverhalt herrscht weitestgehender Konsens in diversen Unfallanalysen. Beispielsweise konnte in einer Vorher-Nachher-Untersuchung zu Grünblinken in Israel (HAKKERT und MAHALEL 1978) an 10 Kreuzungen ein Anstieg der Auffahrunfälle um 71% beobachtet werden. In einer weiteren Studie (MAHALEL und ZAIDEL 1985) werden je nach Verkehrsbelastung bis zu 100% mehr Auffahrunfälle registriert. Bei einem Städtevergleich zwischen Wien und München

(KNOFLACHER 1972) wurde festgestellt, dass die Wahrscheinlichkeit von Auffahrunfällen in der Kreuzungszufahrt mit Grünblinken 1,5 bis 2 mal so groß ist wie bei einer Signalregelung ohne Grünblinken.

Die wenigen Auffahrunfälle und rechtwinkligen Kollisionen in St. Gallen könnten, wie schon bei den Rot- und Gelbüberfahrten festgestellt, mit der an fast allen Knoten praktizierten Zeitlückensteuerung zusammenhängen, die kritische Entscheidungssituationen bestmöglich reduziert. Gleichzeitig werden fast alle Linksab- und -einbieger konfliktfrei gesteuert, was die geringe Anzahl an Unfällen mit dem Gegenverkehr beim Abbiegen erklärt.

Nicht den Erwartungen entspricht die hohe Anzahl an Personenschadenunfällen durch rechtwinklige Kollisionen in Österreich und insbesondere in Innsbruck. Eine klare Reduktion kann nicht beobachtet werden, die Daten in der Schweiz liegen sogar weit niedriger.

Länder	Anzahl Knoten	Personenschadenunfälle pro Knoten 07.00 Uhr - 19.00 Uhr					Summe
		Auffahrunfälle	mit Gegenverkehr beim Abbiegen	rechtwinklige Kollisionen	Unfälle mit Fußgängern	sonstige Unfälle	
Österreich	49	3,51	1,02	1,16	1,57	1,20	8,47
Schweiz	37	0,84	0,32	0,32	0,27	0,30	2,05
Deutschland	15	1,80	2,27	0,87	1,40	1,93	8,27
Summe	101	2,28	0,95	0,81	1,07	0,98	6,09

Tab. 5: Mittlere Anzahl der Personenschadenunfälle zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr in 5 Jahren aggregiert nach Ländern

4.4 Anzahl Verunglückte und mittlere Unfallschwere während der VLSA-Betriebszeit

In der Tabellen 6 ist die Anzahl der Verunglückten (Getötete und Verletzte) während der jeweiligen gesamten VLSA-Betriebszeiten dargestellt. In Summe sind 1.215 Verunglückte zu beklagen, davon 868 in Österreich, 144 in der Schweiz und 203 in München. Der Anteil an Getöteten, schwer- und unbestimmten Grades Verletzten liegt in Österreich und München bei 10%, in der Schweiz bei 24%, wobei hier Zürich mit 31% die negative Bilanz verursacht, St. Gallen hingegen wiederum bei 10% liegt.

Die mittlere Unfallschwere ist definiert als die Unfallgewichtszahl dividiert durch die Gesamtzahl der Unfälle (Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr 1990). Als Gefahrgewichte wurden ursprünglich die Verhältnisfaktoren 1:10:250 für leichtverletzte, schwer- oder unbestimmten Grades verletzte und getötete Personen nach METELKA, RIEBESMEIER und CERWENKA (1996) verwendet. Wie sich herausstellte, bestimmen jedoch die hohen Gewichte für die seltenen Ereignisse von Unfällen mit Todesfolge die Unfallschwere sehr stark. Die Gesamtheit aller übrigen Unfälle wird

dadurch derart relativiert, dass eine Analyse der Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen nicht mehr möglich ist. Es erscheint daher im Rahmen der vorliegenden Untersuchung angebracht, das Gewicht für Getötete auf 10 herabzusetzen und so die Auswirkungen auf die Unfallschwere besser erkennbar zu machen.

Interessanterweise ist bei der Unfallschwere die Spitzenposition der österreichischen Gebiete nicht mehr zu beobachten. Innsbruck, Tirol, St. Gallen und München liegen mit knapp unter oder über 2 gleich auf, Wien mit 2,77 etwas höher. Vorarlberg hat durch die definitionsgemäße Gewichtung der Verletzten unbestimmten Grades (wie Schwerverletzte) eine ähnlich hohe Unfallschwere wie Zürich (4,60).

Gebiet	Anzahl Knoten	Anzahl Verunglückte (VLSA in Betrieb)				mittlere Unfallschwere
		Getötete	Schwer-verletzte	Leicht-verletzte	unbestimmten Grades Verletzte	
Innsbruck / A	18	1	28	413	1	1,98
Wien / A	20	0	32	267	3	2,77
Vorarlberg / A	8	1	3	75	20	4,50
Tirol / A	3	0	1	22	1	2,33
St.Gallen / CH	21	0	5	46	0	2,09
Zürich / CH	16	0	29	64	0	4,60
München / D	15	1	19	183	0	2,18
Summe	101	3	117	1.070	25	2,60

Tab. 6: Anzahl Verunglückte in 5 Jahren und mittlere Unfallschwere nach Gebiet

Ermittelt man nun die mittlere Unfallschwere getrennt nach Unfalltypen (Tabelle 7), so zeigen sich bei den Auffahrunfällen Österreich-Werte, die absolut im Mittelfeld liegen. Bei den Unfällen mit Gegenverkehr beim Abbiegen sind die Varianzen generell größer. In der Schweiz sind wenige, dafür aber folgenschwere, in München hingegen viele, aber glimpflich verlaufende Unfälle zu beobachten. Österreich liegt jeweils im Mittelfeld.

Bei den rechtwinkligen Kollisionen schlagen wieder die unbestimmten Grades Verletzten und ein Unfall mit Todesfolge in Vorarlberg bei den Ergebnissen stark durch. In Innsbruck wurde die geringste Unfallschwere ermittelt, Wien liegt im Vergleich mit den Großstädten etwas höher als München, jedoch deutlich niedriger als Zürich. Eine größere Unfallschwere bei den rechtwinkligen Kollisionen aufgrund Grünblinken, wie von KNOFLACHER (1972) festgestellt, lässt sich anhand dieser Daten nicht bestätigen.

Die Fußgängerunfälle sind die folgenschwersten. Auch hier liegt Österreich im Mittelfeld.

Länder	Auffahrunfälle		mit Gegenverkehr beim Abbiegen		rechtwinklige Kollisionen		Fußgängerunfälle	
	Verunglückte	mittlere Unfallschwere	Verunglückte	mittlere Unfallschwere	Verunglückte	mittlere Unfallschwere	Verunglückte	mittlere Unfallschwere
Österreich	349	1,92	154	3,12	156	2,39	108	3,60
Schweiz	51	2,29	40	5,75	16	3,47	18	3,50
Deutschland	41	1,08	63	2,00	27	1,89	28	4,92
Summe	441	1,87	257	3,24	199	2,44	154	3,81

Tab. 7: Anzahl Verunglückte in 5 Jahren und mittlere Unfallschwere nach Länder

4.5 Unfallraten

Hier wird die Variable "Zuflussbelastung" am Knoten oder in der Zufahrt während der Betriebszeiten miteinbezogen und daraus Unfallraten ermittelt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Verkehrsdaten nicht für alle erfassten Knoten vorliegen, sondern für 44 Knoten ohne und 46 Knoten mit Grünblinken. Bei den Ergebnissen ist außerdem zu berücksichtigen, dass bei einer weiteren Differenzierung z.B. nach Gebiete und Verkehrsstärkeklassen teilweise nur mehr wenige Datensätze pro Klasse ausgewertet werden.

Grundsätzlich neue Erkenntnisse sind aus den Unfallraten für die Verkehrsstärkeklassen (Tabelle 8) nicht abzulesen. Es zeigt sich im wesentlichen dieselbe Tendenz wie bei den Personenschadenunfällen zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr. Die Unfallraten weisen in den Ländern und auch innerhalb der Gebiete große Streuungen auf. Innsbruck weist in allen Klassen die höchsten Raten auf, die Schweizer Städte generell die niedrigsten. Eine etwas differenziertere Aussage lassen die Münchner Unfallraten zu, die nur bei den höheren Gesamtzufahrtsbelastungen ab 20.000 Kfz die höchsten Unfallraten - nach Innsbruck - aufweisen.

Bei einer weiteren Differenzierung nach Unfalltypen (Tabellen 9 und 10) zeigt sich außer den bereits genannten grundsätzlichen Erkenntnissen ein sehr uneinheitliches Bild. Dies liegt wohl vor allem daran, dass in einzelnen Klassen und Gebieten nur noch ganz wenige Unfälle den Raten zugrunde liegen.

Gebiet	Unfallraten alle Unfälle [Personenschadenunfälle je 1 Mio Kfz und Jahr]			
	Gesamtverkehrsstärke dtV [Kfz/Tag*]			Mittelwert
	bis 20.000	20.000 bis 40.000	größer 40.000	
Innsbruck / A	0,473	0,371	0,414	0,417
Wien / A	0,173	0,168	0,128	0,149
Vorarlberg / A	-	0,132	0,125	0,190
Tirol / A	0,245	0,080	-	0,127
St.Gallen / CH	0,038	0,059	0,026	0,051
Zürich / CH	0,082	0,071	0,061	0,074
München / D	0,138	0,343	0,255	0,255

* Kfz/täglicher Betriebszeit der VLSA

Tab. 8: Unfallraten (alle Unfälle) nach Gebiet

Länder	Unfallraten Auffahrunfälle [Auffahrunfälle mit Personenschaden je 1 Mio Kfz und Jahr]					Mittelwert
	Verkehrsstärke der Zufahrt dtV [Kfz/Fahstreifen und Tag*]					
	bis 2.000	2.000 bis 4.000	4.000 bis 6.000	6.000 bis 8.000	größer 8.000	
Österreich	0,083	0,090	0,091	0,056	0,046	0,082
Schweiz	0,044	0,015	0,019	0,023	0,030	0,022
Deutschland	0,129	0,028	0,069	0,060	-	0,062

* Kfz/Fahstreifen und täglicher Betriebszeit der VLSA

Tab. 9: Unfallraten für Auffahrunfälle nach Ländern

Länder	Unfallraten rechtwinklige Unfälle [rechtwinklige Unfälle mit Personenschaden je 1 Mio Kfz und Jahr]				
	Verkehrsstärke der Konfliktströme dtV [Kfz/Tag*]				Mittelwert
	bis 10.000	10.000 bis 20.000	20.000 bis 30.000	größer 30.000	
Österreich	0,030	0,020	0,011	0,012	0,019
Schweiz	0,001	0,005	0,002	0,000	0,003
Deutschland	0,013	0,018	0,022	0,009	0,016

* Kfz/täglicher Betriebszeit der VLSA

Tab. 10: Unfallraten für rechtwinklige Unfälle nach Ländern

4.6 Sonstige erklärende Variablen

Es stellt sich nun die Frage, worin sich (außer dem Grünblinken) die Schweizer Städte von den übrigen Gebieten unterscheiden, sodass derart massive Differenzen auftreten. Die unterschiedlichen Straßenzustände dürften als Ursache ausscheiden, da insgesamt nur 19 Unfälle mit Personenschaden (2%) bei Schneefahrbahn registriert wurden. Unfälle bei Nässe weisen in den einzelnen Gebieten ähnliche Anteile auf, z.B. 29% in Innsbruck und St. Gallen, 24% in Wien, 31% in Zürich und 33% in München. Bei der Lage der Knoten sind in Innsbruck häufiger Kreuzungen im locker bebauten Gebiet anzutreffen, wobei der Übergang zum dicht bebauten Gebiet fließend ist und der Einschätzung unterschiedlicher Personen unterliegt. Überwiegend außerorts liegen die Knoten nur in den Gebieten Vorarlberg und Tirol. Die Geometrie der Knoten zeigt vordergründig keine wesentlichen Unterschiede, was die Anzahl der Zufahrten und die Straßenkategorie der Zufahrten betrifft. Insbesondere unterscheiden sich St. Gallen, Wien und Innsbruck nur marginal.

Bei den Umläufen fällt auf, dass Wien die geringste und Innsbruck nach Zürich die zweithöchste mittlere Anzahl Umläufe pro Stunde aufweist. Dies bedeutet, dass in Wien pro Stunde ca. 9% weniger potentielle Konfliktsituationen als in München und 18% weniger als in Innsbruck auftreten. Hier könnte zumindest ein Teil der Erklärung für die Gebietsunterschiede innerhalb Österreichs und zu München liegen.

Ein sehr deutlicher Unterschied ist bei den Steuerungsmethoden erkennbar mit 97% verkehrsabhängiger Steuerung in der Schweiz, 41% in Österreich und 33% in München/Deutschland. Innsbruck ist hier mit 22% Schlusslicht. Zu den 20% verkehrsabhängig gesteuerten Knoten mit Zeitlückensteuerung in Österreich muss allerdings gesagt werden, dass zwar Grünzeitverlängerungen bei dichtem Verkehr erfolgen können, durch das Grünblinken aber kaum vermieden werden kann, dass sich Fahrzeuge in der Optionszone (Wahlmöglichkeit zwischen Durchfahren und Halten) befinden. Möchte man den

gleichen Effekt wie ohne Grünblinken erzielen, müssten die Detektoren je nach Geschwindigkeit bis zu 110m (bei 50 km/h) vor der Haltelinie platziert werden, was in den meisten Fällen aufgrund der Rahmenbedingungen (z.B. Abbiegefahrstreifen) nicht realisierbar ist.

In der Schweiz hingegen werden Fahrzeugpositionen innerhalb der Options- oder Dilemmazone vermieden, sofern die Kapazität des Knotens nicht voll ausgeschöpft wird. Bei richtiger Lage der Detektoren kann der Start des Übergangssignales Gelb so gesteuert werden, dass die Fahrzeuge nach dem Detektor eindeutig passieren können und die Fahrzeuge vor dem Detektor eindeutig halten müssen. So ist auch erklärbar, warum in der Schweiz auf die Abendspitzenstunde (mit Kapazitätsengpässen) ein wesentlich größerer Anteil der Unfälle entfällt und auch die Morgenspitzenstunde ausgeprägter ist als in Österreich oder in Deutschland.

Die wesentlich geringere Anzahl an rechtwinkligen Kollisionen in der Schweiz ist mit der um 1,0 Sekunden längeren Überfahrzeit bzw. dem Einfahrintervall von 0,5 Sekunden erklärbar. Dies bedeutet, dass im Extremfall die Schutzzeiten feindlicher Verkehrsströme bis zu 1,5 Sekunden länger sind. Wie auch der Vergleich mit München zeigt, ist diese Maßnahme einfach und sehr effektiv.

4.7 Ausländerbeteiligung

In Wien sind insgesamt bei rund 23% der Unfälle ausländische FahrzeuglenkerInnen beteiligt. In Innsbruck sind an rund 8% der Unfälle mit Personenschaden während der VLSA-Betriebszeiten Fahrzeuge mit ausländischem Kennzeichen verwickelt. In Tirol sind es 6% und in Vorarlberg 24%. Bemerkenswert ist, dass von den Unfällen mit Ausländerbeteiligung 2/3 auf Auffahrunfälle entfallen, ohne Ausländerbeteiligung liegt der Anteil der Auffahrunfälle bei rund 40%.

Zieht man ältere Verkehrsdaten mit Differenzierung nach in- und ausländischen Kennzeichen vor allem auf den Haupttrouten in den Städten heran und unterstellt man, dass die Anteile ausländischer Kennzeichen auf den niederrangigen Straßen oder beispielsweise im Stadtgebiet von Innsbruck abseits der Touristenzentren eher unter den Prozentsätzen der Haupttrouten liegen, sind überdurchschnittlich viele Unfälle mit Ausländerbeteiligung zu beobachten. Dies ist selbstverständlich auch auf die Ortsunkundigkeit zurückzuführen. Der hohe Anteil an Auffahrunfällen an den Unfällen insgesamt weist jedoch auf Probleme bei der Interpretation des Grünblinkens hin. Ein zusätzliches Indiz dafür konnte ja bereits mittels der Konfliktbeobachtungen, insbesondere in Vorarlberg erbracht werden, ein kausaler Zusammenhang von Unfällen mit Ausländerbeteiligung und ungewohnter Signalfolge mit Grünblinken kann auf diese Weise natürlich nicht hergestellt werden.

5 Modellbildung

Zuallererst muss angemerkt werden, dass es sich bei den ausgewerteten Daten nicht um eine zufällige Stichprobe von Knoten in den betrachteten Ländern handelt. Weiter unten wird ersichtlich, dass das Unfallgeschehen sehr stark auch von örtlichen Gegebenheiten geprägt ist. Die Ergebnisse und Modelle stellen deshalb keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit.

Mit den Unfalldaten sollen Modellschätzungen auf Knoten- und auf Zufahrtsebene durchgeführt werden. Auf Knotenebene wird die Gesamtanzahl der erfassten Unfälle mit Personenschaden (in 5 Jahren) während der Betriebszeit der VLSA in Abhängigkeit der Knotenvariablen betrachtet. Bei den Zufahrten wird versucht, insbesondere die Auffahrunfälle und rechtwinkligen Kollisionen als Funktion der Zufahrtsvariablen zu modellieren.

In einer zweiten Serie von Modellschätzungen wurden die Unfälle an Knoten und Zufahrten unter Berücksichtigung der mittleren Anzahl an Umläufen pro Stunde betrachtet. Diese Variable ist jedoch generell nicht signifikant.

In Anlehnung an MOUNTAIN und FAWAZ (1996) wurde die negative Binomialverteilung als Verteilung für die Unfallmodelle gewählt.

5.1 Modelle für Gesamtunfälle auf Knotenebene

Es wurde eine ganze Reihe von Modellen getestet, bei denen neben den Knoten und Verkehrsvariablen einmal die Länder und einmal die Gebiete als erklärende Variablen herangezogen wurden. Bei den Ländermodellen sind die Lage des Knotens (innerorts dicht/locker verbaut, außerorts), die Anzahl der Fahrstreifen insgesamt und die Anzahl der Signalgeber nicht signifikant. Einen Einfluss auf die Gesamtanzahl der Unfälle weisen hingegen die Anzahl Hauptverkehrsstraßen, die Anzahl Zufahrten, die Gesamtzufahrtsbelastung am Knoten und die Steuerungsart auf. Mit der Anzahl der Zufahrten und der Hauptverkehrsstraßen am Knoten sowie der Gesamtverkehrsbelastung steigen die Unfallzahlen, die verkehrsabhängige Steuerung führt zu einer Reduktion.

Von besonderem Interesse sind natürlich die Ländervariablen: die Schweiz weist signifikant weniger Gesamtunfälle wie Österreich auf, auch in Deutschland sind weniger Unfälle erkennbar, jedoch nicht signifikant auf dem 5%-Niveau. Wie schon bei der deskriptiven Analyse festgestellt, sind die Schweizer Reduktionen um ein Vielfaches stärker ausgeprägt.

Ersetzt man die Ländervariablen durch die einzelnen Gebiete (Tabelle 11), so zeigen sich starke gebietsspezifische Einflüsse. Vermutlich aus diesem Grund verringert sich der Erklärungsgehalt der Steuerungsart (Signifikanz $< 0,1$). Die restlichen erklärenden Variablen und auch deren Vorzeichen

bleiben dieselben wie beim Ländermodell: Anzahl Hauptverkehrsstraßen, die Anzahl Zufahrten, die Gesamtzufahrtsbelastung am Knoten.

Bei den Gebieten zeigt sich jedoch, dass die Gesamtanzahlen an Unfällen in Wien und Vorarlberg/Tirol nicht signifikant von München abweichen. In Innsbruck sind deutlich mehr und in St. Gallen und Zürich deutlich weniger Unfälle zu verzeichnen (Tabelle 11). Wien und Vorarlberg/Tirol weisen ebenfalls signifikant mehr Unfälle als St. Gallen und Zürich auf.

Die Modelle für Werktage zwischen 07.00 Uhr und 19.00 Uhr mit der mittleren Anzahl an Umläufen als zusätzliche Variable bringen keine neuen Erkenntnisse. Im wesentlichen besitzen dieselben Variablen Erklärungsgehalt wie bei den obigen Modellen. Die mittlere Anzahl Umläufe fällt durchwegs als nicht signifikant heraus.

Neg. Bin.-Regression Knotenmodell	Gesamtanzahl Unfälle	
	Parameter	Signifikanz
Variable		
Konstante	0,485	
Zürich	-0,649	**
St. Gallen	-1,299	**
Innsbruck	0,590	*
Wien	0,044	
Vorarlberg / Tirol	-0,102	
Anzahl Hauptverkehrsstraßen	0,187	**
Anzahl Zufahrten	0,317	*
verkehrsabhängige Steuerung	-0,254	
Gesamtzufahrtsbelastung dtV	0,129 E-04	**
Alpha	0,185	**
L(C)	-593,15	
L(Poisson)	-301,96	
L(Neg Bin)	-275,50	
ρ^2	0,54	
N	100	

*..... Signifikanz <0,05

**.... Signifikanz <0,01

Tab. 11: Modellschätzung für die Gesamtanzahl an Unfällen während der VLSA-Betriebszeit in 5 Jahren mit Gebieten

5.2 Modelle für Auffahrunfälle

Auf Ebene der Zufahrten werden Modelle für Auffahrunfälle geschätzt, da diese im Zusammenhang mit Grünblinken von besonderem Interesse sind.

Bei den Auffahrunfällen erweisen sich bei den ersten Modellen zahlreiche Variablen als nicht signifikant. Beispielsweise scheint sich die Ausrichtung der Zufahrt (Nord, Süd, Ost, West) und damit eine eventuelle Blendwirkung nicht in höheren Unfallzahlen niederzuschlagen. Auch die Lage der Zufahrt innerorts oder außerorts sowie die zulässige Geschwindigkeit spielen lt. Analyse keine Rolle. Ein Manko ist sicherlich, dass keine zuverlässigen Informationen zur tatsächlichen Zufahrtsgeschwindigkeit vorliegen. Etwas überraschend ist, dass auch sämtliche Steuerungsvariablen herausfallen. Hier dürften einerseits die Länder/Gebiets-Variablen einen Großteil des Erklärungsgehaltes bereits in sich vereinen, da die Zeitlückensteuerung in den Schweizer Städten zu fast 100% eingesetzt wird, in Österreich hingegen nur selten anzutreffen ist. Einen deutlichen Hinweis darauf erhält man aus einer Modellschätzung ohne Länder oder Gebietsvariablen, bei der die Zeitlückensteuerung sehr wohl signifikant ist und zu einer deutlichen Reduktion der Auffahrunfälle führt.

Für den Verkehrsfluss in der Zufahrt kann festgestellt werden, dass ein gepulster Zufluss zu einer signifikant höheren Anzahl Auffahrunfällen führt. Zusätzlich sind beim Ländermodell die Kategorie Hauptverkehrsstraße, die Verkehrsstärke auf der Zufahrt sowie die Länder selbst erklärende Variablen für die Auffahrunfälle. Ist die Zufahrt eine Hauptverkehrsstraße, steigt das Auffahrunfallrisiko, ebenfalls mit zunehmender Verkehrsstärke. In der Schweiz und in Deutschland passieren signifikant weniger Auffahrunfälle als in Österreich.

Auf Gebiete-Niveau sind ebenfalls die Zufahrt als Hauptverkehrsstraße und die Zufahrtsbelastung signifikant. Interessanterweise haben hier zwei weitere Zufahrtsmerkmale Erklärungsgehalt und zwar die zulässige Höchstgeschwindigkeit und die Anzahl Signalgeber (Tabelle 12). Die Anzahl Signalgeber dürfte jedoch die Komplexität und Ausdehnung der Zufahrt beschreiben, und zwar besser als die Anzahl der Fahrstreifen. In beiden Fällen ist der Parameter positiv, mit den Signalgebern als Variable steigt aber die Modellqualität.

Bei den Gebieten unterscheiden sich Wien und Vorarlberg/Tirol von München nicht mehr. In Innsbruck sind deutlich mehr und in St. Gallen und Zürich deutlich weniger Auffahrunfälle zu verzeichnen.

Neg. Bin.-Reg. Zufahrtenmodell	Auffahrunfälle	
Variable	Parameter	Signifikanz
Konstante	-3,932	**
Zürich	-0,801	**
St. Gallen	-1,002	**
Innsbruck	1,331	**
Wien	-0,030	
Vorarlberg / Tirol	-0,139	
Zufahrt ist Hauptverkehrsstraße	0,568	**
Anzahl Signalgeber	0,244	**
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,040	**
Zufahrtsbelastung dtV	0,518 E-04	**
Alpha	0,427	**
L(C)	-593,47	
L(Poisson)	-378,14	
L(Neg Bin)	-361,42	
ρ^2	0,39	
N	346	

*..... Signifikanz <0,05

**..... Signifikanz <0,01

Tab. 12: Modellschätzung für Auffahrunfälle während der VLSA-Betriebszeit in 5 Jahren mit Gebieten

5.3 Modelle für rechtwinklige Unfälle

Bei den rechtwinkligen Unfällen können ebenfalls die meisten berücksichtigten Variablen als nicht signifikant ausgeschieden werden. Es verbleiben einzig die beiden Konfliktströme, die bei Zunahme der Belastung auch eine Zunahme der rechtwinkligen Unfälle erwarten lassen. In der Schweiz passieren signifikant weniger rechtwinklige Unfälle, hingegen unterscheiden sich Deutschland und Österreich nicht. Hier könnten vor allem auch die höheren Zwischenzeiten in der Schweiz eine maßgebliche Rolle spielen. Insgesamt muss die Modellqualität als außerordentlich mäßig bezeichnet werden. Ein großes Problem bei diesen Modellen ist zweifellos die geringe Anzahl an rechtwinkligen Unfällen im Datensatz.

Auf Gebiete-Ebene zeigt sich ein ähnliches, wenngleich nicht so ausgeprägtes Bild wie bei den Auffahrunfällen. In Zürich und St. Gallen gibt es weniger rechtwinklige Unfälle als in München, in Innsbruck mehr. Vorarlberg/Tirol und Wien unterscheiden sich von München nicht (Tabelle 13).

Neg. Bin.-Reg. Zufahrtenmodell	rechtwinklige Unfälle	
Variable	Parameter	Signifikanz
Konstante	-1,649	**
Zürich	-0,906	*
St. Gallen	-1,462	**
Innsbruck	0,756	*
Wien	-0,524	
Vorarlberg / Tirol	-0,419	
Zufahrtsbelastung dtV	0,496 E-04	**
Konfliktstrom von rechts dtV	0,406 E-04	**
Alpha	0,544	
L(C)	-289,93	
L(Poisson)	-237,20	
L(Neg Bin)	-233,45	
ρ^2	0,19	
N	346	

*..... Signifikanz <0,05

**..... Signifikanz <0,01

Tab. 13: Modellschätzung für rechtwinklige Unfälle in 5 Jahren mit Gebieten

6 Zusammenfassende Beurteilung

Befindet sich ein Fahrzeuglenker in einer Entscheidungssituation, führt Grünblinken an Lichtsignalanlagen in Österreich durch die vergleichsweise viel häufigeren Halt-Entscheidungen zu einer deutlich geringeren Anzahl von Gelbüberfahrten und Rotüberfahrten. Allerdings werden in der Schweiz durch Koordination und verkehrsabhängige Steuerung mit Zeitlückenkriterium solche Entscheidungssituationen bestmöglich vermieden, wodurch in der Summe aller Umläufe ähnlich geringe Werte wie in Österreich erreicht werden.

Die Interpretation der Ergebnisse der Unfallanalyse ist mit großer Vorsicht vorzunehmen. Wie bereits erwähnt, wurden in verschiedenen Städten und Ländern eine möglichst breite Palette unterschiedlicher Knoten ausgewählt, jedoch nicht eine repräsentative Stichprobe gezogen. Die Aufnahme der Unfälle erfolgt aufgrund nationaler Regelungen und Vorschriften unterschiedlich und die Verkehrsdaten enthalten Unschärfen aufgrund der Hochrechnung der Spitzenstundenbelastungen auf die Betriebszeiten der VLSA. Eine große Rolle spielt auch das Umfeld des Knotens wie Sichtweiten, Informationsdichte etc.

Generell unterschiedliche Verhaltensweisen im Straßenverkehr und damit einhergehende Trends im Unfallgeschehen (z.B. Ost-West-Gefälle) sind innerhalb Österreichs nicht erkennbar (Kuratorium für Verkehrssicherheit 2001). Europaweit hingegen liegt Österreich bei den Unfällen mit Personenschaden im absoluten Spitzenfeld. Je nach Betrachtungsweise ereignen sich in der Schweiz zwischen 36% und 38% weniger Unfälle mit Personenschaden, es sind um 39% weniger Verletzte und Getötete zu beklagen. In Deutschland liegt die Differenz bei der Anzahl der Unfälle zwischen -5% und -15%, bei den Verletzten zwischen -5% und -13% und bei den Getöteten zwischen -28% und -34%. Da rund 2/3 der Unfälle mit Personenschaden auf das Ortsgebiet entfallen, spielen lichtsignalgesteuerte Knoten sicherlich in die Statistik hinein. Insgesamt muss aber wohl davon ausgegangen werden, dass auch unabhängig von Grünblinken das Unfallniveau in Österreich höher ist als in den beiden Nachbarländern. Ein entsprechender Korrekturfaktor, welcher - wenn überhaupt - nur mit großem Aufwand ermittelbar wäre, müsste bei den Ergebnissen in Ansatz gebracht werden.

Bei der Gesamtanzahl der Unfälle und bei den Auffahrunfällen sind auf Länderebene in Österreich mehr Unfälle als in Deutschland und deutlich mehr Unfälle als in der Schweiz feststellbar. Bei Betrachtung der Gebiete zeigt sich jedoch, dass der negative "Ausreißer" Innsbruck für das schlechte Abschneiden von Österreich verantwortlich ist, wohingegen sich Wien und Vorarlberg/Tirol von München nicht signifikant unterscheiden. Die Schweizer Städte wiederum weisen signifikant weniger Auffahrunfälle als die österreichischen Gebiete und auch München auf.

Interpretiert man diese Tatsache mit der Vermeidung von Entscheidungssituationen bei verkehrabhängiger Steuerung in der Schweiz (welche in dieser Form mit Grünblinken nicht möglich ist) und führt zusätzlich die nachgewiesene größere Entscheidungsbreite sowie Erkenntnisse aus der Literatur an, so kann man von deutlichen Hinweisen auf vermehrte Auffahrunfälle in Österreich sprechen. Für einen eindeutigen Nachweis reichen die Ergebnisse aus den beschriebenen Gründen allerdings nicht aus.

Für rechtwinklige Unfälle ist nicht einmal auf Länderebene ein signifikanter Unterschied zu Deutschland erkennbar, in der Schweiz passieren sogar deutlich weniger solche Unfälle. Eine Reduktion rechtwinkliger Kollisionen durch Grünblinken ist sicherlich nicht nachweisbar. Bei der Betrachtung der Steuerungen in der Schweiz fällt allerdings auf, dass die Zwischenzeiten durch längere Überfahrzeiten und eine Schutzzeit für Frühstarts vergleichsweise länger sind. Dies könnte ein entscheidender Faktor und wesentlich wirkungsvoller als Grünblinken sein. Selbstverständlich wäre eine Erhöhung der Zwischenzeiten auch bei Signalfolge mit Grünblinken möglich.

Die Konfliktbeobachtungen an 4 Knoten zeigen, dass überwiegend Konflikte im Richtungsverkehr (Auffahrkonflikte) im Zeitraum des Signalbildwechsels von Grünblinken bis Rot auftreten und an diesen Konflikten überdurchschnittlich viele Fahrzeuge mit ausländischen Kennzeichen beteiligt sind. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf Probleme mit der österreichischen Signalfolge für damit nicht vertraute FahrzeuglenkerInnen.

Aus Sicht der Verkehrssicherheit spricht demnach nichts für Grünblinken als Vorankündigung des Endes der Freigabezeit.

Die Autoren möchten sich an dieser Stelle bei den folgenden Herren für ihre Unterstützung bei der Erhebung der Steuerungs- und Unfalldaten herzlich bedanken: Pflieger, Schmid, Schischa (Stadt Wien), Kaufmann (Stadt Innsbruck), Schmutzhard (Land Tirol), Loacker (Land Vorarlberg), Jakob, Loy (Polizeipräsidium München), Breitenberger (Stadt München), Bayer, Bernhard (Stadtpolizei Zürich), Neff (Stadtpolizei St. Gallen), Hunziker (Stadt St. Gallen).

Quellenverzeichnis

HAKKERT, A.S. und D. MAHALEL (1978) The effect of traffic signals on road accidents with special reference to the introduction of a blinking green phase, *Traffic Engineering and Control*, **19** (5) 212 - 215.

KNOFLACHER, H (1972) Der Einfluß des Grünblinkens auf die Leistungsfähigkeit und Sicherheit lichtsignal geregelter Straßenkreuzungen, *Schriftenreihe Straßenforschung*, **8**, Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien.

KÖLL, H., M. BADER und K.W. AXHAUSEN (2001) Regelwidriges Fahrverhalten an Lichtsignalanlagen - Empirische Ergebnisse aus Österreich, Schweiz und Deutschland, *Straßenverkehrstechnik*, **45** (7) 313 - 317.

KÖLL, H., M. BADER und K.W. AXHAUSEN (2001) Entscheidungsverhalten an Lichtsignalanlagen mit und ohne Grünblinken als Ankündigung der Übergangszeit Gelb, *Straßenverkehrstechnik*, **46** (7) 339 - 345.

KÖLL, H., M. BADER und K.W. AXHAUSEN (2003) Auswirkungen des Grünblinkens auf die Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit verkehrsabhängig gesteuerter Lichtsignalanlagen, Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen, **126**, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Kuratorium für Verkehrssicherheit (1999) Unfallstatistik 1998, *Reihe Verkehr in Österreich*, **26**, Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien.

MAHALEL, D. und D. ZAIDEL (1985) Safety evaluation of a flashing-green light in a traffic signal, *Traffic Engineering and Control*, **26** (2) 79 - 81.

METELKA, M., B. RIEBESMEIER und P. CERWENKA (1996) Österreichische Unfallkosten- und Verkehrssicherheitsrechnung, Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr, Wien

MOUNTAIN, L. und B. FAWAZ (1996) Estimating accidents at junctions using routinely-available input data, *Traffic Engineering and Control*, **37** (11) 624-628.