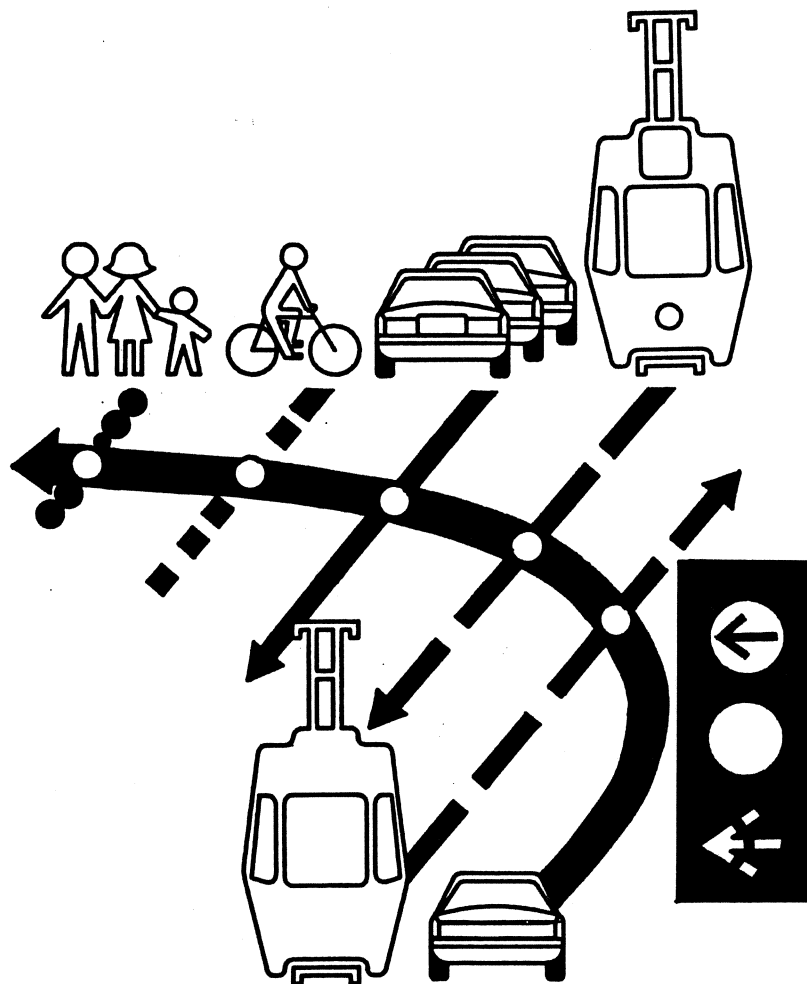


Lichtsignalanlagen mit konfliktbehafteten Abbiegern

Der "gelbe Blinkerpfeil"

Installations de signalisations lumineuses
destinées aux usagers obliquant et tenus
d'accorder la priorité

La "flèche jaune clignotante"



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Untersuchung bestätigt eindeutig und widerspruchsfrei die Hypothese:

Vortrittsbehaftete Abbieger verursachen heute Unfälle an Lichtsignalanlagen, weil sie zum Teil die Signalisation "Vollgrün" und "Grünpfeil mit Blinker" falsch als freie Fahrt interpretieren.

Die Untersuchung bestätigt eindeutig und widerspruchsfrei die Hypothese:

Als einfachere und einheitlichere Signalisation erweist sich ein "gelber Blinkerpfeil" für vortrittsbehaftete Abbieger. Die Abbieger verstehen ihn besser, sie gewähren korrekter Vortritt und verursachen weniger Unfälle mit Vortrittsberechtigten. Die bestehende Signalisation lässt sich mit wenig Aufwand auf "gelbe Blinkerpfeile" umstellen.

Die Untersuchung verwirft einen "Verzicht auf Konflikthanzeige":

Eine Signalisation mit "Vollgrün" oder "Grünpfeilen" (ohne Warnblinker) für vortrittsbelastetes Abbiegen ist zwar einfach, aber bedeutet einen neuen Informationsprozess und ein Umstellungsrisiko bei Lichtsignalen. Diese Variante überzeugt zu wenig, um die Verantwortlichen auch nur für einen Test zu gewinnen. Damit lässt sie sich auch nicht im Verkehr untersuchen.

Die Empfehlung lautet deshalb:

Das Kapitel 8 "Lichtsignale" der Verordnung über die Strassen-signalisation sollte sinngemäss revidiert werden

- Grünes Licht gibt den Verkehr frei
- Grüne Pfeile gestatten den Verkehr in der angezeigten Richtung
- Grüne Pfeile in Verbindung mit gelbem Blinklicht sind nicht zulässig
- ein gelber Blinkerpfeil gibt den Verkehr in Pfeilrichtung vortrittsbelastet frei.

R E S U M É

L'enquête confirme, de manière claire et sans contradiction, l'hypothèse selon laquelle:

Les usagers obliquant et tenus d'accorder la priorité causent factuellement des accidents au niveau des signaux lumineux, parce qu'ils interprètent en partie, à tort, le feu "vert plein" et la "flèche verte" comme signifiant route libre.

L'enquête confirme, de manière claire et sans contradiction, l'hypothèse selon laquelle:

Une flèche jaune clignotante s'avère être une signalisation plus simple et uniforme pour les usagers qui obliquent. Ceux-ci la comprennent mieux; ils accordent la priorité de manière plus correcte et causent moins d'accidents avec les usagers bénéficiaires de la priorité. La signalisation existante peut être facilement dotée de la "flèche jaune clignotante".

L'enquête rejette l'idée de "renoncer à la signalisation des conflits":

Certes, la signalisation est simple au moyen du "feu vert plein" ou de "flèches vertes" (sans feu jaune clignotant) à l'intention des usagers obliquant et tenus d'accorder la priorité, mais elle signifie un nouveau processus d'information, de même qu'un risque inhérent à la modification des signaux lumineux. Cette variante n'est pas suffisamment convaincante pour amener les responsables à effectuer un essai. Elle ne peut donc pas être étudiée dans le trafic.

Dès lors, la recommandation ci-après est formulée:

- Il convient de réviser le chapitre 8 "signaux lumineux" de l'Ordonnance sur la signalisation routière dans le sens suivant:
- le feu vert libère le trafic
 - les flèches vertes libèrent la circulation dans la direction indiquée
 - des flèches vertes doublées d'un feu jaune clignotant ne sont pas admises
 - une flèche jaune clignotante libère le trafic dans le sens indiqué, mais cela implique une perte de priorité

I N H A L T

ZUSAMMENFASSUNG, RESUMÉ	1,2
1. Einleitung	
1.1 Einführung zu Abbiegern an Lichtsignalanlagen	5
1.2 Anlass der Untersuchung	8
2. Die Aufgabe	10
3. Die Grundlagen	11
4. Hypothesen, Untersuchungsschritte, Begleitung	12
5. Die Untersuchungsschritte	15
5.1 Befragung über die Signalinterpretation	15
5.2 Auswertung von Unfallprotokollen	19
5.3 Konfliktanalyse	21
5.4 Provisorische Unfallauswertung	23
5.5 Unfallauswertung	26
5.6 Rotfahrer	33
5.7 Signalisation	36
5.8 Kosten	42
6. Das Ergebnis	
6.1 Bestätigung der Grundhypothese	43
6.2 Bestätigung der Arbeitshypothese "Gelber Blinkerpfel"	44
6.3 Ablehnung der Arbeitshypothese "Verzicht auf Konfliktanzeige"	45
7. Die Empfehlung	46
8. Literatur	47,48

B I L D E R

Kompromiss zwischen Sicherheit und Leistung	9
Grundhypothese, Arbeitshypothesen und Untersuchungsschritte	14
Signalinterpretation	17
Signalerinnerung	18
Auswertung von Unfallprotokollen	20
Konfliktanalyse	22
Provisorische Unfallauswertung, Tabelle	24
Provisorische Unfallauswertung, Entwicklung	25
Unfallauswertung, Tabelle der Testanlagen	27
Unfallauswertung, Entwicklung der Testanlagen	28
Unfallauswertung, Tabelle der Kontrollgruppe	30
Unfallauswertung, Entwicklung der Kontrollgruppe	31
Unfallauswertung, Entwicklung der Testanlagen mit Kontrollgruppe	32
Rotfahrer, Signalisation in den Kreuzungszufahrten	34
Rotfahrer, Frequenzen und Anteile	35
Signalisation, prinzipielle Möglichkeiten	37
Signalisation, Beispiele	38
Signalisation, Beispiele	39
Signalisation, Beispiele	40
Signalisation, Beispiele	41

1. Einleitung

1.1 EINFÜHRUNG ZU ABBIEGERN AN LICHTSIGNALANLAGEN

Die kurze Einführung zu Abbiegern an Lichtsignalanlagen will Möglichkeiten bzw. Probleme aufzeigen und dabei Begriffe klären.

Lichtsignalanlagen können Abbieger sichern oder nicht sichern; sie können Abbieger auf eigenen Spuren steuern, oder auf Mischspuren gemeinsam mit anderen Verkehrsströmen.

- Gesicherte Abbieger trennt die Steuerung zeitlich von nicht verträglichen Verkehrsströmen, sie fließen konfliktfrei. Signalisiert werden gesicherte Abbieger mit grünen Pfeilen (1).
- Ungesicherte Abbieger müssen Vortritt geben
 - den Fussgängern auf der Querstrasse
 - dem entgegenkommenden, geradeausfahrenden und rechtsabbiegenden Verkehr
 - den Schienenfahrzeugen, Bussen und Radfahrern, die auf oder neben der Fahrbahn in gleicher Richtung fahren.

Bei ungesicherten Abbiegern trennt die Steuerung nicht alle Konflikte von unverträglichen Verkehrsströmen zeitlich, die Abbieger sind deshalb konfliktbehaftet. Signalisiert werden ungesicherte Abbieger mit vollem Grünlicht bzw. mit grünen Pfeilen und gleichzeitig blinkendem gelben Licht (1).

- Gesichertes und ungesichertes Abbiegen ist bei einer Lichtsignalanlage für denselben Verkehrsstrom und innerhalb eines Signalumlaufes denkbar. So entstehen bei versetzten Grünzeiten von Gegenverkehrsströmen gesicherte Vorläufe, ungesicherte Hauptphasen und gesicherte Nachläufe für Linksabbieger.

- Separate Abbiegerspuren dienen zum Links- oder Rechtsabbiegen.
- Mischspuren dienen Kombinationen von Linksabbiegern, Geradeausfahrern und Rechtsabbiegern. Die Spurbelastung in mehrspurigen Zufahrten kann von der Steuerung der Abbieger abhängen – darf ein Verkehrsstrom mehrere Spuren benützen, dann werden die Spuren je nach dem Verkehrsablauf gewählt.

Soll eine Lichtsignalanlage Abbieger sichern oder nicht sichern, soll sie die Abbieger auf separaten Spuren oder auf Mischspuren führen? Die Antwort hängt von zahlreichen Randbedingungen ab, und sie kann einen Kompromiss zwischen Leistung und Sicherheit erfordern. Es kann nämlich ein Zielkonflikt entstehen:

- Hohe Verkehrsleistung führt tendenziell zu ungesichertem Abbiegen. Denn Zurückhaltung beim zeitlichen Trennen von Konflikten bringt weniger Phasen, damit auch weniger Zwischenzeiten zwischen den Phasen und schliesslich einen grösseren Anteil der Grünzeit am Signalumlauf. So bleibt die Verkehrsleistung gross und die Wartezeiten bzw. der Rückstau bleiben niedrig. Niedrige Wartezeiten bedeuten weniger volkswirtschaftliche Verluste. Weniger Stau bedeutet weniger Abgasemissionen durch mehrfaches Bremsen und Wiederanfahren. Leistungsreserven erlauben eine hohe Privilegierung des öffentlichen Verkehrs.
- Hohe Verkehrssicherheit strebt tendenziell die zeitliche Trennung von Konflikten zwischen unverträglichen Verkehrsströmen an. Das führt zu zusätzlichen Phasen, zu einer hohen Summe der Zwischenzeiten zwischen den Phasen und zu einem kleineren Grünzeitanteil am Signalumlauf. Leistungsdefizite können so entstehen.

Aus der Sicht der Verkehrsleistung lässt sich heute eindeutig beantworten, ob an einer bestimmten Lichtsignalanlage Abbieger zu sichern oder nicht zu sichern sind, und ob eine separate Abbiegespur oder eine Mischspur anzuordnen ist (2,3,4,5). Weil die Berechnung komplex werden kann, gibt es auch Richtwerte (6,7). Sie berücksichtigen die Stärke der Abbiegenden und Vortrittsberechtigten, die Spurenzahl und Geschwindigkeit des vortrittsberechtigten Verkehrs, und die Wartezeit bzw. den Stau der Abbieger. Die Richtwerte sind pauschal, sie können eine Leistungsberechnung nicht ersetzen.

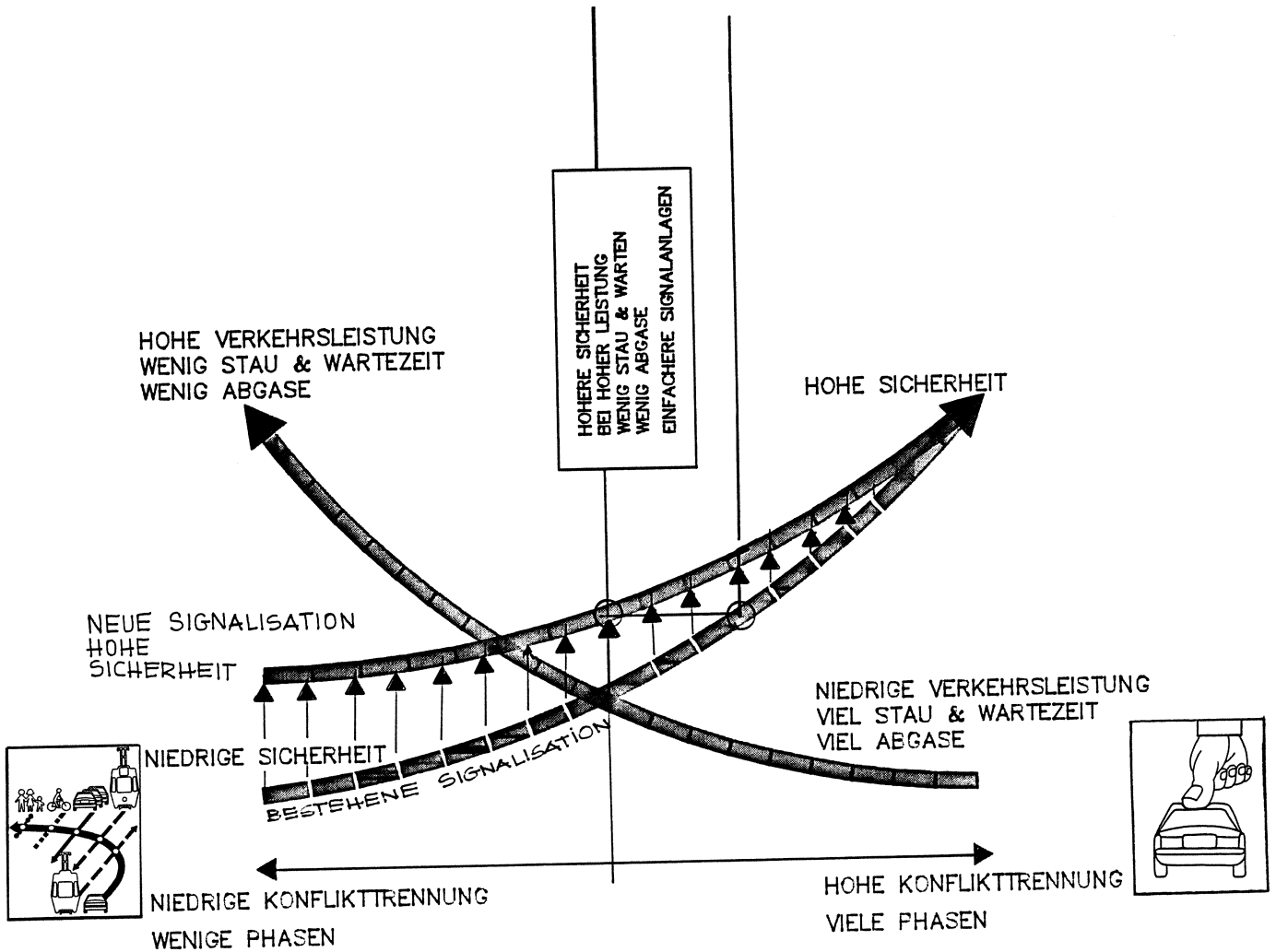
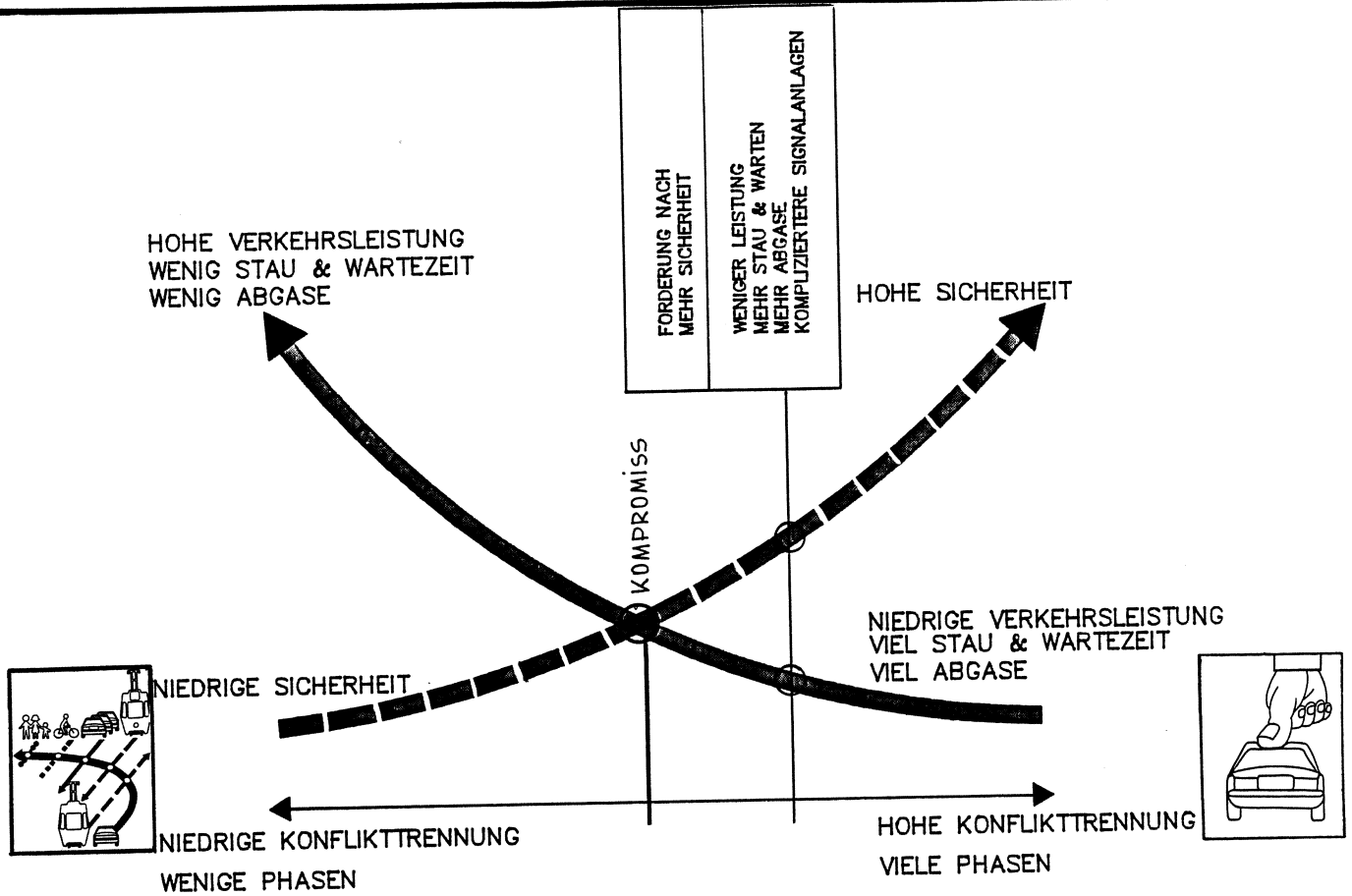
Im Gegensatz zur Leistungsberechnung lässt sich aus der Sicht der Verkehrssicherheit heute noch keine eindeutige Antwort auf die gestellte Frage geben. Es gibt entweder pauschale Richtwerte zum Problem vom konfliktfreien oder konfliktbehafteten Abbiegen, oder Aussagen zu Einzelfällen. Die Richtwerte gehen meist von Unfallerfahrungen aus; sie fordern gesichertes Abbiegen bei mehr als etwa vier Abbiegerunfällen pro Jahr, unabhängig von den spezifischen Randbedingungen einer Kreuzung. Auf der anderen Seite lassen die Untersuchungen von Einzelfällen kein Verallgemeinern zu (6,7,8,9).

Bei der Frage nach der Sicherung von Abbiegern an Lichtsignalanlagen kann ein Konflikt zwischen Leistung und Sicherheit entstehen. Dieser Zielkonflikt ist unbefriedigend zu lösen, denn einem eindeutigen Ergebnis einer Leistungsberechnung stehen nur pauschale Sicherheitsrichtwerte gegenüber.

1.2 ANLASS DER UNTERSUCHUNG

- Der primäre Anlass sind Unfälle konfliktbehafteter Abbieger an Lichtsignalanlagen. Mit diesen Unfällen kommt die Forderung, die Abbieger bei der Steuerung zu sichern. Lichtsignalanlagen sichern aber heute die meisten Abbieger, die ohne Leistungsdefizit zu sichern sind. Weitere Konflikttrennungen würden volkswirtschaftliche Verluste bringen, die bei weitem die Unfallkosten überträfen. Der obere Teil des Bildes 9 zeigt dazu den gewählten Kompromiss zwischen Sicherheit und Leistung, bzw. das geforderte Abweichen vom Kompromiss in Richtung nach mehr Sicherheit.
- Der sekundäre Anlass ist die Vermutung, dass bei vielen Unfällen von konfliktbehafteten Abbiegern die Verkehrsteilnehmer das Grünlicht falsch interpretieren. Es ist vermutlich zu kompliziert, dass ein volles Grün konfliktbehaftetes Abbiegen, ein Grünpfeil konfliktfreies, und ein Grünpfeil mit gelbem Blinker wieder konfliktbehaftetes Abbiegen bedeutet. Wenn diese Vermutung zutrifft, dann liesse sich mit einer einfacheren und einheitlicheren Signalisation das Sicherheitsniveau heben. Es wäre keine zusätzliche Konflikttrennung nötig, um Unfälle zu vermeiden (unterer Teil von Bild 9).

Anlass der Untersuchung ist die Ueberlegung, ein einfacheres und einheitlicheres Signalisieren von vortrittsbelasteten Abbiegern könne Unfälle an Lichtsignalanlagen reduzieren.



2. Die Aufgabe



EIDGENÖSSISCHES VERKEHRS- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT
DÉPARTEMENT FÉDÉRAL DES TRANSPORTS, DES COMMUNICATIONS ET DE L'ÉNERGIE
DIPARTIMENTO FEDERALE DEI TRASPORTI, DELLE COMUNICAZIONI E DELL'ENERGIE

107.9.1/1.8/1.9

3003 Bern, 1. April 1986

Forschungsauftrag Nr. 2/86;
7322.2, Verkehrssteuerung durch
Lichtsignale, Konzept und
Normrevision

Vereinigung Schweizerischer
Strassenfachleute
Seefeldstrasse 9

8008 Z ü r i c h

Sehr geehrter Herr Präsident,

Nach Prüfung Ihres Gesuches vom 10. Dezember 1985 (VSS-Kommission 6, Signalisation) hat das Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement gemäss Antrag der Kommission für Strassenbauforschung folgendes verfügt:

Herr Dr. techn. P. Pitzinger, dipl. Ing. SIA, Florastrasse 27, 8008 Zürich, wird beauftragt, in Zusammenarbeit mit dem Planungs- und Ingenieurbüro H. Hasler, Untere Bruech 115, 8706 Meilen, unter Einbezug der Ergebnisse aus bereits durchgeführten Versuchen Entscheidungsgrundlagen und Empfehlungen für die Weiterverfolgung eines einzigen, einheitlichen und einfachen Systems der Verkehrssteuerung durch Lichtsignale zu liefern und einen Entwurf für die erforderlichen Gesetzes- und Normrevisionen auszuarbeiten.

Als begleitende Kommission für diesen Forschungsauftrag wird die VSS-Kommission 6 bestimmt.

Für die Ausführung des Forschungsauftrages, die Berichterstattung und die Abrechnung gelten die Bestimmungen der Verordnung des Eidg. Departements des Innern vom 8. Februar 1961 über die Förderung der Strassenbauforschung sowie die Weisungen des Bundesamtes für Strassenbau für begleitende Kommissionen und Forschungsstellen vom 19. Februar 1980.

Wir versichern Sie, sehr geehrter Herr Präsident, unserer vorzüglichen Hochachtung.

EIDGENÖSSISCHES VERKEHRS- UND
ENERGIEWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT

Schlumpf

3. Die Grundlagen

Die vorliegende Untersuchung baut auf den Unterlagen auf:

- "Verkehrssteuerung durch Lichtsignale. Konzept und Normrevision", H.Hasler, Meilen, Forschungsauftrag 4/83 auf Antrag der VSS, Eidg.Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, 1984
- "Projekt Blinkerpfeil"; Glauser, Studer, Stüssi im Auftrag der Kantonspolizei Zürich, Tiefbauamt Stadt St.Gallen; 1986
- 35 Testanlagen mit "Gelben Blinkerpfeilen" in der Stadt Zürich, im Kanton Zürich und in der Stadt St.Gallen

Aufgrund dieser Unterlagen muss die vorliegende Untersuchung das in der Aufgabe geforderte "einheitliche und einfache" Signalisationssystem nicht erfinden. Es liegen vielmehr zwei neue Signalisationsvarianten vor, die zu prüfen, und je nach Ergebnis schliesslich zu empfehlen oder zu verwerfen sind. Die beiden Varianten unterscheiden sich grundsätzlich und jede wendet eine konsequente Signalisation für Abbieger an:

- "Gelber Blinkerpfeil": - Grün bedeutet konfliktfreie Fahrt
 - ein "gelber Blinkerpfeil" bedeutet konfliktbehaftetes Abbiegen

Diese Variante zeigt die Konflikte vortrittsbehafteter Abbieger mit einem "gelben Blinkerpfeil" an.

- "Verzicht auf Konfliktanzeige" : - Grün bedeutet konfliktbehaftetes Abbiegen

Diese Variante verzichtet auf die Konfliktanzeige für vortrittbehaftetes Abbiegen.

Die Grundlagen gestatten es, sich hier auf die Prüfung von zwei neuen Signalisationsvarianten für vortrittsbehaftete Abbieger zu konzentrieren - auf den "gelben Blinkerpfeil" und auf den "Verzicht auf Konfliktanzeige". Für die Untersuchung des "Verzichts auf Konfliktanzeige" fehlen allerdings Testanlagen.

4. Hypothesen, Untersuchungsschritte, Begleitung

Die Untersuchung geht von einer Grundhypothese aus, entwickelt dann daraus eine Arbeitshypothese und prüft schliesslich die Hypothesen in acht Untersuchungsschritten (10)(11)(12)(13). Die Untersuchung profitiert von ausführlichen Unterlagen und von der Begleitung durch eine VSS-Kommission. Das Bild 14 stellt das Vorgehen graphisch dar.

- Die Grundhypothese nimmt an, dass zwei verschiedene Kausalketten zu Unfällen vortrittsbehafteter Abbieger an Lichtsignalanlagen führen können.

Bei der ersten Kausalkette werden die Lichtsignale richtig interpretiert, das ungesicherte Abbiegen wird erkannt. Dann führen aber mehrere beitragende Faktoren zum Unfall. Dies können ungünstige Umweltbedingungen sein (Sicht, Wetter) oder Fehler der Kreuzungsanlage (Querschnitt, Radien). Fahrzeug (Defekte) und Lenker (Verhalten, Zustand) können zum Unfall beitragen, und schliesslich auch ein ungünstiger Verkehrsablauf (lange Wartezeit, kurze Zeitlücken). Der eigentliche Kausalfaktor des Unfalls ist die Vortrittsverweigerung.

Bei der zweiten Kausalkette ist der beitragende Faktor zum Unfall eine Fehlinterpretation der Signalanzeige. "Volles Grün" bzw. ein "Grünpfeil mit Blinker" werden als freie und nicht als konfliktbehaftete Fahrtanzeige missverstanden. Der Kausalfaktor des Unfalls ist dann wie bei der ersten Kausalkette die Vortrittsverweigerung.

- Die Arbeitshypothese geht von der zweiten kausalen Unfallkette aus und setzt zwei neue Signalisationsvarianten voraus. Sie sollen von Abbiegern richtig als ungesicherte Fahrtfreigabe interpretiert werden, Abbieger sollen Vortritt gewähren und Unfälle

vermeiden. Weil die Fehlinterpretation nur einen Teil aller Abbiegerunfälle ausmacht, wird eine neue Signalisation auch nur einen Teil aller Abbiegerunfälle vermeiden können (Bild 14).

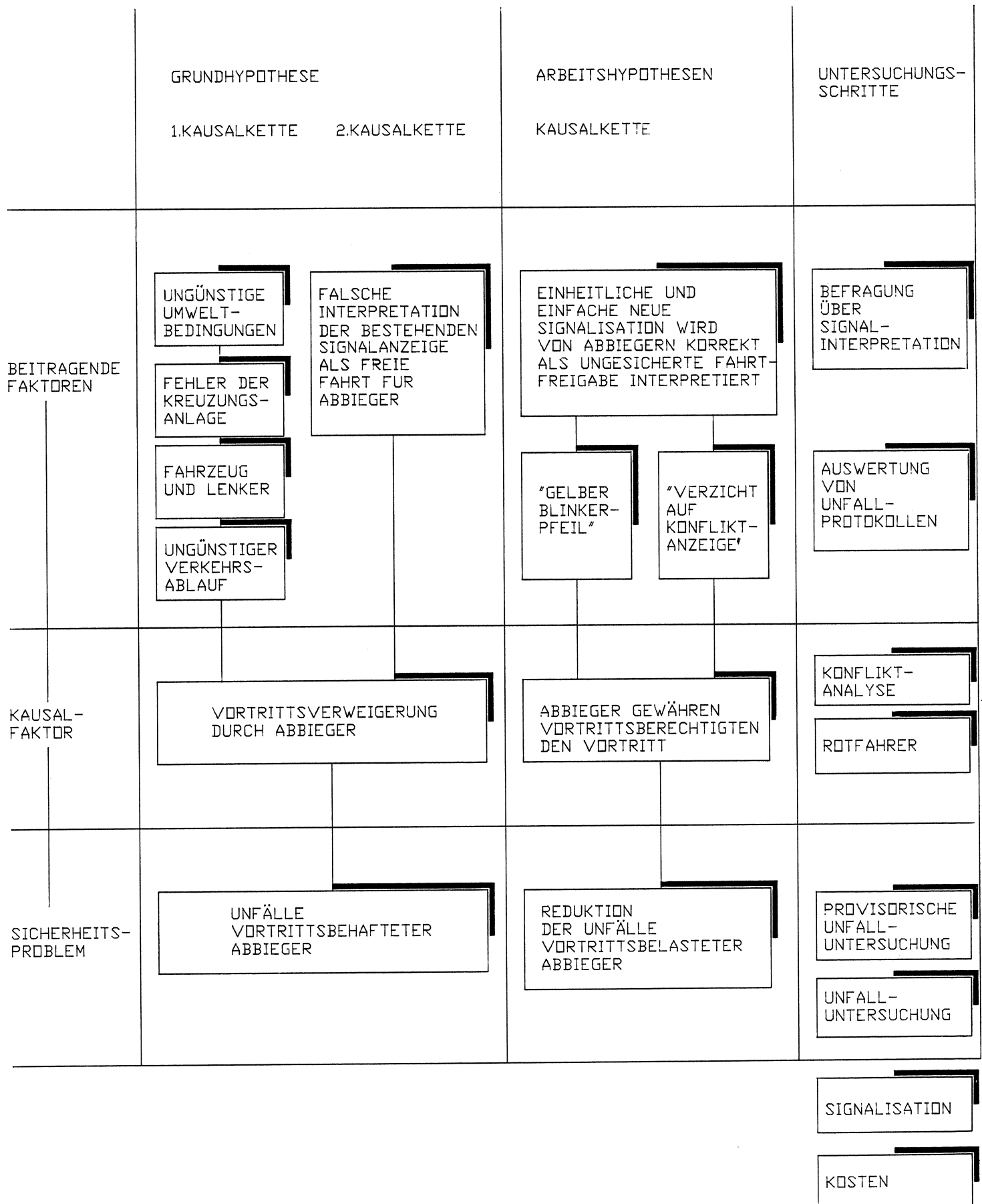
- Die Untersuchungsschritte prüfen die zweite Kausalkette der Grundhypothese und die Arbeitshypothese auf ihre Richtigkeit. Jedem Glied der Kausalkette (beitragende Faktoren – Kausalfaktor – Sicherheitsproblem) stehen Untersuchungsschritte gegenüber (Bild 14).

Die Untersuchung der Arbeitshypothese muss sich allerdings auf den "gelben Blinkerpfel" beschränken. Während nämlich der "gelbe Blinkerpfel" mit der bestehenden Signalisationsverordnung verträglich ist, steht der "Verzicht auf Konflikthanzeige" im Widerspruch dazu – ein "Grünpfel" würde neu konfliktbehaftetes Abbiegen bedeuten. Mit einem "Verzicht auf Konflikthanzeige" wären deshalb ein Informationsprozess und ein Umstellungsrisiko verbunden. Die Variante ist aber zu wenig überzeugend, um die verantwortlichen Behörden zum Informationsprozess und zu Testanlagen zu bewegen. Damit können auch keine Befragungen über die Signalinterpretation, keine Konflikthanalysen und keine Unfalluntersuchungen ausgeführt werden.

- Die Begleitung: Die VSS-Kommission 172/24 begleitet die Arbeiten über die acht Untersuchungsschritte. Die Mitglieder waren Hr.Bühler (Vorsitz), Hr.Dr.Bühlmann, Hr.Cheneviere, Hr.Huber, Hr.Hunziker, Hr.Lindenmann, Hr.Oehrli, Hr.Ruesch, Hr.Vernier, Hr.Marbach (Protokoll).

Unterlagen zu den Untersuchungsschritten stammen von der Stadtpolizei Zürich, von der Kantonspolizei Zürich, vom Tiefbauamt der Stadt St.Gallen und von der Stadt Winterthur.

Der Berichtsverfasser bedankt sich bei den Mitgliedern der Kommission und für die ausführlichen Unterlagen.



5. Die Untersuchungsschritte

5.1 BEFRAGUNG UEBER DIE SIGNALINTERPRETATION

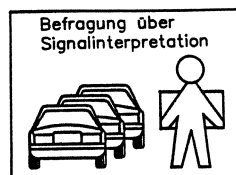
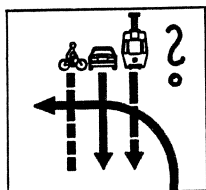
Eine neue Signalisation von vortrittsbelasteten Abbiegern wird Unfälle verhüten können, wenn die heutige Signalisation häufig falsch, und die neue Signalisation meist richtig interpretiert wird. Deshalb wurden im ersten Untersuchungsschritt 400 Verkehrsteilnehmer zur Signalinterpretation befragt. Die Befragungen wurden in der Stadt Zürich an fünf Kreuzungen durchgeführt, mit je 100 Interviews für die Signalanzeigen "volles Grün", "Grünpfeil", Grünpfeil mit Blinker" und "Gelber Blinkerpfeil". Die Interviews zum "Gelben Blinkerpfeil" erfolgten an der Testanlage Birmensdorfer-/Schweighofstrasse. Knapp nach Passieren der Kreuzung wurden die Fahrer befragt; etwa gleich viele Interviews befassten sich mit Links- bzw. Rechtsabbiegern. Befragt wurde ausserhalb der Spitzenstunden, um nicht Rückstau zu produzieren.

- Die Signalinterpretation: Der obere Teil des Bildes 17 fasst zusammen, wie Abbieger die vier Signalanzeigen bezüglich des Vortrittsrechts des Gegenverkehrs interpretieren. Den grössten Anteil an korrekten Antworten liefert die neue Signalisation "Gelber Blinkerpfeil" obwohl sie weder publiziert noch propagiert wurde. An zweiter Stelle liegt der "Grünpfeil mit Blinker", in relativ grossem Abstand zum "Vollgrün". Beim "Vollgrün" interpretieren nahezu 10 Prozent der Fahrer das Signal falsch, sie kennen nicht das Vortrittsrecht des Gegenverkehrs beim Abbiegen. Die meisten falschen Antworten gibt es beim Grünpfeil – ca. 30 Prozent der Fahrer glauben an eine Vortrittsbelastung.

Der untere Teil des Bildes 17 zeigt die Signalinterpretation bezüglich des Vortrittsrechts der Fussgänger. Es resultiert bei den richtigen Antworten dieselbe Reihenfolge wie beim Gegenverkehr – mit der korrektesten Interpretation beim "Gelben Blinkerpfel", mit ca. 15 % Fehlinterpretationen beim "Vollgrün" und mit ca. 60 % falschen Antworten beim "Grünpfel".

- Signalerinnerung: Um festzustellen, wie weit dem Fahrer die Signalisation bewusst und im Gedächtnis bleibt, wurde nach dem Abbiegen auch gefragt: "Können Sie sich an Ihre Signalanzeige erinnern?". Etwa die Hälfte aller Fahrer kann dies ca. 30 Sekunden nach dem Abbiegen nicht mehr. Dabei ist die Reihenfolge der Signalanzeigen mit korrekten Antworten genau umgekehrt wie bei der Signalinterpretation – am wenigsten bleibt der "Gelbe Blinkerpfel" in Erinnerung, am meisten der Grünpfel (oberer Teil des Bildes 18). Es ist denkbar, dass diese Signalspeicherung umgekehrt anzusehen ist: Je mehr sich Abbieger an den Vortrittsberechtigten orientieren, umso weniger können sie sich an die Signalanzeige erinnern. Unter diesem Aspekt ergibt sich wieder dieselbe Reihenfolge wie bei der Signalinterpretation (unterer Teil des Bildes 18).

Bis zu 15 % der vortrittsbelasteten Abbieger interpretieren die bestehende Signalisation falsch. Der "Gelbe Blinkerpfel" wird am korrektesten interpretiert, obwohl weder publiziert noch propagiert.



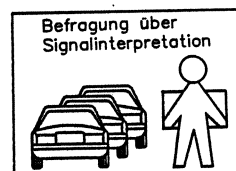
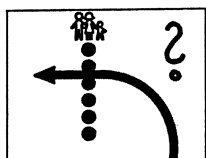
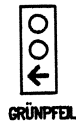
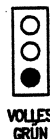
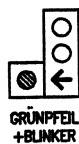
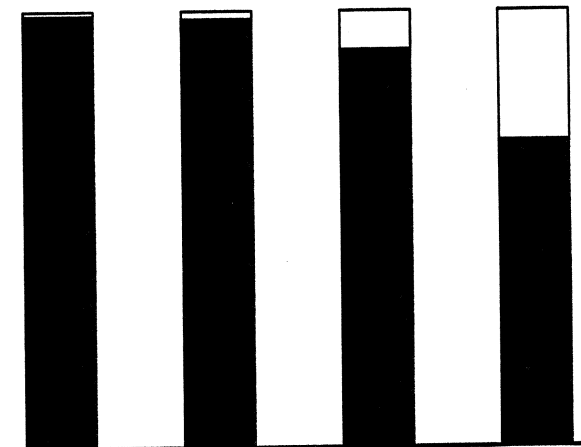
FRAGE: HATTE DER GEGENVERKEHR VORTRITT?

ANTWORTEN: 99% RICHTIG

98% RICHTIG

91% RICHTIG

70% RICHTIG



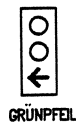
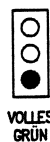
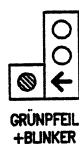
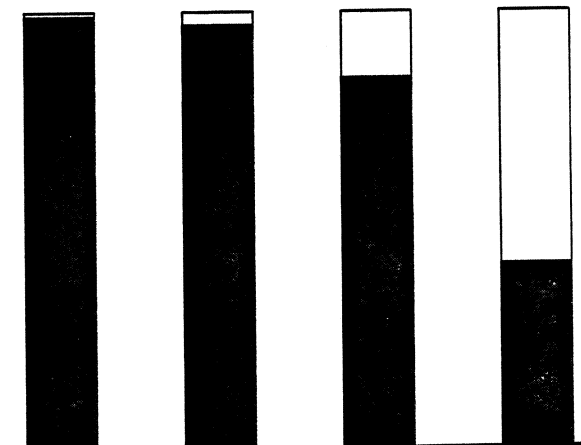
FRAGE: HATTEN DIE FUSSGÄNGER AUF DER QUERSTRASSE VORTRITT?

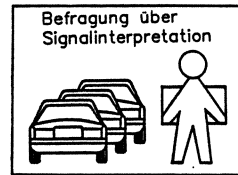
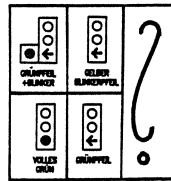
ANTWORTEN: 99% RICHTIG

97% RICHTIG

85% RICHTIG

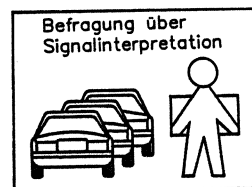
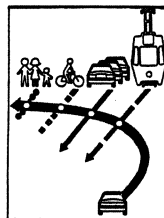
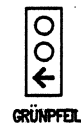
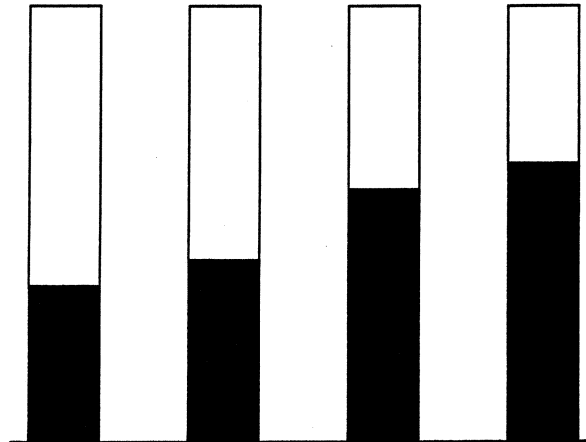
42% RICHTIG



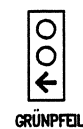
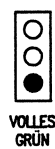
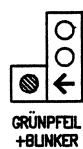
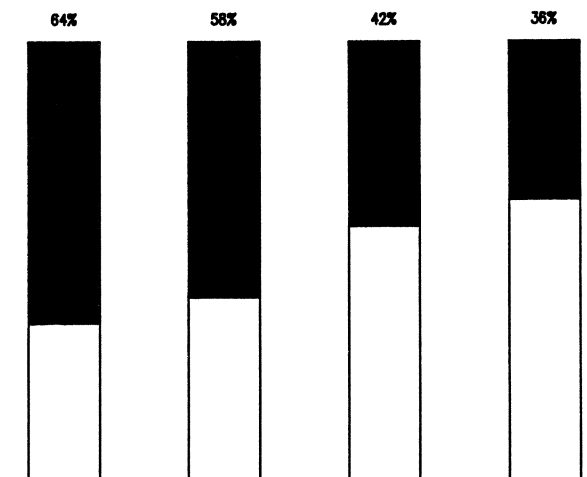


FRAGE: KÖNNEN SIE SICH NACH DEM ABBIEGEN AN IHRE SIGNALANZEIGE ERINNERN?

ANTWORTEN: 36% RICHTIG 42% RICHTIG 58% RICHTIG 64% RICHTIG



HYPOTHESE: ABBIEGER KÖNNEN SICH NACH DEM ABBIEGEN NICHT AN DIE SIGNALANZEIGE ERINNERN, WEIL SIE SICH VORWIEGEND AM GEGENVERKEHR UND AN DEN FUSSGÄNGERN ORIENTIEREN



5.2 DIE AUSWERTUNG VON UNFALLPROTOKOLLEN

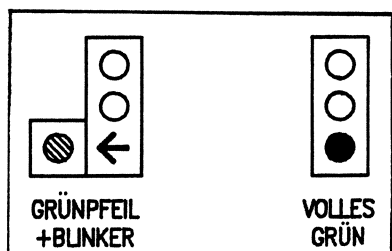
Bei polizeilich gemeldeten Unfällen werden Aufnahme- und Einvernahmeprotokolle mit Detailangaben zur Unfallsituation erstellt. 123 Protokolle von Unfällen vortrittsbelasteter Abbieger an Lichtsignalanlagen wurden analysiert und es wurde geprüft, ob Unfälle durch eine Fehlinterpretation der Signale entstanden sind. Nur wenn solche Unfälle existieren und relativ häufig sind, dann wird das Unfallproblem mit einer neuen Signalisation greifbar.

- Fahrzeugunfälle: 112 Fahrzeugunfälle durch Nichtgewähren des Vortritts beim Abbiegen an Lichtsignalanlagen wurden untersucht. Die Unfälle ereigneten sich in den Jahren 1984 bis 1986 an 10 Kreuzungen in der Stadt Zürich. Bei ca. 70 % der Unfälle fand sich in den Protokollen kein Hinweis auf eine Fehlinterpretation der Signale durch die Abbieger. Bei ca. 15 % lag sicher eine Fehlinterpretation der Signale vor, bei den restlichen ca. 15 % besteht ein Verdacht darauf. Details bringt Bild 20.
- Fussgängerunfälle: 11 Fussgängerunfälle mit vortrittsbehafteten Abbiegern an Lichtsignalen wurden näher untersucht. Dies entspricht etwa dem Jahresdurchschnitt dieser Unfallkategorie in der Stadt Zürich; diese Unfälle machen etwa 3 % aller Fussgängerunfälle aus. Etwa ein Drittel wurde durch Rechtsabbieger, ca. zwei Drittel durch Linksabbieger verursacht. Bei keinem der Unfälle fand sich ein Hinweis auf eine falsche Signalinterpretation durch die Abbieger in den Protokollen.

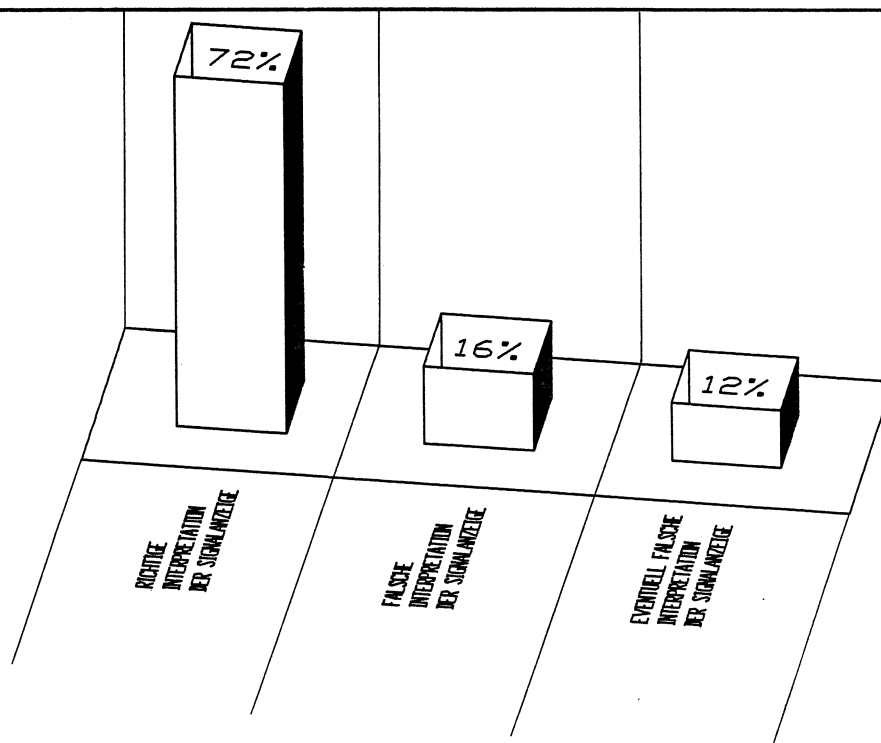
Mehr als 15 % der Fahrzeugunfälle vortrittsbehafteter Abbieger an Lichtsignalen entstehen durch Fehlinterpretation der Signale.

FAHRZEUGUNFÄLLE AN LICHTSIGNALANLAGEN

NICHTGEWÄHREN DES VORTRITTS BEIM ABBIEGEN



	RICHTIGE INTERPRETATION DER SIGNALANZEIGE	FALSCHES INTERPRETATION DER SIGNALANZEIGE	EVENTUELL FALSCHES INTERPRETATION DER SIGNALANZEIGE	
BIRMENSCHWANDSTR./SCHWEIGHOFSTR.	11		1	12
ZÖLLIKERSTR./HAMMERSTRASSE	7	4	1	12
PELIKANSTRASSE/TALSTRASSE	13	3	3	19
HOFWIESENSTR./WEHNTALERSTR.	8	2	3	13
KALKBREITESTR./ÄMTLERSTRASSE	5		7	7
THURGAUERSTR./SCHÄRENMOOSSTR.	4	3		7
KALKBREITESTR./ZURLINDENSTR.	10	1		11
DÖRFLSTR./SCHWAMENDINGENSTR.	11	2	1	14
BINZMÜHLESTR./HAGENHOLZSTR.	7	2	2	11
THURGAUERSTR./WALLISELLENSTR.	5	1		6
ZEHN KREUZUNGEN IN DER STADT ZÜRICH	81	18	13	112



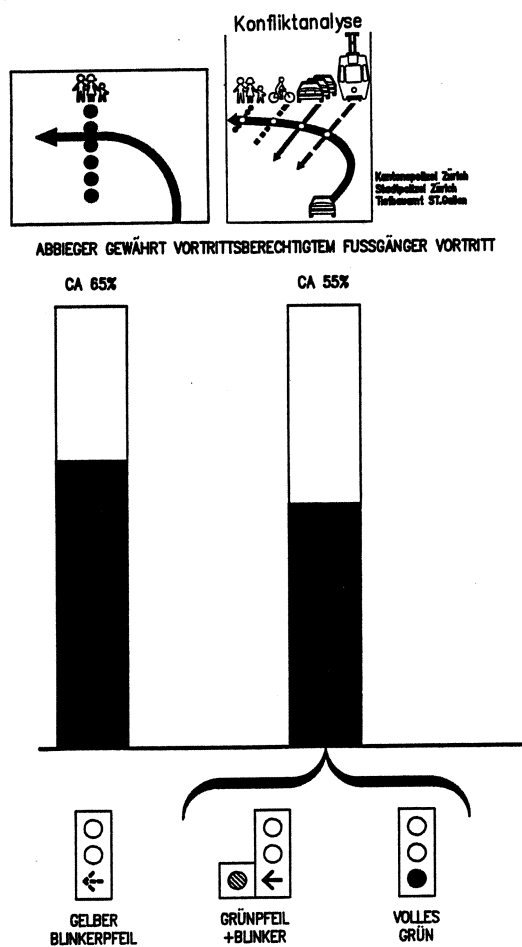
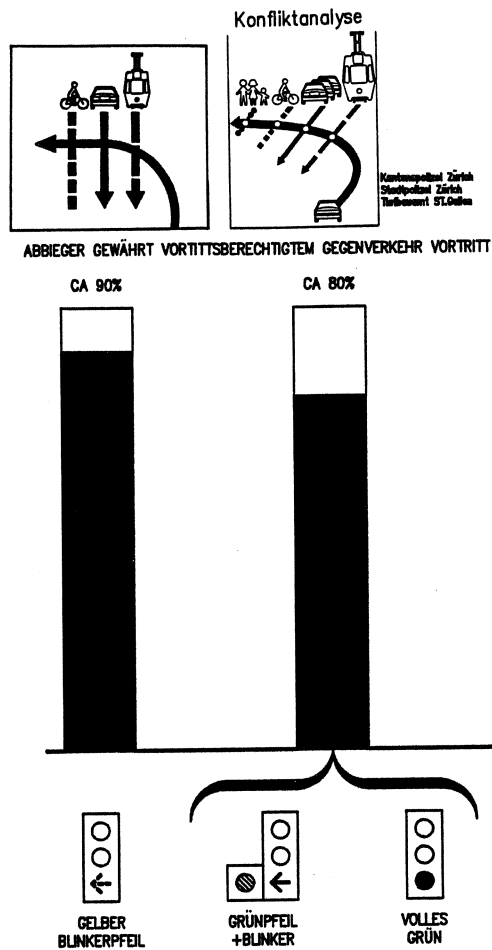
6.3 KONFLIKTANALYSE

Die Konfliktanalyse kann den Einfluss der Signalisation auf den Kausalfaktor der Abbiegerunfälle – auf die Vortrittsverweigerung – erfassen. Sie führt schneller zum Ziel als eine Unfallanalyse, weil es mehr Konflikte und Beinaheunfälle als Unfälle gibt. Sie ist aber unsicher, weil Konflikte schwierig und nur subjektiv zu definieren sind (14).

Als Unterlage der vorliegenden Untersuchung dient eine Konfliktanalyse an fünf Testkreuzungen vor und nach Umstellung auf den "Gelben Blinkerpfel" (15). Dort wurde bei der bestehenden und bei der neuen Signalisation geprüft, ob vortrittsbehaftete Abbieger Vortritt gewähren. Das Verhalten in der Konfliktzone wurde beobachtet und es wurde registriert, ob Vortrittsberechtigte ausweichen oder bremsen mussten. Kritische Zeitlücken im Konfliktbereich wurden nicht gemessen. Beobachtet wurden vor und nach dem Umstellen der Signale je etwa 1000 Abbieger. Das Ergebnis der Beobachtungen (Bild 22):

- Gegenverkehr: Bei der Signalisation mit "gelbem Blinkerpfel" gewährten etwa 90 % der Abbieger dem Gegenverkehr Vortritt. Bei der Signalisation mit "Vollgrün" bzw. mit "Grünpfel mit Blinker" waren es etwa 80 %.
- Fussgänger: Bei der Signalisation mit "gelbem Blinkerpfel" gewährten etwa 65 % der Abbieger den vortrittsberechtigten Fussgängern den Vortritt. Bei der Signalisation mit "Vollgrün" bzw. mit "Grünpfel mit Blinker" waren es etwa 55 %.

Bei der Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfel" gewähren um etwa 10 % bis 15 % mehr Abbieger den Vortrittsberechtigten den Vortritt als bei der heutigen Signalisation mit "Vollgrün" bzw. mit "Grünpfel mit Blinker".



5.4 PROVISORISCHE UNFALLAUSWERTUNG

Die vorangegangenen Untersuchungsschritte haben den Zusammenhang zwischen der Signalisation und den Unfallfaktoren aufgezeigt. Die Unfallanalyse prüft jetzt direkt den Einfluss der Signalisation auf das Sicherheitsproblem vortrittsbelasteter Abbieger. Basis bilden 35 Testanlagen, die von der Signalisation mit "Vollgrün" oder "Grünpfeil mit Blinker" auf den "gelben Blinkerpfeil" umgestellt wurden. Die in diesem Abschnitt vorliegende Unfallauswertung ist provisorisch, weil die neue Signalisation im Durchschnitt nur ein Jahr in Betrieb war, und weil keine Kontrollgruppe ausgewertet wurde.

- Die Unfalltabelle im Bild 24 stellt die 12 Testkreuzungen im Kanton Zürich, die 21 in der Stadt Zürich und die 2 Signalanlagen in St.Gallen zusammen. Die Kolonnen der Tabelle enthalten Angaben zur Vorher-Periode, zur Umstellung auf Blinkerpfeil und zur Nachher-Periode.
- Die Unfallentwicklung: Wegen der kleinen Zahl von Unfällen an jeder Testanlage sind nicht die Daten der individuellen Kreuzungen aussagekräftig. Das Bild 25 fasst deshalb die Daten aller Testanlagen für die Vorher- und Nachher-Periode zusammen:
 - die Vorher-Periode erstreckte sich im Durchschnitt über 2,5 Jahre und es ereigneten sich an den Testanlagen ca. 83 Unfälle pro Jahr.
 - die Nachher-Periode dauerte im Durchschnitt 1 Jahr und es ereigneten sich an den Testanlagen ca. 46 Unfälle pro Jahr.

Die Abnahme der Unfälle in der Nachher-Periode ist gemäss einem Poisson-Verteilungstest statistisch signifikant. Das Bild zeigt dazu die Grenzen des 95 %-Vertrauensbereichs (16,17,18).

Bei einem einjährigen Test nahmen die Unfälle vortrittsbehafteter Abbieger mit der Signalisation "Gelber Blinkerpfeil" signifikant ab.

VORHER - PERIODE

NACHHER - PERIODE

	BEGINN	DAUER [JAHRE]	UNFÄLLE PRO PERIODE	UNFÄLLE PRO JAHR	UMSTELLUNG AUF BLINKER- PFEIL	ENDE	DAUER [JAHRE]	UNFÄLLE PRO PERIODE	UNFÄLLE PRO JAHR
● KANTON ZÜRICH									
KLOTEN, KASERNE	1.1.1984	1.0	0	0	16.12.1984	30.6.1987	2.5	0	0
VOLKETSCH, USTER- / ZENTRALSTR.	1.1.1984	2.4	1	0.4	27.5.1986	30.6.1987	1.1	0	0
SCHLIEREN, ENGSTRINGERKREUZUNG	1.1.1984	2.8	2	0.7	15.6.1986	30.6.1987	0.7	0	0
KLOTEN, FLUGHAFEN- / BUTZENBUEL- / FRACHTSTR.	1.1.1984	2.4	0	0	27.5.1986	30.6.1987	1.1	0	0
DÜBENDORF, ÜBERLAND- / RINGSTR.	1.1.1984	2.9	0	0	27.11.1986	30.6.1987	0.6	0	0
DÜBENDORF, ÜBERL- / WALLISEL- / ZWINGGARTENSTR.	1.1.1984	2.9	2	0.7	27.11.1986	30.6.1987	0.6	0	0
DIELSDORF, SCHENKELBERG- / SÜD- / WEHNTALERSTR.	1.1.1984	2.4	1	0.4	6.6.1986	30.6.1987	1.1	0	0
DIELSDORF, NIEDERHASLI- / NEERACHERSTR.	1.1.1984	2.4	0	0	4.6.1986	30.6.1987	1.1	0	0
DIETIKON, SCHÖNENWERD	1.1.1984	2.7	0	0	17.9.1986	30.6.1987	0.8	0	0
WETZIKON, OCHSENKREUZUNG	1.1.1984	0.7	5	7.1	28.9.1984	30.6.1987	2.7	1	0.4
WALLISELLEN, ANSCHLUSS NEUGUT	1.1.1984	1.6	7	4.4	18.7.1985	30.6.1987	2.0	4	2.0
OBFELDEN, OTTENBACHER- / DORFSTR.	1.1.1984	1.7	3	1.8	30.8.1985	30.6.1987	1.8	3	1.6
12 KREUZUNGEN		2.2		15.5	Ø 15.3.1986		1.3		4.0

● STADT ZÜRICH

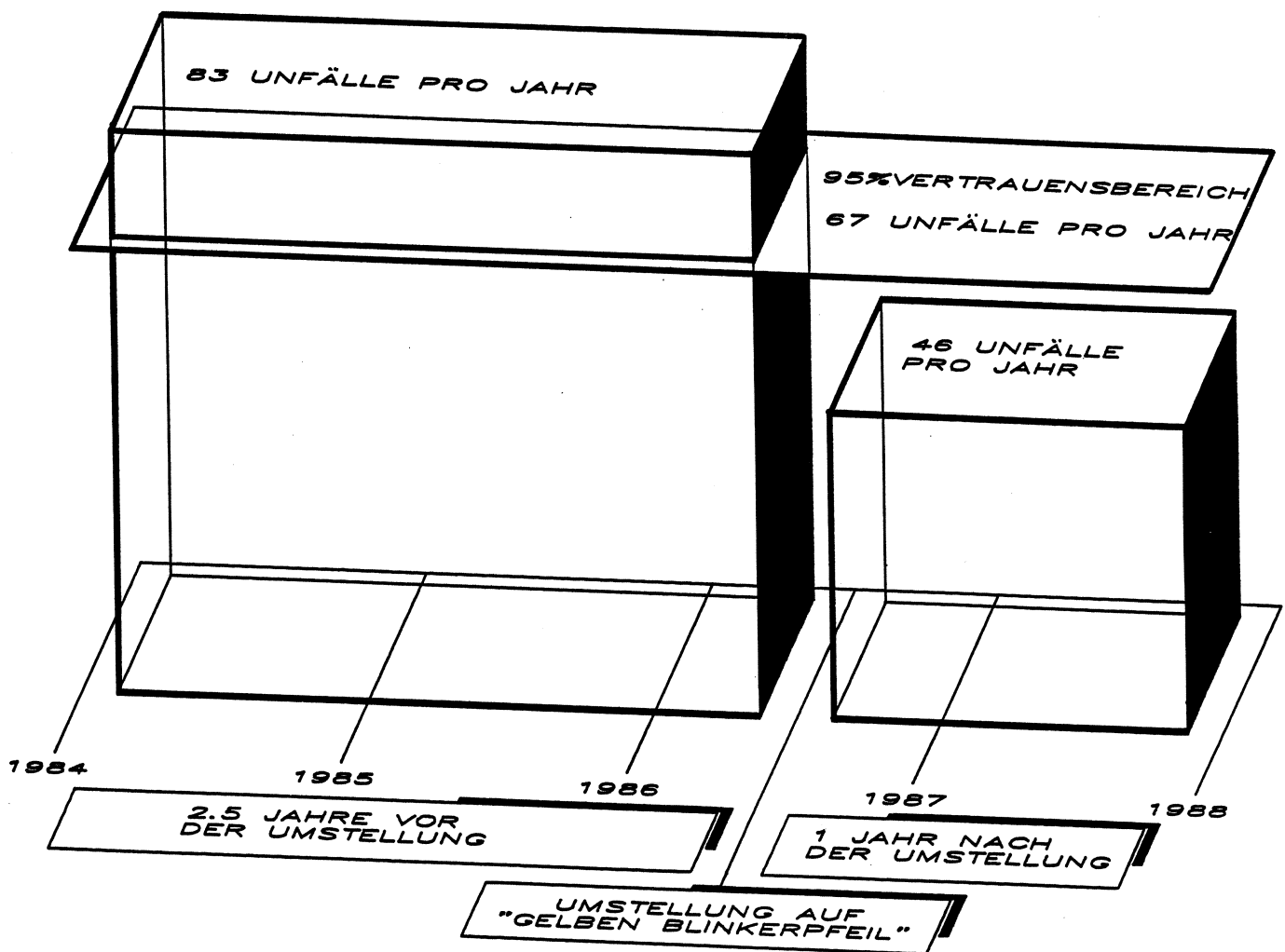
THURGAUER- / WALLISELLENSTR.	1.1.1984	1.5	11	7.3	21.6.1985	31.7.1987	1.7	10	5.9
ALTSTETTER- / RAUTISTR.	1.1.1984	1.5	2	1.3	18.6.1985	31.7.1987	1.7	4	2.4
KALKBREITE- / ZURLINDENSTR.	1.1.1984	2.9	13	4.5	5.12.1986	31.7.1987	0.7	1	1.4
AEMTLER- / KALKBREITESTR.	1.1.1985	2.0	6	3.0	12.12.1986	31.7.1987	0.6	3	5.0
DÖRFLI- / REGENSBERGSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	18.12.1986	31.7.1987	0.6	1	1.7
DÖRFLI- / SCHWAMENDINGENSTR.	1.1.1985	2.0	10	5.0	6.1.1987	31.7.1987	0.6	1	1.7
DÖRFLI- / TRAMSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	7.1.1987	31.7.1987	0.6	0	0
DÖRFLI- / THURGAUERSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	2.2.1987	31.7.1987	0.5	0	0
BINZMÜHLE- / HAGENHOLZSTR.	1.1.1985	2.1	31	14.8	28.1.1987	31.7.1987	0.5	2	4.0
THURGAUERSTR. / DERLIKERHUS	1.1.1985	2.0	0	0	6.1.1987	31.7.1987	0.6	0	0
THURGAUER- / SCHÄRENMOOSSTR.	1.1.1984	3.0	9	3.0	9.1.1987	31.7.1987	0.6	2	3.3
THURGAUERSTR. / PARKPLATZ EISFELD	1.1.1985	2.0	0	0	6.1.1987	31.7.1987	0.6	0	0
FRANKLIN- / SCHWAMENDINGENSTR.	1.1.1984	2.9	2	0.7	24.11.1986	31.7.1987	0.7	0	0
REGENSBERG- / SCHAFFHAUSERSTR.	1.1.1984	3.0	1	0.3	2.2.1987	31.7.1987	0.5	0	0
DÖRFLI- / WALLISELLENSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	7.1.1987	31.7.1987	0.6	0	0
DÖRFLI- / FRIEDHEIMSTR.	1.1.1985	1.9	0	0	7.12.1986	31.7.1987	0.7	0	0
HOFWIESEN- / WEHNTALERSTR.	1.1.1984	3.0	12	4.0	17.12.1986	31.7.1987	0.6	0	0
BIRCHPLATZ	1.1.1984	2.9	16	5.5	11.12.1986	31.7.1987	0.6	1	1.7
PELIKAN- / TALSTR.	1.1.1984	2.9	18	6.2	21.11.1986	31.7.1987	0.7	4	5.7
HAMMER- / ZOLLIKERSTR.	1.1.1984	2.9	12	4.1	25.11.1986	31.7.1987	0.7	1	1.4
BIRMENSCHÖRER- / SCHWEIGHOFSTR.	1.1.1984	2.9	12	4.1	1.12.1986	31.7.1987	0.7	5	7.1
21 KREUZUNGEN		2.4		63.8	Ø 1.11.1986		0.7		41.3

● STADT ST. GALLEN

SPISERTOR	1.1.1980	5.8	17	2.9	22.10.1985	22.8.1987	1.8	1	0.6
HEILIGKREUZ	1.1.1980	5.8	4	0.7	22.10.1985	22.8.1987	1.8	1	0.6
2 KREUZUNGEN		5.8		3.6	Ø 22.10.1985		1.8		1.2

● TOTAL

35 KREUZUNGEN		2.5		82.9	Ø JULI 1986		1.0		46.5
---------------	--	-----	--	------	-------------	--	-----	--	------



5.5 UNFALLAUSWERTUNG

Die Auswertung untersucht den Einfluss der Signalisation auf die Unfälle vortrittsbehafteter Abbieger. Basis sind wieder 35 Testanlagen, die von "Vollgrün" oder "Grünpfeil mit Blinker" auf den "gelben Blinkerpfeil" umgestellt wurden. Im Unterschied zur provisorischen Auswertung dauert hier die Testphase mit dem "gelben Blinkerpfeil" durchschnittlich 1,4 Jahre und die Unfälle werden auch mit einer Kontrollgruppe ausgewertet.

● Auswertung ohne Kontrollgruppe

Das Bild 27 bringt in einer Unfalltabelle alle Testanlagen mit Unfallzahlen für eine Periode vor der Umstellung auf den "gelben Blinkerpfeil" und für eine Nachher-Periode. Die Unfallzahlen müssen auf Unfälle pro Jahr umgerechnet werden, weil die Vorher- und Nachher-Periode ungleich lang sind.

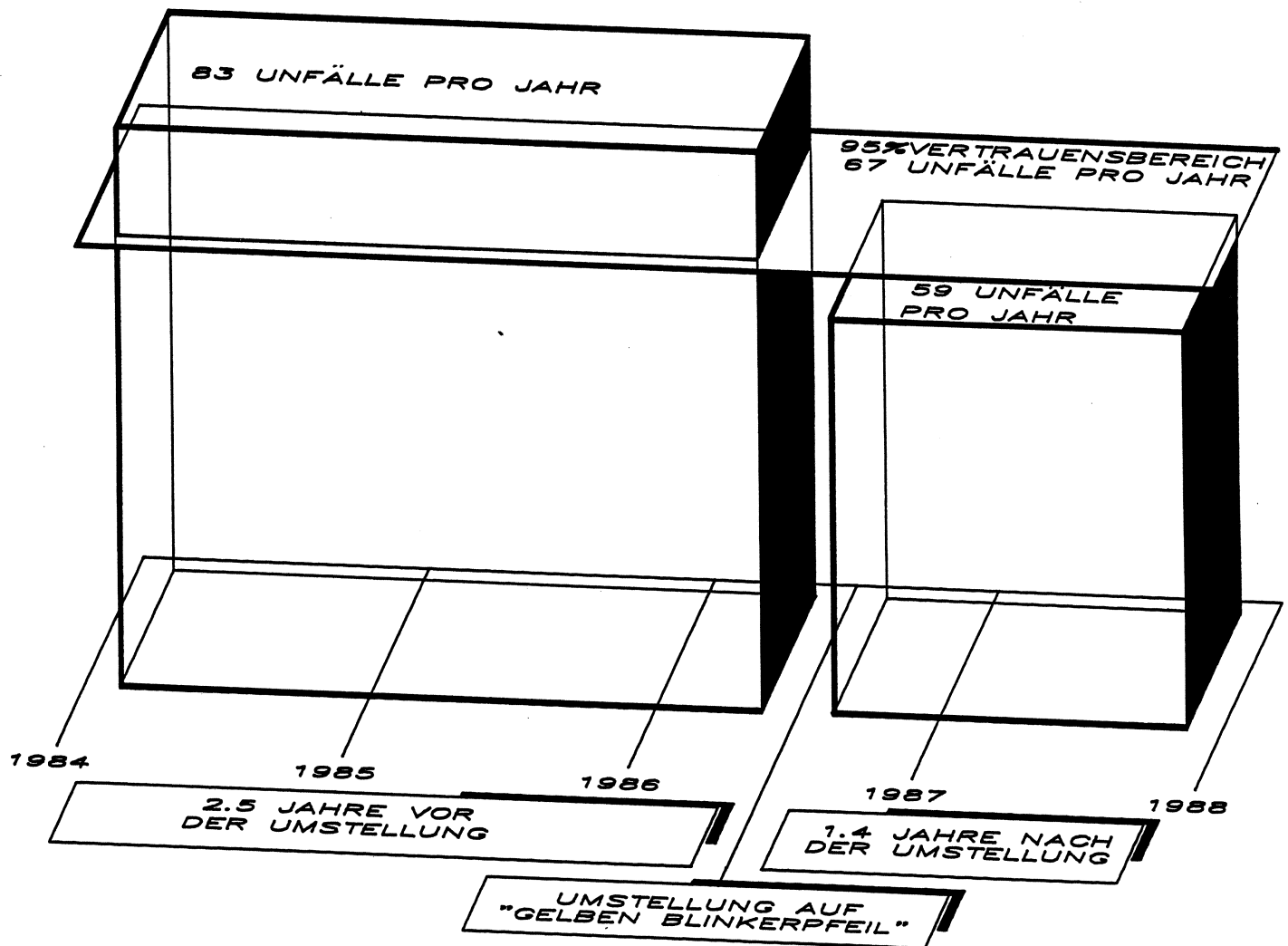
Die Unfallzahlen pro Kreuzung, Jahr und Periode sind noch nicht aussagekräftig, weil sie zu klein sind. Sie werden deshalb im Bild 28 zusammengefasst und verglichen: Die Zahl der Unfälle ist an den 35 Testanlagen innerhalb von 1,4 Jahren nach der Umstellung von ca. 83 Unfällen pro Jahr auf ca. 59 Unfälle pro Jahr gesunken. Diese Reduktion ist gemäss einem Poisson-Verteilungstest statistisch signifikant. Das Bild 28 zeigt dazu den 95 %-Vertrauensbereich.

	VORHER - PERIODE					NACHHER - PERIODE			
	BEGINN	DAUER [JAHRE]	UNFÄLLE PRO PERIODE	UNFÄLLE PRO JAHR	UMSTELLUNG AUF BLINKER- PFEIL	ENDE	DAUER [JAHRE]	UNFÄLLE PRO PERIODE	UNFÄLLE PRO JAHR
☛ KANTON ZÜRICH									
KLOTEN, KASERNE	1.1.1984	1.0	0	0	16.12.1984	30.12.1987	3.0	0	0
VOLKETSCH, USTER-/ZENTRALSTR.	1.1.1984	2.4	1	0.4	27.5.1986	30.12.1987	1.6	0	0
SCHLIEREN, ENGSTRINGERKREUZUNG	1.1.1984	2.8	2	0.7	15.6.1986	30.12.1987	1.2	0	0
KLOTEN, FLUGHAFEN-/BUTZENBUEHL-/FRACHTSTR.	1.1.1984	2.4	0	0	27.5.1986	30.12.1987	1.6	0	0
DÜBENDORF, ÜBERLAND-/RINGSTR.	1.1.1984	2.9	0	0	27.11.1986	30.12.1987	1.1	0	0
DÜBENDORF, ÜBERL-/WALLISELL-/ZWINGGARTENSTR.	1.1.1984	2.9	2	0.7	27.11.1986	30.12.1987	1.1	0	0
DIELSDORF, SCHENKELBERG-/SÜD-/WEHNTALERSTR.	1.1.1984	2.4	1	0.4	6.6.1986	30.12.1987	1.6	0	0
DIELSDORF, NIEDERHASLI-/NEERACHERSTR.	1.1.1984	2.4	0	0	4.6.1986	30.12.1987	1.6	0	0
DIETIKON, SCHÖNENWERD	1.1.1984	2.7	0	0	17.9.1986	30.12.1987	1.3	0	0
WETZIKON, OCHSENKREUZUNG	1.1.1984	0.7	5	7.1	28.9.1984	30.12.1987	3.3	1	0.3
WALLISELLEN, ANSCHLUSS NEUGUT	1.1.1984	1.6	7	4.4	18.7.1985	30.12.1987	2.4	6	2.5
OBFELDEN, OTTENBACHER-/DORFSTR.	1.1.1984	1.7	3	1.8	30.8.1985	30.12.1987	2.3	3	1.3
12 KREUZUNGEN		2.2		15.5	Ø15.3.1986		1.8		4.1

☛ STADT ZÜRICH									
THURGAUER-/WALLISELLENSTR.	1.1.1984	1.5	11	7.3	21.6.1985	21.12.1987	2	17	8.5
ALTSTETTER-/RAUTISTR.	1.1.1984	1.5	2	1.3	18.6.1985	19.12.1987	2	6	3
KALKBREITE-/ZURLINDENSTR.	1.1.1984	2.9	13	4.5	5.12.1986	6.12.1987	1	2	2
AEMTLER-/KALKBREITESTR.	1.1.1985	2.0	6	3.0	12.12.1986	13.12.1987	1	7	7
DÖRFELI-/REGENSBERGSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	18.12.1986	19.12.1987	1	1	1
DÖRFELI-/SCHWAMENDINGERSTR.	1.1.1985	2.0	10	5.0	6.1.1987	7.1.1988	1	2	2
DÖRFELI-/TRAMSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	7.1.1987	8.1.1988	1	0	0
DÖRFELI-/THURGAUERSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	2.2.1987	3.2.1988	1	0	0
BINZMÜHLE-/HAGENHOLZSTR.	1.1.1985	2.1	31	14.8	28.1.1987	29.1.1988	1	8	8
THURGAUERSTR./DERLIKERHUS	1.1.1985	2.0	0	0	6.1.1987	7.1.1988	1	0	0
THURGAUER-/SCHÄRENMOOSSTR.	1.1.1984	3.0	9	3.0	9.1.1987	10.1.1988	1	2	2
THURGAUERSTR./PARKPLATZ EISFELD	1.1.1985	2.0	0	0	6.1.1987	7.1.1988	1	1	1
FRANKLIN-/SCHWAMENDINGENSTR.	1.1.1984	2.9	2	0.7	24.11.1986	25.11.1987	1	0	0
REGENSBERG-/SCHAFFHAUSERSTR.	1.1.1984	3.0	1	0.3	2.2.1987	3.2.1988	1	0	0
DÖRFELI-/WALLISELLENSTR.	1.1.1985	2.0	0	0	7.1.1987	8.1.1988	1	0	0
DÖRFELI-/FRIEDHEIMSTR.	1.1.1985	1.9	0	0	7.12.1986	8.12.1987	1	0	0
HOFWIESEN-/WEHNTALERSTR.	1.1.1984	3.0	12	4.0	17.12.1986	18.12.1987	1	1	1
BIRCHPLATZ	1.1.1984	2.9	16	5.5	11.12.1986	12.12.1987	1	1	1
PELIKAN-/TALSTR.	1.1.1984	2.9	18	6.2	21.11.1986	22.11.1987	1	7	7
HAMMER-/ZOLLIKERSTR.	1.1.1984	2.9	12	4.1	25.11.1986	26.11.1987	1	2	2
BIRMENSCHÖRER-/SCHWEIGHOFSTR.	1.1.1984	2.9	12	4.1	1.12.1986	2.12.1987	1	8	8
21 KREUZUNGEN		2.4		63.8	Ø1.11.1986		1.1		53.5

☛ STADT ST. GALLEN									
SPISEKTOR	1.1.1980	5.8	17	2.9	22.10.1985	22.8.1987	1.8	1	0.6
HEILIGKREUZ	1.1.1980	5.8	4	0.7	22.10.1985	22.8.1987	1.8	1	0.6
2 KREUZUNGEN		5.8		3.6	Ø22.10.1985		1.8		1.2

☛ TOTAL									
55 KREUZUNGEN		2.5		82.9	ØJULI 1986		1.4		58.8



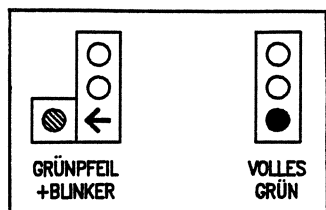
● Auswertung mit Kontrollgruppe

Als Kontrollgruppe zu den 35 Testanlagen dienen 22 Lichtsignalanlagen im Kanton Zürich, in der Stadt Zürich und in der Stadt Winterthur. Die Tabelle in Bild 30 zeigt für diese Lichtsignalanlagen mit "Vollgrün" bzw. mit "Grünpfeil mit Blinker" die Unfälle vortrittsbelasteter Abbieger in den Jahren 1984 bis 1988.

Das Bild 31 zeigt zunächst die Unfallentwicklung in dieser Kontrollgruppe graphisch. Analog zu den Testanlagen mit "gelbem Blinkerpfeil" wird dann die Unfallentwicklung in eine Vorher- und Nachher-Periode geteilt. Trennlinie ist das mittlere Umstelldatum der Testanlagen im Juli 1986. Vor diesem Datum ereigneten sich in der Kontrollgruppe ca. 38 Unfälle pro Jahr, danach ca. 36 Unfälle pro Jahr – etwa um 4 % weniger. Diese Veränderung ist statistisch nicht signifikant.

Das Bild 32 überträgt schliesslich die Veränderung in der Kontrollgruppe auf die Testanlagen und führt dort zu einem Erwartungswert von ca. 80 Unfällen pro Jahr. Die Differenz zwischen diesem Erwartungswert und dem beobachteten Wert von 59 Unfällen pro Jahr an den Testanlagen ist auf die neue Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfeil" zurückzuführen. Der Unterschied ist statistisch signifikant, das Bild 32 zeigt dazu den 95 %-Vertrauensbereich.

Die Signalisation von vortrittsbehafteten Abbiegern mit dem "gelben Blinkerpfeil" hat zu einer signifikanten Unfallreduktion an 35 Testanlagen geführt.

UNFÄLLE VORTRIITTSBELASTETER
ABBIEGER

KANTON ZÜRICH

	1984	1985	1986	1987
ZOLLIKON : GEMEINDEHAUSPLATZ	3	1	—	1
DÜBENDORF : STÄDTLI	1	4	3	2
DIETLIKON : NEUE WINTERTHURER- /INDUSTRIESTR.	—	1	—	—
SCHLIEREN : BADENER- /NASSACKERSTR.	1	—	—	—
DIELSDORF : SONNE	1	1	—	1
NÜRENSDORF : ALTE WINTERTHURER- /EIGENTALSTR.	—	—	—	—
WALLISELLEN : BAHNHOF- /NEUGUTSTR.	1	—	—	4
WALLISELLEN : NEUGUT- /HOFSTR.	1	1	1	—
REGENSDORF : NIEDERHASLI- /RÜMLANGER- /DORFSTR.	1	—	—	1
KLOTEN : FLUGHOFSTR. /EIN- & AUSFAHRT WERFT	—	—	—	—
10 LICHTSIGNALANLAGEN	9	8	4	9

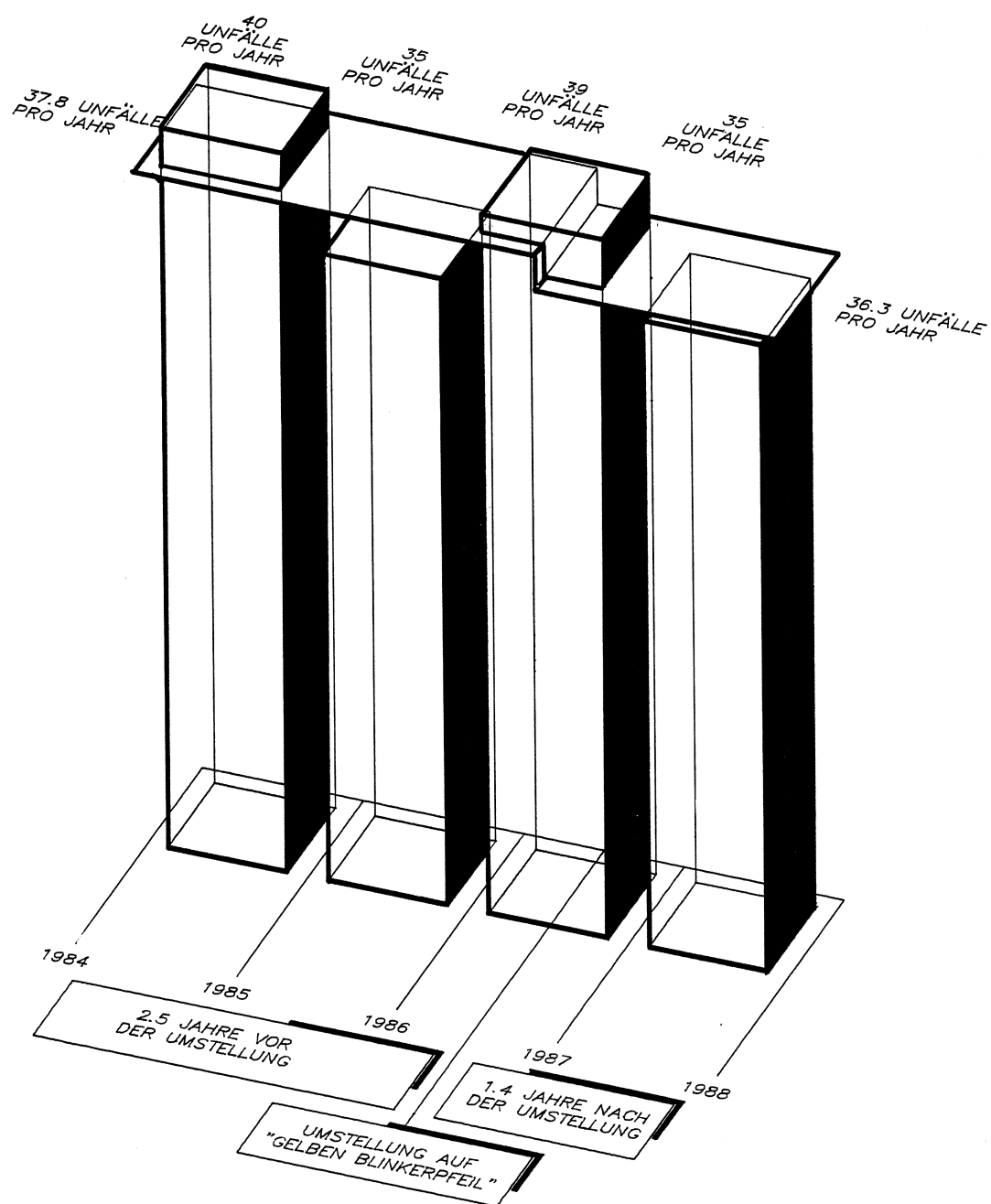
STADT ZÜRICH

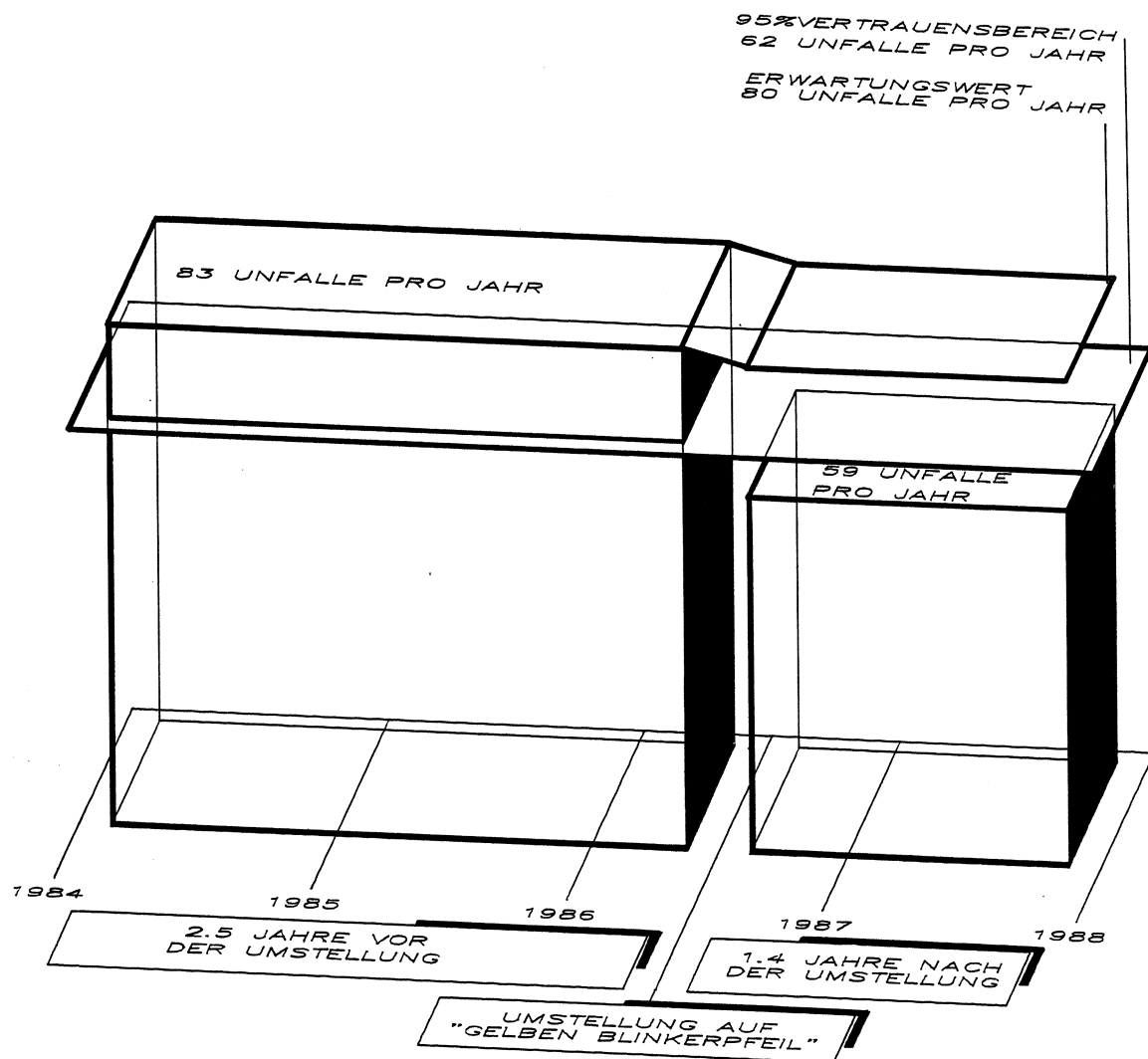
	1984	1985	1986	1987
KLOSBACHSTR. /BERGSTR.	2	2	2	4
HOHLSTR. /HERDERNSTR.	7	3	7	8
BIRMENSDORFERSTR. /GUTSTR.	2	2	1	1
HOHLSTR. /FELDSTR.	3	3	3	5
BIRCHSTR. /WEHNTALERSTR.	1	—	2	1
FELDSTR. /STAUFFACHERSTR.	1	1	1	2
KALKBREITE /SEEBAHNSTRASSE	5	8	4	1
7 LICHTSIGNALANLAGEN	21	19	20	22

STADT WINTERTHUR

	1984	1985	1986	1987
ST. GALLERSTR. /PFLANZSCHULSTR.	4	2	6	—
TÖSSTAL- /LANDVOGT- /WASERSTR.	2	1	1	2
BRÜHLECK	4	2	4	1
NEUWESENSTR. /SCHÜTZENSTR.	—	2	2	1
LINDSTR. /HALDENSTR.	—	1	2	—
5 LICHTSIGNALANLAGEN	10	8	15	4

22 LICHTSIGNALANLAGEN	40	35	39	35
-----------------------	----	----	----	----





5.6 ROTFAHRER

Entsteht mit dem "gelben Blinkerpfeil" ein Sicherheitsproblem, weil die Fahrer das neue Signal als gelbblinkende Anlage interpretieren und das Rotlicht überfahren? Diese Frage beantwortet der vorliegende Untersuchungsschritt. Anlass sind Erfahrungen knapp nach dem Umstellen der Testanlage Spisertor in St.Gallen auf den "gelben Blinkerpfeil" – eine automatische Kamera registrierte hier deutlich mehr Rotfahrer (15).

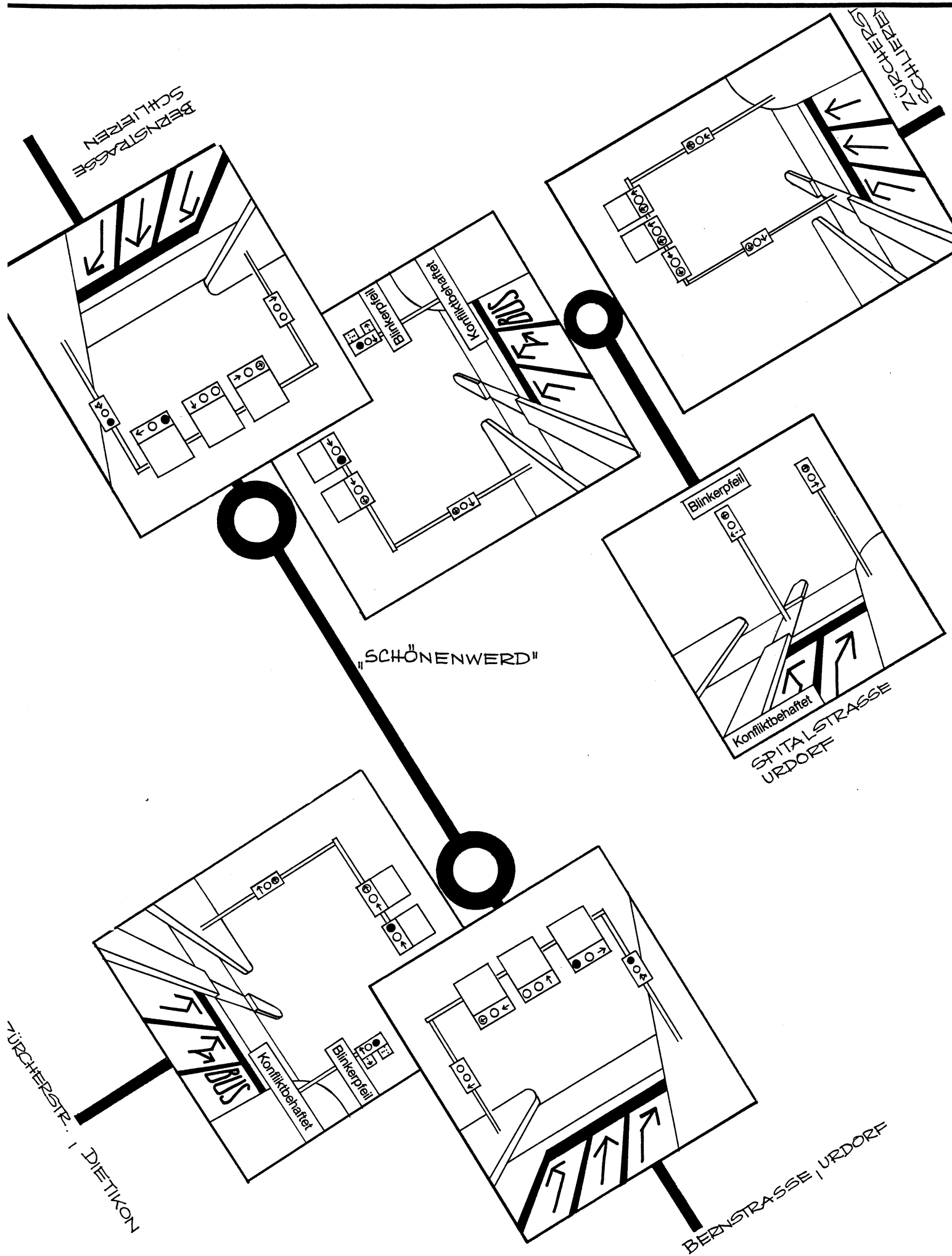
- Die untersuchten Kreuzungszufahrten (Bild 34)

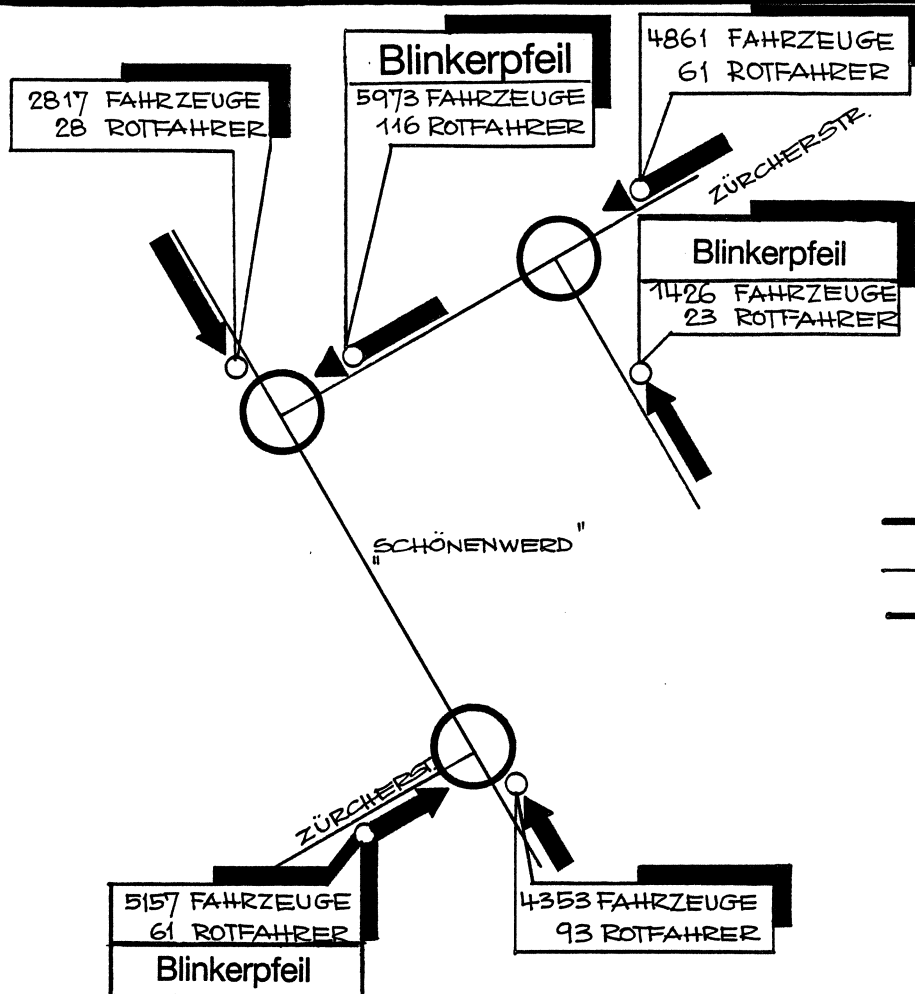
Geprüft wurden sechs Zufahrten der Lichtsignalanlagen Schönenwerd in der Gemeinde Dietikon im Kanton Zürich. In drei der sechs Kreuzungszufahrten signalisieren "Gelbe Blinkerpfeile" die vortrittsbehafteten Abbieger.

- Der Anteil der Rotfahrer (Bild 35)

Während 19 Stunden wurden die Fahrzeugfrequenzen in den sechs Zufahrten gezählt. Je etwa 12000 Fahrzeuge passierten die Zufahrten mit und ohne "Blinkerpfeil", davon fuhren je etwa 200 Fahrzeuge bei Rot über die Stoplinie. Als Rotfahrer gelten hier jene, die zwischen 0,1 und 25 Sekunden nach Beginn des Rotlichts die Stoplinie querten. Ueberfahrzeiten über 25 Sekunden waren auf vorangegangene Behinderungen durch Stau zurückzuführen. In den Zufahrten mit und ohne "Blinkerpfeil" war der Anteil der Rotfahrer an den Zufahrtfrequenzen mit ca. 1,5 % etwa gleich gross.

Die Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfeil" führt nicht zu zusätzlichen Rotfahrern.

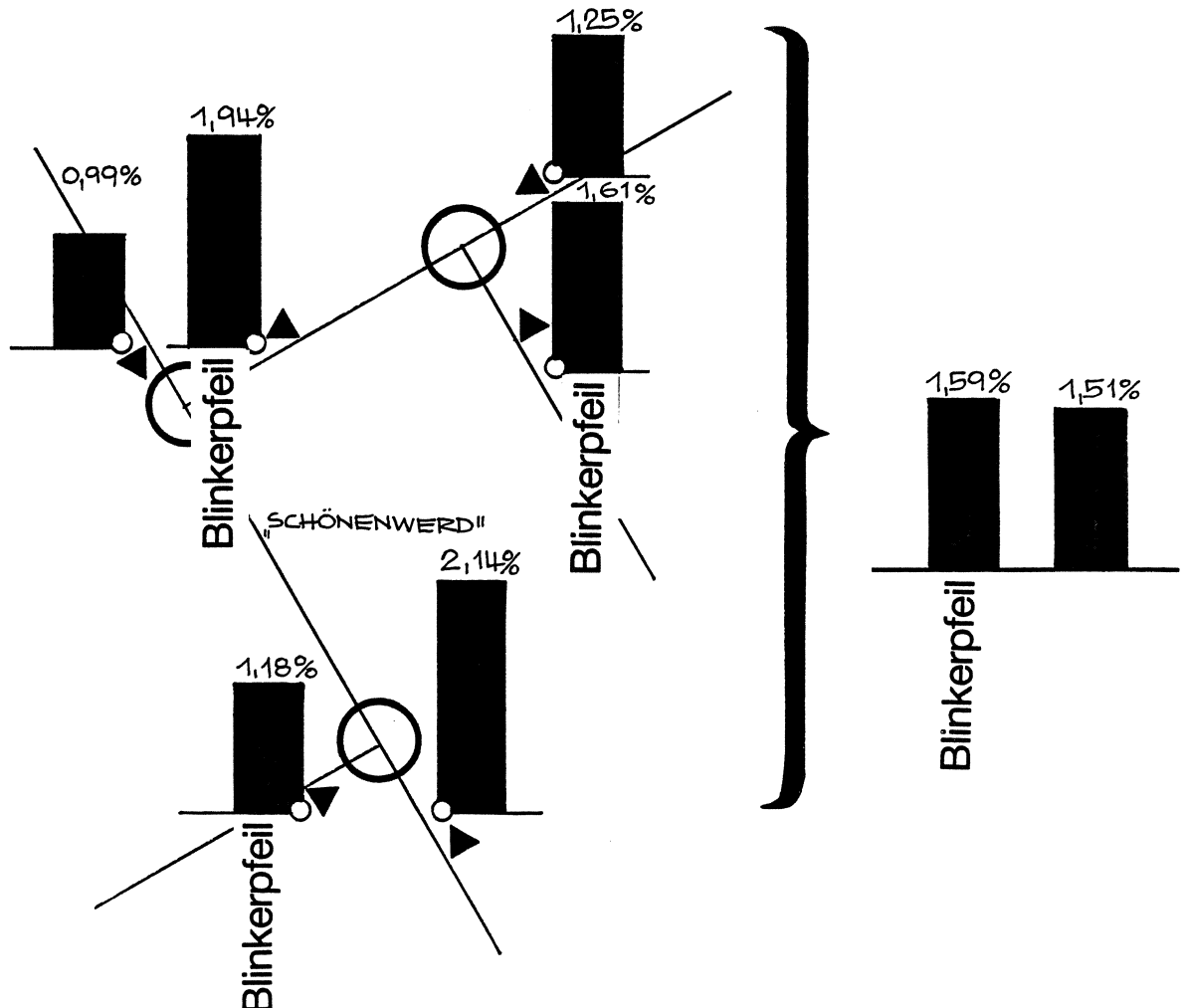




TOTAL		
	Blinkerpfel	
FAHRZEUGE	12556	12031
ROTFÄHRER	200	188

MESSUNG :

DATUM : 20.10.1987
DAUER : 19 STUNDEN



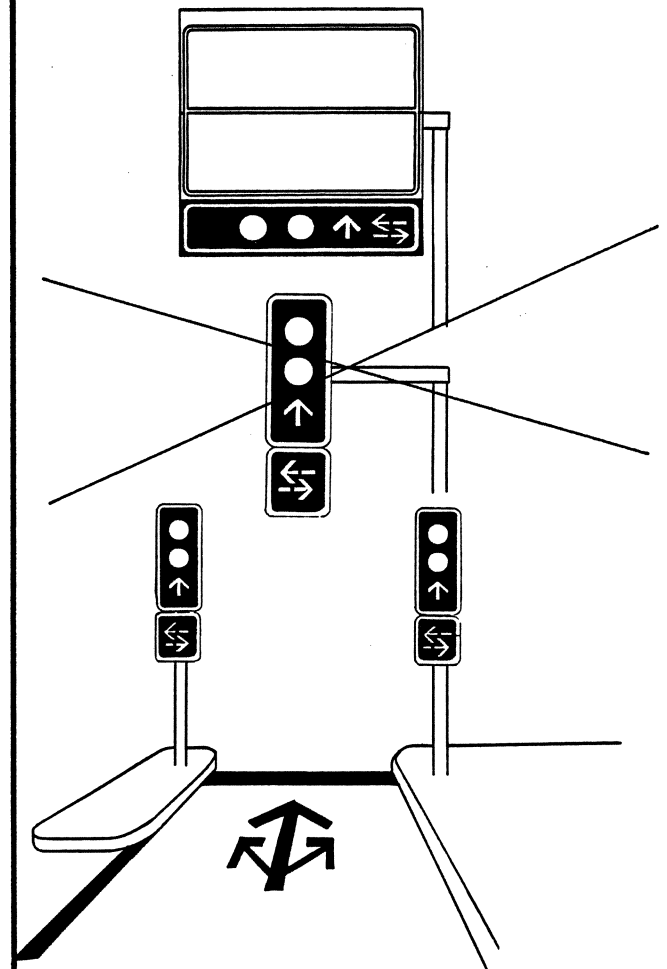
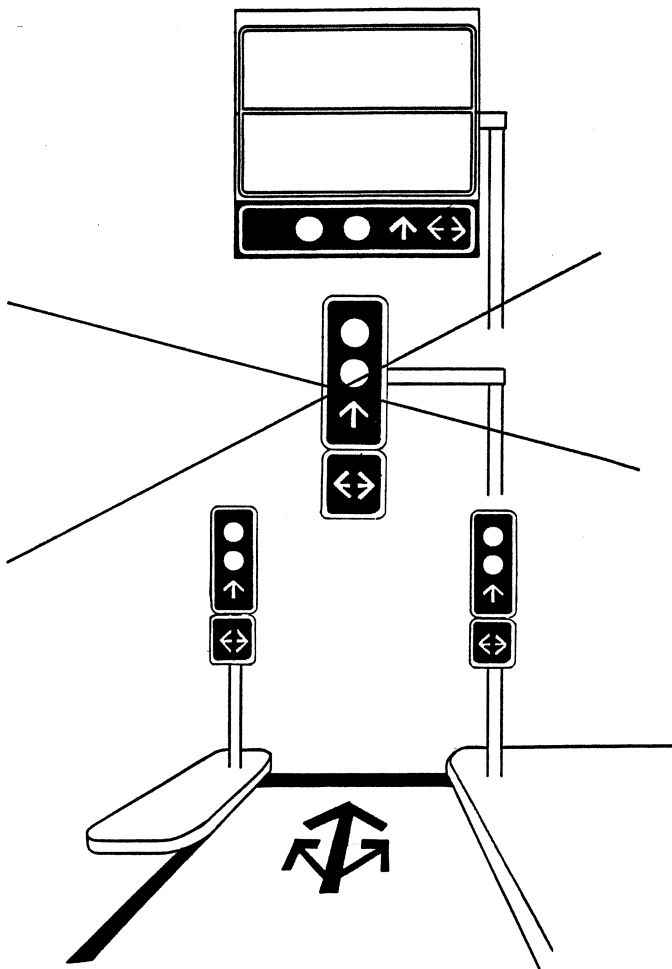
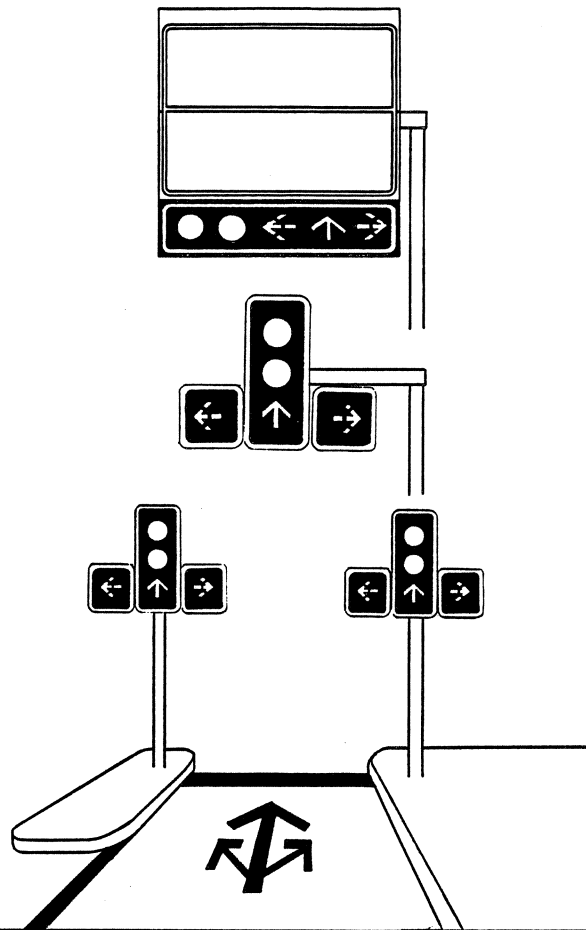
Anteil der Rotfahrer an den Zufahrtfrequenzen

5.7 SIGNALISATION

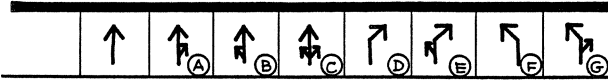
- Das Prinzip der neuen Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfail" zeigt Bild 37 am Beispiel einer Mischspur mit vortrittsbehafteten Links- und Rechtsabbiegern. Es sind alle Möglichkeiten der Signalisation mit "gelben Blinkerpfeilen" eingetragen - links und rechts der Fahrbahn auf Masten und horizontal und vertikal über der Fahrbahn. Dabei wird empfohlen, das entsprechende Hauptsignal vollständig mit "gelben Blinkerpfeilen" auszurüsten, "Blinkerpfeile" an Wiederholersignalen neben oder über der Fahrbahn sind fakultativ. Signale mit kombinierten, nach links und rechts blinkenden Gelbpfeilen, wie sie im unteren Teil des Bildes 37 eingetragen sind, werden nicht empfohlen.
- An den Testanlagen ist dieses Prinzip der Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfail" angewandt worden. Es konnte gut erkennbar und klar signalisiert werden. Die Signale sind rechtzeitig sichtbar, sie sind klar zu verstehen, und sie können eindeutig der signalisierten Verkehrsbeziehung zugeordnet werden.

Mit dem "gelben Blinkerpfail" ist eine einheitliche und einfache Signalisation von vortrittsbehafteten Abbiegern möglich.

- Beispiele: Die Signalisation in jeder Zufahrt ist in einer bestimmten Hinsicht einzigartig, je nach Anzahl und Anordnung der Signale auf Masten, Ueberspannungen und Signalbrücken. Trotzdem versuchen die Bilder 38 bis 41 die Signalisation vortrittsbehafteter Abbieger an Beispielen zu veranschaulichen. Dazu stellt die Tabelle im Bild 38 die denkbaren Misch- und Abbiegerspuren zusammen, und die anschließenden Bilder zeigen dann die Signalisation mit "gelben Blinkerpfeilen". Dabei werden die Signale auf Masten vollständig mit "Blinkerpfeilen" ausgerüstet, überkopf wird auf die Wiederholung der "Blinkerpfeile" verzichtet.



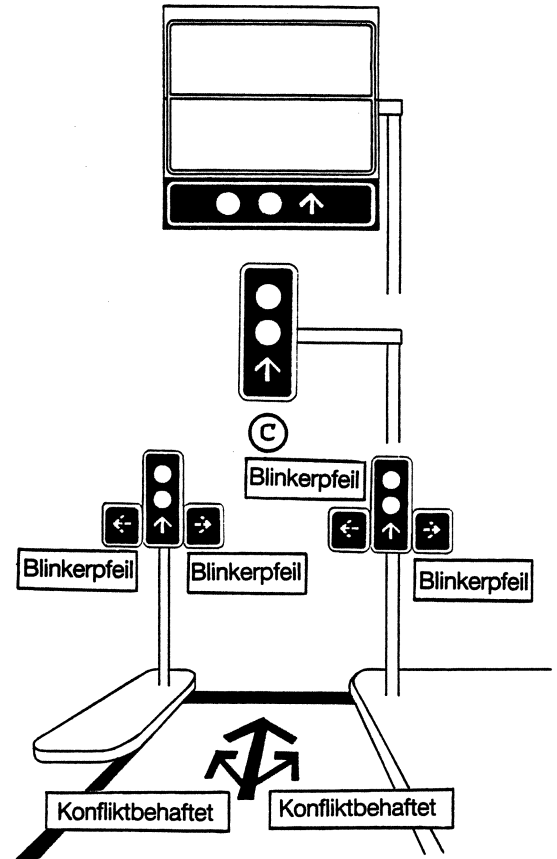
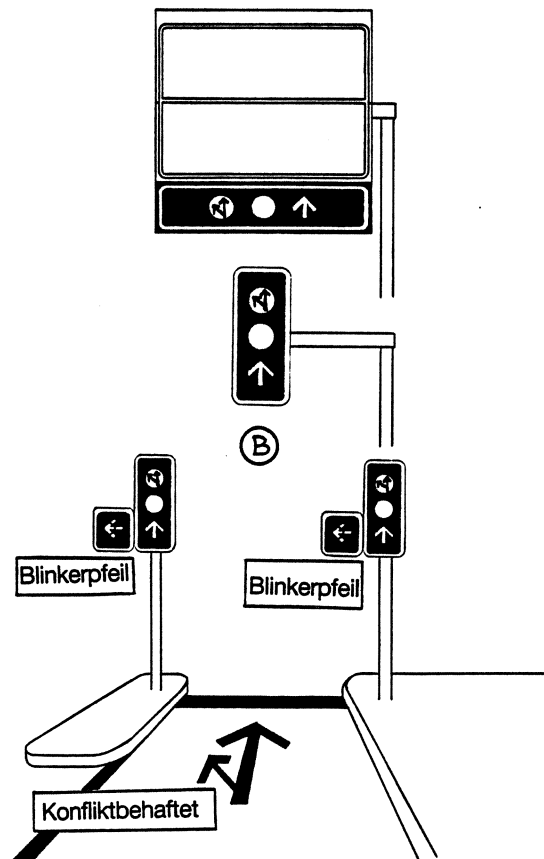
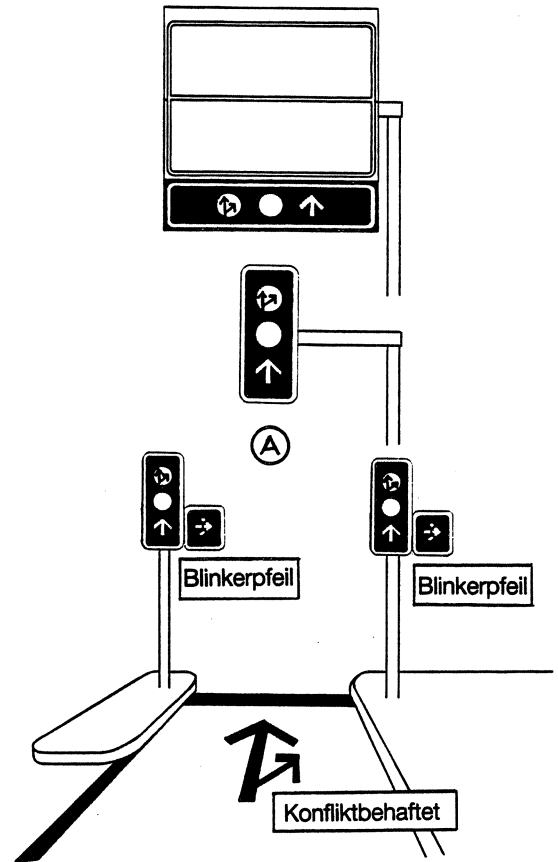
Einspurige Zufahrt

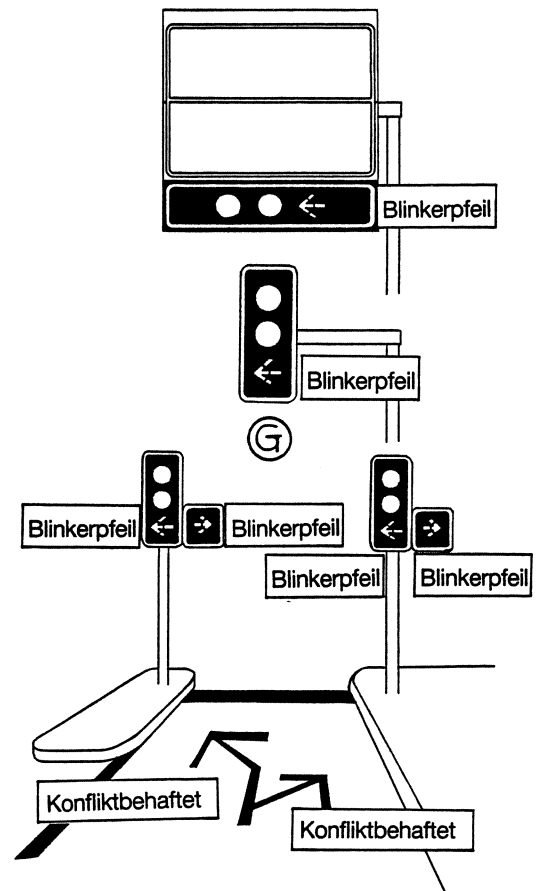
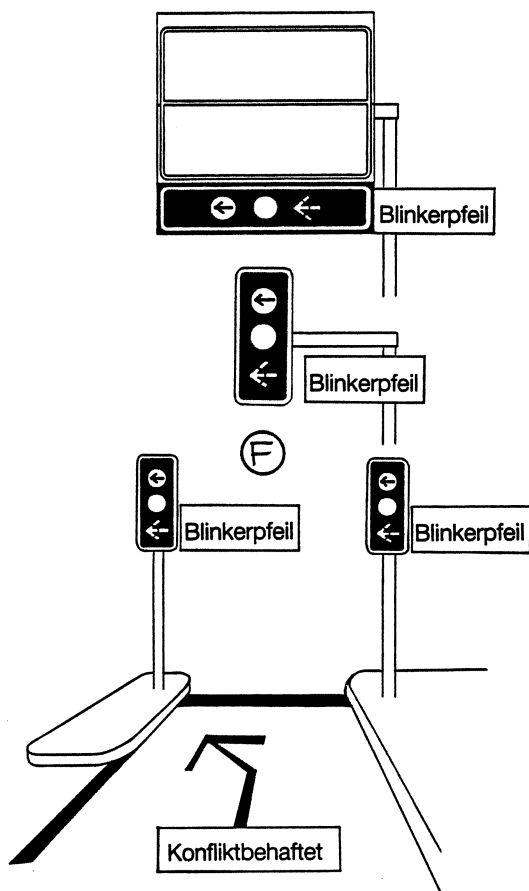
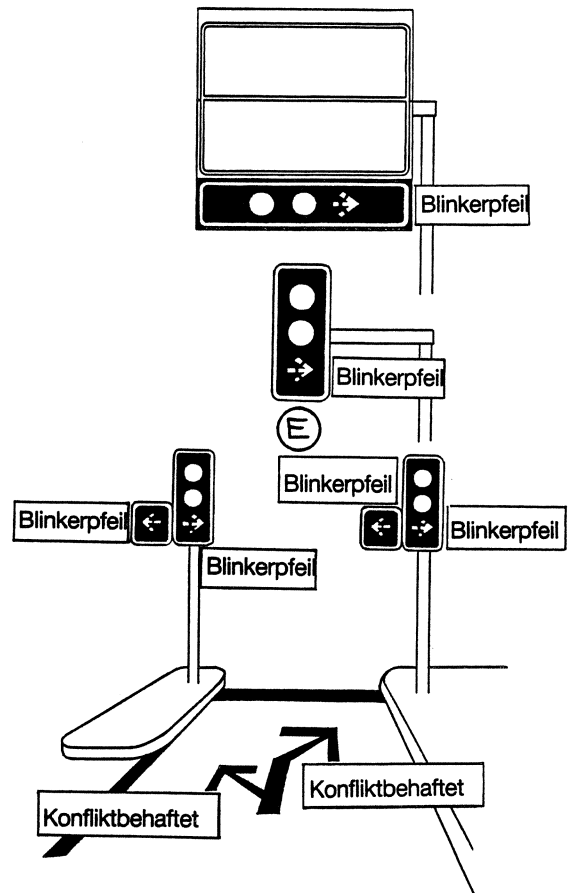
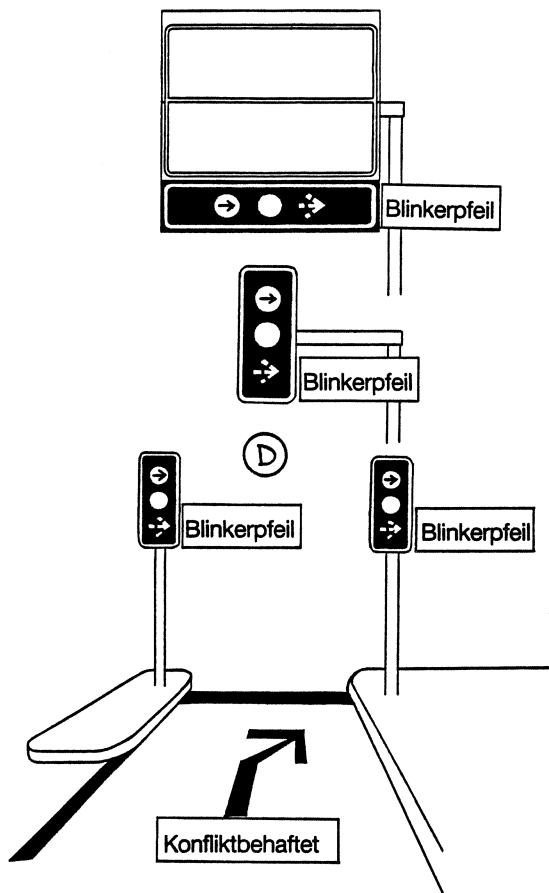


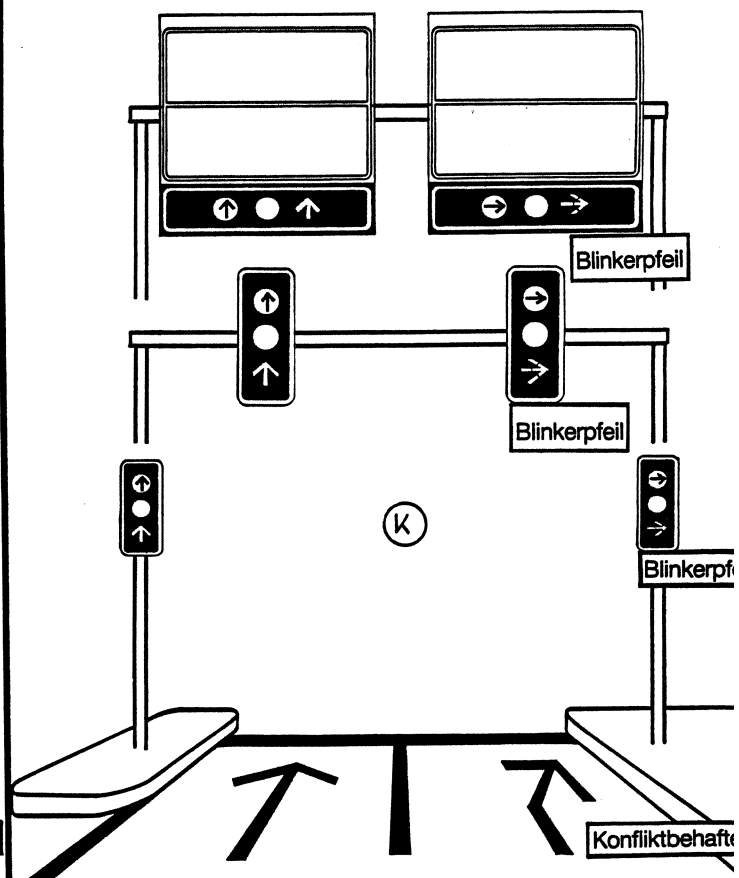
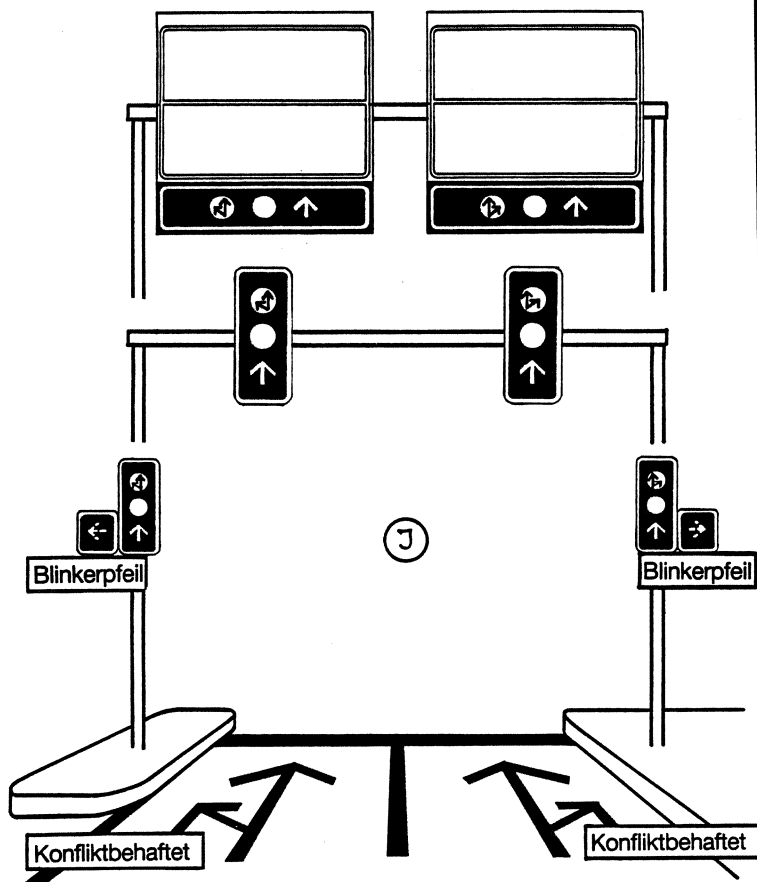
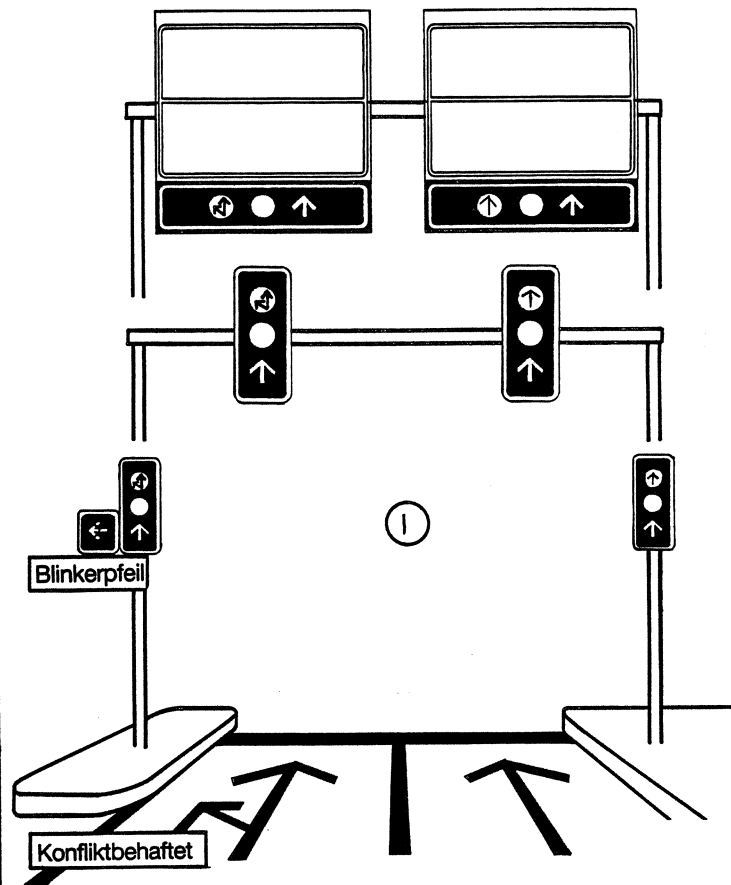
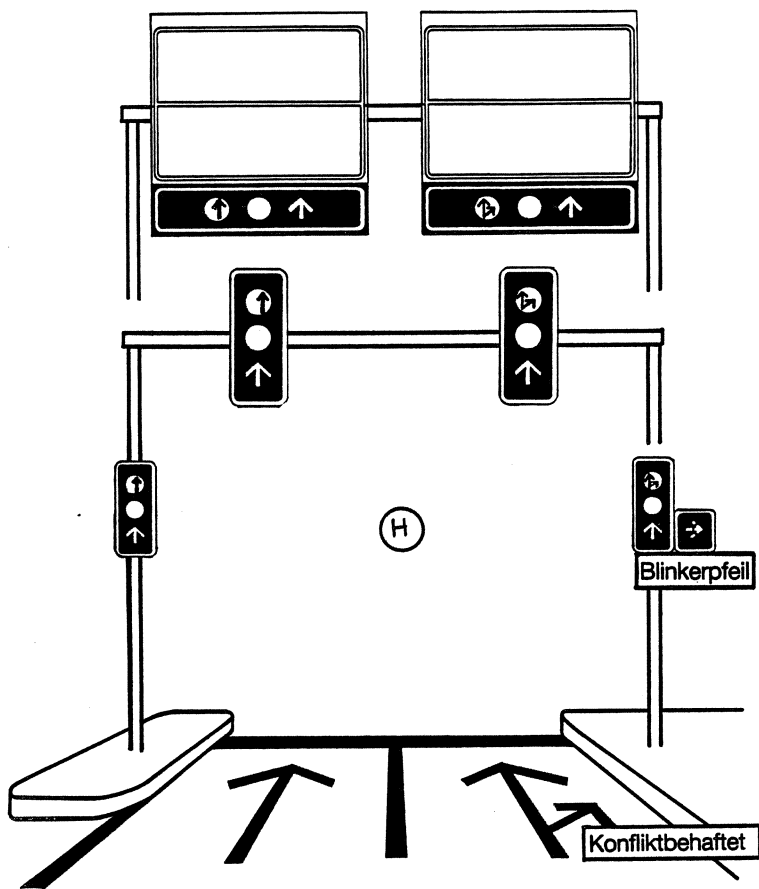
Zweispurige Zufahrt

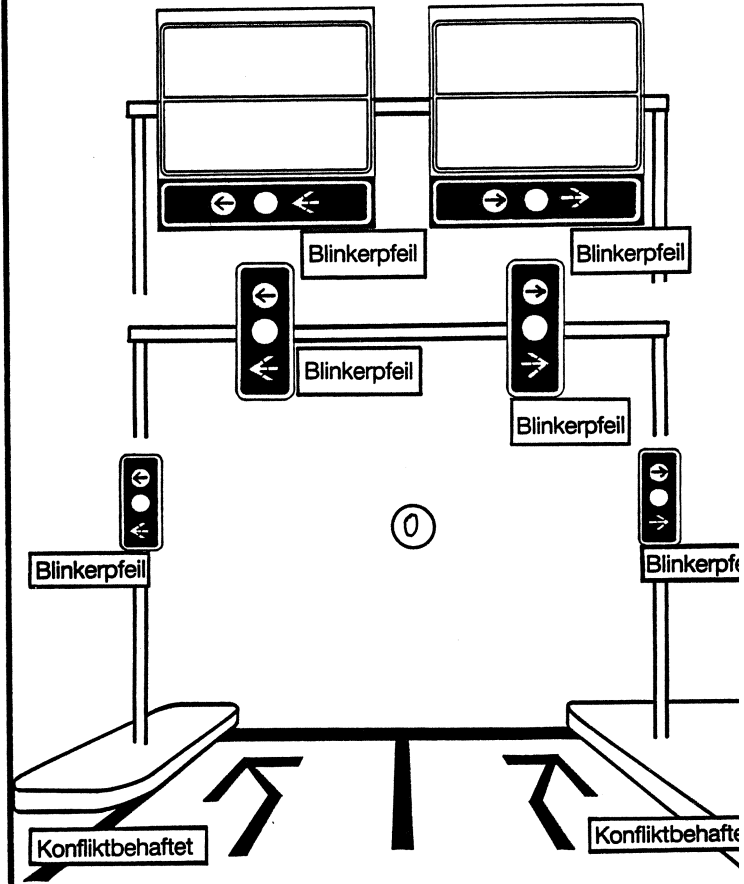
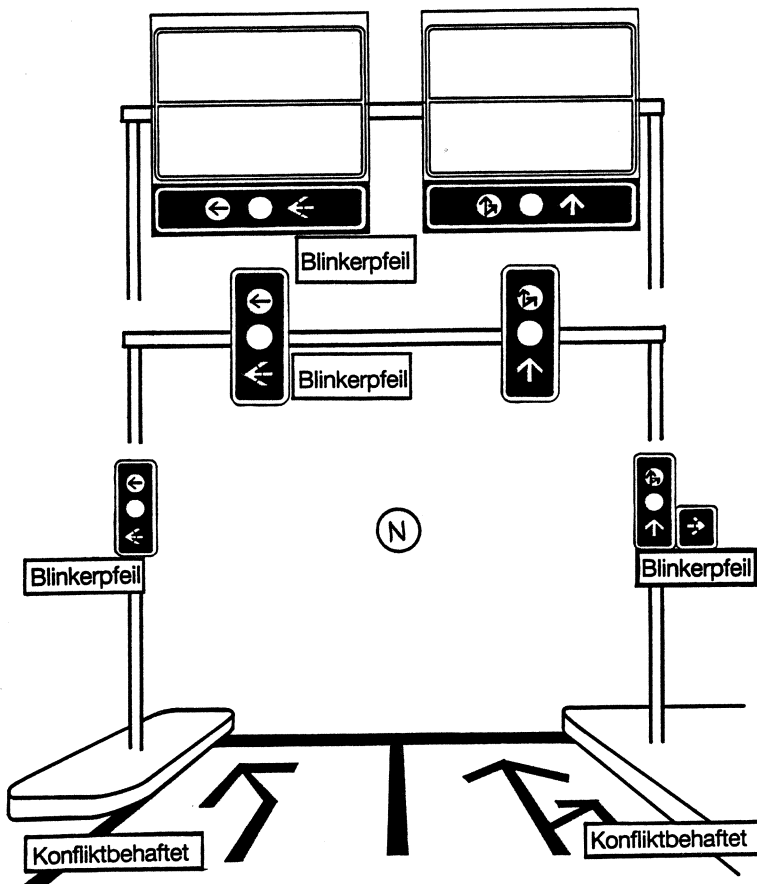
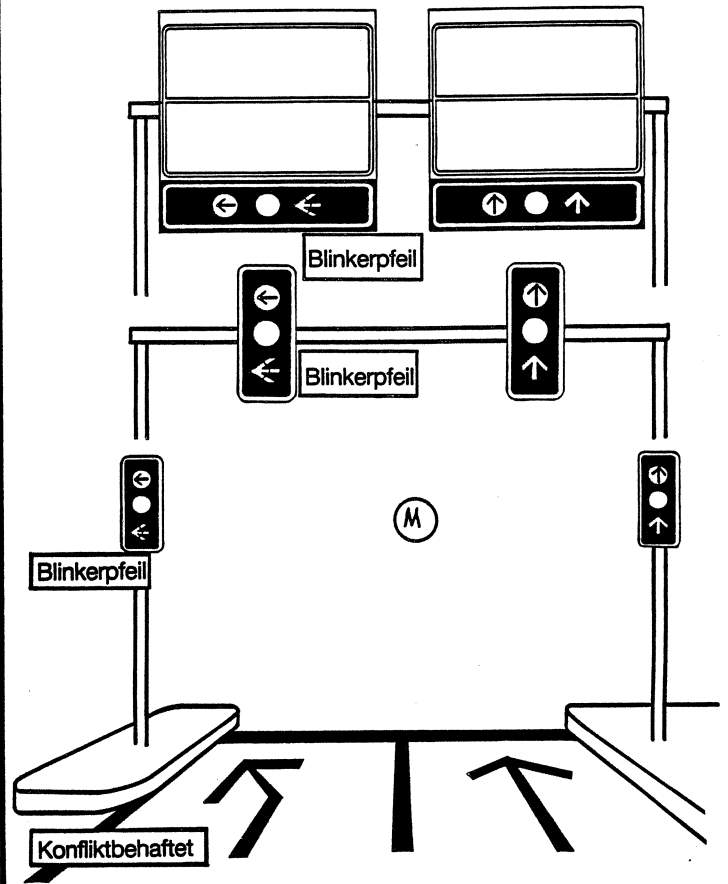
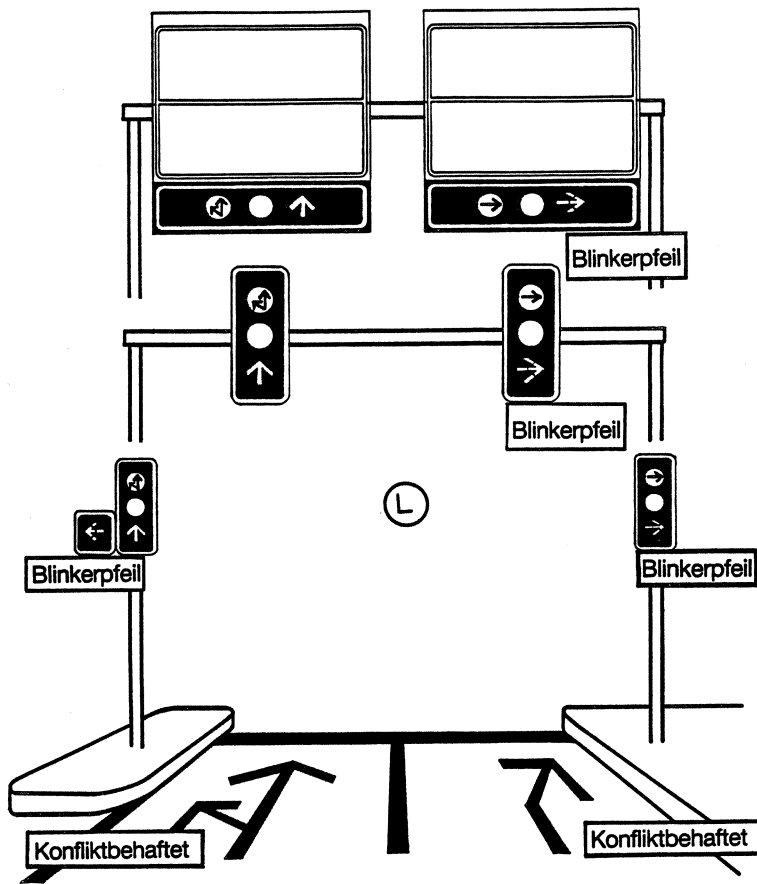
Rechte Spur	Linke Spur	↑	↑	↰	↰	↗	↗	↰	↰
↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑
↰	↰					↰	↰		
↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰		
↰	↰					↰	↰		
↰	↰					↰	↰		
↰	↰					↰	↰		
↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰	↰
↰	↰					↰	↰		

● zweispuriges, vortrittsbehaftetes Abbiegen wird praktisch nicht angewandt.









5.8 KOSTEN

Es sind 36 Lichtsignalanlagen von der bestehenden Signalisation mit "Vollgrün" und "Grünpfeil mit Blinker" auf die neue Signalisation mit "gelbem Blinkerpfeil" umgestellt worden. Für die Kosten der Umstellung liegen Richtwerte vor.

- Kanton Zürich: In einem ersten Schritt wurden Ende 1984 und im Jahr 1985 drei Testanlagen auf den "gelben Blinkerpfeil" umgestellt. Ein zweiter Schritt mit neun zusätzlichen Testanlagen folgte 1986. Die Kosten für das Umstellen lagen zwischen ca. Fr. 2300.- und ca. Fr. 4300.--.
- Stadt Zürich: Zwei Testanlagen wurden 1985 mit "gelben Blinkerpfeilen" ausgerüstet, zwanzig weitere folgten Ende 1986 und anfangs 1987. Die durchschnittlichen Kosten pro einzelne Anlage lagen zwischen ca. Fr. 1000.-- und ca. Fr. 10000.--. Von diesen 22 Anlagen konnten bei den Unfallauswertungen nur 21 berücksichtigt werden. An einer Kreuzung (Berninaplatz) wird gebaut, die Unfallzahlen sind hier nicht relevant.
- Stadt St.Gallen: Die zwei Kreuzungen Spisertor und Heiligkreuz wurden 1985 auf "gelbe Blinkerpfeile" umgestellt. Die Kosten für das Umstellen lagen bei ca. Fr. 10000.- pro Kreuzung.

Die Kosten für das Umstellen von der bestehenden auf die neue Signalisation mit "gelben Blinkerpfeilen" lagen bei den Testanlagen bei durchschnittlich ca. Fr. 5000.--.

6. Das Ergebnis

6.1 BESTÄTIGUNG DER GRUNDHYPOTHESE

Die Grundhypothese der Untersuchung nahm an, dass die kausale Unfallkette existiert:

beitragender Faktor:

Fehlinterpretation der bestehenden Signalanzeige durch vortrittsbehaftete Abbieger an Lichtsignalanlagen

Kausalfaktor

:

Vortrittsverweigerung durch Abbieger

Sicherheitsproblem :

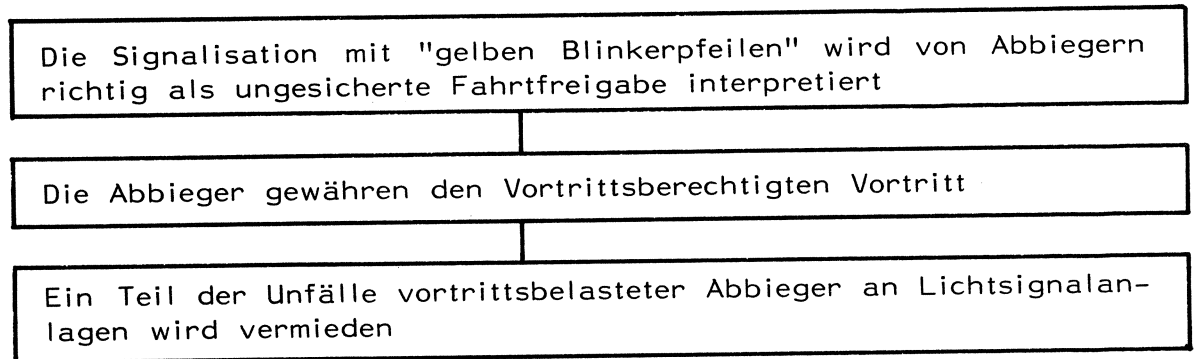
Unfälle vortrittsbehafteter Abbieger

Diese Grundhypothese konnte durch drei Untersuchungsschritte bestätigt werden:

- Signalinterpretation: Bis zu 15 % der vortrittsbelasteten Abbieger interpretieren die bestehende Signalisation mit "Vollgrün" oder "Grünpfeil mit Blinker" falsch.
- Konfliktanalyse: Bei der bestehenden Signalisation mit "Vollgrün" oder "Grünpfeil" gewähren etwa 20 % der vortrittsbehafteten Abbieger nicht dem Gegenverkehr und etwa 45 % nicht den Fussgängern den Vortritt.
- Unfallprotokolle: Mehr als 15 % der Fahrzeugunfälle vortrittsbehafteter Abbieger an Lichtsignalanlagen entstehen durch Fehlinterpretationen der bestehenden Signale.

6.2 BESTÄTIGUNG DER ARBEITSHYPOTHESE "GELBER BLINKERPFEIL"

Die Arbeitshypothese "gelber Blinkerpfel" nahm an, dass die Kausalkette existiert:



Diese Arbeitshypothese konnte durch 5 Untersuchungsschritte bestätigt werden:

- Signalinterpretation: Der "gelbe Blinkerpfel" wird ohne Erziehungs- und Informationsprozess korrekter als die bestehende Signalisation interpretiert.
- Konfliktanalyse: Bei der Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfel" gewähren etwa 10 % mehr Abbieger den Vortrittsberechtigten Vortritt, als bei der bestehenden Signalisation.
- Unfalluntersuchung: Die Signalisation vortrittsbehafteter Abbieger mit dem "gelben Blinkerpfel" hat zu einer signifikanten Unfallreduktion an 35 Testanlagen geführt.
- Rotfahrer: Die Signalisation mit dem "gelben Blinkerpfel" führt nicht zu zusätzlichen Rotfahrern.

Zwei weitere Untersuchungsschritte wiesen die Machbarkeit und die niedrigen Kosten der Signalisation mit "gelben Blinkerpfeilen" nach:

- Signalisation: Mit dem "gelben Blinkerpfel" ist eine einheitliche und einfache Signalisation möglich.
- Die Kosten: Die Kosten für das Umstellen von der bestehenden auf die neue Signalisation mit "gelben Blinkerpfeilen" lagen bei den Testanlagen bei durchschnittlich ca. Fr. 5000.--.

6.3 ABLEHNUNG DER ARBEITSHYPOTHESE "VERZICHT AUF KONFLIKTANZEIGE"

Ein "Verzicht auf Konflikthanzeige" ist einfacher und einheitlicher als die bestehende Signalisation, denn sowohl "Vollgrün" wie "Grünpfeile" bedeuten vortrittsbehaftetes Abbiegen.

Ein "gelber Blinkerpfeil" ist ebenfalls einfacher und einheitlicher als die bestehende Signalisation. Zudem verstehen ihn vortrittsbehaftete Abbieger besser und vermeiden einen Teil der Unfälle (s. Seite 44).

Aufgrund dieser beiden Tatsachen lässt sich die Hypothese aufstellen

Jede rechtlich eindeutige und einheitliche Signalisation ist verkehrssicherer als die bestehende, dies gilt deshalb auch für einen "Verzicht auf Konflikthanzeige".

Diese Hypothese konnte durch keinen Untersuchungsschritt bestätigt werden. Die Gründe dafür waren:

- Der "Verzicht auf Konflikthanzeige" verträgt sich nicht mit der heutigen Signalverordnung (19). Heute bedeutet ein "Grünpfeil" konfliktfreies, neu bedeutet er vortrittsbehaftetes Abbiegen. Beim Umstellen der Signalisation entsteht ein Sicherheitsrisiko.
- Für eine Signalisation mit "Verzicht auf Konflikthanzeige" ist deshalb ein intensiver Informationsprozess nötig. Die neue Signalisation bleibt auch dann im Widerspruch zu den Signalverordnungen der Nachbarländer Deutschland und Österreich (20, 21, 22).

Keine Behörde war bereit, den Informationsprozess einzuleiten und das Sicherheitsrisiko beim Umstellen von Testanlagen auf den "Verzicht auf Konflikthanzeige" zu verantworten. Damit konnten weder die Interpretation der Signalanzeigen erfragt, noch Konfliktanalysen oder Unfalluntersuchungen durchgeführt werden.

Weil der "Verzicht auf Konflikthanzeige" so wenig überzeugte, dass kein Informationsprozess und keine Testanlagen ausgeführt werden konnten, wird diese Signalisationsvariante verworfen.

7. Die Empfehlung

Die Verkehrsuntersuchung bestätigt zwei Hypothesen:

vortrittsbehaftete Abbieger verursachen Unfälle an Lichtsignalen, weil sie zum Teil die bestehende Signalisation "Vollgrün" und "Grünpfeil mit Blinker" als freie Fahrt missverstehen.

als einfachere und einheitlichere Signalisation erweist sich der "gelbe Blinkerpfeil" – vortrittsbehaftete Abbieger verstehen ihn besser und vermeiden einen Teil der Unfälle.

- Es wird deshalb empfohlen, in der Verordnung über die Strassensignalisation (SSV) das Kapitel 8: "Lichtsignale" im Sinne des "gelben Blinkerpfeiles" zu revidieren. Sinngemäss sollte gelten (1):
 - Grünes Licht gibt den Verkehr frei
 - Grüne Pfeile gestatten den Verkehr in der angezeigten Richtung
 - Grüne Pfeile in Verbindung mit gelbem Blinklicht sind nicht zulässig
 - ein gelber Blinkerpfeil gibt den Verkehr in Pfeilrichtung vortrittsbelastet frei

(Vortritt ist zu gewähren den Fussgängern auf der Querstrasse; dem entgegenkommenden geradeausfahrenden und rechtsabbiegenden Verkehr; den Schienenfahrzeugen, Bussen und Radfahrern, die auf oder neben der Fahrbahn in gleicher Richtung fahren.)
- Gleichzeitig wird empfohlen, die VSS-Norm "Lichtsignale" (24) sinngemäss zu revidieren:
 - Warnblinklichter als Zusatzampeln zu grünen Pfeilen sind nicht mehr zulässig und deshalb in der Norm zu streichen.

8. Literatur

- (1) "Verordnung über die Strassensignalisation (SSV)" vom 5.9.1979
- (2) "Highway Capacity Manual", Special Report 209; Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 1985
- (3) "The prediction of saturation flows for road junctions controlled by traffic signals"; R. Kimber, M. McDonald, N.B. Hounsell, Transport and Road Research Laboratory, Research Report 67, 1986
- (4) "Konflikte mit Vortritt: Leistung, Stau, Wartezeit"; P. Pitzinger, Strassenverkehrstechnik 5/1982
- (5) "Rückstau und Wartezeiten: Messung und Berechnung"; P. Pitzinger, Strassenverkehrstechnik 6/1982
- (6) "Manual of Traffic Signal Design"; J.H. Kell, I.J. Fullerton, Institute of Transportation Engineers, 1982
- (7) "Richtlinien für Lichtsignalanlagen, RILSA"; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 1981
- (8) "Planen und Bemessen von Lichtsignalanlagen"; Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im OeIAV, 1981
- (9) "Sicherung der Linksabbieger an Lichtsignalanlagen", Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 358, 1982
- (10) "Highway Safety Evaluation, Procedural Guide"; US. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1981
- (11) "Highway Safety Engineering Studies, Procedural Guide"; US. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1981

- (12) "Sicherheit von Verkehrsanlagen"; K.Dietrich, M.Simon; IVT/ETH 1982
- (13) "OECD road safety research: a synthesis"; OECD, 1986
- (14) "Handbuch für die Durchführung von Konflikterhebungen und Bewertungen"; H.Erke, H.Gstalter, B.Zimolong; Techn.Universität Braunschweig, 1980
- (15) "Projekt Blinkerpfeil"; Glauser, Studer, Stüssi, im Auftrag der Kantonspolizei Zürich, Stadtpolizei Zürich, Tiefbauamt Stadt St.Gallen; 1986
- (16) "Statistische Auswertungsmethoden"; L.Sachs, Springer Verlag, 1971
- (17) "Wahrscheinlichkeit und Statistik"; H.Bühlmann; Autographie, AMIV-Verlag, 1976
- (18) "Analyse der Strassenverkehrsunfälle", VSS-Norm SN 641310 a
- (19) "SVG Strassenverkehrsgesetz"; H.Giger, Orell Füssli Verlag, 1985
- (20) "StVO Strassenverkehrsverordnung" mit Erläuterungen von H.Wagner, Kirschbaumverlag 1981
- (21) "Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen", 7. Auflage, Kirschbaumverlag 1987
- (22) "Oesterreichische Strassenverkehrsordnung nach der 10. Novelle"; Kuratorium für Verkehrssicherheit
- (23) "Verkehrsleittechnik für den Strassenverkehr", Band 1; Herausgegeben von R.Lapiere und G.Steierwald, Springer-Verlag, 1987
- (24) "Lichtsignale", VSS-Norm SNV 640825