

Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Linienführung Teil I/ Kurven

**Moyens pour augmenter la perception optique
des lignes de circulation
Partie I: Virages**

**Institut für Angewandte Psychologie Zürich:
Prof. Dr. Dr. B. von Hebenstreit, F. W. Hürlimann, H. Jöri**

**Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und
Eisenbahnbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich:
H. P. Lindenmann**

**Kantonspolizei Zürich:
R. Weber**

**Ingenieurbüro Emch & Berger AG Zürich:
M. Simon**

**Forschungsauftrag 19/86 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)**

Oktober 1990

V O R W O R T

Zusammenfassung

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um die Berichterstattung über erste Analysen der Hintergrundbedingungen und psychophysischen sowie verkehrstechnischen Faktoren des Unfallgeschehens in Kurven mit und ohne Kurvenschranken. Nach dem Ergebnis der Untersuchung bestehen eindeutige Zusammenhänge zwischen dem Gefährlichkeitsgrad von Kurven (Höhe des Unfallrisikos) und dem Bremsverhalten vor Kurven einerseits sowie der optischen Markanz und der Situations-Aequivalenz der aufgestellten Kurvenschranken andererseits. Will man das Unfallrisiko in Kurven senken, muss man die Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Führung in Kurven mit hoher Farb- und Form-Markanz ausstatten und durch eine entsprechende Gestaltung der Strassenkulisse auch eine gute Situations-Aequivalenz sicherstellen.

Bei dieser Untersuchung fanden ausser dem Parameter "Bremsverhalten" die anderen verkehrstechnischen Parameter noch ebenso wenig Berücksichtigung wie die Parameter "Dunkelheit", "ungünstige Witterung" und "Vor-Signalisation". Mit ihnen wird sich eine weitere Untersuchung beschäftigen.

Erst wenn auch der zweite Teil der Untersuchung abgeschlossen ist, können endgültige Empfehlungen zur Anbringung von Verkehrssignalen einschliesslich der Kurvenschranken zur Verdeutlichung der Linienführung in Kurven gemacht werden.

Forschungsstellen

Die Forschungsarbeit wurde gemeinsam vom

- Institut für Angewandte Psychologie Zürich
- Institut für Verkehrstechnik der ETH Zürich
- Ingenieurbüro Emch und Berger

durchgeführt.

Die Projektleitung lag bei Herrn Dipl.Psych.F.W.Hürlimann in Kooperation mit den Herren Dipl.Ing.ETH H.P.Lindemann, lic.phil. H.Jöri, Dipl.Ing.ETH/STA M.Simon und Prof.Dr.Dr.B.v.Hebenstreit. Für die Beobachtungen im Verkehrsfeld sowie die statistischen Auswertungen zeichnet Frau R.Hopp verantwortlich. Berichtersteller war Prof.Dr.Dr.B.v.Hebenstreit.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	1
Inhaltsverzeichnis	2 + 3
1. Allgemeines zum Projekt	4
1.1 Vorbemerkung	4
1.2 Ausgangslage	5
1.2.1 Generelles	5
1.2.2 Bisherige Erkenntnisse	5
1.3 Zielsetzung	8
2. Durchführung der Untersuchung	10
2.1 Erste Untersuchungsphase	10
2.1.1 Methodisches Vorgehen	10
a) Kurvenbildertest	10
b) Die Versuchspersonen	11
c) Die Aufgabenstellung	12
2.2 Die zweite Untersuchungsphase	12
2.2.1 Untersuchungskonzept	13
2.2.2 Vorgehen	14
a) Auswahl der Kurven	14
b) Einteilung der Kurven	14
c) Erfassung der optischen Führung	16
d) Statistische Auswertung der Aufnahmen	16
e) Verkehrstechnische Kurvenanalyse	17
2.3 Dritte Untersuchungsphase	18
2.4 Vierte Untersuchungsphase	18
3. Untersuchungsergebnisse	19
3.1 Erste Untersuchungsphase	19
3.1.1 Auswertung des Kurven-Bildertests I	19
3.1.2 Bild-Struktur-Analysen	22

	Seite
3.2 Zweite Untersuchungsphase	28
3.2.1 Vergleich S-Richtung / N-Richtung	28
3.2.2 Nur in einer Richtung gefährliche Kurven	31
3.2.3 Übersicht verkehrstechnischer Unfallanalyse	32
3.2.4 Interpretation der Resultate	36
a) Einführende Bemerkungen	36
b) Zusammenhänge zwischen Unfallrate und Kurvenwinkel	37
c) Rechts-/Linkskurven mit Unfallschwerpunkten	40
d) Beeinflussung der Sichtverhältnisse durch Kurvenumgebung und Hintergrund	41
e) Ausrüstung der untersuchten Kurven	42
3.3 Dritte Untersuchungsphase	44
3.4 Vierte Untersuchungsphase	50
3.4.1 Auswertung des Kurven-Bilder-Tests II	46
3.4.2 Bild-Struktur-Analysen	50
3.4.3 Zusätzliche Abklärungen	56
4. Interpretation der Ergebnisse, Synopsis	60
 Anlagen:	
A: Anhang und Quellenhinweise	62
B: Literaturübersicht	66-86

1. Allgemeines zum Projekt

1.1 Vorbemerkung

Seit Jahren ist bekannt, dass Unfälle auch dort entstehen, wo der Motorfahrzeuglenker durch die optische Führung verunsichert oder getäuscht wird. Erste Erfahrungen deuten darauf hin, dass den Leiteinrichtungen eine wesentliche Bedeutung bei der optischen Führung zukommt. Aus diesem Grunde wird heute vermehrt versucht, Probleme der optischen Führung durch Mängel in der Strassenanlage oder bei speziellen Gefahrenstellen durch Leiteinrichtungen zu korrigieren bzw. zu entschärfen. Erste Erkenntnisse über derartige Massnahmen zur Verbesserung der optischen Führung durch Leiteinrichtungen liegen bereits vor, doch sind sie fast alle auf der Ebene des Probierens oder in Untersuchungen mit recht kleinen Daten-Basen gewonnen worden. Umfangreiche, systematische Untersuchungen über die Wirkmechanismen der optischen Führung und die Möglichkeiten zu deren Verbesserung in Richtung höherer Verkehrssicherheit, die auch aus wissenschaftlicher Sicht zufriedenstellend signifikante Ergebnisse liefern, fehlen jedoch noch weitgehend. Dies gibt Anlass, sich aus verkehrstechnischer und verkehrspsychologischer Sicht intensiv mit dem Problem "Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Führung" zu befassen.

Als erster Schritt in dieser Richtung wurde ein spezielles Problem, nämlich die optische Führung und Kennzeichnung in Kurven ausgewählt. Hier sind als zweckmässige Leiteinrichtungen Kurvenschranken und Leitpfosten vorgesehen. Die Norm SN 640 890a gibt über die einsetzbaren Formen dieser Leiteinrichtungen sowie deren Anwendung Auskunft. Die Praxis zeigt jedoch, dass bei der Auswahl dieser Leiteinrichtungen und ihrer Anordnungen erhebliche Unsicherheiten auftreten, bzw. dass diese Leiteinrichtungen zwar formal richtig aufgestellt sind, jedoch unter Einbeziehung der gesamten Strassenkulisse ihre Wirksamkeit verlieren. Deshalb erscheint es - auch im Hinblick auf das Unfallgeschehen in Kurven - angebracht, das Problem der optischen Führung in Kurven eingehender zu untersuchen mit dem Ziel, die aus dem Jahr 1969 stammende Norm zu vervollständigen und - wo nötig - zu revidieren.

1.2 Ausgangslage

1.2.1 Generelles

Analysen von Kurvenunfällen zeigen, dass die Mehrzahl der verunfallten Motorfahrzeuglenker

- entweder zu schnell in die Kurve hineinfahren, so dass sie durch die Fliehkraft aus der Kurve hinausgetragen werden
- oder trotz eines dem Radius der Kurve durchaus adäquaten Tempos dennoch infolge grober Fahrfehler (z.B. abruptes Bremsen im Kurvenbogen, Verreißen des Lenkrades u.ä.) ins Schleudern geraten.

Zwar lässt sich bei einem Teil dieser Unfallverursacher eine deutliche Korrespondenz des Fahrverhaltens mit spezifischen Persönlichkeitsmerkmalen (gesteigerte Freude am Eingehen von Risiken, permanente Überschätzung des eigenen Könnens, Imponiergehabe u.ä.) nachweisen, doch versichert der grösste Teil von ihnen glaubwürdig, sie hätten die Kurve, in welcher sie den Unfall erlitten, zu spät erkannt oder hinsichtlich des Krümmungsgrades falsch beurteilt. Dabei finden sich solche Angaben nicht nur bei unsignalisierten Kurven, sondern häufig auch bei jenen, die durch eigene Verkehrssignale (SSV, Anhang 2, Signal 1.01 bis 1.04) vorangekündigt und/oder durch Kurvenpfeile (5.02, 5.07) bzw. Kurvenschranken speziell optisch gekennzeichnet sind.

Im übrigen weist die Unfallstatistik aus, dass die Kurvenunfälle insbesondere ausserorts trotz Tempolimits sowohl absolut wie prozentual in den letzten Jahren gleichmässig angestiegen sind. Erste Analysen deuten darauf hin, dass daran nicht unmassgeblich Beeinträchtigungen der optischen Führung durch zunehmende bauliche Veränderung wie z.B. Aufstellung von Lärmschutzwänden, Tieferlegung der Fahrbahn, beteiligt sind.

1.2.2 Bisherige Erkenntnisse

Über die bisher vorliegenden einschlägigen Veröffentlichungen gibt die Anlage B Auskunft. Dort ist nicht nur ein Literaturverzeichnis zusammengestellt (Teil B/1), sondern sind auch die wichtigsten Inhalte - nach Schlagworten gegliedert - wiedergegeben (Teil B/2). Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Literatur-Recherchen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Das Spurverhalten beim Lenken von Motorfahrzeugen folgt in erster Linie den Gesetzen der Sensomotorik (v. HEBENSTREIT, 1975, S. 8-10). Es wird nicht nur von der Blickrichtung (Fixationspunkt) sondern auch vom peripheren Sehen bestimmt (v. HEBENSTREIT 1971, S. 13, FRIEDINGER 1984, S. 12-15, DILLING 1973, S. 25). Deshalb richtet sich der Fahrer vor allem nach den Randmarkierungen (FRIEDINGER, CHRISTIAN, STUDACH 1982, S. 68-73). Je stärker jedoch das zentrale Sehen in Anspruch genommen wird (z.B. beim konzentrierten Beobachten - Fixieren - einer Gefahr), umso störanfälliger wird die Leistung der peripheren Orientierung (FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK, 1977, S. 98-146).
- (2) Die Art und Weise, wie eine Kurve befahren wird, hängt von der wahrgenommenen Perspektive ab (FRIEDINGER, CHRISTIAN, STUDACH, 1982, S.68-73). Die Heranfahrt an die Kurve erfolgt in drei Phasen: In der ersten Phase entsteht entweder durch plötzlichen Informationsmangel (weiterer Verlauf der Strasse nicht erkennbar) oder einen Informationszufluss (Kurve zeigt sich, Bildstruktur im peripheren Sehbereich verändert sich) eine Aktivierung des Wahrnehmungssystems. In der zweiten Phase kommt es zu einer neuen Informationsaufnahme durch eine Folge von Fixationen, die dem Strassenverlauf folgen. Die dritte Phase beinhaltet dann das Reagieren: die Zurücknahme des Gaspedals, das Umgreifen des Lenkrads etc. (FRIEDINGER, 1984, A. 6-7). Dabei gleitet der Blick weder bei der Geradeaus- noch bei der Kurvenfahrt gleichmäßig durch den Verkehrsraum, sondern "springt" von einem Punkt zum andern, wobei er an jedem Punkt mehr oder weniger lang verweilt, was dann als Fixationszeit bezeichnet wird (v.HEBENSTREIT, 1977, S. 38-40).
- (3) Je grösser die Sichtweite ist, umso länger sind die Fixationszeiten. Fährt der Fahrer in eine Kurve, so tastet er mit dem Blick fortwährend den Kurvenverlauf ab, was zu einer Verkürzung der Fixationszeiten führt. Je unübersichtlicher die Kurve wird, umso mehr verkürzen sich die Fixationszeiten (DILLING), 1973, S. 22).

- (4) Befährt der Fahrzeuglenker eine Rechtskurve, so liegen die Fixationspunkte hauptsächlich auf der rechten Randbegrenzung. Bei Linkskurven konzentrieren sich die Fixationspunkte hauptsächlich auf die Mittellinie (FRIEDINGER, CHRISTIAN, STUDACH, 1982, S. 61 - 64) bzw. wird die ganze Strassenbreite in Anspruch genommen (COHEN, 1984, S. 238-242). Dabei liegen in Rechtskurven die Fixationspunkte im allgemeinen näher beim Fahrer als in Linkskurven (COHEN, HIRSIG, 1980).
- (5) Die exakte Spurführung beim Durchfahren von Kurven wird auch von jenen Kopf- und Augenbewegungen mitbestimmt, welche die Konstanz der Bildstruktur der Strassenränder gewährleisten (v. HEBENSTREIT, 1971, S. 35 und 1975, S. 9-10).
- (6) Bei Nacht liegen die Geschwindigkeiten in den Kurven meist höher als bei Tag. Dabei sind die Tag-Nacht-Differenzen in Linkskurven grösser als in Rechtskurven (ARBEITSGRUPPE VERKEHRSSICHERHEIT, 1980, S. 27.)
- (7) Beim Befahren von Kurven bei Nacht sind die Sichtweiten infolge der Scheinwerfergeometrie verkürzt. Ausserdem fehlen durch die Einschränkung des Sehfeldes auf den Bereich des Scheinwerferkegels die Bezugsdistanzen, was das Abschätzen von Entfernungen und Krümmungsradien erschwert. Dadurch verdoppeln sich die Fixations- und Reaktionszeiten (ARBEITSGRUPPE VERKEHRSSICHERHEIT, 1980, S. 22-23).
- (8) Fahrversuche auf eigens dafür eingerichteten Messtrecken, die zunächst nicht beschildert waren, dann mit dem Signal Kurvenschranken, später zusätzlich mit dem Signal Kurve und schließlich auch noch mit "Höchstgeschwindigkeit 70 km/h" gekennzeichnet wurden, haben gezeigt, dass bereits durch die Kurvenschranken und in noch stärkerem Masse durch die Kombination der Signale "Kurvenschranke" und "Kurve" eine deutliche Beeinflussung des Fahrverhaltens in Richtung einer Herabsetzung des Fahrtempos erreicht werden kann (DAMIANOFF, 1981, S. 52-91)
- (9) Um die Wirkung von Leiteinrichtungen in Kurven zu verbessern wird vorgeschlagen
 - die Anordnung von deutlich erkennbaren Rand- und Mittellinien, wobei die Randlinien im Kurvenbereich unterbrochen sein sollen,
 - die Verringerung des Abstands der Leitpfosten, je kleiner der Kurvenradius wird sowie die Vergrößerung der Rückstrahler auf diesen Leitpfosten in Kurven ohne Kurvenschranken.

- die Markierung des Wendebereichs zweier ineinander übergehender Kurven durch eine durchgehende Sicherheitslinie
 - die Aufstellung von reflektierenden Kurvenschranken am Beginn der Kurve, während in der Kurve selber nichtreflektierende Schranken Verwendung finden sollten. (ARBEITSGRUPPE VERKEHRSSICHERHEIT, 1980, S. 37-38)
- (10) Die Einführung von unterbrochenen Randmarkierungen - beginnend 70 m oder 75 m vor der Kurve - wird auch von anderen Autoren empfohlen. Je kleiner der Kurvenradius, umso kürzer sollen die Einzelmarkierungen sein. Dadurch läßt sich die Fahrgeschwindigkeit besser dem Kurvenradius anpassen, die Spurhaltung wird genauer und die Lenkradbetätigung gleichmässiger (GRIMM, HOYOS 1981, S. 81, WITT, 1975, S. 87-105). Auch bei Nacht kann mit Hilfe dieser Massnahme das Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten in Kurven positiv beeinflusst werden (GRIMM, HOYOS, 1981, S. 107)
- (11) Die Fahrbahnbegrenzung in der Kurve ist einerseits ein Führungselement, andererseits aber auch eine optische Schranke. Leit- und Barrierenfunktion müssen deshalb in optimaler Weise aufeinander abgestimmt werden (FRIEDINGER, CHRISTIAN, STUDACH, 1982, S. 8-17).

1.3. Zielsetzung

Gegenstand der hier vorgelegten Untersuchung war zunächst die Abklärung der Frage, warum optische Führungshilfsmittel in Kurven - einzeln oder in Kombination - in manchen Fällen wirkungslos bleiben, d.h. keinen ausreichend regulierenden Einfluss auf das Verhalten der meisten Motorfahrzeuglenker vor und in der Kurve haben. Sodann war zu prüfen, wie der Wirkungsgrad solcher Signale verbessert werden kann. Dabei musste - entsprechend den bereits vorhandenen fachwissenschaftlichen Erfahrungen - folgenden Faktoren besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden:

- Deutlichkeit der optischen Führungshilfen auf Grund ihrer inneren Strukturiertheit und der Anordnungsart
- Optischer Eindruck der Führungshilfe im dynamischen Fahrablauf
- Auffälligkeit der Führungshilfen in der Figur-Hintergrundrelation bei allen möglichen Licht- und Wetterverhältnissen, insbesondere bei Tag und bei Nacht
- Psychophysischer Aufforderungscharakter der Führungshilfen.

Die Untersuchung geht von der Hypothese aus:

- (1) Je optimaler die Kurvensignale in ihrer inneren Struktur und in ihrem äusseren Eingebettetsein in die Umgebung den Möglichkeiten und Grenzen des optischen Orientierungs- (Wahrnehmungs-)vermögen des Menschen angepasst sind und je grösser ihre Motivierungseffizienz ist, umso eher erfüllen sie ihre Aufgabe, den Motorfahrzeuglenker über die Kurve, die er gleich zu durchfahren hat, zu informieren.
- (2) Eine solche bessere Information lässt dann auch einen Rückgang der durch Überraschungseffekte ausgelösten Kurvenunfälle-erwarten.

Lässt sich diese Hypothese verifizieren, dann muss als Endziel ein Katalog von Gestaltungs- und Anbringungsgrundsätzen im Sinne eines Regelwerkes entstehen, das eine optimale optische Führung in Kurven gewährleistet. Dieses kann dann die Grundlage für eine Revision der SN-Norm 640 890a bilden und gegebenenfalls auch weitere Auswirkungen auf andere Normen wie z.B. SN 640.140 haben.

2. Durchführung der Untersuchung

Der erste Abschnitt des Forschungsauftrags, von dem hier berichtet wird, befasst sich ausschliesslich mit der Wirksamkeit von Kurvenschranken am Tag bei unterschiedlichen Strassenverhältnissen (Linienführung, Strassenkulisse). Das Fahren bei nächtlichen Verhältnissen fand ebensowenig Berücksichtigung wie das Fahren bei extremen Wetterlagen (Nebel, starker Regen- oder Schneefall u.a.). Dies wird Gegenstand des zweiten Abschnitts des Projekts sein.

Um die gestellte Aufgabe zu lösen, erschien ein Vorgehen auf drei Ebenen sinnvoll:

- Erhebungen auf der wahrnehmungs- und motivationspsychologischen Ebene um zu ermitteln, wie das wahrnehmende Subjekt die verschiedenen Formen der Anbringung (oder auch des Fehlens) von Kurvenschranken erlebt und verarbeitet.
- Erhebungen auf der verkehrstechnischen bzw. verhaltenspsychologischen Ebene, um zu ermitteln, wie sich Motorfahrzeuglenker vor unterschiedlich konfigurierten Kurven mit und ohne Kurvenschranken verhalten.
- Erhebungen auf der verkehrstechnisch-unfallanalytischen Ebene, um aus der Unfallbelastung von Kurven zunächst deren Gefährlichkeitsgrad zu ermitteln und daraus Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Kurvenschranken zu ziehen.

2.1 Erste Untersuchungsphase

Die erste Untersuchungsphase bewegte sich ausschliesslich auf der erstgenannten Ebene. Sie hatte mehr den Charakter eines Vorversuches. Einerseits sollten erste Anhaltspunkte im Sinne der Fragestellung gefunden, zum anderen aber auch ein Verfahren entwickelt und erprobt werden, das Aufschlüsse gibt, wie ein Mensch die unterschiedlichen einschlägigen Eindrücke aufnimmt und verarbeitet bzw. mit welchem Verhalten zu rechnen ist.

2.1.1 Methodisches Vorgehen

Um den Vorversuch in Form eines Labor-Experiments durchführen zu können, musste zunächst ein eigener Kurvenbildtest (KBT) entwickelt werden. Die Testbilder wurden dann einer Reihe von Probanden mit einer ganz gezielten Aufgabenstellung vorgelegt.

a) Der Kurvenbildertest

Aus einer größeren Anzahl von Fotos, die aus der Sicht eines Motorfahrzeuglenkers in 60 bis 100 m Entfernung vor verschiedenen Kurven mit Kurvenschranken

aufgenommen worden waren, wählten drei Opinion-Leader 14 Fotos aus. Sieben von ihnen stellten nach Auffassung des Auswahl-Teams ungefährliche, die restlichen sieben hingegen gefährliche Kurven dar. Im Gegensatz zum KBT II, der später noch darzustellen sein wird, enthielt der KBT I von jeder der 14 Kurven nur ein Foto. Die Bilder wurden den Versuchspersonen tachistoskopisch, d.h. als DIA mittels eines Projektors mit Compurverschluss auf einer großen Leinwand (Bildgröße 2,5 x 1,8 m) je viermal in unterschiedlicher Reihenfolge mit unterschiedlichen Expositionszeiten (0,2/0,4/0,7/1,0) dargeboten. Diese tachistoskopische Darbietung hat gegenüber der längeren Betrachtung von Papierbildern den Vorteil, daß sie der Verkehrsrealität eher entspricht. Auch im heutigen relativ raschen Strassenverkehr kann der Motorfahrzeuglenker die auf ihn zukommende Kurve nicht längere Zeit betrachten und entsprechende bewusste Überlegungen anstellen. Er muss sich vielmehr ganz vom optischen Eindruck leiten lassen, nach dem Grundsatz "Das Auge lenkt". Die Wahl der Expositionszeiten geht auf eine ältere Untersuchung von NOWAK (1) zurück, der seinerzeit nachweisen konnte, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Deutlichkeit der Signalisation und der Wahrnehmungszeit besteht. Ein Signal, das schon bei recht kurzer Darbietungszeit erkannt wird, ist "deutlicher" und löst deshalb schneller die erwünschte Reaktion aus als ein solches, das erst bei längerer Expositionszeit identifiziert wird.

Beispiele für die verwendeten Bilder finden sich bei den Abbildungen im Abschnitt 3.1.

b) Die Versuchspersonen

Als Versuchspersonen fungierten 372 Führerausweisbesitzer im Alter von 18 bis 21 Jahren. 192 von ihnen (51,6 %) waren weiblichen, die restlichen 180 Personen (48,4 %) männlichen Geschlechts).

Alle Probanden fühlten sich nach eigenen Angaben gesund und voll leistungsfähig. Auch ihr Sehvermögen war einwandfrei (Sehleistung auf jedem Auge besser als 0,7). Allerdings trugen 47 Vpn (12,6 %) eine Brille oder Kontaktlinsen.

Die Testung der Probanden erfolgte sowohl in Form von Einzeltests als auch in Form eines Gruppentestes (Gruppengröße maximal 12 Personen, um einigermaßen vergleichbare Sehbedingungen zu gewährleisten).

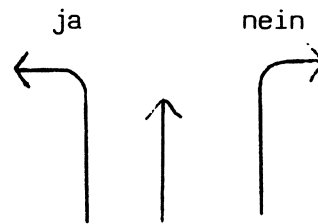
Anzumerken ist, dass sich alle Versuchspersonen kostenlos und freiwillig für die Untersuchung zur Verfügung gestellt haben.

c) Die Aufgabenstellung

Jede Versuchsperson erhielt vor Beginn der Testung eine Mappe mit Lösungsblättern, auf denen zu jeder Bild-Exposition folgende Angaben zu machen waren:

- o Erkennen Sie hier ein Verkehrssignal, das Aufschluss gibt über den weiteren Verlauf der Strasse

- o Wie verläuft die Strasse weiter (bitte den entsprechenden Strassenverlauf ankreuzen)



- o Für wie gefährlich halten Sie die Situation (bitte die entsprechende Ziffer ankreuzen)

sehr gefährlich

7
6
5
4
3
2
1

ungefährlich

Nach einer kurzen mündlichen Erklärung der Aufgabe folgten zwei Übungsbilder, die gemeinsam gelöst wurden. Danach begann die eigentliche Testung mit 56 Expositionen (14 Bilder verschiedener Kurven, je viermal mit unterschiedlichen Expositionszeiten dargeboten).

2.2. Die zweite Untersuchungsphase

Nachdem sich bereits in den Labor-Experimenten der ersten Projekt-Phase erhebliche Unterschiede in der Wirksamkeit der Kurvensignale ergeben hatten, wurden die Untersuchungen in der zweiten Phase mit den verkehrstechnischen Erhebungen fortgesetzt.

2.2.1 Untersuchungskonzept

Die Untersuchung basiert auf der Idee, eine Anzahl von Kurven mit ausgeprägtem Unfallgeschehen einer Gruppe von nicht unfallträchtigen Kurven gegenüberzustellen.

Von der verkehrstechnischen Abteilung der Kantonspolizei Zürich werden jährlich Kurzanalysen von Unfallschwerpunkten im Kanton Zürich ausgearbeitet. Daraus konnte eine geeignete Auswahl von Unfallkurven erfolgen. Damit waren bereits gute Unterlagen über Geometrie, Lage und Unfallgeschehen vorhanden.

Die Vergleichsgruppe der nicht unfallträchtigen Kurven wurde nach ausgearbeiteten Kriterien ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Zürich festgelegt.

Für die Untersuchungen wurde angenommen, dass mögliche Unfallursachen in der optischen Linienführung liegen. Es musste dann ein möglichst objektives, standardisierbares Vergleichsverfahren ausgearbeitet werden. Da es mit vernünftigem Aufwand nicht möglich war, detaillierte Planunterlagen über alle Untersuchungskurven zu erhalten, wurden die Erhebungen mit Hilfe von Videoaufnahmen durchgeführt.

2.2.2 Vorgehen

a) Auswahl der Kurven

Aus den erwähnten Zusammenstellungen der Kantonspolizei Zürich sind **10 Unfallschwerpunkte (S)** ausgewählt worden. Bei ihnen allen ist der Anteil der relevanten Unfalltypen hoch d.h. mindestens $\frac{2}{3}$ aller Unfälle haben potentiell einen Zusammenhang mit der Kurven. Dabei ist zu beachten, dass die Unfallschwerpunkte aus einer kombinierten Bewertung der Unfallrate und der Unfallschwere bestimmt werden.

In vergleichbarer Lage wurde von der Kantonspolizei eine Auswahl von Kurven vorgeschlagen, wo innerhalb von drei Jahren keine Unfälle zu verzeichnen waren, oder die Unfallrate sehr niedrig lag. Daraus sind die **10 Nicht-Unfallschwerpunkte (N)** ausgewählt worden. Geachtet wurde darauf, dass diese Kurven je etwa zur Hälfte mit Kurvenpfeilen ausgerüstet sind, bzw. solche fehlen. Zudem wurde aus organisatorischen Gründen ein nicht zu großer Abstand zu den Unfallschwerpunktskurven angestrebt. Die auf der nächsten Seite folgende Karte zeigt die Lage der untersuchten Kurven.

b) Einteilung der Kurven

Grundsätzlich müssen alle Kurven in den beiden Fahrrichtungen separat untersucht werden. Damit stehen 20 S-Richtungen auch 20 N-Richtungen gegenüber.

Bei den Unfallschwerpunkten mussten zwei ausgeschieden werden, weil sie sich für diese Gruppe als zuwenig typisch erwiesen. Von den restlichen acht wurden aufgrund der Unfallraten, der Verletztenrate und der Anzahl Unfälle pro Jahr 6 Richtungen als **nicht gefährliche S-Richtungen (NS)** ausgeschieden.

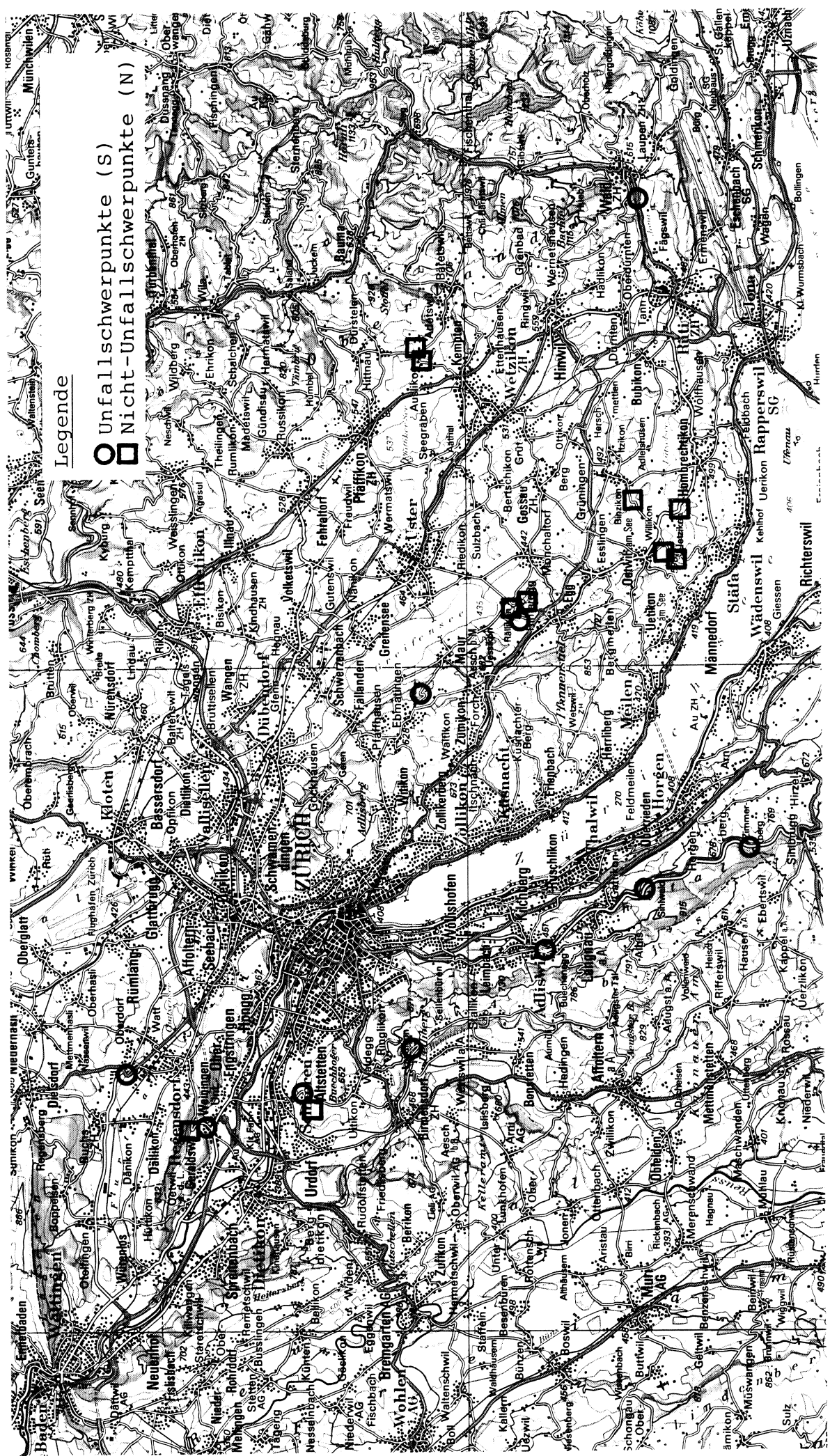
Somit standen für die Auswertungen schlussendlich zur Verfügung:

- 10 S-Richtungen (2 Kurven mit beiden Richtungen
und 6 Kurven mit einer Richtung)
- 6 NS-Richtungen
- 20 N-Richtungen

...

Abbildung 1

Übersicht über die Lage der untersuchten Kurven



c) Erfassung der optischen Führung

Sämtliche Kurven wurden in beiden Richtungen langsam mit einem Personenwagen abgefahren. Dank spezieller Anordnung von zwei Videokameras konnten gleichzeitig **Videoaufnahmen** sowohl in Fahrrichtung als auch in Rückwärtsrichtung gemacht werden. Eine lückenlose Erfassung aller optischen Führungshilfen, der Kurvenumgebung und des Hintergrundes war so garantiert.

d) Statistische Auswertung der Aufnahmen

Alle Kurvenaufnahmen (S-, NS- oder N-Richtungen) mussten möglichst objektiv und vergleichbar ausgewertet werden. Dazu wurde eine dreiteilige Checkliste (siehe Anhang 1) ausgearbeitet. Sie beinhaltet die Bereiche:

- Örtlichkeit und Lage im Gelände
- Ausrüstung der Kurven
- Sichtverhältnisse

Die Checkliste umfasst 22, zum Teil noch weiter unterteilte Themen, mit vorgegebenen Antworten.

Eine einzige Person nahm anhand dieser Checkliste die Auswertung aller Kurvenaufnahmen vor. So konnte eine gute Kontinuität bei der visuellen Erfassung der optischen Führungshilfen und Mängel erreicht werden. Trotzdem können die Resultate nicht als absolut "richtig" betrachtet werden. Einerseits mussten bei diversen Fragen Abschätzungen gemacht werden und andererseits mussten solche Auswertungen von mehreren Personen unabhängig voneinander durchgeführt werden, um persönliche "Fehler" möglichst auszuschliessen.

Mit der gewählten Auswertemethode konnte der Aufwand auf einem vernünftigen Mass gehalten und eine ähnliche Betrachtungsweise für alle Kurven sichergestellt werden. Damit war auch gesichert, dass Quervergleiche zu objektiven Resultaten führen.

e) Verkehrstechnische Kurvenanalyse

Unter diesem Titel wurde versucht, Zusammenhänge zwischen Unfallrate und Kurvenradius oder Kurvenwinkel bzw. Bogenlänge aufzuzeigen. Zusätzlich musste die Bedeutung der Dämmerungs- und Nachtunfälle abgeklärt werden.

Neben der Helligkeit und der Art des Hintergrundes, der Beleuchtung und der Sichtbehinderung, spielten natürlich alle möglichen optischen Führungshilfen eine zentrale Rolle. Wo immer möglich wurden Vergleiche zwischen den S-Richtungen und den N-Richtungen angestrebt.

2.3 Dritte Untersuchungsphase

Im dritten Untersuchungsabschnitt fanden Beobachtungen im Verkehrsfelde statt. An den in der zweiten Untersuchungsphase ermittelten N-, NS- und S-Kurven wurden je 10 Beobachtungsstellen in der S-Richtung und in der N-Richtung eingerichtet.

Ein 110 m vor dem Beginn der Kurve postierter Beobachter registrierte, in welcher Entfernung vor der Kurve die Bremslichter der vorbeifahrenden Personenwagen zum ersten mal aufleuchteten. Da eine exakte Angabe bei in Bewegung befindlichen Fahrzeugen in der Regel schwierig, wenn nicht gar unmöglich ist, wurden die letzten 100 Meter vor der Kurve durch entsprechende Markierungen am Fahrbahnrand in fünf Abschnitten zu je 20 Meter unterteilt und mit Nummern von 5 (am weitesten von der Kurve entfernter Abschnitt) bis 1 (Abschnitt unmittelbar vor dem Kurvenanfang) bezeichnet. Der Beobachter hielt fest, in welchem dieser 5 Sektoren der Fahrer zum ersten mal seine Bremse betätigte.

Registriert wurden je Beobachtungsstelle 100 einzeln fahrende Personenwagen (keine Lastwagen oder Motorräder, keine Pulk). Somit umfasst die Stichprobe 2000 Fahrzeuglenker. Im übrigen ist auch die Herkunft der Fahrzeuge an Hand der Kennzeichen-Tafeln festgehalten worden.

2.4 Vierte Untersuchungsphase

Die vierte Untersuchungsphase lag parallel zur dritten Phase. Von sämtlichen 20 in der zweiten Phase ermittelten Kurven wurden in beiden Richtungen mehrere Fotos aufgenommen und zu einem neuen Kurvenbildertest (KBT II) zusammengestellt. Im Gegensatz zum KBT I enthielt der KBT II jedoch pro Kurve und Richtung nicht nur ein Bild, sondern - in der Reihenfolge der Anfahrt - eine Bildersequenz aus 2 bis 4 Dias. Wegen der Fülle der Bilder (insgesamt 63) musste auf eine Variation der Expositionszeiten verzichtet werden, da der Test für die Probanden sonst zu lange und damit zu ermüdend gewesen wäre, was die Testergebnisse verfälscht hätte. Die Expositionszeit betrug hier 1,0 Sekunden. (Bilder siehe Abschnitt 3.4)

Im übrigen war die Versuchsanordnung die gleiche wie bei der Testung mit dem KBT I in der ersten Versuchsphase. Gleich geblieben ist ferner die Zahl und Verteilung der Versuchspersonen. Lediglich 7 Probanden aus dem ersten Versuchsdurchgang waren an der Teilnahme am zweiten Versuchsdurchgang verhindert. Sie konnten aber durch andere Personen gleichen Alters und Geschlechts ersetzt werden, so dass die beiden Stichproben praktisch identisch sind.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Erste Untersuchungsphase

Die Ergebnisse der Testung von 372 Probanden mit dem KBT I wurden zunächst statistisch ausgewertet. Sodann erfolgte eine Bilderstrukturanalyse unter wahrnehmungs- und motivationspsychologischen Gesichtspunkten auf dem Hintergrund der gewonnenen statistischen Daten

3.1.1 Auswertung des Kurven-Bilder-Tests I

Die Testungen mit dem KBT erbrachten für die einzelnen Kurven recht unterschiedliche Ergebnisse. Zur Erleichterung der Auswertung wurden die 14 Kurven ähnlich wie in der zweiten Untersuchungsphase in zwei Gruppen geteilt. Jene sieben Kurven, die von den vorher befragten Experten als ungefährlich bezeichnet wurden, erhielten die Bezeichnung N/Ex 1 bis 7, die als gefährlich eingestuft hingegen S/Ex 8 bis 14. Die Testergebnisse sind ausführlich in den Tabellen 1.1, 1.2 und 1.3 des Anlagenbandes zusammengestellt und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Verkehrssignale, die den Verlauf einer Kurve anzeigen, unterscheiden sich hinsichtlich der Erkennungszeiten ganz erheblich.

Die aufgestellten Kurvensignale wurden von mehr als 80 % der Probanden bereits bei einer Expositionszeit von 0,2 Sekunden erfaßt in den Kurven

N/Ex 1
N/Ex 2
N/Ex 5
N/Ex 14.

Diese Kurvensignale waren also besonders leicht erkennbar.

In der Kurve

N/Ex 7

konnte die 80 %-Erkennungsrate immerhin bei 0,4 Sekunden erreicht werden, was es rechtfertigt, diese Signale als noch leicht erkennbar einzustufen.

Hingegen bedurfte es bei den Kurven

N/Ex 6

S/Ex 11

S/Ex 13

schon einer Expositionszeit von 0,7 Sekunden, bis 80 % aller Probanden die Signale erkannt hatten, die deshalb schon als relativ schwer erkennbar bezeichnet werden müssen.

Als sehr schwer erkennbar erwiesen sich die Kurvensignale in

N/Ex 3

wo erst nach der vierten Exposition - jetzt mit einer Expositionszeit von 1,0 Sekunden - die 80%-Erkennungsrate erfüllt worden ist.

Für viele in angemessener Zeit überhaupt nicht erkennbar waren die Kurvensignale in

S/Ex 8

S/Ex 10

S/Ex 12

mit Erkennungsraten unter 60 % sowie

N/Ex 4

S/Ex 9

mit einer solchen unter 40 %.

(2) Der Zeitbedarf für das Erkennen des weiteren Strassenverlaufs ist bei den einzelnen Kurven unterschiedlich gross

Mit den Erkennungsraten der Kurvensignale korrespondieren in vielen Fällen zur Gänze die Angaben der Probanden hinsichtlich des Strassenverlaufs. So gaben bei sämtlichen "besonders leicht erkennbaren" und den "noch leicht erkennbaren" Kurvensignalen mehr als 80 % schon bei einer Expositionszeit von 0,2 Sekunden auch den richtigen Verlauf der Kurve an. Dort, wo die Kurvensignale "relativ schwer erkennbar" oder "sehr schwer erkennbar" waren, bedurfte es 0,4 Sekunden Expositionszeit (N/Ex 6, S/Ex 11) bzw. 0,7 Sekunden (S/Ex 13, N/Ex 3), bis mehr als 80 % den richtigen Verlauf der Kurve erfasst hatten.

Unterschiede ergaben sich lediglich in jenen 5 Kurven, in welchen die Kurvensignale "in angemessener Zeit überhaupt nicht erkennbar" waren. Hier wurde in der Kurve N/Ex 4 der Kurvenverlauf bereits bei 0,2 Sekunden von mehr als 80 % korrekt beschrieben. Und auch bei den Kurven S/Ex 10 und S/Ex 12 geschah dies schon bei 0,4 Sekunden. Lediglich die Kurven S/Ex 8 und S/Ex 9 erwiesen sich nicht nur bezüglich der Kurvensignale sondern auch hinsichtlich des Strassenverlaufes als schwer erkennbar (überhaupt keine 80%-Erkennungsrate), bei der längsten der verwendeten Expositionszeiten - 1,0 Sekunden - konnten in S/Ex 8 nur 54,0 %, in S/Ex 9 sogar nur 27,2 % den Verlauf der Kurve richtig angeben.

- (3) Die Meinungen der Probanden über die Gefährlichkeit der verschiedenen Kurven decken sich zwar mit jenen der Experten, entsprechen aber nicht immer auch den Erkennungsraten hinsichtlich der Kurvensignalisation und des Strassenverlaufs.**

Betrachtet man zunächst die Expertenmeinungen, so deckt sich diese mit den Erkennungsraten nur bei den Kurven N/Ex 1, 2, 5 und 7 ("besonders leicht" und "noch leicht" erkennbare Kurvensignale und Strassenverläufe, von den Experten als wenig gefährlich eingestuft) sowie den Kurven S/Ex 8, 9, 10, 11, 12 und 13 ("relativ schwer", "sehr schwer" bzw. "in angemessener Frist überhaupt nicht" erkennbare Kurvensignale und Kurvenverläufe, von den Experten als relativ gefährlich eingestuft). Analog dazu werden diese Kurven auch von den Probanden schon bei kurzer Expositionszeit (0,2 oder 0,4 Sekunden) als relativ ungefährlich (Gefahrenbarometer-Grade liegen im Durchschnitt bei 2,1) bzw. relativ gefährlich (Gefahrenbarometer-Grade im Durchschnitt bei 7,9) eingestuft.

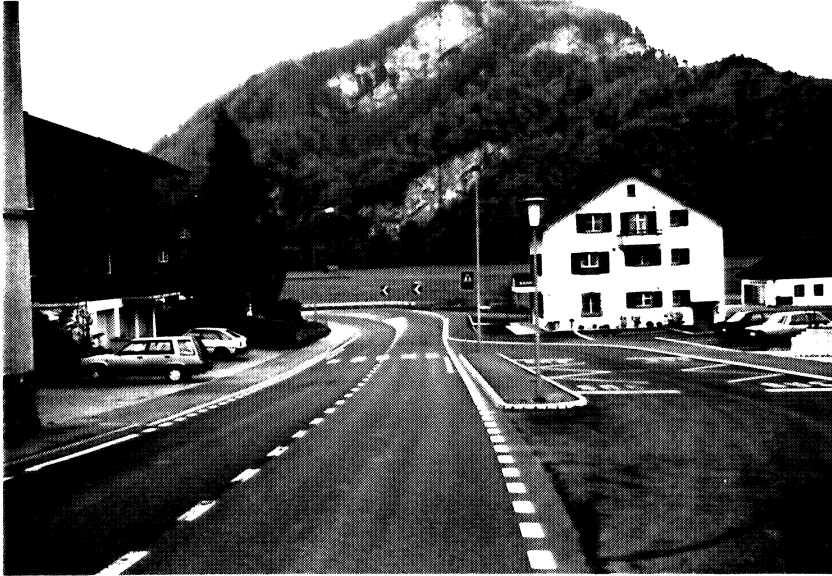
Abweichungen ergeben sich jedoch bei vier Kurven, wobei auch hier die Expertenmeinung und die Probandenmeinung über den Gefährlichkeitsgrad der Kurve völlig übereinstimmt. Es handelt sich dabei um folgende Kurven:

Kurve	Kurvensignal	Kurvenverlauf	Gefahrenbarometer-"Grad" (Durchschnittswert)
N/Ex 3	sehr schwer erkennbar	relativ schwer erkennbar	2,3
N/Ex 4	in angemessen- er Zeit über- haupt nicht erkennbar	besonders leicht erkennbar	1,6
N/Ex 6	relativ schwer erkennbar	noch leicht erkennbar	1,9
S/Ex 14	besonders leicht erkennbar	besonders leicht erkennbar	8,1

3.1.2 Bild-Struktur-Analysen

Untersucht man die Bilder der KBT I unter den wahrnehmungspsychologischen Kriterien der Form, der Farbe, der Anmutungsqualität sowie der Beeinflussung der Blickführung durch Besonderheiten in der Strassenkulisse, so ergeben sich eine Reihe weiterer Erkenntnisse. Diese sind auf den folgenden Seiten zusammengestellt. Jeder dieser Feststellungen wurden einige Beispiele von Bildern aus dem KBT I beigelegt. Zu jedem Bild sind ausserdem angegeben die Einstufung der Erkennbarkeit der Kurvensignale und des Strassenverlaufs sowie die Einstufung des Gefährlichkeitsgrades durch die Probanden

- (1) Die Schnelligkeit des Erkennens von Kurvenschranken (Wahrnehmungsgeschwindigkeit) hängt davon ab, wie deutlich sich diese in Farbe und Helligkeit vom Hintergrund abheben (Farb-Markanz)



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
besonders leicht erkennbar	besonders leicht erkennbar	1,7

N/Ex1: Kurvenschranken heben sich markant vom Hintergrund ab



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
in angemessener Frist erkennbar	überhaupt nicht erkennbar	8,4

S/Ex8: Kurvenschranke hebt sich vom dunklen Hintergrund nicht ab. Auch Strassenverlauf nicht eindeutig erkennbar (oft steht in den Protokollen "Kuppe" mit Fragezeichen), daher hoher Gefahrengrad (vgl. dazu Feststellung (3)).

- (2) Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit hängt auch davon ab, wie deutlich sich Kurvenschranken ihrer Form nach vom Hintergrund abheben (Form-Markanz)



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
noch leicht erkennbar	besonders leicht erkennbar	3,2

N/Ex7: Die Eigenständigkeit der Kurvenschranke ist deutlich erkennbar.



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
in angemessener Frist überhaupt nicht erkennbar	besonders leicht erkennbar	1,5

N/Ex4: Die Kurve als solche wird zwar rasch erkannt und als ungefährlich beurteilt, die Kurvenschranke jedoch auf den ersten Blick nicht bemerkt, weil sie eher wie ein Teil des Hauses oder Baugerüste im Hintergrund wirkt, wobei sicher auch die Lichtverhältnisse eine gewichtige Rolle spielen.



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
besonders leicht erkennbar		3,3

N/Ex2: Die Kurvenschranke ist zwar relativ klein, sticht jedoch trotzdem deutlich vom Hintergrund ab, weil sie eine "geradlinige" rechteckige Form hat, die im "wirren" Geäst sonst nicht vorkommt. Im übrigen treffen hier ein guter Farbkontrast mit einem guten Formkontrast zusammen. Wird es allerdings dunkler, so geht der Farbkontrast gerade in solchen Situationen sehr rasch verloren (vgl. hierzu auch das Bild von der Kurve S/Ex8, das unter (1) wiedergegeben ist). Dann bleibt nur mehr der Formkontrast, der ein rasches Bemerken gewährleistet.

- (3) Die Raschheit des Erkennens der Kurvenschranken und des Strassenverkehrs hängt ferner ab von der Übereinstimmung mit dem gesamten optischen Eindruck und der von diesem ausgelösten Blickführung (Situationsäquivalenz)



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
besonders leicht erkennbar		2,9

N/Ex5: Der Verlauf der Kurve ist nicht nur wegen der Kurvenschranken, sondern vor allem auch wegen der optischen Barriere, auf die der Blick stösst, deutlich erkennbar



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
relativ schwer erkennbar		7,9

S/Ex13: Trotz der an sich hinlänglich markanten Kurvenschranken wird die Kurve als solche und ihr Verlauf spät erkannt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Blick - durch keinen optischen Riegel gebremst-geradeaus weiterläuft und so der Eindruck entsteht, es ginge auch geradeaus weiter. Die Verhältnismässig hohe Einstufung der Gefährlichkeit dieser Stelle beruht - wie nachgehende Interviews gezeigt haben, nicht auf dem Eindruck "Kurve" sondern auf den falschen Eindruck "Kuppe".



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
besonders leicht erkennbar		3,3

S/Ex14: Markante Kurvenschranken und optische Barrieren führen den Blick rasch in die rechte Richtung und lassen die Kurven schnell erkennen.



Kurvenschranke	Strassenverlauf	Gefahrengrad
in angemessener Frist nicht erkennbar		8,5

S/Ex9: Der Blick folgt hier der im Scheitelpunkt der Kurve geradeaus weiterführenden Nebenstrasse. Dieses Bilddetail dominiert derart, dass die übrigen einschlägigen Bildinhalte - die Kurvenschranke und das Kurvensignal 1.04 "Doppelkurve" bei den meisten Probanden gar nicht ins Bewusstsein gelangen. Dass dennoch diese Stelle als besonders gefährlich eingestuft wird, deutet auf eine unbewusste Verunsicherung hin, die entsteht aus der Divergenz des bewusst gewordenen Wahrnehmungsinhaltes (Die Strasse geht geradeaus weiter) und der unbewusst gebliebenen Bilddetails (Kurvensignal, Kurvenschranke und letztlich auch die deutlich nach links führende Fahrbahn).

Fasst man die Ergebnisse der Testungen der ersten Untersuchungsphase zusammen, so ergibt sich folgende Grundaussage:

Je besser die Markanz in Bezug auf die Farbe und die Formen sowie die Situationsäquivalenz der Kurvensignalisation ist, umso rascher und richtiger werden die Kurvenschranken und der Strassenverlauf erkannt.

3.2. Zweite Untersuchungsphase

3.2.1 Vergleich S-Richtung / N-Richtung

Die Auswertung der Videoaufnahmen mittels Checkliste ergab für die Unfallschwerpunktskurven, bzw. Nicht-Schwerpunktskurven die Resultate der folgenden Zusammenstellung. Die angegebenen Prozentzahlen basieren auf den Stichproben von 10 S-Richtungen und 20 N-Richtungen.

Gegenüberstellung S-Richtungen / N-Richtungen

		S-Richtungen (10 Richtungen) alle Angaben in %	N-Richtungen (20 Richtungen) alle Angaben in %
<u>Umgebung</u>	- Ueberbaut - Ueberland - Wald	10 20 70	10 75 15
<u>Zufahrt</u>	- Kurve - Gerade davon kurz lang	60 40 25 75	30 70 64 36
	- flach - Gefälle - Steigung - wechselnd	30 50 20 0	30 30 35 5
<u>Kurve</u>	- flach - Gefälle - Steigung	30 50 20	35 35 30
<u>Wegfahrt</u>	- Kurve - Gerade davon kurz lang	50 50 60 40	30 70 64 36
	- flach - Gefälle - Steigung - wechselnd	30 50 20 0	30 35 30 5
<u>Hintergrund</u>	- hell - mittel - dunkel	0 64 36	15 50 35
	- Himmel - Wald/Gebüsch - Gebäude - Wiesen/Aecker	0 90 0 10	5 65 10 20
<u>Sichtbedinderungen</u> in Zufahrt auf Kurve	- Nein - Ja einsehbar 25% von Kurve 50% von Kurve 75% von Kurve	10 90 56 44 0	15 85 30 35 35
<u>Sichtbedinderungen</u> im Kurvenbereich selbst	- Nein - Ja einsehbar 25% von Kurve 50% von Kurve 75% von Kurve	10 90 0 33 67	20 80 6 19 75

<u>Signalisierung</u>	mit Gefahrensignal	40	20
	ohne Gefahrensignal	60	80
<u>Markierung</u>	Randlinien - keine	0	20
	Innenseite - teilweise unterbrochen	20	10
	- durchgehend	80	70
	Randlinien - keine	0	20
	Aussenseite - teilweise unterbrochen	40	30
	- durchgehend	60	50
	Mittellinie - Sicherheitslinie	70	60
	- Leitlinie	20	20
	- keine	10	20
<u>Kurventafeln</u>	ohne Kurventafeln	60	60
	mit Einzelpfeilen	30	40
	mit Mehrfachpfeilen	10	0
	davon schwarz auf weiss	75	0
	weiss auf schwarz	25	100
<u>Randpfosten</u>	Innenseite - keine	20	10
	- vereinzelt	0	20
	- regelmässig	80	70
	davon verdichtet	63	57
	Aussenseite - keine	20	0
	- vereinzelt	10	0
	- regelmässig	70	100
	davon verdichtet	43	40
<u>Leitplanken</u>	- keine	70	90
	- teilweise	30	10
	- durchgehend	0	0
<u>Trottoir</u>	- keines	60	90
	- Innenrand	20	10
	- Aussenrand	0	0
	- beide Seiten	20	0
<u>Randabschlüsse</u>	Innenrand - keine	20	20
	- teilweise	20	0
	- durchgehend	60	80
	Aussenrand - keine	40	70
	- teilweise	20	30
	- durchgehend	40	0
<u>Beleuchtung</u>	künstlich - ja	50	10
	- nein	50	90
<u>Ein-/Ausfahrten</u>	- keine	20	50
	- Innenseite	30	10
	- Aussenseite	30	40
	- beide Seiten	20	0
<u>Bepflanzung</u>	Innenseite - keine	70	60
	- teilweise	0	10
	- mit Lücken	30	20
	- durchgehend	0	10
	Aussenseite - keine	60	70
	- teilweise	10	10
	- mit Lücken	0	10
	- durchgehend	30	10

3.2.2 Nur in einer Richtung gefährliche Kurven

Bei sechs der zehn ausgewählten Unfallschwerpunktskurven beschränkt sich das Unfallgeschehen auf jeweils eine Fahrrichtung. So lassen sich an diesen Kurven gefährliche (S)- und ungefährliche (NS)-Richtungen gegenüberstellen. Die sehr kleine Stichprobe lässt wiederum keine statistisch gesicherten Schlussfolgerungen zu.

3.2.3 Übersicht verkehrstechnischer Unfallanalyse

Die folgenden drei Tabellen geben zu jeder Richtung eine Zusammenstellung der geometrischen Kurvenparameter sowie der Anzahl Unfälle, Unfallhäufigkeit, Anzahl Verletzter oder Toter und der Anzahl Unfälle bei Nacht oder Dämmerung.

Die Kurvenradien und Winkel wurden aus den Situationsplänen der Unterlagen entnommen, welche die Kantonspolizei Zürich zur Verfügung stellte. Wo genauere Pläne fehlten, musste auf Vergrösserungen der Landeskarte 1:25'000 zurückgegriffen werden. Die damit entstehenden Ungenauigkeiten spielen aber keine Rolle, da schlussendlich nur die Grössenordnungen wichtig sind. So wurden zum Beispiel die Radien in Klassen gruppiert, die etwa der Einteilung "enge Kurve - normale Kurve - weite Kurve - sehr weite Kurve" entsprechen.

Die totale Anzahl Unfälle pro Kurve steht nur teilweise in Zusammenhang mit der Kurve selbst. Daher wurden die pro Kurvenrichtung **relevanten Unfälle** bestimmt, d.h. abgezogen sind:

- Unfälle mit Tieren
- Unfälle, bei welchen die Auslösung ausserhalb des Kurvenbereiches lag
- Unfälle ohne Zusammenhang mit der optischen Linienführung, z.B. Touchieren von Zweirädern beim Überholen.

Als ein Mass für die Gefährlichkeit einer Kurvenrichtung ist die **Unfallrate** angegeben. Sie zeigt die Anzahl relevanter Unfälle pro Million Motorfahrzeugdurchfahrten.

Unfall-Schwerpunktkurven (S-Richtungen)

VSS FA 19/86			OLFR in Kurven			Verkehrstechnische Kurvenanalyse										Emch + Berger AG Aarau	
Kurven Nr.	Lage und Fahrtrichtung	Kurven- art	Radiusklasse	Winkel	Kurven- pfeile	Untersuchungszeitraum Datum	Anz. Monate	Totale Anzahl Unfälle	Totale Verletzte + Tote	Unfälle pro Jahr	Verletzte + Tote pro Unfall	pro Fahrtrichtung				durchschnittlicher täglicher Verkehr	Unfallrate relevante Unfälle pro Million Mfz
												10	11	12	13		
1	Rüti, Walderstr. "Tüfenbühl" Richtung Rüti	F	100-500	30-60	N	1184-30.6.86	30	5	4	2.0	0.8	3	4	2350	1.89		
S1	Rüti, Walderstr. Tüfenbühl" Richtung Wald	F	100-500	30-60	N	1184-30.6.86	30	3	2	1.2	0.7	1	2	2350	0.95		
S3	Stallikon, Schwandenstr. Richtung Ringlikon	E	100-500	30-60	N	1184-31.7.86	31	2	5	0.8	2.5	0	2	2350	0.92		
S4	Weiningen, Regensdorferstr. Richtung Weiningen	F	100-500	60-90	J	1184-31.7.86	31	8	2	3.1	0.3	3	7	4700	1.60		
S5	Horgen, Sihlaltstr./Tunnelbank Richtung Sihlbrugg	E	100-500	30-60	N	1184-31.7.86	31	6	1	2.3	0.2	1	6	8500	0.76		
S5	Horgen, Sihlaltstr./Tunnelbank Richtung Zürich	E	100-500	30-60	N	1184-31.7.86	31	7	2	2.7	0.3	6	7	8500	0.89		
S6	Adliswil, Sihlalt-/Soodstr. Richtung Zürich	F	50-100	30-60	N	1184-31.8.86	32	19	0	7.1	0	14	15	8500	1.84		
S8	Egg, Röllikerstr. v. Halden Richtung Röllikon	E	<50	90-135	J	1783-31.5.86	35	13	7	4.5	0.5	7	13	2950	4.20		
S9	Maur, Zürichstr. "Herrenweid" Richtung Maur	F	<50	60-90	J	1482-30.9.86	54	7	9	1.6	1.3	3	6	1500	2.47		
S10	Schlieren, Vötkonerstr. Richtung Schlieren	F	50-100	30-60	N	1182-30.4.86	52	10	7	2.3	0.7	5	9	1800	3.16		

3: E = Einzelkurve 4: < 50 m 5: < 30° 6: J = Ja 15: teilweise
 F = Kurvenfolge 50 - 100 m 30° - 60° N = Nein
 100 - 50 m 60° - 90° Schätzwerte
 > 50 m 90° - 135°
 135° - 180°

Nicht gefährliche Schwerpunktrichtungen (NS-Richtungen)

VSS FA 19/86		OLFR in Kurven		Verkehrstechnische Kurvenanalyse												Emch + Berger AG Aarau	
pro Fahrtrichtung																	
Kurven Nr.	Lage und Fahrtrichtung	Kurven-art	Radiusklasse	Winkel	Kurven-pfeile	Untersuchungszeitraum Datum	Anz. Monate	Totale Anzahl Unfälle	Totale Anzahl Verletzte + Tote	Unfälle pro Jahr	Verletzte + Tote pro Unfall	Anzahl Unfälle Nacht + Dämmerung	Anzahl relevanter Unfälle	durchschnittlicher täglicher Verkehr	Unfallrate relevante Unfälle pro Million Mfz		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
NS3	Stallikon, Schwandenstr. Richtung Sellenbüren	E	100-500	30-60	N	1.1.84-31.7.86	31	2	0	0.8	0	1	1	2350	0.46		
NS4	Weiningen, Regensdorfstr. Richtung Regensdorf	F	100-500	60-90	J	1.1.84-31.7.86	31	0	0	0	0	0	0	4700	0		
NS6	Adliswil, Sihlstr./Soodstr. Richtung Sihlbrugg	F	50-100	30-60	N	1.1.84-31.8.86	32	2	4	0.8	2.0	2	1	8500	0.12		
NS8	Egg, Röllikerstr. u. Halden Richtung Egg	E	<50	90-135	J	1.7.83-31.5.86	35	2	0	0.7	0	1	2	2950	0.65		
NS9	Maur Zürichstr. "Herronwald" Richtung Ebmatingen	F	<50	60-90	J	1.4.82-30.9.86	54	3	2	0.7	0.7	2	3	1500	1.23		
NS10	Schlieren, Uhltonerstr. Richtung Uhlton	F	50-100	30-60	N	1.1.82-30.4.86	52	1	1	0.2	1	1	0	1200	0		

Unfall-Nichtschwerpunktkurven (N)

VSS FA 19/86		OLFR in Kurven		Verkehrstechnische Kurvenanalyse										Emch + Berger AG Aarau	
Kurve Nr.	Lage und Fahrtrichtung	Kurve- art	Radiusklasse	Winkel	Kurve- pfeile	Untersuchungszeitraum Datum	Anz. Monate	Totale Anzahl Unfälle	Totale Anzahl Verletzte + Tote	Unfälle pro Jahr	Verletzte + Tote pro Unfall	Anzahl Unfälle Nacht + Dämmerung	Anzahl relevanter Unfälle	durchschnittlicher täglicher Verkehr	Unfallrate relevante Unfälle pro Million Mfz
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N1	Hiltneu, Wetzikerstrasse	E	<50	60-90	N		36	2	1	0.67	0.5		2	2400	0.77
N2	Hiltneu, Wetzikerstrasse	E	<50	90-135	N		36	0	0	0	0		0	2400	0
N3	Weiningen, Regensdorfstr.	F	<50	135-180	J		36	1	1	0.33	1		1	9400	0.10
N4	Schlieren, Uetikerstrasse	F	50-100	135-180	J		36	0	0	0	0		0	2400	0
N5	Egg, Rällikerstrasse	E	50-100	60-90	N		36	1	1	0.33	1		1	5900	0.16
N6	Egg, Rällikerstrasse	E	<50	135-180	J		36	1	1	0.33	1		1	5900	0.16
N7	Grünigen, Binzikerstrasse	E	<50	60-90	J		36	0	0	0	0		0	3500	0
N8	Hombredikon, Oetwilerstr.	F	50-100	60-90	N		36	0	0	0	0		0	3000	0
N9	Stäfa, Bergstrasse	E	50-100	60-90	J		36	0	0	0	0		0	4700	0
N10	Oetwil am See	E	100-500	30-60	N		36	1	0	0.33	0		1	4700	0.20

3: E = Einzelkurve 4: < 50 m 5: < 30° 6: J = Ja 15: teilweise
F = Kurvenfolge 50 - 100 m 30° - 60° N = Nein Schätzwerte
100 - 50 m 60° - 90°
> 500 m 90° - 135°
135° - 180°

18. November 1987 R. W.

3.2.4 Interpretation der Resultate

a) Einführende Bemerkungen

Diese Untersuchungen basieren - wie schon früher ausgeführt - auf einer Anzahl von Kurven, deren Repräsentativität und Stichprobengrösse angezweifelt werden kann. Es kann daher nicht Ziel dieser Untersuchungen sein, gesicherte Aussagen über Unfallursachen in Kurven zu machen. Sie können nur mögliche Problempunkte aufzeigen, bei welchen weitergehende Forschungsarbeiten allenfalls zu grundsätzlichen Erkenntnissen führen könnten.

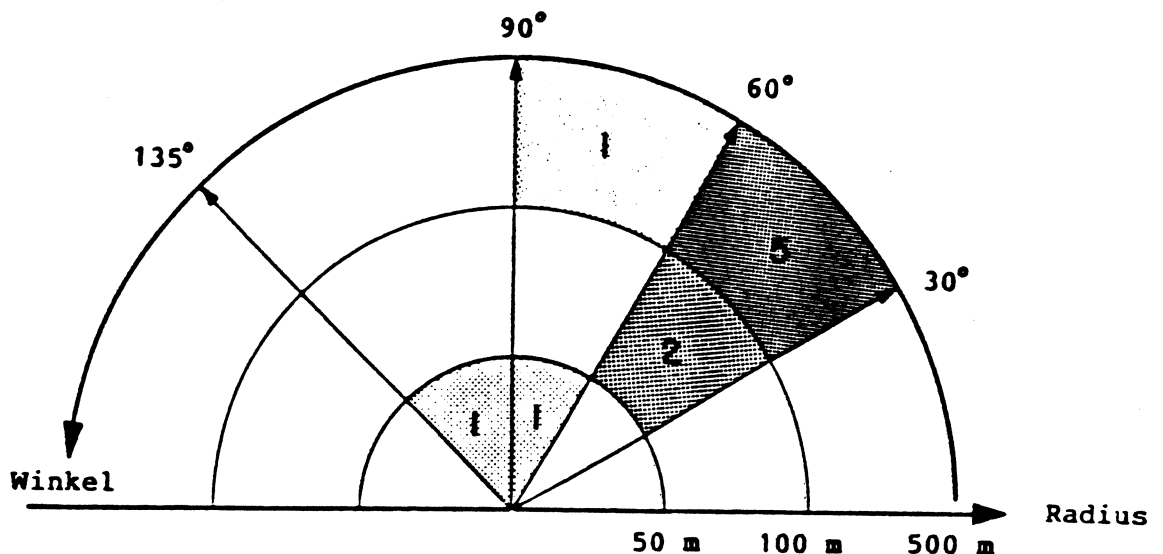
Dadurch, dass alle Kurven am gleichen Tag auf Video aufgenommen wurden und anschliessend von der gleichen Person ausgewertet wurden (siehe Kap. 2.2.2d), ist eine gewisse Kontinuität bei der Erfassung der optischen Führungsmittel erreicht worden. Trotzdem konnten diverse Fehlerquellen nicht ausgeschlossen werden. So kann die Beleuchtung einer Kurve je nach Tageszeit und Witterung völlig verschieden sein. Es musste aber auch bei mindestens einem Objekt festgestellt werden, dass die Ausrüstung der Kurve seit der festgestellten Unfallhäufung verbessert wurde. Damit entspricht die heute mit Video erfasste Situation nicht mehr genau derjenigen in der Unfallperiode.

b) Zusammenhänge zwischen Unfallrate und Kurvenwinkel

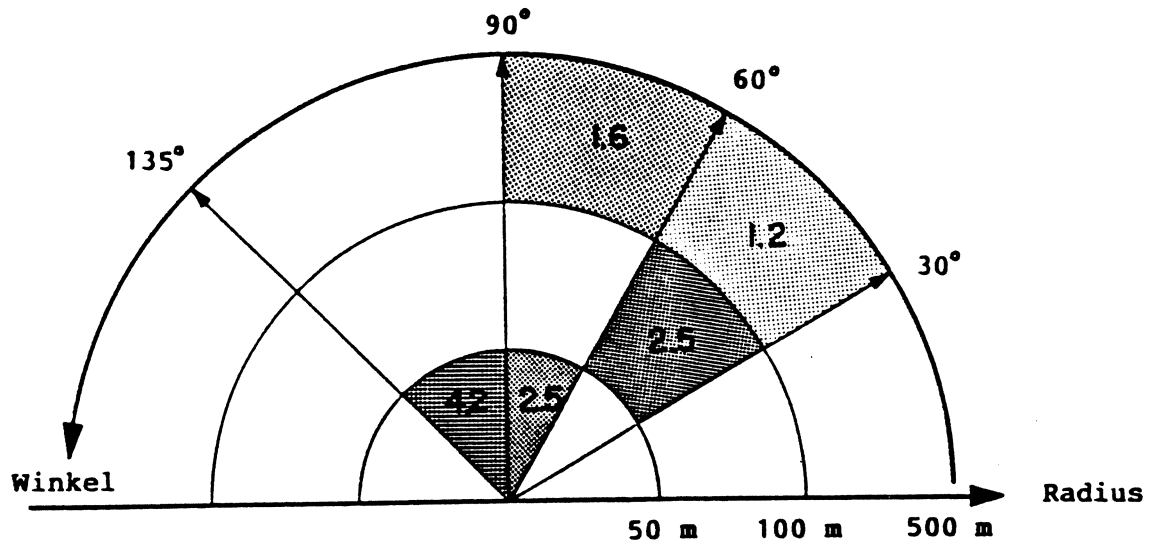
Die folgenden Abbildungen zeigen die Unfallrate in Abhängigkeit von Kurvenradius und Winkel der untersuchten S-, bzw. N-Richtungen. Auffällig ist bei den Unfallschwerpunkten die Häufung bei den grossen Radien und gleichzeitig kleinen Winkeln, also kurzen Bogenlängen. Hier stellt sich die Frage, ob solche Kurven zu spät oder evtl. gar nicht als Kurve erkannt werden und daher mit zu grosser Geschwindigkeit befahren werden. Die Unfallrate liegt bei diesen Kurven zwar tiefer als bei den engeren Kurven; die Unfallschwere scheint aber eher höher zu sein, was auf die grösseren Geschwindigkeiten zurückzuführen sein dürfte.

S-Richtungen

Anzahl erfasste Richtungen

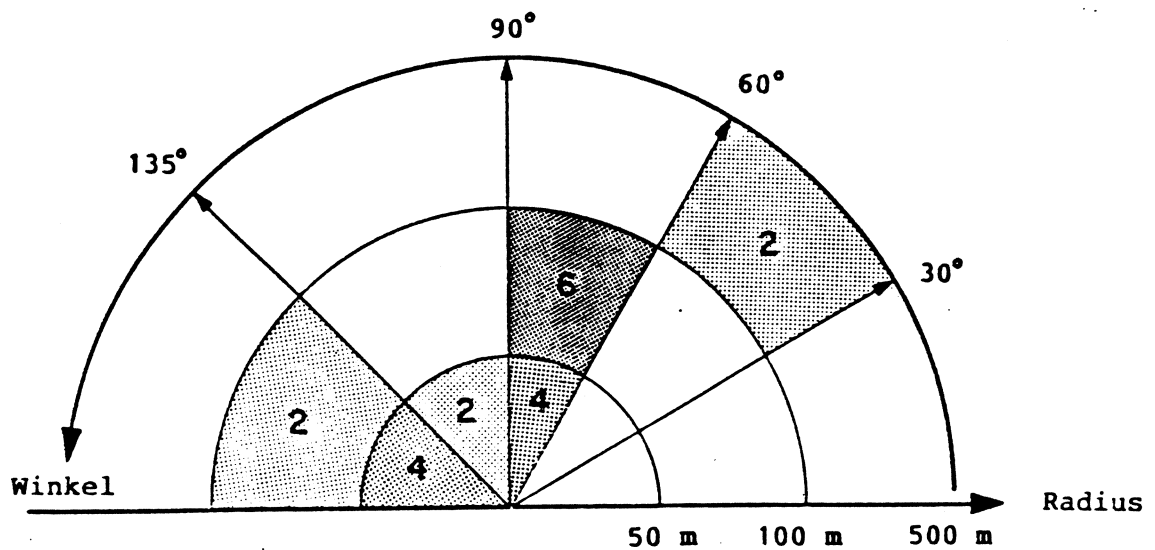


Durchschnittliche Unfallrate

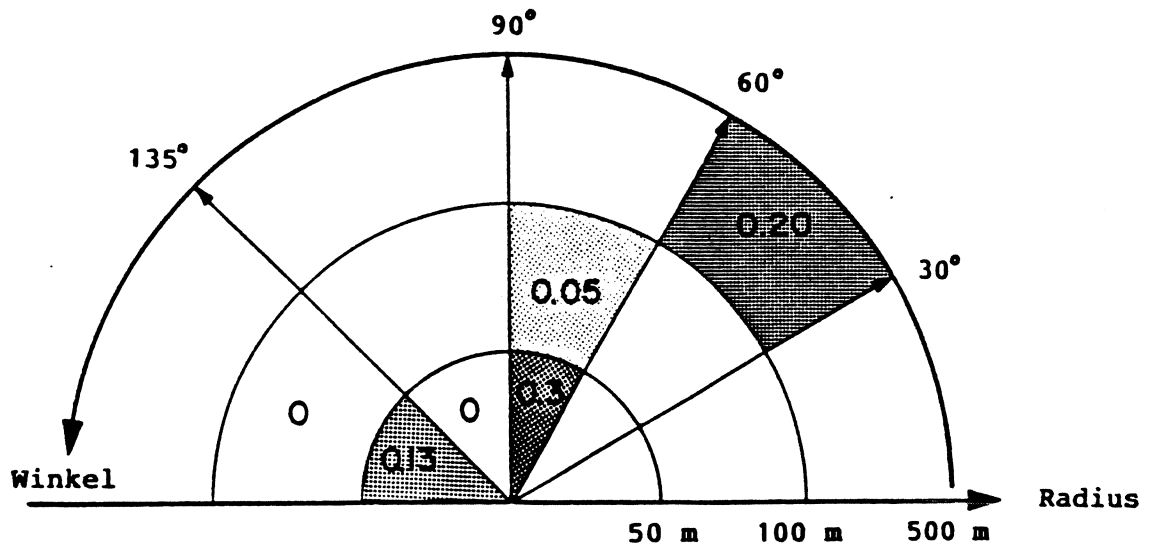


N-Richtungen

Anzahl erfasste Richtungen



Durchschnittliche Unfallrate



c) Rechts-/Linkskurven mit Unfallschwerpunkten

	Rechtskurve	Linkskurve
Steigung	0	2
flach	1	2
Gefälle	4	1

Die Aufteilung der S-Richtungen nach Rechts- oder Linkskurven sowie Neigungsverhältnissen zeigt interessante Aspekte. 50 % der S-Richtungen liegen im Gefälle. Der überwiegende Teil sind Rechtskurven. Dies deutet auf den Zusammenhang mit den höheren Geschwindigkeiten bzw. den reduzierten Bremsmöglichkeiten im Gefälle hin. In Rechtskurven ist in der Regel die einsehbare Länge kleiner.

d) Beeinflussung der Sichtverhältnisse durch
Kurvenumgebung und Hintergrund

Aus der Gegenüberstellung auf Seite 29 ist ersichtlich, dass 70 % der S-Richtungen im Wald, hingegen 75 % der N-Richtungen über Land liegen. Dies hat auch auf die Beurteilung der Helligkeit des Kurvenhintergrundes einen Einfluss. Im Durchschnitt erscheint der Hintergrund der S-Richtungen als deutlich dunkler gegenüber den N-Richtungen.

Sichtbehinderungen

Von der Zufahrt, oder auch vom Beginn der Kurve aus, sind die wenigsten Kurven ohne Sichtbehinderungen in ihrer ganzen Länge und ihrem Verkehr erkennbar. Die N-Richtungen schneiden hier fast so schlecht ab wie die S-Richtungen. Bei diesen ist von der Zufahrt aus fast nie mehr als die erste Kurvenhälfte zu sehen. Jedes zweite Mal sogar nur der erste Viertel. Damit sollte zwar jeweils der Kurvenbeginn erkennbar sein, der weitere Kurvenverlauf kann aber bei den meisten Unfallschwerpunktsrichtungen von der Zufahrt her nur abgeschätzt werden.

Auch im Kurvenbereich selbst sind die S-Richtungen weniger weit einsehbar als die N-Richtungen. Die Ursachen der Sichtbehinderungen liegen meistens bei Verdeckungen durch das Gelände, durch Gebüsch oder Bäume. Interessanterweise treten nur bei zwei N-Richtungen Sichtbehinderungen durch Maisfelder auf.

e) Ausrüstung der untersuchten Kurven

Kurventafeln

Der Anteil der S-Richtungen mit grossen Radien ist überraschend gross (siehe Abschn. b). Genau bei diesen fehlen aber Kurventafeln weitgehend.

Ein markanter Unterschied zeigt sich bei der Farbe der Kurvenpfeile. Bei allen N-Kurven sind diese weiss auf schwarzem Grund. Bei drei von vier S-Richtungen hingegen sind es schwarze Pfeile auf weissem Grund. Hier wurden aber in letzter Zeit (seit erkennen der Unfallschwerpunkte) mindestens teilweise Änderungen vorgenommen, so dass nicht gesichert ist, wo diese Farbunterschiede bereits während der erfassten Unfallperiode bestanden.

Signalisierung

Nur gerade 40 % der S-Richtungen sind mit Gefahrensignalen vor der Kurve signalisiert. Erwartungsgemäss liegt der Anteil bei den N-Richtungen und auch bei den nicht gefährlichen Richtungen (NS) der S-Kurven tiefer. Erfasst wurden nur jene Signaltafeln, die vor der untersuchten Kurve und nicht einige Kurven vorher angebracht sind.

Bei einer Doppelkurve mit entsprechender Signalisation konnte ein Unfallschwerpunkt in der zweiten, also nicht direkt signalisierten Kurve, festgestellt werden. Die direkt signalisierte Gegenrichtung konnte hingegen als nicht gefährliche S-Richtung eingestuft werden.

Der genaue Standort und evtl. das Wiederholen von Kurvensignalen könnte also eine entscheidende Rolle spielen.

Markierungen und Randpfosten

Die S-Kurven sind im allgemeinen eher besser ausgerüstet als die N-Kurven. Bei ihnen sind Randpfosten, Mittellinien und beidseitige Randlinien überall vorhanden, wo dies nicht durch Einfahrten, Inseln und Mauern verunmöglicht ist.

Trottoir

Sind an gefährlichen Kurven Trottoirs vorhanden, so sind diese entweder beidseitig oder auf der Kurveninnenseite angeordnet. Nie auf der Aussenseite, was bei der kleinen Stichprobe aber auch Zufall sein kann.

Beleuchtung

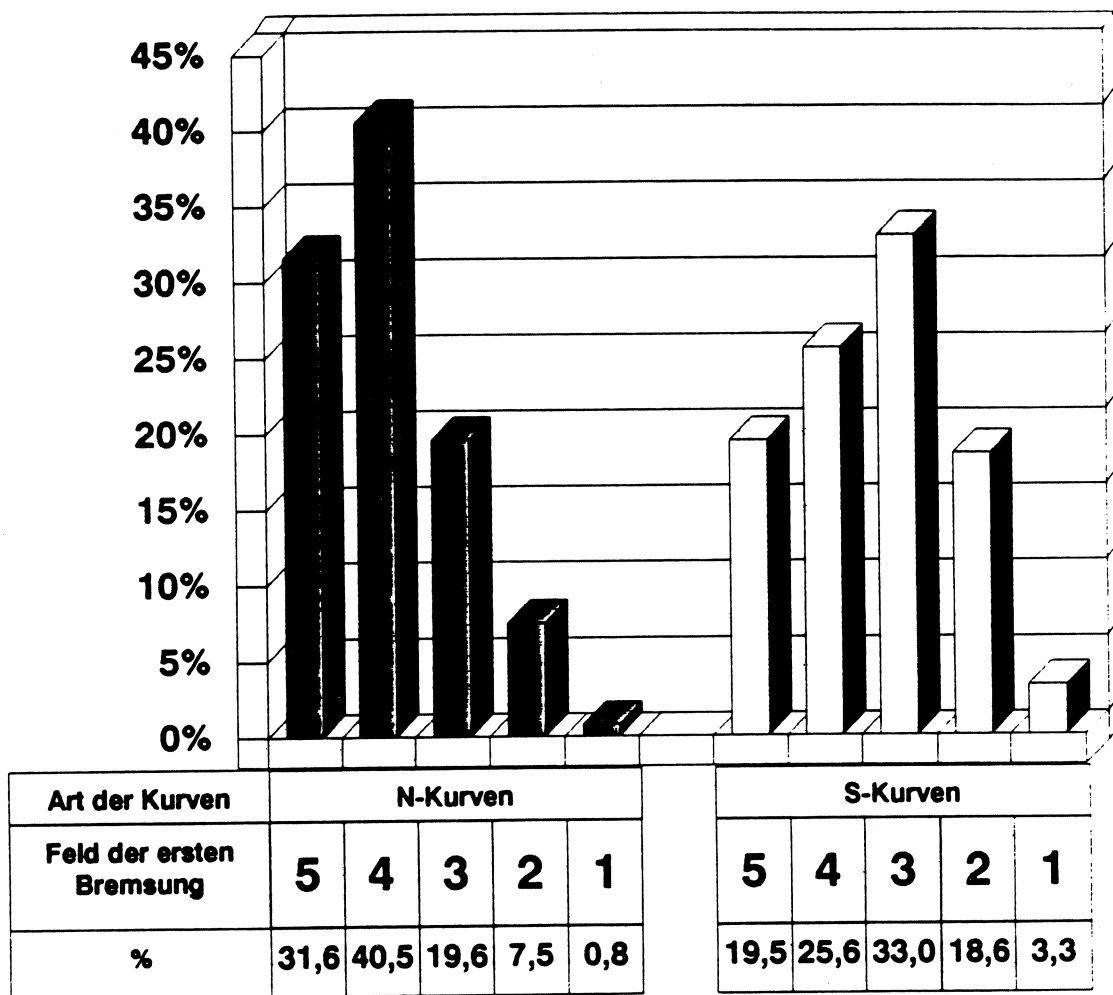
Gegenüber nur 10 % bei den N-Kurven, sind die S-Kurven zur Hälfte mit einer künstlichen Beleuchtung versehen. Trotzdem geschehen dort mehr als die Hälfte der Unfälle in der Dämmerungs- oder Nachtzeit.

Ein-/Ausfahrten

Die S-Kurven weisen deutlich mehr Ein-/Ausfahrten im Kurvenbereich auf als die N-Kurven. Dies führt zu mehr Störungen des optischen Verlaufes dieser Kurven.

3.3 Dritte Untersuchungsphase

Die im Rahmen der 3. Untersuchungsphase erfolgte Registrierung des Bremsverhaltens erbrachte einen deutlichen Unterschied zwischen den Unfallschwerpunktkurven (S) und den Nichtunfallschwerpunktkurven (N). Die Daten sind für jede der 20 Beobachtungsstellen einzeln in der Tabelle 3.1 des Tabellenbandes aufgelistet. Fasst man diese Ergebnisse zusammen, so zeigt sich zunächst ein deutlicher Unterschied zwischen den N- und den S-Kurven. Er ist in der folgenden Grafik dargestellt.



Ort der ersten Bremsung vor Nicht-Unfall-Schwerpunkt-Kurven (N) und vor Unfall-Schwerpunkt-Kurven (S).

(Jeweils 1000 Motorfahrzeuglenker)

Danach betätigte vor den N-Kurven die Mehrzahl der Fahrer schon in den Feldern 5 und 4, also 60 bis 100 m vor der Kurve ihre Bremse. Nur bei 8 der beobachteten 1000 Fahrer (0,8 %) leuchtete das Bremslicht erst im Feld 1, also innerhalb der letzten 20 Meter vor der Kurve auf.

Demgegenüber bremst vor den S-Kurven die Mehrzahl der Fahrer erst deutlich später, nämlich in den Feldern 2 und 3, also 20 bis 60 m vor der Kurve. Und immerhin viermal so viele Fahrer als in den N-Kurven, nämlich 33 von 1000 Fahrern (3,3 %) treten erst kurz vor der Kurve in den letzten 20 Metern auf die Bremse. Nimmt man das späte "erste" Bremsen als Gradmesser für den objektiven "Gefährlichkeitsgrad" einer Kurve, so ergibt sich - je nach der Häufigkeit der Erstbremsungen in den einzelnen Feldern - folgende Gruppierung der Beobachtungsstellen (in Klammern jeweils beigelegt, ob es sich um eine Beobachtungsstelle vor einer N- oder einer S-Kurve handelt):

Beobachtungsstellen mit der geringsten "Gefährlichkeit"

1 (N), 3 (N), 4 (N), 6 (N), 9 (N), 10 (N),

Beobachtungsstellen mit mittlerer "Gefährlichkeit"

2 (N), 5 (N), 7 (N), 8 (N), 13 (S), 16 (S)

Beobachtungsstellen mit höherer "Gefährlichkeit"

11 (S), 12 (S), 15 (S), 18 (S), 19 (S), 20 (S)

Beobachtungsstellen mit der grössten "Gefährlichkeit"

14 (S), 17 (S)

Hingegen erbrachte die Auswertung nach der Herkunft der Motorradfahrzeuglenker - ermittelt auf Grund der Kontrollschilder - keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Kurvengruppen. D.h. das erste Bremsen vor einer Kurve erfolgt bei den Ortskundigen im allgemeinen in der gleichen Weise wie bei den Ortsfremden (vgl. dazu Tabelle 3.2 des Tabellenbandes)

3.4 Vierte Untersuchungsphase

Für die Auswertung der Ergebnisse der vierten Untersuchungsphase wurden die Bilder des KBT II - analog zur zweiten Untersuchungsphase - in drei Gruppen aufgeteilt. Die S-Gruppe umfasst jene Aufnahmen, welche die Anfahrt auf Kurven zeigen, die stark unfallbelastet sind (1,55 bis 7,88 Unfälle pro Jahr): Beide Richtungen von S 1 und S 5, jeweils eine Richtung von S 3, S 4, S 6, S 8, S 9 und S 10.

Die N-Gruppe beinhaltet Bilder von Kurven-Anfahrten, in denen sich überhaupt keine oder nur sehr wenige Unfälle (0,35 bis 0,67 Unfälle pro Jahr) ereignet haben: Beide Richtungen von N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9 und N10.

Die NS-Gruppe schliesslich enthält Kurven, die nur aus einer Richtung besonders viele Unfälle aufweisen. Hier sind jene Richtungen wiedergegeben, welche die deutlich geringeren Unfallraten aufweisen (0 bis 0,8 Unfälle pro Jahr): Jeweils eine Richtung von S3, S4, S6, S8, S9 und S10.

3.4.1 Auswertung des Kurven-Bilder-Tests II

Der KBT II umfasst insgesamt 83 Bilder. Davon sind 29 der S-Gruppe, 41 der N-Gruppe und 13 Bilder der NS-Gruppe zuzuordnen. Innerhalb jeder Gruppe gibt es sowohl Aufnahmen mit als auch solche ohne Kurvenschranken. Einen Überblick der Basis-Daten vermittelt die nachstehende Übersicht:

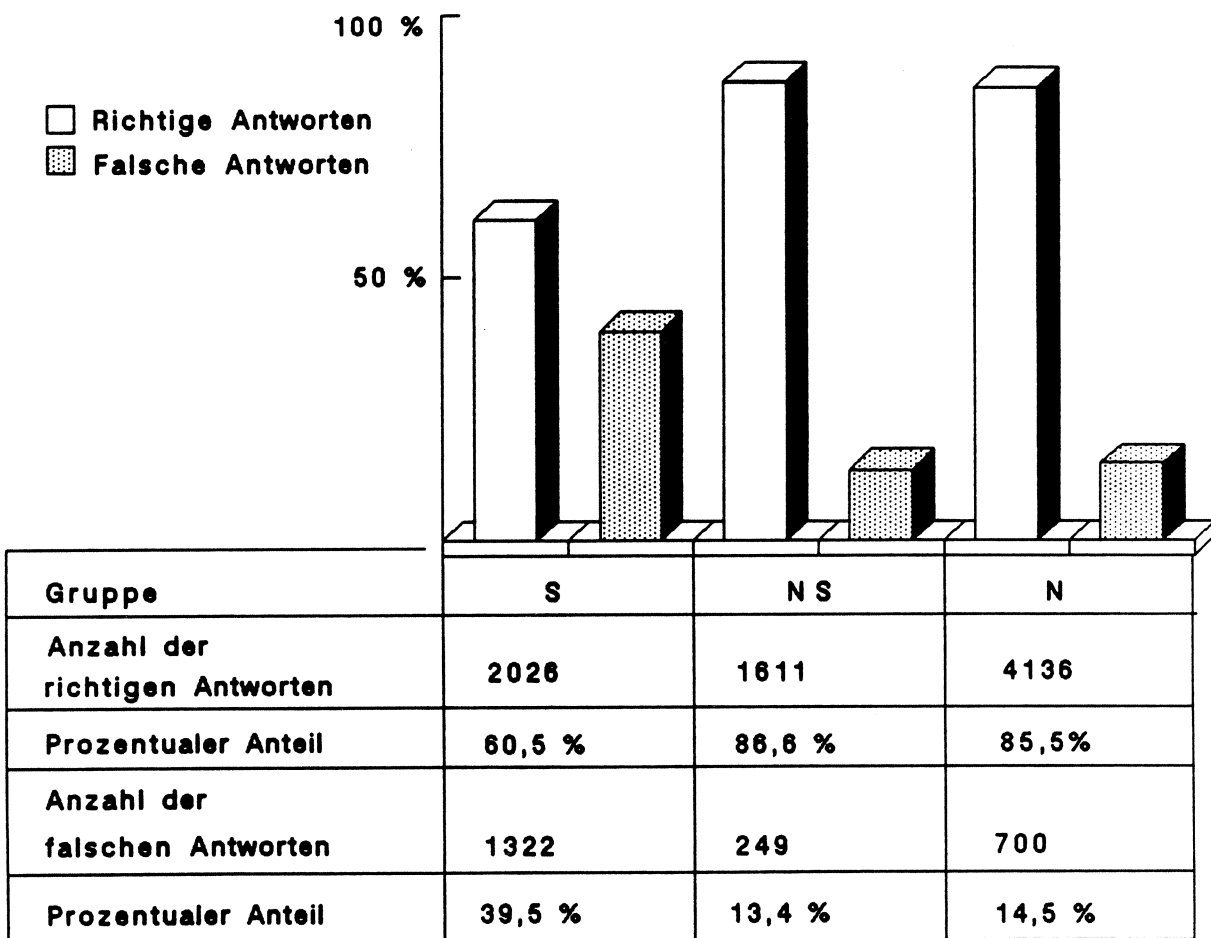
	B i l d e r	
	mit	ohne
	K u r v e n s c h r a n k e n	
S-Gruppe	9	20
N-Gruppe	5	8
NS-Gruppe	13	28

Geht man davon aus, dass auf jede Bildexposition eine richtige Antwort gegeben wird, so ergeben sich als Summe aller möglichen richtigen Antworten (372 Probanden x Summe der exponierten Bilder)

	b e i d e n B i l d e r n	
	mit	ohne
	K u r v e n s c h r a n k e n	
.... S-Gruppe	3348	7440
.... N-Gruppe	4836	10416
.... NS-Gruppe	1860	2976

Vergleicht man nun die tatsächlich gegebenen richtigen Antworten in jeder dieser drei Untergruppen mit den möglichen richtigen Antworten, so lassen sich folgende Feststellungen treffen:

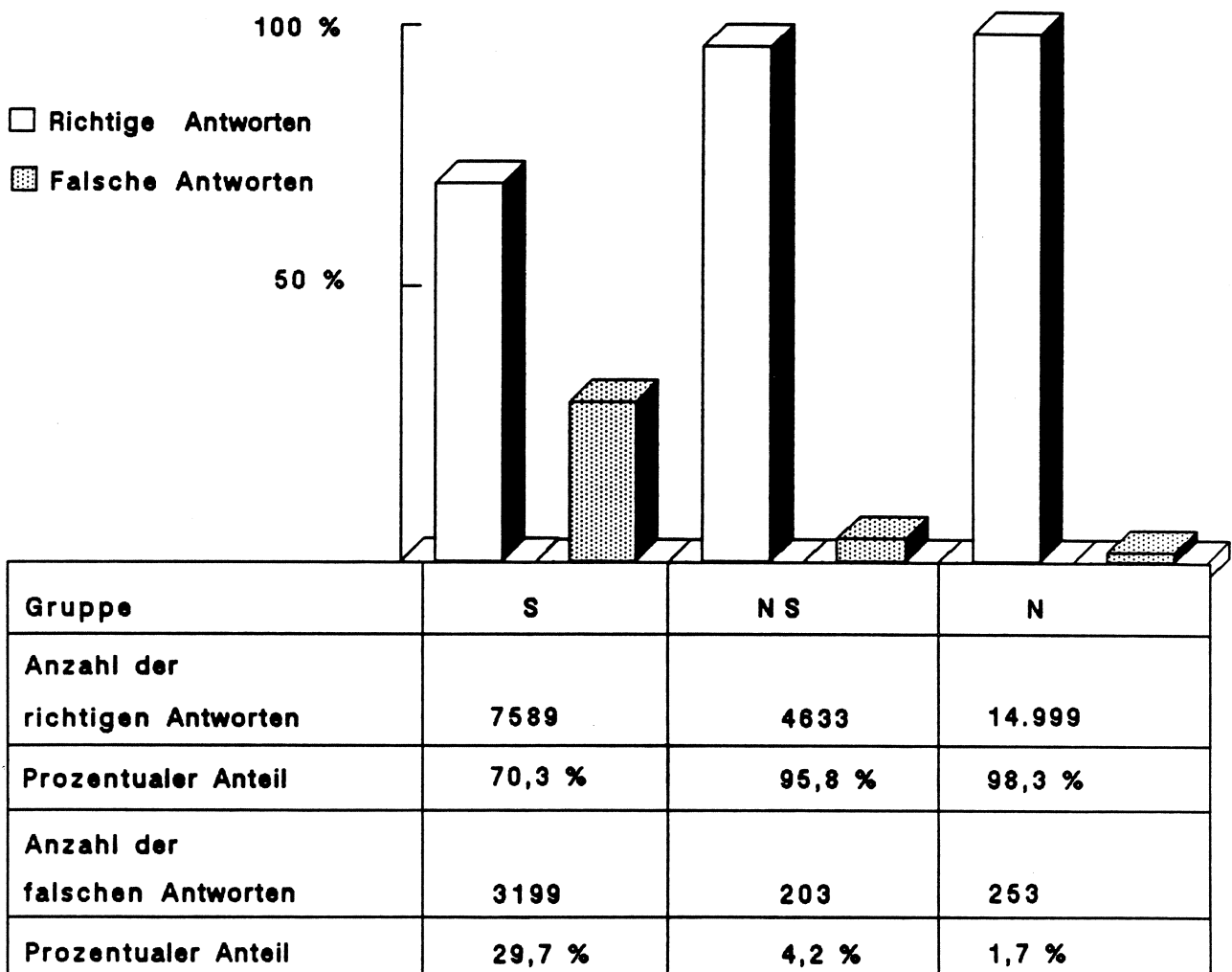
- (1) Der prozentuale Anteil der nicht oder relativ spät erkannten Kurvenschranken ist in der S-Gruppe deutlich grösser als in der N-Gruppe und in der NS-Gruppe.



Frage nach Kurvenschranken : Prozentualer Anteil der richtigen und falschen Antworten an der Gesamtzahl aller möglichen Antworten

Wie die Graphotabelle ausweist, ist er in der S-Gruppe mit 39,5 % fast dreimal so hoch wie in der N-Gruppe (14,5 %) und in der NS-Gruppe (13,4 %). (Vgl. dazu auch Tabelle 3.4 des Tabellenbandes).

- (2) Der prozentuale Anteil der nicht oder relativ spät erkannten Kurvenläufe ist ebenfalls in der S-Gruppe deutlich grösser als in der N-Gruppe und in der NS-Gruppe.

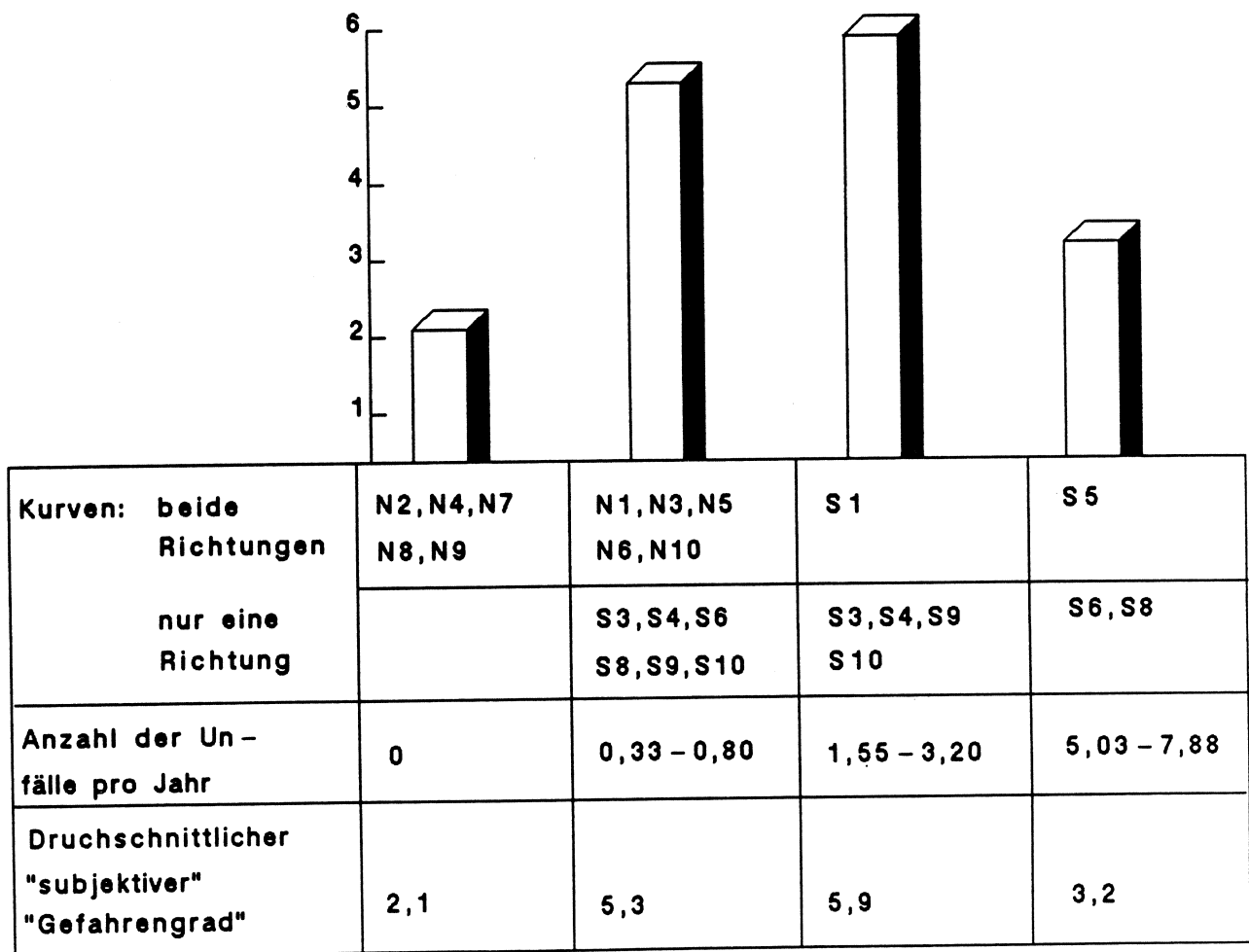


Frage nach Kurvenverlauf : Prozentualer Anteil der richtigen und falschen Antwort der Gesamtzahl aller möglichen Antworten

Er ist, wie die Graphotabelle ausweist, in der S-Gruppe mit 29,7 % siebzehnmal so gross, wie in der N-Gruppe (1,7 %) und siebenmal so gross wie in der NS-Gruppe (4,2 %). (Vgl. hierzu auch Tabelle 3.5 im Tabellenband).

- (3) **Kurven mit einer besonderen Unfallbelastung werden von den Verkehrsteilnehmern im Durchschnitt subjektiv als weniger gefährlich eingeschätzt wie Kurven mit einer geringeren Unfallbelastung.**

Für die Auswertung der Angaben der Probanden bezüglich des "Gefahrenbarometers" wurde eine etwas andere Gruppierung der Kurvenbilder gewählt: Kurven ohne Unfälle, Kurven mit maximal einem Unfall pro Jahr, Kurven mit mehr als einem, jedoch weniger als vier Unfällen pro Jahr und Kurven mit 4 und mehr Unfällen pro Jahr. Die entsprechenden Daten sind in der nächsten Graphotabelle zusammengestellt.

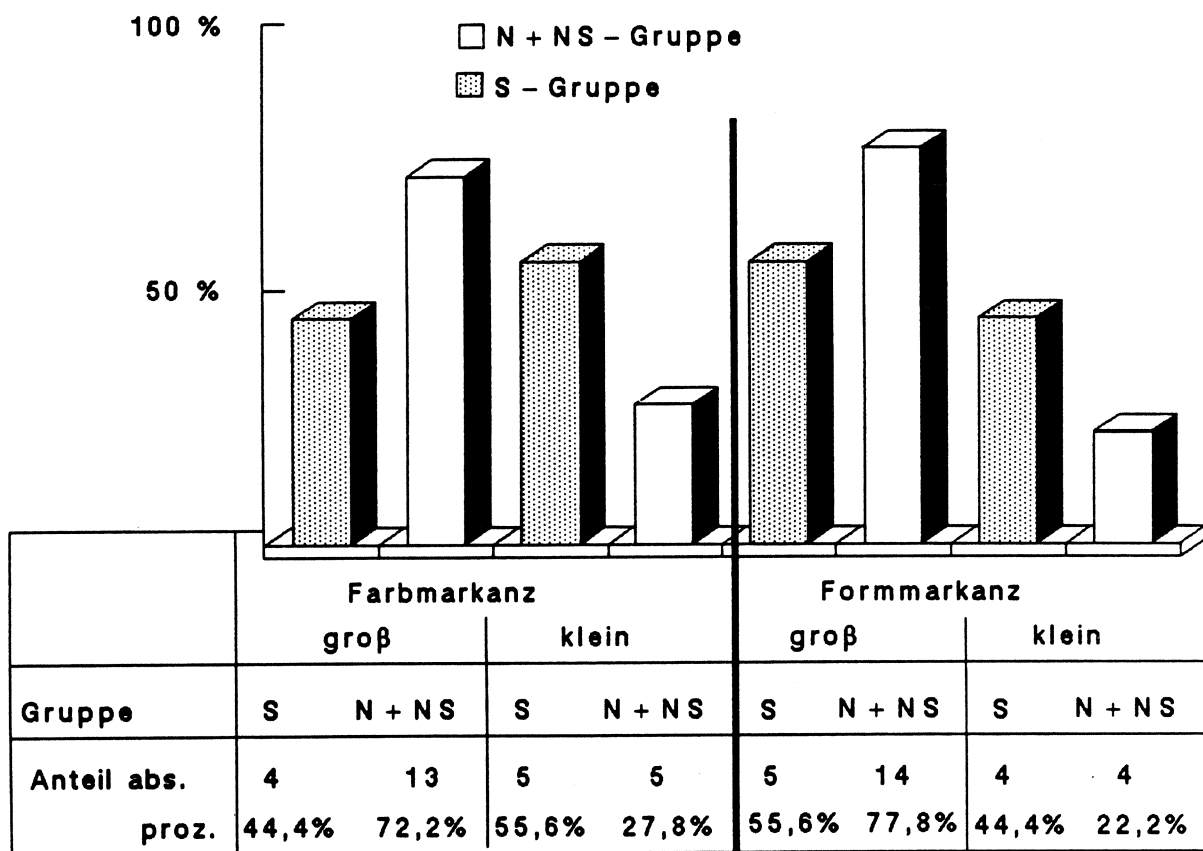


Ergebnisse des Gefahrenbarometers: Durchschnittlicher Gefahrengrad bei verschiedenen nach Unfallhäufigkeit gegliederten Kurvengruppen

Stimmen die bisher genannten Ergebnisse der Testung mit dem KBT II weitgehend mit jenen des KBT I überein, so zeigt sich hier doch ein deutlicher Unterschied. Während sich beim KBT I die subjektive Einschätzung des Gefahrengrades einer Kurve mit dem Aussenkriterium - der Meinung der Experten - deckt, besteht beim KBT II durch das neu eingeführte Aussenkriterium der Unfallbelastung eine deutliche Divergenz. Zwar stimmt die subjektive Einschätzung und die objektive Gefährlichkeit bei den Kurven mit keiner (durchschnittlicher "Gefahrengrad" 2,1), mit einer geringen (Grad 5,3) und mit einer mittleren (Grad 5,9) Unfallbelastung weitgehend überein, doch werden von den Probanden ausgerechnet jene drei Kurven, welche am häufigsten Unfälle aufweisen, mehrheitlich als relativ ungefährlich (Grad nur 3,2) eingestuft. (Vgl. 3.6 im Tabellenband)

3.4.2 Bild-Struktur-Analysen

Eine Analyse der Bilder der KBT II unter den wahrnehmungspsychologischen Kriterien der Farbe und der Form ergibt ähnliche Ergebnisse wie jene der Bilder des KBT I. Insgesamt enthielten die 27 Dias mit Kurvenschranken 17 Bilder mit einer relativ guten und 10 Bilder mit einer relativ schlechten Farbmarkanz sowie 19 Bilder mit einer relativ guten und 8 Bilder mit einer relativ schlechten Formmarkanz. Gliedert man die verschiedenen Markanztypen auf nach der S-Gruppe und der N-Gruppe (wobei hier - wegen der kleinen Zahl - auch die NS-Gruppe zur N-Gruppe zugeschlagen wurde), so ergibt sich das in der nächsten Graphotabelle dargestellte Bild.



Farb- und Formmarkanz der Kurvenschranken in Kurven mit unterschiedlicher Unfallbelastung

Danach befinden sich in Kurven ohne bzw. mit einer nur sehr geringen Unfallbelastung seltener Kurvenschranken mit einer schwachen Farb- und Form-Markanz als in den Kurven mit einer hohen Unfallbelastung. (Vgl. dazu Tabelle 3.7 im Tabellenband). Dementsprechend werden - wie bereits früher ausgeführt - in den unfallträchtigen Kurven die Kurvenschranken weniger oft erkannt (Erkennungsrate nur 60,5 %) als in den völlig oder fast unfallfreien Kurven (Erkennungsrate 85,8 %).

Zu erwähnen ist im übrigen, dass sich die Farbmarkanz im Laufe des Tages je nach dem Sonnenstand ändern kann. So erwiesen sich Kurvenschranken im hellen Sonnenlicht als leicht, im Schatten - insbesondere auf "vegetationsgrünem" Hintergrund - jedoch als sehr schwer erkennbar. Es spielt also hier in vielen Fällen die Tageszeit eine wesentliche Rolle.

Auch die Analyse der Strassenkulisse unter dem Aspekt der Blickführung ergibt die gleichen Ergebnisse wie die Testung mit dem KBT I. Bei den 26 Kurven-Richtungen mit keinen oder nur relativ wenigen Unfällen (20 N- und 6 NS-Kurvenrichtungen) existieren eindeutige optische Riegel (21 Richtungen = 80,8 %) oder ist dort, wo solche Barrieren für das Auge fehlen, der Kurvenverlauf schon aus grösserer Entfernung gut einzusehen (5 Richtungen = 19,2 %). Deshalb wurden hier beim KBT II auch in 98,7 % aller gezeigten Bilder der Kurvenverlauf (Linkskurve oder Rechtskurve, jedoch ohne Angabe der Qualität der Kurve hinsichtlich ihrer "Enge") richtig erkannt.

Demgegenüber finden sich bei den 10 S-Kurvenrichtungen nur in 5 Fällen (50,0 % gegenüber oben 80,8 %) mehr oder weniger eindeutige optische Riegel, während in allen anderen Kurven der Blick durch die optische Kulisse offenkundig in die falsche Richtung geführt wird, weshalb in der S-Gruppe nur in 70,3 % aller Antworten (gegenüber 98,7 % in den N- und NS-Kurven) der Kurvenverlauf richtig angegeben wurde. Dazu nun drei Beispiele.



Der Fahrer kommt aus einem Rechtsbogen, die Strasse verläuft weiter in einem Linksbogen. Im Scheitelpunkt der Kurve zweigt ein Seitenweg ab. Der im Rechtsbogen ohnehin mehr auf die rechte Fahrbahnmarkierung gerichtete Blick (2) kann an diesem entlang ohne optische "Sperrre" geradeaus weiterlaufen. Dadurch entsteht bei manchen Fahrern leicht der Eindruck, die Fahrbahn verlief in einem ganz leichten Rechtsbogen. Deshalb wird der richtige Kurvenverlauf nur in 74,1 % aller Bildexpositionen erkannt, obwohl er eigentlich rein optisch deutlich sichtbar ist. Jede vierte Antwort (25,9 %) hingegen ist hinsichtlich des Kurvenverlaufs falsch.



Die Strasse führt links von dem in der Bildmitte sichtbaren Haus vorbei. Durch die optische "Lücke" rechts vor dem Haus entsteht jedoch der Eindruck, als ginge es geradeaus weiter. Deshalb liegt die Erkennungsrate hier nur bei 62,6 %, d.h. etwas mehr als ein Drittel der Antworten (37,4 %) nennen einen falschen Kurvenverlauf.



Diese Situation ist insofern besonders interessant, weil hier trotz einer der Farbe und der Form nach sehr markanten Kurvenschranke die Hälfte aller Befragten (50,5 %) angeben, die Strasse liefe geradeaus weiter, obwohl sie in Wirklichkeit in einen Linksbogen übergeht. Die Dominanz dieser durch den geradeaus weiterlaufenden Blick (ohne echte optische "Sperrre") entstandene Meinung ist so stark, dass sie auch durch die Kurvenschranke nicht korrigiert wird. Zwar erkennen 93,8 % die Kurvenschranke, die Pfeilrichtung wird jedoch - vielleicht noch zusätzlich beeinflusst durch die links im Bild befindliche zweite Kurvenschranke - offenkundig für entgegengesetzt gehalten.

3.4.3 Zusätzliche Abklärungen

Das Bildmaterial des KBT II enthält eine Kurve mit einer S-Richtung, in welcher sowohl die Erkennungsrate bezüglich der Kurvenschranke mit 41,1 % als auch jene bezüglich des Kurvenverlaufs mit 44,2 % extrem niedrig ist. Die vier Positionen - in der Reihenfolge der Anfahrt auf die Kurve - werden auf den beiden folgenden Seiten gezeigt. Die entsprechenden Erkennungsraten sind in der Folge "Kurvenschranke / Kurvenverlauf" rechts von den Bildern angegeben

P o s i t i o n 1



27,7% / 31,7%

P o s i t i o n 2



29,8% / 35,5%

P o s i t i o n 3



47,8% / 46,8%

P o s i t i o n 4



58,8% / 62,9%

Um hier weitere Aufschlüsse gewinnen zu können, führten wir mit einer kleinen Gruppe von 50 Probanden - gezogen aus dem Gesamtkollektiv der 372 Probanden - einen weiteren Test durch, in dem - vermischt mit 9 anderen, willkürlich ausgewählten Bildern aus dem KBT II - nur das letzte Bild (Position 4) der Serie gezeigt wurde. Dabei konnte eine deutlich höhere Erkennungsrate, nämlich bezüglich

- der Kurvenschranken von 94,0 % (vorher 58,8 %)
- des Kurvenverlaufs von 96,0 % (vorher 62,9 %)

ermittelt werden.

Dies bedeutet, dass bei der Anfahrt auf die Kurve schon in Position 1 und Position 2 bei vielen Probanden eine Fixierung des Bewusstseins auf "Geradeaus-Weiter" erfolgt, die später auch durch den nun wesentlich besseren Überblick in Position 3 und 4, aber auch durch das deutlich sichtbare Signal 1.04 "Doppelkurve" nicht mehr beseitigt werden kann. Besteht eine solche Fixierung nicht - wie dies im Zusatzversuch der Fall war, in dem nur die Position 4 gezeigt wurde - lassen sich die Kurvenschranke und der Kurvenverlauf fast von allen Probanden einwandfrei identifizieren.

4. Interpretation der Ergebnisse,

Synopsis

Die Ergebnisse des ersten Teils des VSS-Forschungsauftrags 19/86 "Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Linienführung in Kurven" lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Schlussfolgerungen aus verkehrstechnischer Sicht

- (1) Unfallschwerpunkte sind häufig Kurven mit grossen Radien und kleinen Winkeln, d.h. kurzen Bogenlängen. Es wird vermutet, dass diese Kurven unterschätzt und mit überhöhter Geschwindigkeit befahren werden.
- (2) Unfälle häufen sich bei Rechtskurven im Gefälle. Bei Rechtskurven ist im allgemeinen die Einsehbarkeit bzw. Sichtweite reduziert. Im Gefälle führt die Schwerkraft zu längeren Bremswegen.
- (3) Bei einem Teil der untersuchten Kurven liegt der Schwerpunkt des Unfallgeschehens nachts, obwohl ein Teil dieser Kurven mit einer Strassenbeleuchtung ausgerüstet ist. Die Ursachen können somit sowohl in den schlechten Sichtverhältnissen nachts als auch in der Ausleuchtung selbst liegen.

Schlussfolgerungen aus wahrnehmungspsychologischer und motivationspsychologischer Sicht

- (4) Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem rechtzeitigen Erkennen des Kurvenverlaufs und der Unfallbelastung dieser Kurven: Je später die Mehrzahl der Motorfahrzeuglenker den Verlauf einer Kurve erkennt, umso mehr Unfälle ereignen sich in solchen Kurven.
- (5) Erkennen Motorfahrzeuglenker im Verlauf der Fahrt vor sich eine Kurve, so halten sie häufig Kurven mit einer objektiv hohen Unfallbelastung für weit weniger gefährlich als solche mit einer niederen Unfallbelastung.

...

- (6) Kurvenschranken wirken umso besser verhaltensregulierend, je stärker sie sich vom Hintergrund abheben. Dabei spielt sowohl die Farb-Markanz (Kontrast zwischen Signal und Hintergrund) als auch die Form-Markanz (wie hebt sich - aus der Sicht des Fahrzeuglenkers - das Signal in seiner rechteckigen Form von der geometrischen Struktur des Hintergrundes ab ?) eine gewichtige Rolle.
- (7) Im übrigen hat sich die Führung des Blickes, ausgelöst und gesteuert durch die Struktur der Kulisse der Strasse - als ein Faktor von entscheidender Bedeutung erwiesen. Stösst der Blick auf optische Barrieren, wird sowohl der Kurvenverlauf als auch die Kurvenschranke verhältnismässig früh bewußt wahrgenommen. Kann der Blick jedoch ungehindert geradeaus "weiterlaufen", kommt das Gesetz der Sensomotorik zum Tragen. Eine vorhandene und oft sogar deutlich erkennbare Kurvenschranke wird nicht gesehen ("übersehen"), das Vorhandensein einer Kurve zunächst gar nicht realisiert. Erst relativ spät bemerkt der Fahrer, - oft "überrascht" - dass es hier ja gar nicht geradeaus weitergeht. (Situations-äquivalenz).
- (8) Sind die Farb- und Form-Kontraste der Kurvenschranke ausgeprägt und wird die Blickführung durch eine entsprechend strukturierte Strassenkulisse schon von weitem zur Kurve "hingeführt", reduzieren die Motorfahrzeuglenker zumeist frühzeitig ihre Geschwindigkeit vor der Einfahrt in die Kurve. Ist dies nicht der Fall, wird die Kurve ggfs. auch die ankündigende Kurvenschranke relativ spät bemerkt und dementsprechend auch spät gebremst.

Anlage A

Anhänge

(mit Quellenhinweisen)

**Erfassung Mängel in optischer Linienführung
AUSWERTUNG VIDEOAUFNAHMEN**

Kurve Nr.:		Aufnahmedatum:	
Fahrrichtung:		Aufnahmezeit:	
☐ rechts	☐ links	Auswertung:	

- Umgebung: ☐ Ueberbaut ☐ Ueberland ☐ Wald

- Zufahrt: ☐ Kurve
 ☐ Gerade ☐ kurz (< 200-300m) ☐ lang (> 200-300m)
 ☐ flach ☐ Gefälle ☐ Steigung ☐ wechselnd

- Kurve: ☐ flach ☐ Gefälle ☐ Steigung ☐ wechselnd

- Wegfahrt: ☐ Kurve
 ☐ Gerade ☐ kurz (< 200-300m) ☐ lang (> 200-300m)
 ☐ flach ☐ Gefälle ☐ Steigung ☐ wechselnd

- Kurventyp ☐ Nr. 1 ☐ Nr. 2 ☐ Nr. 3 ☐ Nr. 4
 (gemäss Anhang): ☐ Nr. 5 ☐ Nr. 6 ☐ Nr. 7 ☐ andere

- Geschwindigkeitsbegrenzung: ☐ 80 ☐ 70 ☐ 60 ☐ 50 ☐ 40
 ☐ speziell für Kurve signalisiert
 ☐ nicht speziell für Kurve signalisiert

- Signalisierung: Gefahrensignale: ☐ Rechtskurve
 ☐ Linkskurve
 ☐ Doppelkurve r.
 ☐ Doppelkurve l.
 ☐ Zusatztafel (Text:))

Andere Signale/Wegweiser: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

- Markierung: Randlinien: Innenseite Aussenseite

 keine ☐ ☐
 teil. unterbrochen ☐ ☐
 durchgehend ☐ ☐

 Mitte: ☐ Sicherheitslinie ☐ Doppellinie
 ☐ Leitlinie ☐ keine

- Kurventafeln: ☐ Einzelpfeile ☐ Anzahl Tafeln Farbe ☐ s/w ☐ w/s
 ☐ Mehrfachpfeile ☐ Anzahl Tafeln Farbe ☐ s/w ☐ w/s

 Anordnung: ☐ verteilt ☐ gruppiert
 ☐ am Anfang
 ☐ in Mitte

- Blendlatten: ☐ Anzahl ☐ durchgehend ☐ nicht durchgehend

- Randpfosten: Innenseite Aussenseite

 keine ☐ ☐
 vereinzelt ☐ ☐
 regelmässig ☐ ☐
 verdichtet ☐ ☐

- Leitplanken: ☐ teilweise ☐ durchgehend
- Geländer/Mauer/etc.: ☐ teilweise ☐ durchgehend
- Trottoir am: ☐ Innenrand ☐ Aussenrand
- Randabschlüsse:
- | | | |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| | Innenseite | Aussenseite |
| keine | ☐ | ☐ |
| teilweise | ☐ | ☐ |
| durchgehend | ☐ | ☐ |
- Bepflanzung:
- | | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Innenseite | Aussenseite |
| keine | ☐ | ☐ |
| teilweise | ☐ | ☐ |
| mit Lücken | ☐ | ☐ |
| durchgehend | ☐ | ☐ |
| von Kurve wegführend | ☐ | ☐ |
| auf Kurve zuführend | ☐ | ☐ |
- Beleuchtung: (künstliche): ☐ ja ☐ nein
- Spiegel: ☐ ja ☐ nein
- Ein-/Ausfahrten in Kurve: ☐ auf Innenseite ☐ auf Aussenseite
- FG-Streifen in Kurve: ☐ ja ☐ nein

- Hintergrund in Kurve:
- | | |
|---------------------------------|--|
| ☐ hell | ☐ Himmel |
| ☐ mittel | ☐ Wald/Gebüsch |
| ☐ dunkel | ☐ Gebäude |
| | ☐ Wiesen/Aecker |

- Sichtbehinderungen für Fahrer:

Sichtbehinderungen in Zufahrt auf Kurve	durch	Sichtbehinderungen im Kurvenbereich selbst
☐ Nein ☐ Ja → ↓ einsehbar nur erste: ☐ 0 % ☐ 25 % ☐ 50 % ☐ 75 % ☐ teilweise Verdeckung in Mitte	☐ Gelände ☐ Gebäude ☐ Bäume ☐ Gebüsch ☐ Mais/Getreide ☐ Zäune ☐ Signale/Tafeln ☐ Kandelaber ☐ ☐	☐ Nein ☐ Ja ← ↓ einsehbar nur erste: ☐ 0 % ☐ 25 % ☐ 50 % ☐ 75 %

- Bemerkungen:

A N L A G E A

ANHANG 2

QUELLEN - HINWEISE

- (1) H. NOWAK, Experimentelle Untersuchungen über die Erkennungszeiten für Verkehrszeichen, Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Universität München 1958
- (2) A. COHEN, R. HIRSING, Feed forward Programming of car drivers'eye Movement Behavior, London 1980, und

C. FRIEDINGER, H. STUDACH, Informationsaufnahmen und Verhalten des Autofahrers beim Durchfahren von Kurven, Zürich 1982

Anlage B

Literatur-Übersicht

B 1 Titel

Überarbeitete Literatur (27. August 1987)

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit:
Verkehrssicherheit nachts
Verkehrstechnische Verbesserung an der Strassenanlage
Hrsg.: Eidgenössische Polizeiabteilung
Bern, 1980
Bibliothek: IVT Signatur: 230.2043

Biedermann, Bodo:
**Strassentrassierung auf der Grundlage von
Geschwindigkeiten aus Sehfelduntersuchungen**
Darmstadt, 1984
Bibliothek: ETH Signatur: THHA5043

Cohen, Amos:
Einflussgrössen auf das nutzbare Sehfeld
Hrsg: Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich
Unfallforschung
Bergisch Gladbach, 1984
Bibliothek ETH Signatur: TH916704:376H

Cohen, Amos und Hirsig, Rene:
**Feed forward Programming of Car Drivers' Eye Movement
Behavior: A System Theoretical Approach**
Hrsg: ARI Science Coordination Office, Europe European
Research Office, U.A. Army, London, England
Zürich, 1980
Bibliothek ETH Signatur: TH518268a:2q

Damianoff, Nicola:
**Beeinflussung und Schätzung von Fahrgeschwindigkeiten
in Kurven**
Karlsruhe, 1981
Bibliothek: ETH Signatur TH99527:1981/60H

Dilling, Jochen:
Fahrverhalten von Kraftfahrzeugen auf kurvigen Strecken
Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Strassenbau,
Bonn
In: Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 151
Karlsruhe, 1973
Bibliothek: ETH Signatur: THP26639:151

Forschungsvereinigung Automobiltechnik:
**Der Mensch als Fahrzeugführer; Informationsaufnahme und
-verarbeitung**
In: FAT-Schriftenreihe 8
Frankfurt am Main, 1977
Bibliothek: ETH Signatur: THP412826:8

Friedinger, C.:
Die situative Geschwindigkeit, ein Massstab zur Beurteilung von Kurven
Hrsg.: ETHZ, Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik
In: IVT-Bericht 8416
Zürich, 1984
Bibliothek: IVT Signatur: 000.2846

Friedinger, Christian und Studach, Herbert:
Informationsaufnahme und Verhalten des Autofahrers beim Durchfahren von Kurven
Hrsg.: ETHZ, Institut für Verhaltenswissenschaften
Zürich, 1982
Bibliothek: ETH Signatur: THP27253:15

Good, M.C.:
Road Curve Geometry and Driver Behavior
Vermont South, 1978
Bibliothek ETH Signatur: THP27253:15

Grimm, H.G. und Graf Hoyos, C:
Die Beeinflussung des Nachfahrverhaltens durch die Voranzeige des Strassenverlaufs mit Hilfe von Strassenmarkierungen
Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau
In: Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 336
Bonn-Bad Godesberg, 1981
Bibliothek: ETH Signatur: THP26639:336

Kohler, Ivo:
Vergleich der Reaktionszeiten auf Anfang und Ende desselben Wahrnehmungsereignisses
Hrsg.: Bäumler, Günther u.a.
In: Psychologische Beiträge 27,1
Meisenheim, 1985 S. 3 - 14
Bibliothek: ZB Signatur: ZUG3027

Kupke, Peter:
Simulationsexperimente zum trassenabhängigen Fahrverhalten und Überprüfen der Linienführung
Hrsg.: Institut für Strassenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe
Karlsruhe, 1977
Bibliothek: IVT Signatur: 910.0010

Lundkvist, Sven-Olof und Sorensen, Kai:
Reflection Properties of Road Markings in Vehicle Headlight Illumination
Hrsg.: National Road & Traffic Institute Linköping
In: VTI-Rapport 189A
Linköping, 1980
Bibliothek: IVT Signatur: 230.9189a

Paulmann, Gerhard und Neis, Heinz:
Die Beurteilung der Retroreflexion profilierter
Fahrbahnmarkierungen bei Dunkelheit und Nässe
In: Strassenverkehrstechnik 2
Bonn-Bad-Godesberg, 1986 S. 53 - 56
Bibliothek: Baubibliothek ETH Signatur: ORLPer.V11

Witt, Harald:
Simulationsexperimente zur Untersuchung der Wirksamkeit
von Voranzeigen des Strassenverlaufs durch Markierung
auf der Fahrbahn
München, 1975
Bibliothek: ETH Signatur: TH99086:1975/120H

Nicht überarbeitete Literatur (27. August 1987)

:

Bewertung der Fahrstreifen- und richtungsbezogenen Wegweisung

In: Schriftenreihe der BAST, Bereich U 30
, 1981

Bibliothek: Signatur:

:

Räumliches Orientierungsverhalten von Kraftfahrern

In: Forschungsbericht d. BAST, Bereich U 32
, 1979

Bibliothek: Signatur

Bedinger, Doris:

Die Informationsübertragung des Menschen bei der visuellen Längen- und Richtungswahrnehmung im peripheren und zentralen Sehfeld mit einer Untersuchung zur Rolle der Augenbewegung

Ulm, 1973

Bibliothek: Signatur:

Behrens, Christa:

Funktionsweise des fovealen Binokularsehens

Köln, 1983

Bibliothek: Signatur:

Beyrle, Hans:

Strassengestaltung und Fahrverhalten, die Bedeutung der Strassengestaltung in der Mensch-Umwelt-Interaktion für emissionsrelevantes Fahrverhalten

Augsburg, 1983

Bibliothek: Signatur:

Bredenkamp, Jürgen:

Vertraute und angenommene Grösse als Signal der Entfernungs- und Tiefenwahrnehmung

In: Archiv für Psychologie 136,2

, 1984 S. 89 - 105

Bibliothek: Signatur:

Hartmann:

Psychologisch-optische Probleme des nächtlichen Strassenverkehrs

In: KfV, Beilage für Verkehrssicherheit H11

, 1976

Bibliothek: Signatur:

Hartmann:

Sehen, Wahrnehmen und Erkennen im Strassenverkehr

In: Deutsches Autorecht 12/1976

, 1976

Bibliothek: ZB Signatur: ZTV383

Knoflacher und Schrammel:

Einfluss der Fahrbahnlängsmarkierung auf das Fahrverhalten

In: Kuratorium für Verkehrssicherheit 1/75

, 1975

Bibliothek: ZB Signatur: ZTV383

Kuckuck und Reuter:

Methodik der Aufklärung von Dunkelheitsunfällen aus rechtlicher und lichttechnischer Sicht

In: Deutsches Autorecht 10/1976

, 1976

Bibliothek: Signatur:

Lachenmayr, Bernhard:

Beeinflussung des peripheren Sehvermögens durch foveale Beanspruchung der Aufmerksamkeit

München, 1981

Bibliothek: Signatur:

Leutner:

Fahrraum und Fahrverhalten

In: ISE-Uni Karlsruhe 12/1974

, 1974

Bibliothek: Signatur:

Lukaschek:

Problem Nachtunfall-Strassenbeleuchtung

In: Kuratorium für Verkehrssicherheit 1/79

, 1979

Bibliothek: Signatur:

Moser:

Kurvenunfälle aus psychologischer Sicht

In: Der Verkehrsunfall 7+8/1978

, 1978

Bibliothek: Signatur:

Moser:

Wahrnehmungspsychologische Probleme bei der Aufklärung von Dunkelheitsunfällen

In: Der Verkehrsunfall 5/1975

, 1975

Bibliothek: Signatur:

Ruwenstroth, G., Kuller, E. und Radder, F.:
Situationsangemessene Geschwindigkeitswahl auf
Ausserortsstrassen
Hrsg.: Bundesanstalt für Strassenwesen
(in Bearbeitung),
Bibliothek: Signatur:

Schützenhöfer, Alois:
Der Einfluss der Verkehrszeichen und
Strassenausstattung auf das Verhalten des Kraftfahrers
In: Psychologie in Oesterreich 3,3
, 1983 S. 9 - 18
Bibliothek: Signatur:

Schützenhöfer, Alois:
Veränderung der Umwelt des Kraftfahrers durch
Bodenmarkierungen
Hrsg.: Herbert Janing, Erich Lösenkohl, Josef
Schofnegger, Gottfried Süssenbacher
In: Umweltpsychologie. Bewältigung neuer und
veränderter Umwelten. Bericht vom 23. Kongress des
Berufsverbandes Oesterreichischer Psychologen
Wien, 1981
Bibliothek: Signatur:

Waespe, Bruno:
Die subjektive Geschwindigkeitsempfindung während
visuell-vestibulärer Konfliktsimulationen
Zürich, 1982
Bibliothek: Signatur:

Witt:
Überprüfung der Wirksamkeit von Voranzeigen des
Strassenverlaufs durch Fahrbahnmarkierungen
In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 1/1976
, 1976
Bibliothek: Signatur:

B 2 Schlagworte

AUGE

peripheres Sehen

Friedinger, C., 1984, S. 12-15

Die Sehleistung des peripheren Sehens ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

1. je höher die zentrale Sehleistung, desto geringer die periphere Sehleistung
2. aufleuchtende hell-dunkel Kontraste werden am besten aufgenommen
3. bestimmte geometrische Figuren können die periphere Sehleistung einschränken
4. Bewegungen (besonders foveafugale) erhöhen die periphere Sehleistung

Mit dem peripheren Sehen hängt auch die Geschwindigkeitswahrnehmung zusammen, da im Fluchtpunktbereich die Geschwindigkeit kaum abgeschätzt werden kann. Im seitlichen Blickbereich hingegen nähert sich die Fluchtgeschwindigkeit der tatsächlichen Geschwindigkeit. Während der Nacht eignen sich vor allem deutliche hell-dunkel Strukturen, um die periphere Sehleistung zu erhöhen. Es wird vermutet, dass beim Fahren die Orientierung vor allem peripher erfolgt (bei erfahrenen Automobilisten verlagert sich der Fixationspunkt über den Horizont).

Blickverhalten

Einflussfaktoren

Dilling, Jochen, 1973, S. 25

Es konnte nachgewiesen werden:

1. Das Blickverhalten ist individuell geprägt, wobei Fahrpraxis und Fahrstil eine Rolle spielen
2. Bei fast allen Fahrern dominiert die Richtungsorientierung (fixierte Stelle weiter als 90 m). Bei geübten Fahrern steigt der Anteil der Richtungsorientierung an der Gesamtorientierung.
3. Das Fehlen von Fixationen im Nahbereich bei überwiegender Richtungsorientierung zeigt, dass das Spurverhalten des Fahrzeuges über das periphere Sehen kontrolliert wird.
4. Häufiges Abschweifen des Blickes in den Nahbereich kennzeichnet Unsicherheit des Fahrers und geringe Fahrerfahrung.
5. Das Überwiegen der Richtungsorientierung und die dabei beobachteten langen Fixationszeiten lassen den Schluss zu, dass für einen sicheren Fahrverlauf eine hohe Redundanz der angebotenen Information über die Streckenführung notwendig ist. Der Fahrer muss in seiner Informationsaufnahme immer wieder bestätigt werden, um sich situationsgerecht verhalten zu können.

Blickverhalten

Experiment

Cohen, Amos und Hirsig, Rene, 1980

Untersucht wurde das Blickverhalten in Rechts- und Linkskurven. Bei der Ermittlung der Fixationszeiten konnte man feststellen, dass diese im Durchschnitt 0,37 s betrug, wobei die Linkskurven minimal höhere Werte aufwies. In einer weiteren Untersuchung ermittelte man die durchschnittlichen Winkelabstände zweier Fixationen ('saccade amplitude'). Der Durchschnitt hier beträgt 4,41°, wobei auch hier die Linkskurve grössere Werte aufwies, als die Rechtskurve (5.09° bzw- 3.68°). Beim Befahren der Kurven lag der gemittelte Fixationspunkt immer auf der Aussenseite der Kurve. In vertikaler Richtung zeigt sich, dass der Fixationsschwerpunkt bei Linkskurven 0.65° über dem Fluchtpunkt der Strasse, bei Rechtskurven 1.44° unter dem Fluchtpunkt liegt. Dieses Resultat zeigt, dass man bei Rechtskurven offenbar mehr naheliegende Objekte fixiert.

Geschwindigkeit

Beschilderung

Damianoff, Nicola, 1981, S. 52 - 91

Anhand von acht Messstrecken wurde der Einfluss von Verkehrszeichen auf das Fahrverhalten, insbesondere auf die Geschwindigkeit überprüft. Der Versuch wurde so aufgebaut, dass zuerst in einer 1. Vorhermessung die Geschwindigkeiten ohne Beschilderung erfasst wurden. Anschliessend wurden ein oder zwei Nachhermessungen durchgeführt, in denen der Einfluss der Beschilderung ermittelt werden konnte. Es hat sich nun dabei gezeigt, dass die Beschilderung einer Strecke einen positiven Einfluss auf die Geschwindigkeitswahl nimmt. Bei diesem Versuch ergaben vor allem die drei Zeichen "Kurve", "Höchstgeschwindigkeit 70 km/h" und Richtungstafeln (Kurvenschranken) gute Ergebnisse. Die Kurvenschranken wiesen dabei den besten Einfluss auf das Fahrverhalten auf. Besonders günstig waren auch Kombinationen von diesen Zeichen. Das beste Ergebnis hat dabei die Kombination Kurvenschranke-"Kurve". Bei der 50 %-Geschwindigkeit betrug die mittlere Geschwindigkeitsverminderung zur Vorhermessung 8.1 km/h bei der 85%-Geschwindigkeit 12.4 km/h.

Geschwindigkeit

Nacht

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1980 S. 27

Während der Nacht sind die Geschwindigkeiten in Kurven meistens höher. Vor allem Kurven mit grösseren Radien werden in der Nacht im allgemeinen schneller befahren als am Tag. In Linkskurven sind die Tag-Nacht-Differenzen grösser.

Informationsaufnahme

Sehfeld

Cohen, Amos, 1984, S. 238 - 242

Das nutzbare Sehfeld variiert etwa zwischen 6° und 10°, wobei erfahrene Automobilisten einen grösseren Wahrnehmungsbereich aufweisen als Anfänger. Ziel des Strassenplaners soll nun sein, entlang einer Strasse die Fixationsschwerpunkte zu bestimmen. Die Bestimmung solcher Fixationsschwerpunkte erlaubt einem dann eine gezielte Strassensignalisation vorzunehmen. Ganz allgemein kann man feststellen, dass bei geradlinigen Strecken der Fixationspunkt etwas unterhalb dem Fluchtpunkt der Strasse liegt. In der Rechtskurve liegt der Fixationsschwerpunkt am rechten Strassenrand, in der Linkskurve wird die ganze Strassenbreite in Anspruch genommen. Strassensignale sollen Kontraste zum Hintergrund bilden.

Kurvenfahrt

Heranfahrt

Friedinger, C., 1984, S. 6 - 7

Die Heranfahrt an die Kurve wird in drei Phasen aufgeteilt. In einer ersten Phase wird das ganze Wahrnehmungssystem aktiviert. Diese Aktivierung geschieht entweder durch einen Informationsmangel, (weiterer Verlauf der Kurve oder Strecke nicht sichtbar) oder einen Informationsfluss (Kurve "zeigt sich", Bildstrukturveränderungen im peripheren Sehbereich). In der zweiten Phase erfolgt eine Informationsaufnahme durch eine Folge von Fixationen, die dem Strassenverlauf folgen. Die dritte Phase ist die eigentliche Reaktionsphase: Zurücknahme des Gaspedals, Umgreifen des Lenkrades etc. Die periphere Informationsaufnahme in der Phase 1 ist von vielen Faktoren (Sichtbedingungen, andere Verkehrsteilnehmer, andere Objekte) abhängig.

Kurvengeschwindigkeit

situative Geschwindigkeit

Friedinger, C., 1984, S. 42-44

Die situative Geschwindigkeit ist ein Mass für das Geschwindigkeitsverhalten, bei dem der Einfluss der variablen Verkehrssituation, also die Behinderung der freien Fahrt und das individuelle Geschwindigkeitsverhalten weitgehend eliminiert wird.

Die situative Geschwindigkeit und ihre Streuung sollte den Einfluss eines bestimmten Streckenabschnittes auf die Geschwindigkeit aufzeigen. Zeigen sich große Streuungen so erkennt man daraus, dass der betreffende Streckenabschnitt nicht mehr den Erwartungen des Fahrers entspricht, und der Fahrer an seinem gewohnten Fahrstil Korrekturen anbringen muss. Eine Strasse ist dann sicher, wenn die Strecke in ihrer Linienführung homogen und so gestaltet ist, dass sich mehrheitlich eine affine Fahrweise einstellt, d.h. jedem Fahrer soll ermöglicht werden seine Geschwindigkeit beizubehalten.

Kurvigkeit

Fixationszeiten

Dilling, Jochen, 1973, S. 22

In jenen Untersuchungen hatte man festgestellt, dass die Fixationszeiten mit der Sichtweite variieren. Je grösser die Sichtweite desto grösser sich auch die Fixationszeiten. Bei unübersichtlichen Kurven sind die Fixationszeiten kürzer. Diese kürzeren Fixationszeiten entstehen vor allem durch die Drehung des Fahrzeuges, wodurch die Blickrichtung ständig angepasst werden muss. Beim Befahren der Kurve tastet der Blick fortwährend den Kurvenverlauf ab, bei stark eingeschränkter Sicht immer der Sichtgrenze entlang.

Leiteinrichtungen

Nacht

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1980, S 37-38

Vorschläge für eine möglichst optimale Anwendung der Leiteinrichtungen:

1. Anordnung von Rand- und Mittellinien, daraus ergibt sich eine bessere Spurtreue
2. in Kurven mit kleinen Radien sollten mehr Leitpfosten sichtbar sein als in Kurven mit grösseren Radien
3. zu prüfen wäre eine Anordnung unterbrochener Randlinien in Kurven
4. in Rechtskurven dickere Randmarkierung, so dass der Abstand der Fahrzeuge zur Mittellinie größer wird
5. Vergrößerung der Rückstrahler von Leitpfosten in Kurven ohne Kurvenschranken
6. der Wendebereich zweier direkt angeschlossener Kurven sollte durch eine durchgehende Sicherheitslinie markiert werden
7. reflektierende Kurvenschranken am Anfang der Kurve, in der Kurve selbst nichtreflektierende Kurvenschranken

Markierung

Reflektionseigenschaften

Paulmann, Gerhard und Neis, Heinz, 1986, S 53-56

Untersucht wurden verschiedene Arten von neuartigen Fahrbahnmarkierungen, die vor allem während der Nacht und auf nassen Fahrbahnen bessere Reflektionseigenschaften aufweisen sollten. Am besten schnitten dabei diejenigen Markierungen ab, die ein reflektierendes Profil aufweisen. Kommt dazu, dass solche profilierten Markierungen beim Überfahren ein Geräusch verursachen. Diese Markierungsform ist vor allem dort angebracht, wo die Gefahr des Abkommens von der Fahrbahn bei Nacht und Nässe besonders gross ist.

Optische Linienführung

Nacht

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1980, S. 22-23

Bei Nachtfahrten treten die folgenden Erschwernisse auf:

1. Die optische Wirkung ist stark eingeschränkt, dafür treten einzelne Merkmale stärker hervor (optische Dominante), so dass die Fixationszeiten (und somit die Reaktionszeiten) sich verdoppeln.
2. Bei Blendung durch den Gegenverkehr erhöht sich die Adaptionszeit.
3. Es fehlen die Bezugsdistanzen, was das Abschätzen von Distanzen erschwert.
4. Die Sichtweiten in den Kurven sind infolge der Scheinwerfergeometrie verkürzt.
5. Die eingeschränkten visuellen Empfindungen werden teilweise durch andere Empfindungen kompensiert (Querbeschleunigung, Querruck etc.)

Periphere Sehleistung

Experiment

Forschungsvereinigung Automobiltechnik, 1977, S. 98-146

Es ist bekannt, dass die periphere Sehleistung direkt mit der Grösse des Fixationsfeldes zusammenhängt. Je kleiner das Fixationsfeld desto grösser wird das nutzbare Sehfeld. Das stark eingeeengte Fixationsfeld ermöglicht die weitgehende parallele Aufnahme von Informationen, während bei einem ausgedehnten Fixationsfeld die Informationsaufnahmen seriell erfolgt.

Ziel des Experimentes ist es nun, einen Zusammenhang zwischen peripherer Sehleistung und der Belastung des Fahrers zu untersuchen. Mit Hilfe einer speziellen Vorrichtung wurden die Detektionsrate von binären Lichtreizen gemessen, die den Versuchspersonen in einer zur Sehachse konstanten Winkellage dargeboten wurden. Diese Raten wurden mit verschiedenen Belastungsanforderungen verglichen. Es zeigt sich, dass mit zunehmender Belastung (z.B. Kreuzen von Strassen, Kopfrechnen etc.) das nutzbare Sehfeld immer stärker eingeeengt wurde. Daraus folgt, dass gerade in kritischen Situationen über die erhöhte Informationen zunehmend übersehen werden. Relevante Informationen sind deshalb aus der Peripherie in das überschaubare Blickfeld des Fahrzeugführers zu verlagern oder genügend auffällig zu kennzeichnen (z.B. Blinkbeleuchtung von Verkehrszeichen).

Randmarkierung

Fahrverhalten

Grimm, H.G. und Graf Hoyos, C., 1981, S. 81

Getestet wurde eine neue Art von Randmarkierungen, die im Gegensatz zu den bisherigen nicht mehr durchgezogen waren, sondern unterbrochen. Dabei variierte die Länge der rechten Randmarkierung mit dem Strassenverlauf. Mit kleinerem Kurvenradius wurden auch die Markierungslängen kleiner, wobei diese Voranzeigen schon 70 m vor der Kurve begonnen hatten. Untersuchungen von freifahrenden Fahrzeugen haben nun gezeigt, dass

- die Spurhaltung von Kurven genauer war
- das Lenkrad gleichmässiger und ruhiger betätigt wurde
- die Fahrzeuggeschwindigkeit besser dem Strassenverlauf angepasst war, d.h. vor und in Kurven wurde langsamer, auf Geraden schneller gefahren
- die Anpassung der Geschwindigkeit rechtzeitig vor der Kurve erfolgte.

Randmarkierung

Nachfahrverhalten

Grimm, H.G. und Graf Hoyos, C., 1981, S. 107

Auch für das Nachfahrverhalten mit unterbrochener rechter Randmarkierung sind die Versuchsergebnisse sehr günstig. Es ist zu erwarten, dass die Zahl der Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn, als auch die Auffahrunfälle sich verringern. Zwar zeigt sich, dass die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Kurve und gerader Strecke grösser ist, als bei Fahrten ohne entsprechender Randmarkierung, und dadurch die Annäherungsgeschwindigkeit des nachfahrenden Fahrzeuges grösser wurde. Allerdings war das Fahren weniger belastend.

Verallgemeinernd kann aber doch festgestellt werden, dass durch diese Art von Randmarkierung Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten positiv beeinflusst werden.

Randmarkierung

Voranzeige (Einführung)

Witt, Harald, 1975, S. 25-32

Die Überlegung geht darauf hinaus, dass man mit Hilfe von neuartigen Strassenmarkierungen den Strassenverlauf voranzueigen möchte. Es spricht nun aber einiges dafür, die Voranzeige nicht in die Fahrbahnmitte, das heisst im zentralen Gesichtsfeld anzubringen, sondern am Fahrbahnrand. Hier kann nämlich durch die verschiedenen Frequenzen die Empfindlichkeit des peripheren Sehbereiches für die Wahrnehmung der Geschwindigkeit genutzt werden. Der Fahrbahnrand übernimmt aber auch wichtige Leitfunktionen, das heisst die Randmarkierung muss so gestaltet werden, dass einerseits ihre Leitfunktion gewahrt bleibt, andererseits aber Einfluss auf die Geschwindigkeitswahrnehmung nimmt. Aufgrund dieser Prämissen entschied man sich für eine Randmarkierung mit unterschiedlichen Strichlängen. Je grösser der Kurvenradius, desto grösser die Stricklängen (Einteilung in sechs Klassen).

Randmarkierung

Voranzeige (Ergebnisse)

Witt, Harald, 1975, S. 87-105

Die besten Ergebnisse wurden erzielt, wenn die unterbrochene Randmarkierung (vgl. Witt S. 25-32) etwa 75 m vor der Kurve begonnen hatte.

Folgende Ergebnisse konnten festgestellt werden:

1. Die Genauigkeit der Spurhaltung vor engen Kurven wird verbessert, für die übrigen Teile der Strecke gibt es eine Tendenz zur genaueren Spurhaltung.
2. Die Lenkradbewegungen sind gleichmässiger und langsamer; (die Betätigung des Bremspedals konnte nicht analysiert werden).
3. Die Geschwindigkeit variiert stärker. Sie wird rechtzeitig vor Kurven reduziert. Die Durchschnittsgeschwindigkeit bleibt unverändert.
4. Die Beanspruchung des Fahrers wird nicht verändert.

Reaktionszeit

Experiment

Kohler, Ivo, 1985, S. 3-14

Untersucht wurden sogenannte "on-", "off-" Reaktionszeiten. Das Experiment bestand darin, auf ein Signal zu reagieren und zwar sowohl auf Signalbeginn als auch Signalende. Es zeigte sich eindeutig, dass die Reaktionszeiten auf Signalbeginn besser waren als auf Signalende (Onzeiten besser als Offzeiten).

Retina

Exzentrizität

Cohen, Amos, 1984, S. 111-116

Das Experiment (vgl. Cohen Amos, 1984, S. 79-90) zeigt je weiter aussen das Signal von der Retina aufgenommen wurde, desto länger betrug die Reaktionszeit. Im weiteren wurden die Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Hintergrundbeleuchtung untersucht. Unterschiede entstanden nur bei extremen Hintergrundverhältnissen (tiefer Schatten, Himmel). Bei tiefen Schatten waren die Reaktionszeiten kürzer als bei hellem Himmel. Bei mittleren Leuchtstärken sind die Reaktionszeitunterschiede nicht signifikant.

Sehleistung

Reaktionszeit

Cohen, Amos, 1984, S. 75-78

Die Reaktionszeit kann als Mass für die Sehleistung gebraucht werden. Experimente haben beispielsweise gezeigt, dass die Reaktionszeiten mit zunehmender Reizintensität verkürzt werden (immer unter der Voraussetzung, dass die anderen involvierten Variablen konstant gehalten werden). Die Reaktionszeit verhält sich auch umgekehrt proportional zum Auflösungsvermögen der entsprechenden Netzhautstelle.

Sehleistung während der Autofahrt

Experiment

Cohen, Amos, 1984, S. 79-90

Während einer Versuchsfahrt mussten verschiedene Personen auf zufällig aufleuchtende Lichter, die an der Windschutzscheibe angebracht waren, reagieren. Dabei wurden Blickverhalten, momentane Umwelt- und Verkehrssituation sowie der motorische Output registriert. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass man den Teil der Retina lokalisieren konnte, wo der Reiz der Leuchtdioden auftrat. Dieses Experiment ist Grundlage verschiedener Auswertungen.

Sicht

Nacht

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1980, S. 31-35

Während der Nacht sind die Sichtweiten deutlich kleiner als bei Tag. Dies gilt vor allem für Kurven mit kleinen Radien. Darüber hinaus sind die Sichtweiten auch abhängig vom eingeschalteten Autolicht:

Im Zufahrtsbereich sind die Sichtweiten mit Fernlicht grösser als mit Abblendlicht. In der Kurve selbst erzielt das Abblendlicht geringfügig bessere Resultate. Es wird auch unterschieden zwischen einer notwendigen Sicht (=Distanz, die zum Anhalten erforderlich ist) und einer vorhandenen Sicht. Die vorhandene Sicht ist nur gerade in einem Fall grösser als die notwendige Sicht: Nämlich bei eingeschaltetem Fernlicht auf geraden Strecken.

Optische Dominaten sind alle jene Elemente, welche unter dem Streulicht des Scheinwerfers dominieren. Beim Erkennen der Kurve sind vor allem Leitpfosten und reflektierende Kurvenschranken von Bedeutung.

Horizontale Markierungen sowie Wald- und Böschungsverlauf sind im Fernbereich nicht sichtbar. In der Kurve selbst dominieren folgende Elemente der Reihe nach:

Rechtskurve: 1. Leitpfosten,
2. Kurvenschranken,
3. Mittellinie,
4. linke Randlinie,
5. rechte Randlinie.

Linkskurve: 1. rechte Randlinie,
2. Kurvenschranken,
3. Leitpfosten und Mittellinie,
4. linke Randlinie.

Strassenmarkierung

Reflektionseigenschaften

Lundkvist, Sven-Olof und Sorensen, Kai, 1980,
S. 1-37

Untersuchungen über die Reflektionseigenschaften von Strassenmarkierungen haben ergeben, dass die besten Resultate dann erzielt werden, wenn die Augenhöhe des Fahrers möglichst tief gelegen ist. Im weiteren wurden verschiedene reflektierende Materialien untersucht. Die besten Reflektionseigenschaften erzielte dabei ein sogenanntes '3M Scotchlane'. Es handelt sich dabei um ein Material mit aufgetragenen Mikrokügelchen ('drop-on micro-pearls').

Theoretische Geschwindigkeit

Sichtweite

Biedermann, Bodo, 1984, S. 61-109

Es geht hier um eine neue Methode zur rechnerischen Erfassung des Geschwindigkeitsverlaufes eines bestimmten Strassenabschnittes. Grundlage dazu bildet die direkte visuelle Wahrnehmung. Die hier wichtige Grösse ist die sichtbare Fahrbahnfläche und der dazugehörige Sehwinkel. Man geht dabei von der Annahme aus, dass mit zunehmender Geschwindigkeit der Sehwinkel verkleinert wird, das heisst man versucht aus der Grösse des Sehwinkels direkt auf die Geschwindigkeit zu schliessen. Dem Sehwinkel selbst ordnet man dabei für diese Berechnungen genau diejenige Grösse zu, dass dieser immer den gleichen Anteil der Fahrbahnfläche einschliesst. Die Überprüfung dieser Annahme ergab vorerst eine unzureichende Übereinstimmung mit den wirklich gefahrenen Geschwindigkeiten. Erst die Einbeziehung zurückliegender Sequenzen von Sehwinkeln ergab eine ausserordentlich gute Übereinstimmung mit derjenigen Geschwindigkeit, die von 85 % unbehindert fahrender Pkw auf nasser Fahrbahn nicht überschritten wird. Konkret hiesse dies, dass etwa fünf zurückliegende Sequenzen verteilt auf die letzten befahrenen 100 m und die direkte aktuelle, sichtbare Sequenz (der Fixationspunkt befindet sich etwa 3 sec vor dem Fahrer) in die Rechnung miteinbezogen werden. Daraus ergibt sich die untenstehende Formel für die theoretische Geschwindigkeit. Die Bedeutung dieser Formel liegt vor allem in der Möglichkeit, mit Hilfe von Computerperspektivbildern den Geschwindigkeitsverlauf einer projektierten Strasse im voraus zu erfassen.

$$V_{85\%, \text{ nass}} \approx V_{\text{theoretisch}}$$

$$= 62.03 + \frac{78.56 \sum_{j=1}^6 j}{\sum_{j=1}^6 j W_j}$$

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ die fünf zurückliegenden Sequenzen

$j = 6$ die aktuelle Sequenz

W_n Schwinkel der n. Sequenz

Wahrnehmung

Grundsätzliches

Kupke, Peter, 1977, S. 21

Das Bewusstsein selbst hat nur eine bedingte Aufnahmefähigkeit, Informationen müssen deshalb auch auf der Ebene des Unterbewusstseins wahrgenommen werden. Informationen müssen frühzeitig und eindeutig wahrgenommen werden können.

Wahrnehmung

Kurvenfahrt

Friedinger, Christian und Studach, Herbert,
1982, S. 8-17

Während der Autofahrt richtet sich der Fixationspunkt immer an einen möglichst ruhenden Punkt, bei gerader Strecke meist der Fluchtpunkt. Das foveale Sehen setzt voraus, dass der Fixationspunkt sich nicht zu stark bewegt. Die Grenze liegt dabei 30°/sec. Bei einer Kurvenfahrt verlagert sich der Fluchtpunkt auf die Kurveninnenseite. Es zeigt sich, dass diese Fahrbahnbegrenzung eine doppelte Funktion aufweist: Einerseits handelt es sich um ein Führungselement, andererseits um eine optische Schranke. Genau diese Barrierenfunktion führt nun dazu, dass der Scheitelpunkt einer Kurve nicht optimal erfasst werden kann. Bei Linkskurven zeigt sich, dass durch die Betonung der Fahrbahnmitte, der Fahrer eher dazu neigt, die Mittellinie zu überfahren, hingegen durch die Betonung der rechten Fahrbahnbegrenzung weit bessere Resultate erzielt werden. Auch optische Leitschranken wirken sich positiv aus.

Leit- und Barrierenfunktion der Markierung sollen in einer möglichst idealen Kombination zum Tragen kommen.

Wahrnehmung

Kurvenfahrt

Friedinger, Christian und Studach, Herbert, 1982,
S. 59-61

Kommt eine Kurve in den Sichtbereich, so springt der Fixationspunkt an den entfernteren Teil der Kurve. Der Fixationspunkt erfährt etwa 1 bis 3 mal eine sprunghafte Anpassung. Die Fixationsdauer selbst beträgt etwa 0,4- 0,7 sec und liegt somit über dem Durchschnitt von 0,3 sec.

Wahrnehmung

Kurvenfahrt

Friedinger, Christian und Studach, Herbert, 1982,
S. 61-64

Bei der Kurvenfahrt selbst muss unterschieden werden zwischen Rechts- und Linkskurve. Bei der Rechtskurve verteilt sich die Fixationszeit hauptsächlich auf die rechte Randlinie. Die Fixation selbst geschieht so, dass der Fahrer einen bestimmten Punkt fixiert und ihn dann langsam näher kommen lässt und später wieder einen neuen Punkt fixiert. Bei der Linkskurve konzentrieren sich die Fixationszeiten hauptsächlich auf die Mittellinie. Eine Abbildung über Fixationsschwerpunkte findet man auf S. 73.

Wahrnehmung

Markierung

Friedinger, Christian und Studach, Herbert, 1982,
S. 68-73

Die Art und Weise wie eine Kurve befahren wird richtet sich nach der wahrgenommenen Perspektive. Der Fahrer richtet sich dabei vor allem nach den Markierungen. Aus dieser Tatsache heraus ist darauf zu achten, dass die Randmarkierungen in einwandfreiem Zustand sind. Dies gilt auch für die Aussenmarkierung von Linkskurven, da sich der Fahrer oft auch an dieser orientiert (vor allem in Linkskurven mit grösseren Radien). Höhere Unfallzahlen weisen auch Kurven auf, die als breiter, näher oder sichtbarer wahrgenommen werden. Im weiteren wird darauf hingewiesen, dass Fahrer oft Lenkkorrekturen anbringen müssen, die oft zu erhöhten Querbeschleunigungswerten führen.