

KONFLIKTFREIE PHASEN FÜR RADFAHRER UND MOPEDFAHRER

Artikel Zeitschrift für Verkehrssicherheit 30 (1984) 3: 106 - 113

R-84-24

A.G. Welleman

Leidschendam, 1984

Forschungsgesellschaft für Verkehrssicherheit SWOV, Niederlande



### ZUSAMMENFASSUNG

In den Niederlanden haben Verkehrsampeln bei gewissen Strassenkreuzungen gesonderte Lichtphasen für Radfahrer und Mopedfahrer. In den meisten Fällen handelt es sich um Kreuzungen mit getrennten Radwegen.

Derartige "konfliktfreie" Phasen sollen die Verkehrssicherheit von Radfahrern und Mopedfahrern, die über solche Kreuzungen fahren, erheblich verbessern. Zusammenstöße mit abbiegenden Kraftfahrzeugen wären dann an solchen Stellen theoretisch nicht mehr möglich. Aus der im vorliegenden Artikel beschriebenen Unfallstudie ist ersichtlich, dass die konfliktfreien Phasen tatsächlich ihre primäre Aufgabe erfüllen.

Es gibt jedoch keine signifikant günstige Wirkung auf die Gesamtzahl der Unfälle von Radfahrern und Mopedfahrern, die an Kreuzungen mit Kraftfahrzeugen zusammenstossen. Der Grund dafür ist wohl, dass sich mehr Zusammenstöße mit kreuzenden Kraftfahrzeugen ereignen. Unfälle dieser Art können nur geschehen, wenn eine am Unfall beteiligte Person das rote Lichtzeichen nicht beachtet. Es gibt wohl eine günstige Wirkung auf die Zahl der Zusammenstöße von Radfahrern und Mopedfahrern mit Lkws und Bussen. Gerade solche Unfälle haben oft für Radfahrer und Mopedfahrer sehr schwere Folgen.

## 1. EINLEITUNG

In den Niederlanden prägen Radfahrer und Mopedfahrer weitgehend den Verkehr: es gibt etwa 11 Millionen Fahrräder bei einer Bevölkerung von 14 Millionen. Im Jahre 1983 wurden mit dem Fahrrad fast ebensoviele Reisen gemacht wie mit dem Auto. Die Gesamtentfernung, die Radfahrer jährlich zusammen zurücklegen ist grösser als die von Benutzern der öffentlichen Verkehrsmittel Bus, Tram und U-Bahn. Die durchschnittliche Jahreszahl der mit dem Fahrrad zurückgelegten Kilometer wurde ab 1960 (etwa 3000 km) ständig geringer. Dies dauerte bis 1975 (etwa 1100 km). In den letzten Jahren kann wieder ein leichter Anstieg beobachtet werden. Der grösste Teil der Radfahrten erfolgt, weil dafür ein triftiger Grund vorliegt und es keine (oder fast keine) alternative Transportmöglichkeit gibt. Radfahren als Freizeitbeschäftigung wurde in den letzten Jahren stets beliebter, aber steht doch deutlich an zweiter Stelle.

Mopedfahrer werden oft mit Radfahrern als eine Gruppe betrachtet. Die Höchstgeschwindigkeit ausserhalb geschlossener Ortschaften beträgt 40 km/h, innerhalb 30 km/h. Die untere Altersgrenze ist für Mopedfahrer 16 Jahre und eine Ausbildung ist nicht erforderlich. Beide Gruppen sind verpflichtet, von dem sehr ausgedehnten Netz der selbständigen Radwege Gebrauch zu machen. Ausserdem gilt für beide Gruppen eine Ausnahme bezüglich der allgemeinen Vorfahrtvorschrift: an Kreuzungen ohne Vorfahrtzeichen müssen sie Kraftfahrern, die von links kommen, Vorfahrt gewähren.

Hinsichtlich Verhalten, Fahrweise und Alter gibt es sehr grosse Unterschiede zwischen Radfahrern und Mopedfahrern. Aus diesem Grunde gibt es zwischen ihnen auch grosse Unterschiede in bezug auf Verkehrssicherheit. Das Risiko, bei gleicher zurückgelegter Entfernung, getötet zu werden, ist für einen Mopedfahrer gut zweimal grösser als für einen Radfahrer. Vielleicht hat sich aus diesem Grunde, aber wahrscheinlich hauptsächlich infolge der sehr verbesserten Einkommenverhältnisse, der Mopedgebrauch nach einer sensationellen Zunahme in den fünfziger Jahren, im Laufe der sechziger und siebziger Jahre zunächst stabilisiert, danach aber sehr rasch nachgelassen. Die gesamte Verkehrsleistung für Mopedfahrer im Jahre 1980 betrug nur noch 15% von jener der Radfahrer. In 1970 waren es noch fast 45%.

Die Zahl der im Verkehr getöteten Radfahrer und Mopedfahrer in den Niederlanden war in 1980 fast 31% der Gesamtzahl der Verkehrstoten. Es ist deshalb verständlich, dass es in den Niederlanden zahlreiche Verkehrsanlagen für Radfahrer und Mopedfahrer gibt. Nicht selten gibt es bei der Einstellung der Verkehrsampeln an Strassenkreuzungen eine besondere Regelung für Radfahrer und Mopedfahrer. Es werden nicht nur eigene Signalgeber für diese Kategorien angebracht, sondern es gibt auch getrennte Phasen.

Der vorliegende Artikel befasst sich mit der Wirkung dieser "konfliktfreien" Phasen auf die Verkehrssicherheit und gründet auf eine Unfallstudie.

Zunächst wird eine allgemeine Problemanalyse vorgelegt, gefolgt von einer kurzen Erläuterung der Ergebnisse einer Literaturstudie. Ferner wird auf die Art der Unfallstudie eingegangen und werden die bedeutendsten Ergebnisse der Analyse erörtert.

## 2. PROBLEMANALYSE

Die durchgeführte Untersuchung bezog sich auf Strassenkreuzungen mit parallel geführten Radwegen und mit Verkehrsampeln. Diese Radwege führen an den untersuchten Strassenkreuzungen bis an den Knotenpunkt. Infolge dieser Anordnung werden Radfahrer und Mopedfahrer gezwungen, indirekt nach links abzubiegen. Das Problem dieser Gruppe ähnelt dadurch zum grössten Teil jenem der geradeaus fahrenden Radfahrer und Mopedfahrer. Bei der Unfallregistrierung können Unfälle von nach links abbiegenden Radfahrern und Mopedfahrern nur teilweise von Unfällen mit geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern unterschieden werden.

Die Probleme für die nach rechts abbiegenden Radfahrer und Mopedfahrer sind normalerweise unbedeutend. An den untersuchten Strassenkreuzungen sind Zusammenstösse mit Kraftfahrzeugen kaum möglich. Falls es an beiden kreuzenden Wegen selbständige Radwege gibt, ist für die nach rechts abbiegenden Radfahrer und Mopedfahrer meistens keine Regelung vorgesehen. Es kann dann eigentlich nur noch Zusammenstösse mit anderen Radfahrern und Mopedfahrern geben.

Diese Problemanalyse befasst sich nur mit dem Effekt einer konfliktfreien Phase für geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer auf die möglichen Konflikte mit Kraftfahrzeugen. Es handelt sich um etwa 80% der registrierten Unfälle, bei denen ein Radfahrer oder Mopedfahrer verwundet oder getötet worden ist, nämlich um Zusammenstösse mit Kraftfahrzeugen. Bei der nachfolgenden Erörterung wird die in Abbildung 1 angegebene Manöver-Numerierung verwendet.

Bei einer einfachen Zweiphasenregelung sind geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer zeitlich vom kreuzenden Verkehr getrennt (siehe Manöver 04 bis einschl. 06 und 10 bis einschl. 12). Ein Zusammenstoss mit einem Kraftfahrzeug, das eines der genannten Manöver durchführt, ist nur dann möglich, wenn einer der zwei Beteiligten bei rotem Lichtzeichen weiterfährt. Bei einer derartigen Regelung besteht das grösste Unfallrisiko für geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer, die mit nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeugen (Richtung 01) in Konflikt geraten, und zwar hauptsächlich im Falle eines selbständigen Radweges, der bis zur Kreuzung läuft.

Radfahrer und Mopedfahrer, die auf das grüne Lichtzeichen warten, um die Strasse zu überqueren, werden bei einer zweckmässigen Gestaltung dieser Situation nicht viele Probleme für den Fahrer eines nach rechts abbiegenden Fahrzeuges verursachen. Die Radfahrer und Mopedfahrer werden bereits während ihrer Wartezeit von dem Fahrer des Kraftfahrzeuges gesehen.

Wahrscheinlich ist die Möglichkeit, dass Probleme entstehen können, am grössten, wenn die grüne Phase bereits einige Zeit anhält. Sowohl Kraftfahrzeuge als auch Radfahrer und Mopedfahrer nähern sich dem potentiellen Konfliktpunkt in diesem Falle mit normaler Geschwindigkeit. Radfahrer und Mopedfahrer haben keinen Grund, ihrer Geschwindigkeit herabzusetzen. Der Fahrer des Kraftfahrzeuges bremst wohl ab und wird gegebenenfalls anhalten, wenn er den Radfahrer oder Mopedfahrer gesehen hat. Diese Ortung ist jedoch nicht immer einfach. Radfahrer haben meistens eine solche Geschwindigkeit, dass sie von Kraftfahrzeugen leicht überholt werden können. Also erwartet der Fahrer an dem potentiellen Konfliktpunkt den Radfahrer. Die Geschwindigkeit des Mopedfahrers ist innerhalb geschlossener Ortschaften oft so hoch, dass er das Kraftfahrzeug überholt. Der Fahrer des Kraftfahrzeuges kann den Mopedfahrer dann nur sehen, wenn er in den Rückspiegel schaut oder seinen Kopf dreht. Diese Verrichtungen sind an und für sich einfach, aber wenn der Mopedfahrer jedoch nicht erwartet wird, werden sie nur nachlässig oder überhaupt nicht ausgeführt. Da die Möglichkeit, ein Notmanöver erfolgreich durchzuführen für den Mopedfahrer viel geringer ist als für den Radfahrer, können in erster Linie viele Zusammenstösse zwischen geradeaus fahrenden Mopedfahrern und nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeugen erwartet werden.

Geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer können auch mit entgegenkommenden und nach links abbiegenden (Richtung 09) Kraftfahrzeugen zusammenstossen. Bei einer solchen Manöverkombination kann der Fahrer des Kraftfahrzeuges den Radfahrer oder Mopedfahrer deutlich sehen. Da der Radfahrer oder Mopedfahrer geradeaus fährt, ist bei derartigen Zusammenstössen fast immer der Autofahrer verantwortlich. Er darf sein Manöver erst ausführen, nachdem er den entgegenkommenden, geradeaus fahrenden Verkehrsteilnehmern Vorfahrt gewährt hat. Er wird jedoch seine Aufmerksamkeit dabei vor allen Dingen dem Strom der Kraftfahrzeugen widmen.

Sobald eine Lücke in diesem Strom entsteht, wird davon so gut wie möglich Gebrauch gemacht. Dabei kann es geschehen, dass der geradeaus fahrende Radfahrer oder Mopedfahrer, der oft kaum zu sehen ist, da er an der rechten Seite des Fahrzeugstromes fahren sollte, nicht beachtet wird.

Von einer "konfliktfreien" Phase, wobei die geradeaus fahrenden Radfahrer und Mopedfahrer vollständig von den Kraftfahrzeugen, die die Manöver 01 und 09 durchführen, getrennt sind, kann ein theoretisch sehr günstiger Einfluss auf die Verkehrssicherheit erwartet werden. In der Praxis wird jedoch ein Teil dieses günstigen Einflusses wegen Unfälle durch Rotüberfahrungen verlorengehen. Die hier beschriebene Untersuchung wurde durchgeführt, um festzustellen, ob eine konfliktfreie Phase im Endeffekt positive oder negative Wirkungen hat.

### 3. LITERATURINFORMATION

Aus einer vor einigen Jahren durchgeführten Literaturstudie (Welleman, 1981) ist zu entnehmen, dass im Grunde genommen nur noch wenig über die Wirkung von Verkehrsampeln auf die Sicherheit von Radfahrern und Mopedfahrern bekannt ist. Es ist deshalb auch nicht erstaunlich, dass die Fachliteratur nicht auf das hier behandelte - ins einzelne gehende - Problem eingeht. Wohl wurden und werden Untersuchungen angestellt, die mit der hier behandelten Problematik in Verbindung stehen. Die bisher erzielten Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden.

#### 3.1. Rotüberfahrungen

Ein Thema, das in den Niederlanden sehr viel Aufmerksamkeit erregt, betrifft Radfahrer und Mopedfahrer, die rote Lichtzeichen nicht beachten. Der Grund für Rotüberfahrungen wurde bisher lediglich bei Kraftfahrern und Fussgängern geprüft. Einige Pilotstudien haben den Umfang dieses Problems bei Radfahrern bereits angedeutet. Etwa 20% der Radfahrer, die bei rotem Lichtzeichen anhalten sollten, fahren ruhig weiter. Global betrachtet schwankt dieser Prozentsatz zwischen 0 und 50%. Über die Gründe, die derartig grosse Unterschiede zwischen Kreuzungen beeinflussen, ist noch wenig bekannt. Aufgrund von Literaturangaben kann folgendes vorausgesetzt werden.

Erstens: Die Wahrscheinlichkeit eines Rotlichtvergehens durch einen Radfahrer oder Mopedfahrer nimmt mit der Wartezeit zu.

Dies stimmt überein mit einer von Ferrara (1975) beschriebenen ähnlichen Situation. Er hat nämlich beobachtet, dass Radfahrer, die bei einem Halteschild anhalten müssen, bevor sie einen Weg überqueren, stets kürzere Zeitspannen nach längerer Wartezeit gebrauchen werden.

Zweitens: Die Rotlichtdisziplin der Radfahrer und Mopedfahrer wird schlechter, wenn sie bei der Ampelregelung weniger günstig berücksichtigt werden, d.h. wenn sie warten müssen, auch wenn es keinen Kreuzungsverkehr gibt.

Retzko & Androsch (1974) haben ähnliche Beobachtungen bei Fussgängern nach einer Verhaltensstudie bei Fussgänger-Übergängen mit Verkehrsampeln gemacht. Eine Parallele zwischen dem Verhalten von Fussgängern und Radfahrern sowie Mopedfahrern ist einleuchtend, da diese Kategorien meistens

unabhängig von anderen entscheiden können, ob sie bei Rot halten oder nicht. Autofahrer müssen bei einer solchen Entscheidung oft die vor ihnen fahrenden Fahrzeuge berücksichtigen. Dass sie sich jedoch höchstwahrscheinlich bestimmt ähnlich wie Fussgänger, Radfahrer und Mopedfahrer verhalten würden, wenn sie dazu die Möglichkeit hätten, kann aus den Ergebnissen einiger Unfallstudien gefolgert werden (Zibuschka, 1979; Beumer & Zwart, 1980): sie stellten fest, dass die Zahl der Unfälle mit Kraftfahrzeugen infolge Rotlichtvergehen bzw. Kreuzkonflikte unabhängig von der Verkehrsintensität ist. Mit anderen Worten: der Anteil steigt bei geringerer Verkehrsintensität, jedoch nimmt die Gesamtunfallzahl bei zunehmender Verkehrsintensität zu.

Ein Bericht der Stadt Eindhoven (Gemeente Eindhoven, 1977) gibt Auskunft über die Schwere von Unfällen als Folge von Rotüberfahrungen. In 1976 gab es bei allen registrierten (4749) Unfällen in Eindhoven 1069 Verkehrsoffer; bei 138 Unfällen durch Rotlichtvergehen gab es 77 Verkehrsoffer. Im Verhältnis war die Zahl der Opfer bei den Rotlichtunfällen zweieinhalb mal so gross. Die Zahl der tödlichen Unfälle betrug 28 bzw. 8, also bei Rotlichtvergehen fast zehn mal so viel wie bei allen Unfällen zusammen. Eine Aufgliederung nach verschiedenen Kategorien der Verkehrsteilnehmer wurde nicht gemacht.

### 3.2. Anschluss des Radweges an den Knotenpunkt

Als eine alternative Lösung für eine konfliktfreie Phase wird die Stelle eines potentiellen Konfliktes zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern oder Mopedfahrern und den nach rechts abbiegenden Kraftfahrzeugen bisweilen auf eine gewisse Entfernung von der Kreuzung verlegt. Zu diesem Zweck können verschiedene verkehrstechnische Massnahmen angewendet werden. Bei der Auswahl der Lösung ist nicht nur das Ausmass der verflochtenen Verkehrsströme von Bedeutung, sondern auch der verfügbare Raum. Eine ziemlich oft angewendete Lösung ist, den selbständigen Radweg einige Dutzende Meter vor dem Knotenpunkt aufhören zu lassen.

Über die Wirksamkeit verschiedener Lösungen für die Verkehrssicherheit gibt die Fachliteratur auf direkte oder indirekte Weise wohl gewisse Auskunft. Eine Zusammenfassung der Erkenntnisse ergibt, dass die Weiterführung des Radweges bis zum Knotenpunkt hauptsächlich bei Mopedfahrern

ziemlich viele Unfälle verursacht. Das Abkürzen eines selbständigen Radweges (Jorgensen & Herrstedt, 1979), das Fehlen eines derartigen Radweges (Brand, 1970; Gemeente 's-Gravenhage, 1982) oder ein Nichtbenützen dieses Weges (Alrutz & Meewes, 1980) führt dazu, dass geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer sich vor der Kreuzung verflechten müssen mit dem motorisierten - nach rechts abbiegenden - Verkehr, was tatsächlich die Zahl der Zusammenstöße zwischen Mopedfahrern und Kraftfahrzeugen günstig beeinflusst.

#### 4. ART DER EIGENEN UNFALLSTUDIE

Die Art der durchgeführten Untersuchung beruht auf Hypothesen. Die Hypothesen beschränken sich auf Unfälle mit Verletzten, verursacht durch Zusammenstösse von Radfahrern und Mopedfahrern mit Kraftfahrzeugen (Pkw, Lieferwagen, Motorräder, Lkw und Bus). Die konfliktfreie Phase bezweckt, die Konfliktpartner zeitlich voneinander zu trennen. Aufgrund der theoretischen Erkenntnisse und den Erkenntnissen aus der Fachliteratur wird ein günstiger Einfluss auf die Zahl der Zusammenstösse zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern, sowie Mopedfahrern mit abbiegenden Kraftfahrzeugen erwartet (1. Hypothese). Bei Anwendung einer konfliktfreien Phase wird in vielen Fällen die durchschnittliche Wartezeit für Radfahrer und Mopedfahrer etwas zunehmen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit grösser, dass sie im Anfang der roten Phase noch einfach weiterfahren. Die durchschnittliche Wartezeit für den Konfliktpartner verlängert sich ebenfalls. Folglich wird dieser wahrscheinlich nicht nur bei der Anfangsphase des Rotlichtes weiterfahren, sondern auch schneller auf die grüne Anfangsphase reagieren und kräftig beschleunigen. Diese Umstände können vor allem einen ungünstigen Einfluss auf die Zahl der Zusammenstösse zwischen geradeaus fahrenden Radfahrern oder Mopedfahrern und quer kreuzenden Kraftfahrzeugen haben (2. Hypothese).

Die Kombination der 1. und 2. Hypothese führte zur 3. Hypothese: eine konfliktfreie Phase hat keinen Einfluss auf die Zahl der Unfälle mit Verletzten, sofern es sich um Zusammenstösse von Radfahrern und Mopedfahrern mit Kraftfahrzeugen handelt.

Die Untersuchung, die durchgeführt worden ist, um die Richtigkeit der Hypothesen zu prüfen, ist Teil einer umfangreichen Untersuchung zur Bewertung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen in Wohngebieten. Infolge des beschränkten Budgets wurden für die genannte Teiluntersuchung nur 27 Kreuzungen mit Verkehrsampeln in den Städten Eindhoven, Rijswijk, Tilburg und Delft untersucht, und zwar zwanzig ohne und sieben mit konfliktfreien Phasen. Die beiden Kreuzungsgruppen sind gut vergleichbar, sowohl hinsichtlich Grösse der Kreuzung und Charakteristik der abzweigenden Strassen als auch hinsichtlich Verkehrsintensität (siehe Tabelle 1), die pro Viertelstunde für jede Richtung (01 bis einschl. 12; siehe Abbildung 1) ermittelt wurde. Die Unfallangaben wurden über die Periode 1972 bis einschl. 1977 gesammelt. Es handelt sich insgesamt um 18 tödliche Unfälle

und 750 Unfälle mit Verletzten. Bei diesen Unfällen gab es insgesamt 21 Tote und 855 Verletzte.

Bei der Prüfung der Hypothesen wurden als Vergleichskriterium Unfallquotienten angewendet, und zwar wurden die Zahlen der Unfälle anhand dreier Expositionsmasse ermittelt. Das erste Expositionsmass ist die Zahl der von der Kreuzung abzweigenden Strassen. Eine konfliktfreie Phase für Radfahrer und Mopedfahrer kann nämlich an jeder Kreuzungsabzweigung realisiert werden. Das zweite Expositionsmass ist die Zahl der geradeaus fahrenden Radfahrer bzw. Mopedfahrer. Das dritte Expositionsmass ist das Produkt der Intensitäten der geradeaus fahrenden Radfahrer bzw. Mopedfahrer und der potentiell mit ihnen in Konflikt geratenen Verkehrsströme. Es wird vorausgesetzt, dass das genannte Produkte in direktem Verhältnis zu der Zahl der Begegnungen dieser Verkehrsteilnehmer steht. Bei der Prüfung der ersten und zweiten Hypothese wurde lediglich dieses letzte Expositionsmass angewendet.

Für die Bestimmung der Unfallquotienten wurden die über die Periode von 07.00 bis 19.00 Uhr eines Arbeitstages zusammengefassten Zählungen angewendet. Deshalb dürfen den absoluten Werten der Unfallquotienten aus diesem Grunde keinerlei Bedeutung beigemessen werden. Für Kreuzungen mit unvollständigen Angaben über Unfälle wurden die Zahlen für die Expositionsmasse entsprechend korrigiert.

Bei der Prüfung der Hypothesen wurde ein log-lineares Poissonmodell verwendet. Beim Gebrauch dieses Modelles wird vorausgesetzt, dass es eine grosse Anzahl unabhängiger Experimente gibt mit einer relativ geringen Aussicht auf Erfolg (in diesem Falle Unfallverletzungen). Falls aufgrund der Angaben der Expositionsmasse die erwartete Zahl der Unfälle pro Bedingung unter ein bestimmtes Minimum kommt, darf das Modell nicht mehr angewendet werden. In diesem Falle wurde als Minimumwert 15 gewählt. Bei kleineren Anzahlen wurde ein exakter Wert verwendet, gründend auf der Voraussetzung, dass Unfälle binomial Konditionen verteilt sind mit Wahrscheinlichkeiten, die aus den gegebenen Grössen abgeleitet wurden. Bei der beschriebenen Untersuchung wurde immer eine Prüfung auf einem 5%-igen Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit angewendet.

## 5. ERGEBNISSE DER UNFALLSTUDIE

Um einen Eindruck zu bekommen von den Verkehrsteilnehmern, die an Unfällen an signalgeregelten Kreuzungen mit selbständigen Radwegen beteiligt sind, gibt Tabelle 2 eine Übersicht von allen 768 registrierten Unfällen mit Verletzungen, und zwar nach den beteiligten Verkehrsteilnehmern gegliedert. Gleichzeitig wurde auch angegeben, wie oft jede einzelne Kategorie der Verkehrsteilnehmer an Unfällen mit Verletzungen beteiligt war.

Im absolute Sinne sind Pkw und Mopeds deutlich am häufigsten an Unfällen mit Verletzungen beteiligt.

Die Zahl der Zusammenstösse zwischen Radfahrern und Kraftfahrzeugen betrug 128 und zwischen Mopedfahrern und Kraftfahrzeugen hingegen 270. Die Hypothesen beziehen sich auf Zusammenstösse von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern mit Kraftfahrzeugen. Die entsprechenden Zahlen hierfür waren 105 bzw. 239.

Bei den Zusammenstössen zwischen einem geradeaus fahrenden Radfahrer und einem Kraftfahrzeug gab es 100 (=95%) Unfälle mit einem Kraftfahrzeug, das in Richtung 01, 05, 09 oder 11 fuhr. Die entsprechende Zahl für geradeaus fahrende Mopedfahrer betrug 230 (=96%). Infolge der hohen Quote dieser vier Manöver der Kraftfahrzeuge wurden die Hypothesen unter Anwendung des Expositionsmasses "Anzahl Begegnungen" geprüft mit der Zahl der Unfälle und mit den Intensitätsangaben, die zu den genannten vier Manövern gehören.

Die erste Hypothese wurde sowohl für Radfahrer als auch für Mopedfahrer angenommen. Eine Schätzung der Grösse des günstigen Effektes ist aus Tabelle 3 ersichtlich. Nur bei Unfällen zwischen geradeaus fahrenden Mopedfahrern und entgegenkommenden - nach links abbiegenden - Kraftfahrzeugen konnte keine bedeutende Abnahme beobachtet werden.

Die zweite Hypothese kann nicht für Radfahrer angenommen werden, obwohl Tabelle 3 eine bedeutend grössere Anzahl Unfälle mit Verletzungen zeigt bei einer konfliktfreien Regelung als bei einer Parallelregelung. Dies beweist, dass die geringe Zahl von Unfällen mit Verletzungen pro Zelle beim Ergebnis von dieser Prüfung eine bedeutende Rolle spielt.

Auffallend ist, dass die Zahl der Zusammenstösse von Mopedfahrern mit von

rechts kommenden, kreuzenden Kraftfahrzeugen (Richtung 11) bei einer konfliktfreien Regelung viel grösser ist als bei einer Parallelregelung, während es in der Anzahl Zusammenstösse mit von links kommenden, kreuzenden Kraftfahrzeugen (Richtung 05) keinen Unterschied gibt.

Falls die Zahl der Begegnungen mit Kraftfahrzeugen als Expositionsmass gebraucht wird, zeigt es sich, dass die Zahl der Verletzungsunfälle von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern bei konfliktfreier Regelung nicht signifikant kleiner ist als bei einer Parallelregelung (siehe Tabelle 4). Dies bedeutet, dass die dritte Hypothese angenommen werden kann. Diese Hypothese wird ebenfalls angenommen, falls die Zahl der vorbei fahrenden Radfahrer bzw. Mopedfahrer oder die Zahl der von der Kreuzung abzweigenden Strassen als Expositionsmass gebraucht wird. Die Unterschiede bei den Unfallquotienten deuten wohl darauf hin, dass von einer konfliktfreien Phase eher eine günstige als eine ungünstige Wirkung erwartet werden kann.

Falls nur Zusammenstösse mit Lkw und Autobussen betrachtet werden, dann ist die Zahl der Verletzungsunfälle von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern bei einer konfliktfreien Regelung signifikant niedriger als bei einer Parallelregelung. Die Analyse wurde ausschliesslich mit der Anzahl Begegnungen zwischen diesen Kategorien Verkehrsteilnehmern als Expositionsmass durchgeführt. Infolge der geringen Zahl von Unfällen wurden in dieser Analyse Radfahrer und Mopedfahrer als eine Kategorie betrachtet. Bei insgesamt 27 Unfällen machte der Lkw oder der Autobus 21 Abbiegungen nach rechts (Richtung 01).

Über die Schwere der 344 Unfälle mit Verletzungen, an denen ein geradeaus fahrender Radfahrer oder Mopedfahrer beteiligt war, kann aufgrund der registrierten Einzelheiten nicht viel gesagt werden. Bei diesen Unfällen mit Verletzungen wurden 8 Personen getötet. Vier Radfahrer und ein Mopedfahrer starben bei Zusammenstössen mit den von links kommenden, kreuzenden Pkw (Richtung 05). Ein Radfahrer und zwei Mopedfahrer wurden bei Zusammenstössen mit nach rechts abbiegenden Lkw getötet (Richtung 01).

Über die 205 Unfälle, an denen ausschliesslich Kraftfahrzeuge beteiligt waren, kann schliesslich erwähnt werden, dass die Zahl solcher Unfälle sich bei einer konfliktfreien Regelung etwas höher zeigt. Eine einfache Erklärung hierfür gibt es im Augenblick nicht.

## 6. DISKUSSION

Aufgrund der durchgeführten Analyse kann nicht vorausgesetzt werden, dass eine konfliktfreie Phase einen günstigen Einfluss hat auf die Zahl der Verletzungsunfälle von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern, wenn der Konfliktpartner ein Kraftfahrzeug ist. Die Unfallquotienten sind bei konfliktfreier Regelung wohl niedriger als bei eine Parallelregelung, aber die Prüfung auf einem 5%-igen Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit zeigt, dass dieser Unterschied nicht signifikant ist.

Eine konfliktfreie Phase hat zwei ganz deutlich günstige Einflüsse auf die Verkehrssicherheit der Radfahrer und Mopedfahrer: eine geringere Anzahl Unfälle mit Verletzungen verursacht von einem Lkw oder Autobus als Konfliktpartner und eine geringere Anzahl Unfälle mit Verletzungen verursacht von einem abbiegenden Kraftfahrzeug als Konfliktpartner. Dagegen gibt es jedoch der höhere Unfallquotient von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern, die mit kreuzenden Kraftfahrzeugen zusammenstossen. Diese drei Haupteffekte werden nun eingehend besprochen.

Der günstige Einfluss einer konfliktfreien Phase auf die Zahl der Zusammenstöße von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern mit Lkw und Autobussen ist vor allem wichtig wegen der schweren Folgen solcher Unfälle für Radfahrer oder Mopedfahrer. In dem Zeitraum 1975-1979 starben in den Niederlanden insgesamt 173 Personen infolge eines Unfalles zwischen einem nach rechts abbiegenden vierrädrigen Kraftfahrzeug und einem Verkehrsteilnehmer, der sich an der rechten Seite des Kraftfahrzeuges befand (SWOV, 1981). Mopedfahrer und Radfahrer bildeten mit bzw. 84 (49%) bzw. 70 (40%) den übergrossen Teil der verstorbenen Verkehrsteilnehmer (siehe Tabelle 5). Von den 173 Verkehrstoten kamen 151 (87%) ums Leben infolge eines Zusammenstosses mit einem nach rechts abbiegenden Lkw und 3 (2%) infolge eines Zusammenstosses mit einem nach rechts abbiegenden Autobus. Von den verstorbenen Radfahrern wurden 97% innerorts in einen Unfall verwickelt, während es sich bei den Mopedfahrern bei solchen Unfällen um 78% handelte. Etwa die Hälfte der verstorbenen Mopedfahrer fuhr auf einem Radweg; bei den Radfahrern handelte es sich dabei um 17%. Mit abnehmender schwere solcher Unfälle erhöht sich der Anteil der nach rechts abbiegenden Pkw stark und verringert sich der Anteil der Lkw stark, obwohl der Anteil der Lkw im Verhältnis zu ihrem Anteil am Gesamt-

verkehr hoch bleibt. Der günstige Einfluss einer konfliktfreien Regelung für Radfahrer und Mopedfahrer auf die Zahl der Zusammenstöße mit Lkw und Autobussen bekommt denn auch im Zusammenhang mit der Schwere solcher Unfälle eine zusätzliche Bedeutung.

Eine konfliktfreie Phase hat nicht nur einen günstigen Einfluss auf Zusammenstöße mit (nach rechts abbiegenden) Lkw und Autobussen, sondern auch auf Zusammenstöße mit allen Kategorien der abbiegenden Kraftfahrzeuge zusammen. Auf diese Weise erfüllt die konfliktfreie Phase ihren primären Zweck.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen jedoch deutlich, dass bei der Bewertung der Auswirkungen einer Massnahme nicht nur die angestrebte Hauptwirkung, sondern auch die nicht angestrebten Nebenwirkungen betrachtet werden müssen. Der Anstieg der Zahl der Zusammenstöße der geradeaus fahrenden Radfahrer und Mopedfahrer mit kreuzenden Kraftfahrzeugen, worauf die Ergebnisse der Analyse stark hindeuten, kann als eine derartige nicht angestrebte und unerwünschte Nebenwirkung betrachtet werden. Diese ungünstige Wirkung fällt um so mehr auf, als solche Unfälle bei funktionierenden Verkehrsampeln immer die Folge eines Rotlichtvergehens sind, ob es nun eine konfliktfreie Phase gibt oder nicht. Diese Unfälle verlaufen wahrscheinlich viel schlimmer als jene Unfälle, die sich wegen eines Vorfahrtverstosses ereignen. Was Radfahrer betrifft, ist die Zahl der Zusammenstöße mit von links kommenden Kraftfahrzeugen am höchsten, ungeachtet der Art der Regelung.

Bei Mopedfahrern gibt es deutlich weniger Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen, die von links kommen. Andeutungsweise kann festgestellt werden, dass eine konfliktfreie Phase sich günstig auf solche Art Unfälle auswirkt. Dagegen hat jedoch eine konfliktfreie Phase eine sehr ungünstige Wirkung auf Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen, die von rechts kommen. Unter Berücksichtigung der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Radfahrern und Mopedfahrern - auch beim Anfahren - könnten diese Ergebnisse darauf hinweisen, dass die rote Anfangsphase vom Radfahrer, Mopedfahrer oder Autofahrer nicht beachtet wurde. Falls diese Annahme richtig ist, könnten längere Räumungszeiten der Kreuzungen eine Lösung bedeuten. Diese Lösung liegt nahe, da Planer der Lichtzeichenregelungen gerade bei der Anwendung einer zusätzlichen Phase geneigt sein könnten, bei den Räumungszeiten einzusparen, um somit die Umlaufzeiten so kurz wie möglich zu halten.

Es muss wohl angemerkt werden, dass die Verlängerung der Räumungszeit einer Kreuzung wiederum Anlass zu mehr Rotlichtvergehen sein könnte. In diesem Zusammenhang soll deshalb auch auf die Möglichkeit hingewiesen werden, die Zahl der Rotlichtvergehen zu verringern, indem mehr kürzere grüne Phasen für die Radfahrer und Mopedfahrer pro Umlauf realisiert werden.

Aufgrund der obenerwähnten Betrachtungen könnte aus der Untersuchung gefolgert werden, dass eine konfliktfreie Phase für geradeaus fahrende Radfahrer und Mopedfahrer sich günstig auf die Zahl der Unfälle mit Verletzungen, wobei ein Kraftfahrzeug der Konfliktpartner ist, auswirken könnte. Diese Wirkung könnte bedeutend gesteigert werden, wenn die Zahl der Unfälle durch Rotlichtvergehen reduziert werden könnte. Eine konfliktfreie Phase soll vor allem bei Kreuzungen mit Abzweigungen, wo es viele Radfahrer und Mopedfahrer, sowie zahlreiche rechts abbiegende Lkw gibt, in Erwägung gezogen werden.

LITERATUR

Alrutz, D. & V. Meewes (1980). Untersuchungen zum Radverkehr in Köln - Unfallanalyse, Empfehlungen, Radverkehrsnetz für Porz, vorläufiger Schlussbericht. Mitteilungen der Beratungsstelle für Schadenverhütung Nr. 16 b, 1980.

Beumer, C. & A. Zwart (1980). Verkeersveiligheidsaspecten op met verkeersregelinstallaties beveiligde aansluitingspunten in Gelderland. Verkeerskunde 31 (1980) 9: 465 - 469.

Brand, H. (1970). Het langzame verkeer in de steden. Verkeerstechniek 21 (1970) 9: 436 - 445.

Ferrara, T.C. (1975). A study of two-lane intersections and crossings under combined motor vehicle and bicycle demands. Report No. 75-5. University of California, Civil Engineering Department, Davis, 1975.

Gemeente Eindhoven (1977). Verkeersongevallen in Eindhoven; Overzicht 1e kwartaal 1977. Hoofdafdeling Verkeer van de Dienst Ruimtelijke Ordening en Verkeer, Gemeente Eindhoven, 1977.

Gemeente 's-Gravenhage (1982). Het conflict tussen rechtsafslaand gemotoriseerd verkeer en rechtuitgaand langzaam verkeer. Gemeentelijke Dienst voor de Stadsontwikkeling, Gemeente 's-Gravenhage, 1982.

Jørgensen, N.O. & L. Herrstedt (1979). Sikkerhed for Cyklister og Knallertkørere i Københavnsområdet. Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, København, 1979.

Retzko, H.G. & W. Androsch (1974). Pedestrian behaviour at signalised intersections. Traffic Engineering & Control 15 (1974) 16-17: 735 - 738.

SWOV (1981) (Blokpoel, A. & J.A.G. Mulder). Het zichtveld van bestuurders van vrachtwagens. Analyse van de problemen betreffende het zichtveld aan de rechterzijde van (rechtsafslaande) vrachtwagens. R-81-20. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1981

Welleman, A.G. (1981). Veiligheidsoverwegingen bij het plaatsen van verkeerslichten. Verkeerskunde 32 (1981) 11: 537 - 544.

Zibuschka, F. (1979). Analyse charakteristischer Unfalltypen signalgeregelter Knotenpunkte. Strassenverkehrstechnik 23 (1979) 6: 188 - 190.

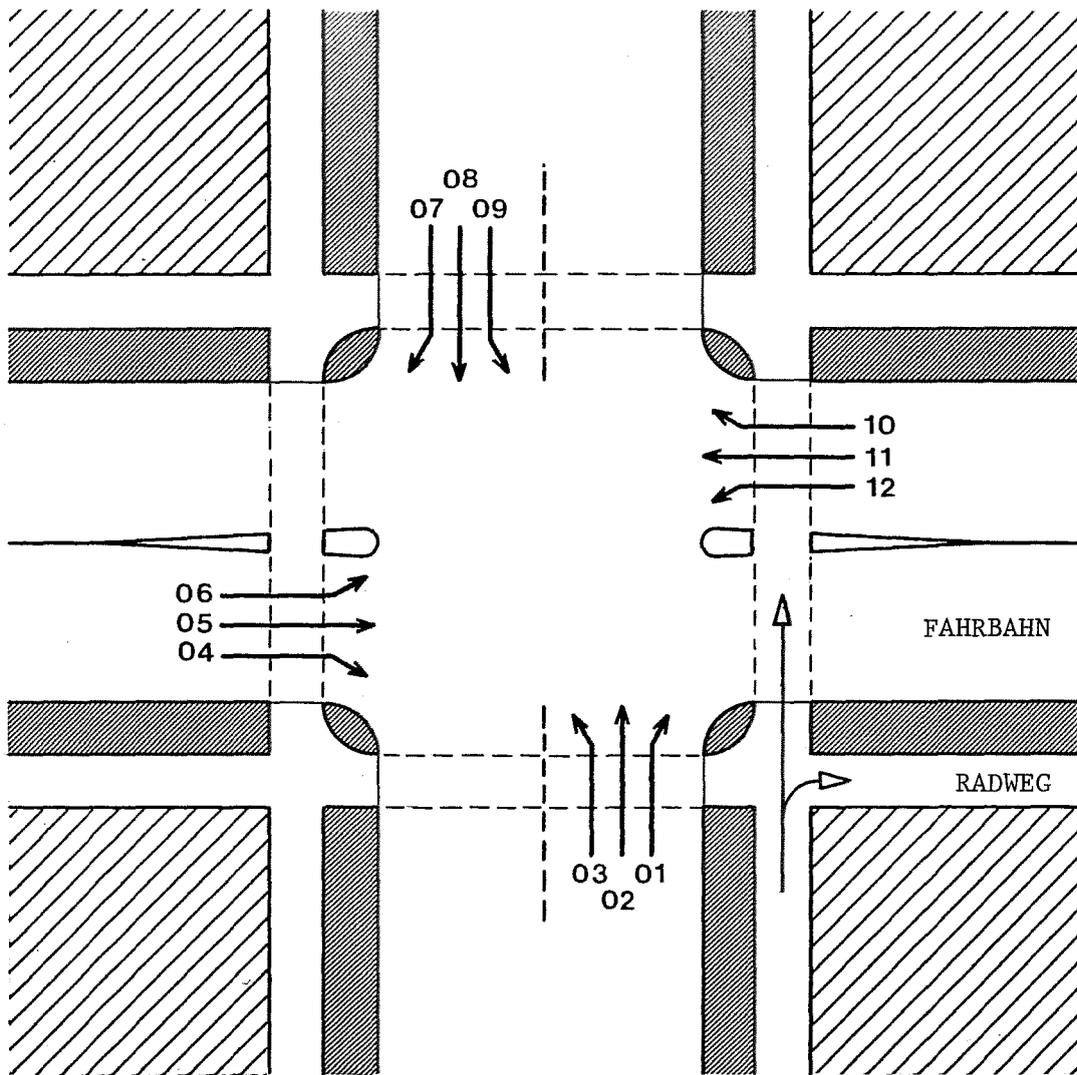


Abbildung 1. Schematische Darstellung der Manöver von Kraftfahrzeugen, Radfahrern und Mopedfahrern an einem Kreuzpunkt mit selbständigem Radweg.

Verkehrsteilnehmerkategorien	Mittlere Arbeitstagesintensitäten auf Kreuzungsabzweigungen mit <u>konfliktfreier</u> Regelung				Mittlere Arbeitstagesintensitäten auf Kreuzungsabzweigungen mit <u>Parallelregelung</u>			
	Anzahl	% rechtsabbiegend	% geradeausfahrend	% linksabbiegend	Anzahl	% rechtsabbiegend	% geradeausfahrend	% linksabbiegend
Fahrrad	1315	12,1	73,9	14,0	1213	8,1	80,2	11,6
Moped	425	15,2	67,9	16,4	364	8,4	80,1	11,5
Pkw, Lieferwagen, Motor	5741	18,9	58,9	22,2	5710	13,8	71,4	14,8
Lkw, Autobus	485	18,2	57,4	24,4	403	14,6	71,8	13,5

Tabelle 1. Mittlere Arbeitstagesintensitäten (7.00-19.00 Uhr) für Kreuzungsabzweigungen mit konfliktfreier Regelung beziehungsweise mit Parallelregelung.

Verkehrsteilnehmerkategorien	In Unfällen <sup>x</sup> verwickelt		Konfliktpartner									
	abs.	%	Fussgänger	Fahrrad	Moped	Motor	Personenauto	Lieferwagen	Lkw	Autobus	Übrigen	Kein
Fussgänger	57	7,4	0	1	13	0	35	5	3	0	0	0
Fahrrad	172	22,4		6	30	3	108	8	9	0	0	7
Moped	355	46,2			13	2	226	21	21	0	1	28
Motor	21	2,7				0	11	3	0	0	0	2
Personenauto	584	76,0					153	9	16	6	1	19
Lieferwagen	49	6,3						0	1	1	1	0
Lkw	55	7,2							3	2	0	0
Autobus	9	1,2								0	0	0

\* die Gesamtzahl der registrierten Unfälle beträgt 768

Tabelle 2. Übersicht der registrierten Unfälle mit Verletzungen, gegliedert nach Art der Verkehrsteilnahme der betroffenen Personen.

Konfliktierende Verkehrsteilnehmer	Konfliktfreie Regelung		Parallelregelung		Unterschied (-oder+) Unfallquotienten in Prozent bei konfliktfreier gegenüber paralleler Regelung
	Anzahl von Unfällen	Unfall- quotient	Anzahl von Unfällen	Unfall- quotient	
<u>Radfahrer 02:</u>					
x Kraftfahrzeug 01	1	0,0352	17	0,2453	-86%
x Kraftfahrzeug 09	3	0,1141	40	0,5460	-79%
x Kraftfahrzeug 01/09	4	0,0731	57	0,3998	-82%
<u>Mopedfahrer 02:</u>					
x Kraftfahrzeug 01	6	0,7450	100	4,7382	-84%
x Kraftfahrzeug 09	17	1,9024	51	2,3289	-18% (nicht signifikant)
x Kraftfahrzeug 01/09	23	1,3537	151	3,5113	-61%
-----					
<u>Radfahrer 02:</u>					
x Kraftfahrzeug 05	7	0,0941	21	0,0552	+70% (nicht signifikant)
x Kraftfahrzeug 11	3	0,0404	8	0,0210	+92% (nicht signifikant)
x Kraftfahrzeug 05/11	10	0,0673	29	0,0381	+77% (nicht signifikant)
<u>Mopedfahrer 02:</u>					
x Kraftfahrzeug 05	3	0,1265	22	0,2100	-40% (nicht signifikant)
x Kraftfahrzeug 11	11	0,4566	14	0,1333	+243%
x Kraftfahrzeug 05/11	14	0,2929	36	0,1716	+71% (nicht signifikant)

**Tabelle 3.** Vergleich der Gruppe Kreuzungen mit konfliktfreier Regelung mit der Gruppe mit Parallelregelung, aufgrund der Verletzungsunfälle von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern (Manöver 2) pro Konflikt mit einem abbiegenden Kraftfahrzeug (Manöver 01 oder 09) und mit einem kreuzenden Kraftfahrzeug (Manöver 05 oder 11).

Verkehrsteilnehmerkategorien	Expositionsmass	Konfliktfreie Regelung		Parallelregelung		Unterschied (-odert+) Unfallquotienten in Prozent bei konfliktfreier gegenüber paralleler Regelung
		Anzahl von Unfällen	Unfallquotient	Anzahl von Unfällen	Unfallquotient	
Radfahrer 02	Anzahl ( $\times 10^{-6}$ ) Begegnungen mit Kraftfahrzeugen 01, 05, 09, 11	14	0,069	86	0,095	-28% (nicht signifikant)
Mopedfahrer 02	Anzahl ( $\times 10^{-6}$ ) Begegnungen mit Kraftfahrzeugen 01, 05, 09, 11	41	0,633	189	0,748	-15% (nicht signifikant)
Radfahrer 02 + Mopedfahrer 02	Anzahl ( $\times 10^{-6}$ ) Begegnungen mit Kraftfahrzeugen 01, 05, 09, 11	55	0,205	275	0,238	-14% (nicht signifikant)
	Anzahl ( $\times 10^{-6}$ ) Begegnungen mit Lkw und Autobussen 01, 05, 09, 11	2	0,090	25	0,314	-71%

Tabelle 4. Anzahl der Verletzungsunfälle und Verletzungsunfallquotienten von geradeaus fahrenden Radfahrern und Mopedfahrern (Manöver 02) beim Vergleich zwischen konfliktfreier und paralleler Regelung, mit der Anzahl der Begegnungen als Expositionsmass.

Nach rechts abbiegende Kraftfahr- zeuge	Getötet				
	Motor- fahrer	Moped- fahrer	Rad- fahrer	Fuss- gänger	Insgesamt
Lkw ohne Anhänger	-	44	34	7	85 ( 49%)
Gelenk-Lkw	1	31	29	5	66 ( 38%)
Lieferwagen	-	1	-	1	2 ( 1%)
Autobus	1	1	-	1	3 ( 2%)
Personenauto	1	5	4	-	10 ( 6%)
Übrigen	-	2	3	2	7 ( 4%)
Insgesamt	3 (2%)	84 (49%)	70 (40%)	16 (9%)	173 (100%)

**Tabelle 5.** Anzahl der Verkehrstoten infolge von Verkehrsunfällen wobei motorisierte (Dreirad- und Vierrad-) Kraftfahrzeuge nach rechts abbiegen und in der Innenkurve zusammenstossen mit Motorradfahrern, Mopedfahrern, Radfahrern und Fussgängern (1975/1979; aus VOR-SWOV).