

Strassensignalisations- dichte Hauptversuch

**Densité de la signalisation des routes
Enquête principale**

**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**

**Institut für Verhaltenswissenschaft der Eidgenössischen
Technischen Hochschule Zürich:
Prof. Dr. H. Zeier**

**Forschungsauftrag 19/87 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)**

Oktober 1990

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Vorwort	1
----------------	----------

Einleitung

1. Ausgangslage	2
1.1 Allgemeines	2
1.2 Stand der Forschung	4
1.3 Untersuchungen aus jüngster Zeit	11
2. Zielsetzung	12

Methodisches Vorgehen

1. Eingesetzte Messmethoden	13
1.1 Fahrtechnische Parameter	13
1.2 Psychophysiologische Parameter	14
2. Arbeitsschritte	18
3. Untersuchungsstrecke	19
3.1 Streckenauswahl	19
3.2 Streckenbeschreibung	21
3.3 Verkehrsgeschehen auf der Untersuchungsstrecke	23
3.4 Streckenkataster	24
4. Versuchspersonen	25
4.1 Selektion der Probanden	26
4.2 Beschreibung der auswertbaren Stichproben	28

...

Auswertung

1. Datenmenge	29
2. Signalhäufigkeit	30
2.1 Vergleichsstrecke "Ohne"	30
2.2 Ausserortsstrecke "Mit"	30
2.3 Innerortsstrecke "Mit"	30
2.4 Stadtstrecke "Mit"	31
3. Fahrstile	32
4. Psychophysiologische Messlatte	33
5. Randbedingungen	37
5.1 Verkehrsabläufe	37
5.2 Anpassung an die ungewohnte Testsituation	40

Ergebnisse

1. Ausserortsstrecke mit Signalen	43
2. Innerortsstrecke mit Signalen	58
3. Stadtstrecke mit Signalen	90

Konsequenzen 98

Anlage 1	100
2	109
3	111
4	114
5	117

Literatur 121

VORWORT

Mit diesem Schlussbericht wird ein Forschungsauftrag abgeschlossen, der aufgrund vielfältiger Messungen und Beobachtungen in eine Reihe von konkreten Empfehlungen für eine menschengerechte, im erwünschten Sinn wirkungsvolle, d. h. verhaltensregulierende Strassen-signalisation ausmündet.

Sein Entstehen war nur möglich gewesen durch ein ausserordentlich speditives, interdisziplinäres Zusammenwirken verschiedener Forschungsstellen. Im einzelnen waren beteiligt das

- **Institut für Angewandte Psychologie**
(Projektleitung Doz. F. W. Hürlimann und
Prof. Dr. Dr. B. von Hebenstreit,
Gesamtkoordination aller Arbeiten
Lic. phil. H. Jöri)
- **Institut für Verhaltenswissenschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich**
(Projektleitung Prof. Dr. H. Zeier)
- **Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich**
(Projektleitung H. P. Lindemann, Dipl.Ing. ETH)

Besonderer Dank gebührt auch Frau R. Hopp von der TÜV Akademie Bayern, welche nicht nur für die Konzeption der statistischen Auswertung verantwortlich zeichnet sondern auch massgeblich an der Zusammenstellung des Schlussberichtes beteiligt war.

...

EINLEITUNG

1. AUSGANGSLAGE

1.1 Allgemeines

Im heutigen Strassenverkehr begegnen sich eine Vielzahl von Verkehrsteilnehmern mit recht unterschiedlichen Fortbewegungsmitteln und Fortbewegungsgeschwindigkeiten. Um dabei ohne allzu grosse gegenseitige Behinderungen und ohne Unfälle durchzukommen, bedarf es gewisser "Spielregeln". Diese sind im Strassenverkehrsrecht festgelegt. Durch die Verkehrsregeln wird die individuelle Freiheit des Einzelnen zwar eingeschränkt, aber andererseits ein möglichst sicheres Vorankommen aller Verkehrsteilnehmer gewährleistet. Dabei gilt für das Ausmass solcher restriktiven Vorschriften für den Gesetzgeber als oberste Maxime der Grundsatz "Soweit als nötig - so wenig als möglich".

Eines der Mittel für die Regelung der Verkehrsabläufe sind die Verkehrssignale. Sie "signalisieren" dem Verkehrsteilnehmer, wie er sich jetzt und an dieser Stelle zu verhalten hat (Soll-Verhalten), damit er den folgenden Strassenabschnitt sicher passieren kann. Unter den Verkehrssignalen befinden sich einige wenige, die sich an Fussgänger, Velofahrer oder Reiter richten. Die Mehrzahl der Signale ist jedoch für die Motorfahrzeuglenker bestimmt.

Gerade bezüglich der Signale für die letztgenannte Gruppe macht sich heute vielerorts ein allgemeines Unbehagen breit. Man stellt nämlich in zunehmendem Masse fest, dass das tatsächliche Verhalten der Motorfahrzeuglenker (das Ist-Verhalten) an Stellen mit Verkehrssignalen häufig vom signalisierten Soll-Verhalten abweicht. Ja, man findet da und dort gelegentlich sogar Signale und Signalkombinationen, die

...

falsches Verhalten direkt provozieren (vgl.hierzu Anlage 1).

Die Diskrepanz zwischen dem erwünschten Soll-Verhalten und dem tatsächlich gegebenen Ist-Verhalten macht heute eindrücklich deutlich, dass auch die Verkehrssignale menschengerecht zu gestalten und anzubringen sind: dass es also - mit einem an sich aus der Arbeitswelt stammenden Begriff ausgedrückt - noch intensiver Bemühungen um die Humanisierung der Verkehrssignalisation im Sinne einer Anpassung dieser Signalisation an die Möglichkeiten und Grenzen der Motorfahrzeuglenker bedarf.

1.2 Stand der Forschung

Bei dieser Sachlage ist zunächst zu fragen, ob und inwieweit zu der vorliegenden Fragestellung bereits einschlägige wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt wurden. Und tatsächlich findet man in der Literatur schon seit dem Jahr 1913 (1) immer wieder da und dort Berichte über derartige Untersuchungen. Einen Überblick über den Inhalt jener Veröffentlichungen, die zur Zeit der "Hochkonjunktur" des motorischen Strassenverkehrs entstanden sind, gibt die nachfolgende Übersicht. Die den verschiedenen Sachverhalten in Klammern beigefügten und mit dem Buchstaben L versehenen Ziffern verweisen auf die im Literaturverzeichnis unter (2) aufgegliederten speziellen Quellen.

...

(1) Zur Wahrnehmbarkeit von Verkehrssignalen

Wie gut Verkehrssignale wahrnehmbar sind, hängt ab vom Standort, von der Grösse, der Farbe und Form (L1), aber auch ihrer "Eindeutigkeit" (L2). Darüber hinaus können bestimmte Verkehrszeichen-Kombinationen verwirrend wirken (L3). Schliesslich liess sich experimentell nachweisen, dass der Prozentsatz der Verkennungen von Informationen durch Verkehrssignale in Abhängigkeit von der Zunahme der dargebotenen Zeichen mit dem Anwachsen der Informationsmenge deutlich und stark ansteigt (L4).

(2) Einstellung der Motorfahrzeuglenker zu den Verkehrssignalen

Standardisierte Befragungen (L5 und L6) ergaben, dass etwa jeder vierte Automobilist die Anzahl der Verkehrssignale als zu gross empfindet (38 % dieser Personengruppe insbesondere die Zahl der Verbotsschilder) und dass die Fahrweise der anderen Verkehrsteilnehmer eine grössere verhaltenssteuernde Wirkung hat als die Verkehrssignale, ja sogar auch als die allgemeinen Verkehrsregeln. In einer ausgewählten Stichprobe geben zudem 56 % der Befragten an, dass bewusstes Abweichen vom vorgeschriebenen Soll-Verhalten (also bewusstes Verstossen gegen die gesetzlich vorgeschriebene Regelung) durchaus positive Folgen haben kann.

(3) Die Auffassungsfähigkeit der Motorfahrzeuglenker

Die Informationsmenge, die beim Befahren einer Strasse mit einem Motorfahrzeug auf den Lenker einströmt, überschreitet nach Auffassung zahlreicher Autoren (z.B. L3, L7, L8) häufig die Kapazität seiner Informationsverarbeitung. In Laborversuchen wurde über Messungen der Reaktionszeit bei kurzfristiger Signaldarbietung sogar nachgewiesen, dass die Grenzen der visuellen Erfassbarkeit von Verkehrszeichen in der Regel bei zwei gleichzeitig dargebotenen Zeichen liegt (L11).

(4) Bedeutung und Sinn der Verkehrssignale

In Feldexperimenten (L12, L13) wurde nachgewiesen, dass die Registrierung eines Verkehrssignals durch den Motorfahrzeuglenker auch davon abhängt, welchen Sinn und welchen Informationsgehalt er diesen Zeichen für die jeweilige Verkehrssituation beimisst. Eine detaillierte Untersuchung zur Erkennungshierarchie von Verkehrssignalen ergab, (L1) dass 90,7 % aller Richtzeichen* (wobei auch innerhalb dieser Zeichengruppe der Erkennungsprozentsatz wiederum in Abhängigkeit von der Aussage der Zeichen variierte), jedoch durchschnittlich nur 72,3 % aller Gefahrenzeichen registriert werden. Wird der Verkehrszeicheninhalt als eine Reglementierung empfunden, deren Sinn dem Motorfahrzeuglenker nicht einsehbar ist, so bleibt das Signal zumeist unbeachtet.

Diese Ergebnisse werden durch Befragungen gestützt (L6), in denen jeder Zweite angab, sich auch in einer übersichtlichen freien Verkehrssituation an die Vorfahrtstafeln zu halten, während ein hoher Prozentsatz der Befragten eingestand, die Geschwindigkeitsregelungen zu missachten. An Kurven mit Kurven- und Geschwindigkeitsbeschränkungssignalen werden im übrigen (L14) höhere gefahrene Geschwindigkeiten gemessen, als bei etwa gleichen, jedoch unbeschilderten Kurven. Schliesslich wurde festgestellt (L8), dass mit zunehmender Fahrpraxis jene Verkehrszeichen immer weniger bemerkt werden, die dem Fahrzeuglenker häufig begegnen, ohne dass die dazugehörige Situation auf- bzw. eintritt.

(5) Die Rolle der Aufmerksamkeit

Wird im Experiment die Aufmerksamkeit gezielt auf die Wahrnehmung der Verkehrssignale gelenkt, werden deutlich mehr Signale registriert, als wenn noch Nebenaufgaben zu erledigen sind (L12, L15, L16), Ist - bei Feldexperimenten - der Informations-

(*) Richtzeichen = Hinweiszeichen

strom aus der Umgebung sehr gross - in Einkaufsvierteln höher als in Wohngebieten - so verringert sich die Menge der Aufmerksamkeit, die auf die Registrierung von Verkehrssignalen

verwendet werden kann (L15). Verändert man den experimentellen Aufbau dahingehend, dass die Fahrer nur die für ihr Fahrverhalten relevanten Zeichen registrieren sollen, zeigt sich einerseits, dass dann nur noch 27 % der an der Strecke aufgestellten Zeichen beachtet werden müssen, dass aber andererseits dieses "bewusste" Heraussuchen der Signale die Fahrzeuglenker in ihrer "normalen" Fahrtätigkeit beeinträchtigt (L9).

(6) Individuelle Unterschiede

Hinsichtlich der Aufnahmekapazität bzw. des Umfangs der bewusst verarbeiteten Informationsmenge, also der Menge der registrierten Verkehrszeichen bestehen erhebliche individuelle Unterschiede (L4, L7, L12, L15, L17 bis L20). Insbesondere registrieren im Laborexperiment erfahrene Lenker einen höheren Prozentsatz an Verkehrszeichen (L4), während nichtprofessionelle, mit der befahrenen Strecke nicht vertraute Motorfahrzeuglenker im Feldexperiment sich häufiger und richtiger an die dort aufgestellten Signale erinnern als ortskundige routinierte Fahrer (L12). Erfahrene Fahrer passen im Gegensatz zu den Fahranfängern zudem ihre Geschwindigkeit eher den jeweiligen Verkehrssituationen an als dass sie sich nach den signalisierten Limiten richten (15).

(7) Spezielles zum Verhalten an Kreuzungen

An Kreuzungen mit einem Stop-Schild zeigt sich in einer Untersuchung (L4), dass nur 60 % der Fahrzeuglenker vorschriftsmässig anhielten. Uebertretungen der signalisierten Vorfahrtsregelung traten jedoch nicht auf, wenn die Einsichtsweite (L21), die Verkehrsdichte in Zusammenhang mit der Fahrtrichtung und der Bedeutung der bevorrechtigten Strasse (L22) ein Stoppen sinnvoll erscheinen lässt.

Bei Kreuzungen mit der Rechts-vor-Links-Regelung* fanden sich in einer Untersuchung (A22) um 15 % weniger Unfälle als bei vergleichbaren signalisierten Kreuzungen. Auch an Rechts-vor-Links-Kreuzungen hängt die Einhaltung dieser Regelung von der vorhandenen Einsichtsmöglichkeit in die Querstrasse, der Bedeutung der bevorrechtigten Einmündung bzw. Strasse und von der Verkehrsdichte in den verschiedenen Fahrtrichtungen ab (L23). Sind diese Bedingungen ungünstig, kann es sogar zu einer "neuen" vom Rechts-vor-Links-Grundsatz* abweichenden Regelung kommen: An einer solchen Stelle verzichteten dann 86 % der Motorfahrzeuglenker auf den ihnen juristisch zustehenden Vortritt, während sich analog dazu 85 % die Vorfahrt "nahmen" (L22).

(8) Spezielles zu Geschwindigkeitsbegrenzungs-Signalen

Untersuchungen über die Wirksamkeit geschwindigkeitsbegrenzender Verbotssignale zeigen hohe Uebertretungsprozentsätze, die jedoch in Abhängigkeit von der signalisierten Begrenzung stehen. Bei einer Begrenzung von 50 km/h auf normaler Strasse ausserorts (nicht Autobahn) wurde durchschnittlich 76 km/h gefahren; bei einer Erhöhung auf 70 km/h sank hingegen sogar der Prozentsatz derer, die schneller als 75 km/h fuhren, beträchtlich (L6).

Eine weitere Untersuchung zeigte, dass sich unabhängig von der signalisierten Geschwindigkeitslimite das gefahrene Tempo bei der Mehrzahl der Fahrer elastisch an die Verkehrssituation (z.B. Belebtheit der Strasse) anpasst (L24). In einem Experiment über die gefahrene Geschwindigkeit in Kurven (L14) zeigte sich, dass bei einer Heraufsetzung der Begrenzung auf 45-50 km/h an einer bestimmten Stelle die tatsächlich gefahrene und

(*) Rechts-vor-Links-Regelung, Rechts-vor-Links-Grundsatz = Rechtsvortritt.

gemessene Geschwindigkeit sogar unter dem Limit liegt. Diese Daten - verbunden mit einer Befragung (L5), die ergab, dass Richtgeschwindigkeiten eher eingehalten werden als starre Regelungen - unterstützen die Annahme (L25), dass in Bezug auf die Tempogestaltung natürliche Verhaltenstendenzen heute eher das Verkehrsverhalten bestimmen als Verkehrssignale.

(9) Spezielles zu Kurven-Zeichen

Der Vorschlag, in Kurven entsprechende Fahrbahnrandmarkierungen anzubringen, statt eigene Kurvenzeichen aufzustellen, zielt darauf ab, dem Kraftfahrer Hilfestellungen zur Einschätzung der Situation und zur Reduktion von Unsicherheiten zu geben (L26,L27). Dies scheint sinnvoll, geht man aus von den Erkenntnissen über die steuernde Funktion natürlicher Verhaltenstendenzen und der Tatsache, dass in signalisierten Kurven schneller gefahren wird als in unsignalisierten (L14).

(10) Verhalten in nicht geregelten - nicht signalisierten -

Situationen

Einen deutlichen Hinweis auf die Fähigkeit der Fahrzeuglenker ihr Fahrverhalten auch ohne Beschilderung verkehrsgerecht der jeweiligen Situation anzupassen, zeigt der Rückgang der Unfälle auf einer österreichischen Verkehrsstrecke, nachdem 50 % der Verkehrssignale entfernt worden waren (L28).

Notwendigkeit weiterer Untersuchungen

Ueberblickt man die bisher vorliegenden Untersuchungen, so findet man zwar eine Fülle von Daten, muss andererseits aber auch feststellen, dass dieses Material noch nicht ausreicht, um sachdienliche generelle Schlussfolgerungen hinsichtlich der Aufstellung bzw. Anbringung von Verkehrssignalen zu gestatten. Einerseits ist die Basis vieler Untersuchungen dafür zu klein, sei es, weil die Auswahl der Einzelversuche gering, sei es, weil die Versuche zu stark ortsbezogen waren (Uebertragung auf andere Stellen bzw. Verallgemeinerung nicht möglich). Andererseits behandeln die Untersuchungen stets nur Teilkomponente der Probleme, sodass die Aussagen der Komplexität des durch Verkehrssignale gesteuerten Verkehrsverhalten in der Realität der Strasse nicht hinlänglich gerecht werden. Dies gilt nicht nur für die reinen Laborexperimente sondern auch für alle Feldexperimente, in denen eben gleichfalls nur sektorielle Ausschnitte, aber nicht die Signalisation eingebettet in die Gesamtheit der Mensch-Maschine-Umwelt-Vorschrift-Systems untersucht wurde.

Deshalb bedarf es weiterer, sehr viel aufwendigerer und umfassenderer Untersuchungen, um zur Ausarbeitung von Richtlinien für eine "menschengerechte" - "humanisierte" - Verkehrssituation zu gelangen.

1.3 Untersuchungen aus jüngster Zeit

Seit 1985 führt die Bundesanstalt für Strassenwesen in Bonn, im Auftrag der deutschen Bundesregierung, einen Modellversuch mit dem Titel **"Weniger Verkehrszeichen - Bessere Beschilderung"** durch. Ziel war die Erarbeitung von Empfehlungen, mit Hilfe derer der Schilderwald gelichtet und die Qualität der Beschilderung verbessert werden sollte. Der Modellversuch beschäftigte sich in erster Linie mit der Beschilderung innerorts. Seit Oktober 1989 liegt unter dem gleichen Titel ein vom deutschen Bundesminister für Verkehr veröffentlichter Leitfaden zur Strassensignalisation vor. Die dort beschriebenen Sachverhalte basieren auf den einschlägigen Bestimmungen der deutschen Strassenverkehrsordnung sowie der dazu bereits vor Jahren erlassenen allgemeinen Verwaltungsvorschrift (VwV). In erster Linie gibt der Leitfaden Beispiele für die richtige Anwendung dieser VwV, nennt aber da und dort auch psychologische Sachverhalte, welche die Wahrnehmbarkeit der Verkehrszeichen erleichtern. Zudem finden ästhetische Gesichtspunkte Berücksichtigung. Die wesentlichsten Aussagen des Berichts spiegeln sich im Inhaltsverzeichnis wieder. Deshalb ist dieses in Anlage 2 wiedergegeben.

2. ZIELSETZUNG

Aufgabe des Forschungsprojekts war es, die Auswirkungen verschiedenartiger Signalisationsweisen bzw. Signalisationsdichten auf das Verhalten und die Befindlichkeit der Motorfahrzeuglenker zu untersuchen. Aus den Ergebnissen der Untersuchung sollten anschliessend Empfehlungen für eine optimale Verkehrssignalisation abgeleitet werden, die später in entsprechende Normen einfliessen können.

Die Hypothesen, die es zu verifizieren oder zu falsifizieren galt, lauteten also:

1. Das Verkehrsverhalten der Motorfahrzeuglenker auf bestimmten Strassenstücken hängt nicht nur ab vom Inhalt der durch die Signale angekündigten Gebote und Verbote, sondern wird auch beeinflusst von der Art der Aufstellung der Signale, ihrer Koordination mit anderen Signalen sowie der Signalisationsdichte.
2. Diese Einflüsse lassen sich durch Verhaltensbeobachtungen und psychophysiologische Messungen erfassen und beschreiben.
3. Daraus sind Richtlinien für eine optimale Verkehrssignalisation ableitbar.

METHODISCHES VORGEHEN

Die gestellte Aufgabe erwies sich nur durch Untersuchungen unmittelbar im Verkehrsfeld als lösbar. Das Untersuchungsdesign sah vor, dass eine - statistisch gesehen - genügend grosse Zahl an Versuchspersonen jeweils dasselbe längere Strassenstück mit möglichst vielen Verkehrszeichen befuhr. Dabei sollten sowohl fahrtechnische als auch psychophysiologische Parameter erhoben werden, von denen anzunehmen war, dass sie einer Beeinflussung durch die Art und die Häufigkeit der Signalisation unterliegen.

1. EINGESETZTE MESSMETHODEN

1.1 Fahrtechnische Parameter

Für die Verkehrssicherheit von grosser Bedeutung sind vor allem jene Signale, welche dem Motorfahrzeuglenker ein bestimmtes Verhalten vorschreiben oder verbieten. Ob eine Signalisation überhaupt wirksam ist, erkennt man also in erster Linie am objektiven "Fahrverhalten" des Motorfahrzeuglenkers. Deshalb wurden einerseits die Fahrgeschwindigkeiten zwischen den einzelnen Signalen festgehalten und andererseits registrierte der Beifahrer - ein erfahrener Fahr- und Verkehrslehrer - alle während der Fahrt auftretenden Ereignisse sowie das Verhalten des Fahrers an Hand eines standardisierten Beobachtungsbogens. Auch der Fahrstil ist von diesem Beobachter nach einer Sechser-Skala (ruhig-ausgeglichen, aktiv-dynamisch, sportlich-ambitioniert, affektiv-unausgeglichen, unsicher-ungeschickt, aggressiv-rücksichtslos) eingestuft worden.

...

1.2 Psychophysiologische Parameter

Während die Ergebnisse der fahrtechnischen Messungen den objektiven Verlauf der Testfahrt widerspiegeln, dienen die physiologischen Messungen dazu, auch die innere "Befindlichkeit" des fahrenden Subjekts zu erfassen. Da im Gegensatz zu den fahrtechnischen die Bedeutung der psychophysiologischen Parameter weitgehend unbekannt ist, werden im folgenden einige Zusammenhänge in komprimierter Form erläutert:

Ändert sich das Verkehrsgeschehen bzw. das "Bild" der Strasse unerwartet oder modifiziert der Motorfahrzeuglenker aus irgendwelchen Gründen von sich aus seine Fahrweise, so kommt es zu einer Aktivierung auch im physiologischen Bereich. Diese Aktivierung ist verbunden mit dem Auftreten mannigfacher bioelektrischer Spannungspotentiale, welche ihrerseits durch entsprechende Verfahren wiederum messbar sind. Die Messergebnisse erlauben dann, wenn man sie vom Beginn bis zum Ende der Fahrt laufend registriert, Rückschlüsse auf die mentale, emotionale sowie physische Anspannung und Belastung an jedem einzelnen Punkt der Fahrstrecke. Im einzelnen geben sie - insbesondere auch in Zusammenhang mit den ermittelten fahrtechnischen Grunddaten Hinweise,

- wo besonders aufmerksam und wo mehr "unbewusst-automatisch" (d.h. mittels der erworbenen Fahr-Automatismen) gefahren wurde (Zu- bzw. Abnahme der Intensität der bewussten Informationsverarbeitung mit entsprechender Veränderung der Aufmerksamkeitszuwendung und der Reaktionsbereitschaft),
- wo der Fahrzeuglenker besonders locker und entspannt am Steuer sass bzw. wo es zu einer stärkeren Verkrampfung kam,

...

- wo das Fahren subjektiv als angenehm und wo es als Stress empfunden wurde,
- wo unter Umständen Angst- oder Schreckreaktionen mit entsprechenden Blockierungen und Fehlreaktionen aufgetreten sind, und
- wie stark das Fahren den Menschen in seiner psychophysiologischen Grundsubstanz überhaupt in Anspruch genommen hat.

Zur Erhebung dieser Daten kam das System BIOPORT nach ZAK zum Einsatz. Den Probanden wurden vor der Fahrt Elektroden angelegt, die ihre Messdaten einem kleinen Datenspeicher lieferten, den die Versuchspersonen an einem Gürtel mit sich trugen, ohne dadurch in ihrer Bewegungsfähigkeit wesentlich eingeschränkt zu sein. Nach der Fahrt nahm die Zentraleinheit vom Datenspeicher die Daten ab, verarbeitete sie und druckte das Ergebnis dieser Verarbeitung schliesslich aus.

Im einzelnen sind bei den Testfahrten der Vorstudie folgende Daten ermittelt worden:

- Elektrokardiogramm/EKG
(mittels dieser Elektroden wird die Frequenz der Herztätigkeit erfasst)
- Elektromyogramm/EMG
(mit Hilfe von an der Stirn direkt über dem Stirnmuskel -Musculus frontalis- angebrachter Elektroden werden die elektrischen Phänomene gemessen, in denen sich die Muskelspannung manifestiert)

...

- Elektrooculogramm/EOG
(mit Hilfe von Elektroden in unmittelbarer Augennähe werden die Spannungsschwankungen ermittelt, die bei den sakkadischen Augenbewegungen* entstehen)
- Psychogalvanogramm (Elektrodermale Aktivität/EDA)
(erfasst wird der Widerstand, bzw. die Leitfähigkeit der Haut für elektrischen Strom)

Mit Hilfe dieser vier Verfahren lassen sich Aussagen machen über die psychophysischen Befindlichkeiten sowie das Orientierungsverhalten in drei - im folgenden abgekürzt durch Grossbuchstaben bezeichneten - Bereichen:

- Mit dem Buchstaben A werden die Veränderungen des allgemeinen psychophysischen Aktivierungsniveaus gekennzeichnet, die sich ergeben beim Durchfahren jener Strecke, die zwischen dem Punkt des ersten Erkennens der Signale und dem Vorbeifahren am Signal liegt. Diese lassen sich ableiten aus den Veränderungen der Herzfrequenz (ermittelt aus Elektrokardiogramm) und der Aufmerksamkeitsspannung (ermittelt mit Hilfe der Elektromyogramme).
- Mit dem Buchstaben B werden die Veränderungen in eben diesen Messdaten in bezug auf die Häufigkeit der sakkadischen Blickbewegungen angegeben. Sie zeigen sich im Elektrooculogramm.
- Mit dem Buchstaben E schliesslich werden Aussagen gemacht über die entsprechenden Veränderungen im emotionalen Bereich, beginnend mit leicht emotionalen

(*) sakkadische Augenbewegungen = Blicksprünge

Stressgefühlen bis hin zur Aufregung und zur Angst. Sie treten zu Tage in den Messdaten des Psychogalvanogramms.

Die mit den genannten Messverfahren registrierten Rohdaten werden in fünf Stufen klassifiziert, wobei Stufe 5 eine besonders starke, Stufe 1 hingegen eine relativ geringe Veränderung bedeutet.

2. ARBEITSSCHRITTE

Die Untersuchung wurde in drei Arbeitsschritten - zwei Vorstudien und dem Hauptversuch - durchgeführt.

Die erste Vorstudie hatte das Ziel, das Instrumentarium der Untersuchungsmethoden (Mess- und Auswertungsverfahren, Gerätschaften) auf ihre Tauglichkeit zur Beurteilung der gestellten Fragen zu testen. Dazu fanden mit 5 Personen Testfahrten in der Verkehrsübungsanlage Betzholz statt. Die Ergebnisse der Vorstudie waren positiv. Sie sind im August 1985 veröffentlicht worden (4).

Die zweite Vorstudie diente der Überprüfung des Untersuchungsdesigns im Realverkehr sowie einem ersten Check der Teststrecke. Es fanden auf der Teststrecke 17 Testfahrten mit 17 verschiedenen Versuchspersonen statt. Zwölf dieser Fahrten erwiesen sich als auswertbar, bei den restlichen 5 Fahrten traten messtechnische Defekte auf, die geringfügige Modifikationen des Mess-Designs nötig machten. Dank dieser ersten Erfahrungen konnten später die Ausfälle beim Hauptversuch stark minimiert werden. Über die Ergebnisse der zweiten Vorstudie wurde im April 1987 ein weiterer Bericht erstellt, jedoch nicht veröffentlicht. Die Messdaten der 12 verwertbaren Testfahrten sind im übrigen in die Ergebnisse des Hauptversuchs mit einbezogen worden.

Der Hauptversuch schliesslich begann im Januar 1988. Die Testfahrten erfolgten noch 1988, das Jahr 1989 stand ganz im Zeichen der Auswertung der extrem grossen erhobenen Datenmenge.

...

3. UNTERSUCHUNGSSTRECKE

3.1 Streckenauswahl

Gemäss Forschungskonzept benötigen die Untersuchungen zur Klärung der Hypothesen und Fragestellungen je eine Strecke mit hoher Signalisationsdichte und geringer Signalisationsdichte ausserorts, innerorts und im Stadtgebiet.

Nebst diesen Vorgaben waren bei der Auswahl der Strecke folgende weitere Kriterien mitbestimmend:

- Abschnitte, die miteinander verglichen werden, sollten ähnliche Verkehrsbelastungen aufweisen
- Für Vergleiche sind Abschnitte zu wählen, die auf Hauptstrassen ungefähr gleiche Funktion und Bedeutung aufweisen
- Der Ausbaugrad der Einzelabschnitte soll möglichst geringfügig differenzieren.

Bei der Auswahl waren schliesslich auch Randbedingungen bezüglich der Durchführung der Testfahrten zu berücksichtigen. Als geeigneter Stützpunkt für die Vorbereitung der Testpersonen erschien der Autobahnwerkhof Hinwil.

Mit diesen Vorgaben, Kriterien und Ueberlegungen wurde dann in Zusammenarbeit mit der verkehrstechnischen Abteilung der Kantonspolizei im nördlichen Teil des Kantons Zürich ein weites Streckennetz näher beurteilt und einzelne Strecken als geeignete Abschnitte provisorisch ausgewählt.

...

Durch Aneinanderreihen einer Mehrzahl der Einzelabschnitte ergab sich ein vorläufiger Rundkurs von ca. 50 km Länge. Dies führte weg von der Idee zweier vergleichbarer Einzelstrecken hin zu einer einzigen Strecke zwischen Rällikon - Dübendorf - Zürich - Dübendorf - Fehraltendorf - Pfäffikon - Wetzikon - Betzholz.

Die definitive Wahl der Strecke erfolgt erst nach der näheren Untersuchung über die Eignung der Strecke bzgl. unterschiedlicher Signalisationsarten.

Mittels Videoaufnahmen und manueller Erhebung sollen auf dieser Strecke sämtliche Signalisationen erfasst und abschnittsweise nach Signalarten in folgenden Gruppen ausgewertet werden:

- Gefahrensignale
- Vorschriftssignale
- Hinweissignale
- Signalkombinationen (gleicher Standort)
- Gebotssignale
- Führungshilfen
- Längsmarkierung (Rad)
- Fussgängerstreifen
- Lichtsignalanlagen

Diese erste Auswertung - zusammengestellt - zeigte, dass die Strecke für die Untersuchung der Fragestellungen geeignet ist, sind doch extrem hohe wie niedrige Signalisationsdichten, vor allem für innerorts vorhanden. Deutliche Unterschiede sind auch ausserorts erkennbar.

3.2 Streckenbeschreibung

Die folgende Abbildung (Abb.1) zeigt eine Uebersicht über die Untersuchungsstrecken. Ihre Länge beträgt 47,6 km, davon liegen 28,5 km innerorts und 19,1 km ausserorts. Der Innerortsteil umfasst auch einen längeren Abschnitt im Agglomerationsbereich der Stadt Zürich, nämlich die Durchfahrt durch Schwamendingen und Oerlikon.



Abb.1
Uebersicht über die
Untersuchungsstrecke

3.3 Verkehrsgeschehen auf der Untersuchungsstrecke

Zur Charakterisierung des Verkehrsgeschehens dienten die Grössen:

- Verkehrsbelastungen
- Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten
- Unfallgeschehen.

Zur Erfassung dieser Grössen waren Rückgriffe auf Verkehrsdaten des Tiefbauamtes des Kantons Zürich und Unfalldaten der Kantonspolizei nötig, andererseits mussten Erhebungen zum Geschwindigkeitsverhalten und Abstandsverhalten an ausgewählten Querschnitten durchgeführt werden.

Die Ergebnisse dieser Messungen fanden bei der Streckenauswahl und der Festlegung der Messtellen Berücksichtigung.

3.4 Streckenkataster

Nachdem die Teststrecke ausgewählt worden war, erfolgte eine wahrnehmungspsychologische Analyse. Es wurde nicht nur ermittelt, wo sich Lichtsignalanlagen, Verkehrssignale, Wegweiser und sonstige auffällige Schilder befinden, sondern auch

- aus welcher Entfernung sie bei der Anfahrt erkennbar werden und
- welche sonstigen Bedingungen für die Erkennbarkeit (Wahrnehmbarkeit) bei unterschiedlichen Tageszeiten vorliegen (z.B. Figur-Grund-Verhältnis, Beleuchtung).

Ein Muster aus diesem Streckenkataster ist in der Anlage 3, ein Verzeichnis aller an der Teststrecke befindlichen Lichtsignalanlagen, Wegweiser und sonstigen Verkehrssignalen in Anlage 4 beigelegt.

4. VERSUCHSPERSONEN

Bei der Zusammenstellung der Stichprobe war zunächst darauf zu achten, dass nur organisch gesunde und psychophysisch voll leistungsfähige Versuchspersonen in diese aufgenommen wurden. Hätte man auch Probanden mit fahrtauglichkeitsrelevanten Defiziten zugelassen, so wäre eine Verfälschung der Untersuchungsergebnisse durch diese Defizite nicht auszuschliessen gewesen.

So erlaubt beispielsweise die Feststellung, dass ein seh-schwacher Motorfahrzeuglenker ein Verkehrszeichen erst relativ spät erkennt, noch nicht den Rückschluss, dieses sei falsch aufgestellt. Vielmehr dürfte hier das späte Erkennen eine Folge der herabgesetzten zentralen Tagessehschärfe gewesen sein. Dieser Umstand machte eine vorausgehende Untersuchung der Probanden auf ihre Eignung zum Führen von Motorfahrzeugen erforderlich.

Sodann musste berücksichtigt werden, dass repräsentative Messungen im Sinne der Fragestellung nur möglich sind, wenn die Stichprobe hinsichtlich ihrer soziodemographischen Struktur "breit gestreut" ist. Sie hatte deshalb sowohl Männer als auch Frauen unterschiedlichen Bildungsstandes aus den verschiedensten Berufen zu umfassen. Vom Lebensalter her lag die Grenze nach unten beim 22. Lebensjahr (keine Fahranfänger, sondern bereits routinierte Fahrer), nach oben war sie nur durch die Forderung beschränkt, keine Personen zu den Versuchsfahrten zuzulassen, bei denen die Fahrtüchtigkeit durch beginnenden oder fortgeschrittenen Altersabbau in der einen oder anderen Richtung schon enger begrenzt erschien.

...

4.1 Selektion der Probanden

Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgte in Form eines Eignungstestes mehrere Wochen vor den Versuchsfahrten. Dabei kamen folgende Testverfahren zum Einsatz:

- 1) Sehtest mit dem R7-Gerät (Testung der zentralen Tagessehschärfe in die Ferne, Testung des räumlichen Sehens, Testung des Farbensehens, grobe Testung des Gesichtsfeldes)
- 2) Überprüfung der Wahrnehmungsgeschwindigkeit und der Wahrnehmungsgenauigkeit mittels der Tachistoskopischen Auffassungsprobe (TAP)
- 3) Überprüfung der Flexibilität im Wahrnehmungsbereich (Vigilanz, Weite des Auffassungsfeldes, Wahrnehmungsgenauigkeit) am Beck'schen TENSOR
- 4) Überprüfung der Reaktionsgeschwindigkeit und Reaktionsicherheit am Beck'schen Reaktionszeit-Messgerät
- 5) Überprüfung der Fähigkeit zum dynamischen Sehen sowie des Kombinationsvermögens und der Urteilsfähigkeit speziell im "anschaulichen" Bereich mittels des Advanced-Progressive-Matrices-Test nach RAVEN
- 6) Ermittlung von persönlichkeitsbedingten Einstellungen und Haltungen mittels des Freiburger Persönlichkeits-Inventars (FPI)
- 7) Überprüfung des Ausprägungsgrades des Verkehrssinns mittels des modifizierten und erweiterten Verkehrs-Verständnis-Tests (VVT-M).

...

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte über mehrere Zeitungsanzeigen. Auf diese Inserate meldeten sich zunächst 208 Personen (einschliesslich zweite Vorstudie). Davon erschienen zum Eignungstest 162 Personen. Aufgrund der Testergebnisse mussten 39 Interessenten ausgeschieden werden, weil erhebliche Störungen des räumlichen Sehens, enorme Sehschärfeminderungen, Farbsehschwächen, Einäugigkeit, Wahrnehmungs- und Reaktionsverlangsamungen sowie Anfallsleiden oder therapiebedürftige neurotische Fehlhaltungen vorlagen oder weil sie wegen Alkoholdelikten zur Zeit gar keinen Führerausweis besaßen. So blieben zuletzt nur 123 Versuchspersonen übrig.

4.2 Beschreibung der auswertbaren Stichprobe

Die 123 selektionierten Probanden wurden in den Monaten Juni bis Oktober 1988 zu den Testfahrten (bis zu 3 Fahrten pro Tag) eingeteilt. Sechs Probanden sagten kurzfristig aus persönlichen Gründen ab oder erschienen ohne Angabe von Gründen nicht. So sind letztlich - einschliesslich der 17 Probanden aus der zweiten Vorstudie - 117 Testfahrten durchgeführt worden.

Von diesen 117 Fahrten konnten 104 zur Gänze und weitere 5 wenigstens teilweise in die Endauswertung mit einbezogen werden. Bei den schon genannten 5 Fahrten aus der zweiten Vorstudie sowie weiteren 3 Fahrten aus dem Hauptversuch musste die Auswertung entfallen, da durch abgefallene Elektroden, durch unvorhersehbare Vorkommnisse auf der Strasse während der Fahrt (einmal wurde sogar das haltende Versuchsfahrzeug von einem anderen Auto angefahren) oder durch andere psychophysiologische Effekte eine ordnungsgemässe Datenerhebung nicht gewährleistet erschien.

Die soziodemographischen und verkehrsbiographischen Daten, der in die Stichprobe aufgenommenen Versuchspersonen, sind in der Anlage 5 zusammengestellt.

AUSWERTUNG

1. DATENMENGE

Nach Durchführung der Testfahrten lagen insgesamt 3.849.449 psychophysiologische Messdaten und 15.143 Angaben aus den Fahrverhaltensbeobachtungen vor. Bei der Fülle dieser Daten erschien es notwendig, zunächst Kriterien zu ihrer Auswertung zu entwickeln. Die analytische Datensichtung führte schliesslich dazu, die Daten einmal unter dem Aspekt der Signalfrequenz - Anzahl der Signale auf bestimmten Strecken in unterschiedlichen Örtlichkeiten- und zum anderen unter dem Aspekt der verschiedenen Fahrstile zu bearbeiten.

2. SIGNALHÄUFIGKEIT

2.1 Vergleichsstrecke "Ohne"

Die Untersuchungsstrecke enthielt zwei längere Abschnitte (1,72 km und 1,66 km), an denen sich überhaupt keine Verkehrssignale befanden. Die Abschnitte lagen ausserorts und erlaubten - abgesehen von der generellen Ausserorts-limite Tempo 80 - freie Fahrt.

Die beim Durchfahren dieser beiden Strecken "Ohne" (d. h. ohne Verkehrssignale) registrierten Daten dienten später als Basiswerte, mit denen die beim Durchfahren der Streckenteile "Mit" (d. h. mit Verkehrssignalen) erhobenen Daten verglichen werden konnten (Mit-Ohne-Vergleich).

2.2 Ausserortsstrecken "Mit"

Hier wurden die übrigen Teilstrecken ausserorts zusammengefasst. Auf ihnen finden sich mehr oder weniger häufig eine Vielzahl von Verkehrszeichen.

2.3 Innerortsstrecken "Mit"

Diese Gruppe umfasst alle kleineren und mittleren Ortsdurchfahrten: Uessikon, Maur, Fällanden, Gfenn, Hagnau, Volketswil, Gutenswil, Fehraltendorf, Pfäffikon, Auslikon, Wetzikon und Ettenhausen.

...

In den genannten Orten stehen zahlreiche Verkehrssignale, jedoch nicht in jener massierten Dichte wie im folgenden Bereich.

2.4 Stadtstrecke "Mit"

Die Stadtstrecke umfasst nicht nur die Durchfahrt Zürich mit den Stadtteilen Schwamendingen und Oerlikon sondern auch die Durchfahrt durch die unmittelbar an Zürich anschliessende Agglomeration Dübendorf. Hier folgt praktisch ein Verkehrssignal oder sogar eine Signalkombination auf das bzw. die andere.

Wieviele bzw. welche Verkehrssignale sich an der Ausserorts-Strecke "Mit", an der Innerorts-Strecke "Mit" und an der Stadtstrecke "Mit" befinden, ist - auch jeweils bezogen auf die Streckenlänge - in Anlage 4 zusammengestellt.

3. FAHRSTILE

Im Fahrverhalten der Versuchspersonen zeigten sich viele Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede. Sie erlaubten letztendlich eine Klassifizierung und damit Zuordnung der Probanden in sechs Gruppen von Fahrstilen:

Ruhig-ausgeglichen
Aktiv-dynamisch
Sportlich-ambitioniert
Affektiv-unausgewogen
Unsicher-ungeschickt
Aggressiv-Rücksichtslos

Bereits die ersten Auswertungsversuche liessen erkennen, dass eine enge Korrelation zwischen der Reaktion der Fahrzeuglenker auf die Verkehrssignale und den Fahrstilen besteht. Deshalb wurden bei der Auswertung der Ergebnisse auch die Fahrstile besonders berücksichtigt.

4. PSYCHOPHYSIOLOGISCHE MESSLATTE

Wie bereits ausgeführt, werden alle Veränderungen der ermittelten Parameter bei der Anfahrt auf ein Verkehrssignal, wo immer möglich, an den Werten der Vergleichsstrecke "Ohne" gemessen. Dies gilt naturgemäss in erster Linie für die psychophysiologischen Messdaten. Die Basiswerte der Vergleichsstrecken sind in den Abbildungen 2,3 und 4 wiedergegeben.

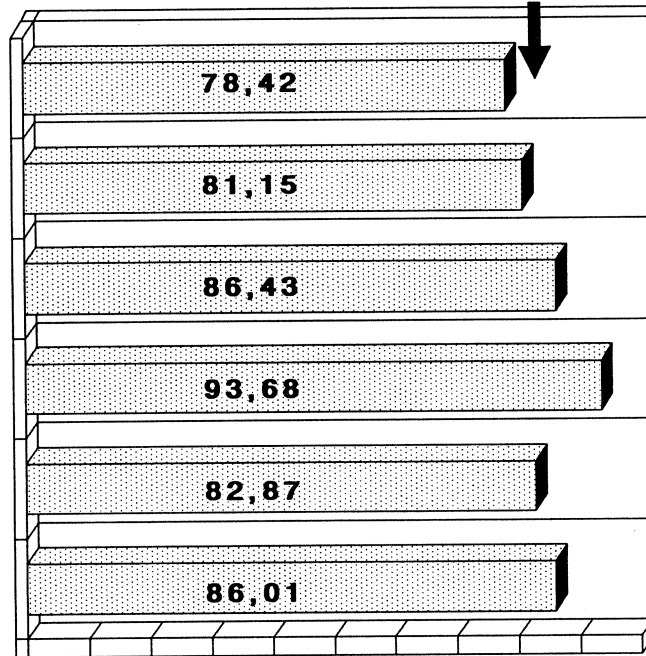
Ergänzend dazu ist anzumerken, dass sich bei einer getrennten Auswertung der Daten nach dem Geschlecht deutliche Unterschiede - insbesondere beim Radiogramm zwischen Männern und Frauen ergeben. Andererseits zeigten einschlägige Vergleiche, dass sich die Abweichungen von den Basisdaten "ausserorts ohne" tendentiell bei beiden Gruppen stets in der gleichen Richtung bewegen. Deshalb wurde aus Gründen einer besseren Übersichtlichkeit auf eine nach dem Geschlecht getrennte Darstellung der Messergebnisse verzichtet und stets von den Mittelwerten der Gesamtstichprobe ausgegangen.

ELEKTROKARDIOGRAMM

Fahrstile

ruhig- ausgeglichen
aktiv- dynamisch
sportlich- ambitioniert
affektiv- unausgewogen
unsicher- ungeschickt
aggressiv- rücksichtslos

Mittelwert
(aller Stile) 80,12



ELEKTROMYOGRAMM

Fahrstile

<i>ruhig- ausgeglichen</i>
<i>aktiv- dynamisch</i>
<i>sportlich- ambitioniert</i>
<i>affektiv- unausgewogen</i>
<i>unsicher- ungeschickt</i>
<i>aggressiv- rücksichtslos</i>

Mittelwert
(aller Stile) 28,42

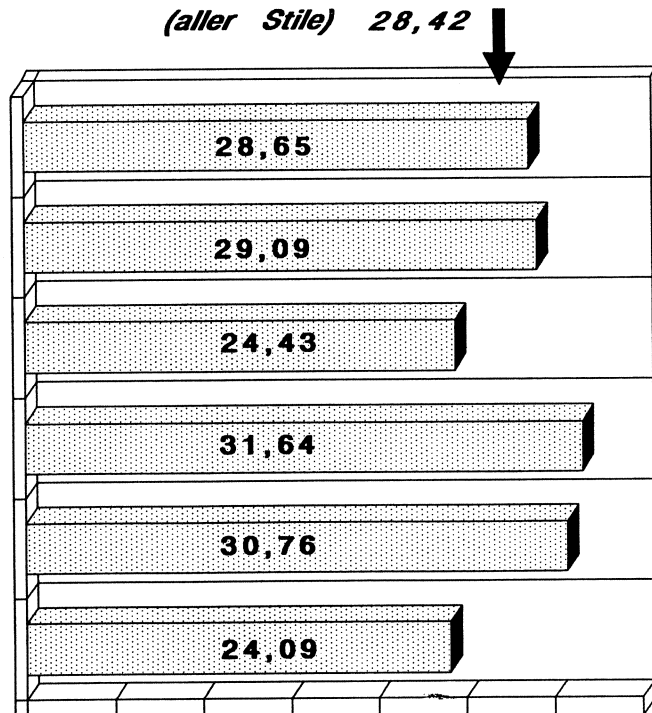


Abb.2: Aktivierungsniveau "A"
auf den Vergleichsstrecken "Ohne"

ELEKTROOCULOGRAMM

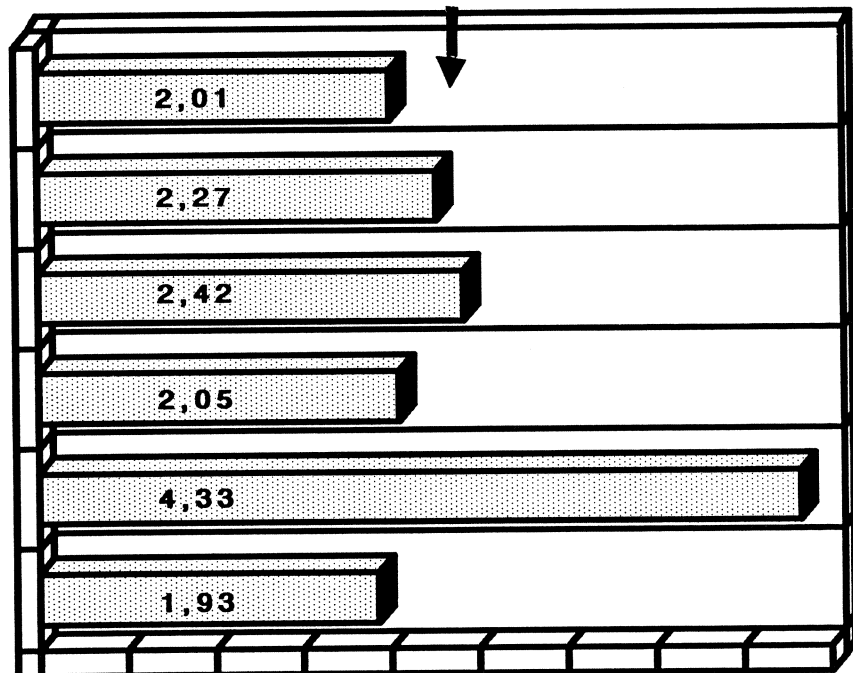
rechts

Mittelwert

F a h r s t i l

2,03

ruhig- ausgeglichen
aktiv- dynamisch
sportlich- ambitioniert
affektiv- unausgewogen
unsicher- ungeschickt
aggressiv- rücksichtslos



links

Fahrstil

2,16

ruhig- ausgeglichen
aktiv- dynamisch
sportlich- ambitioniert
affektiv- unausgewogen
unsicher- ungeschickt
aggressiv- rücksichtslos

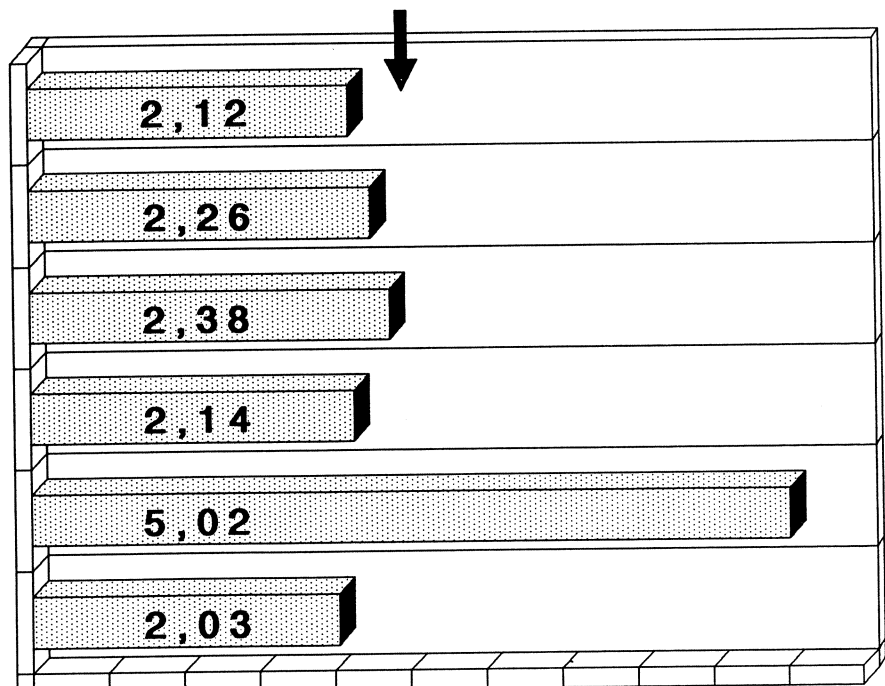


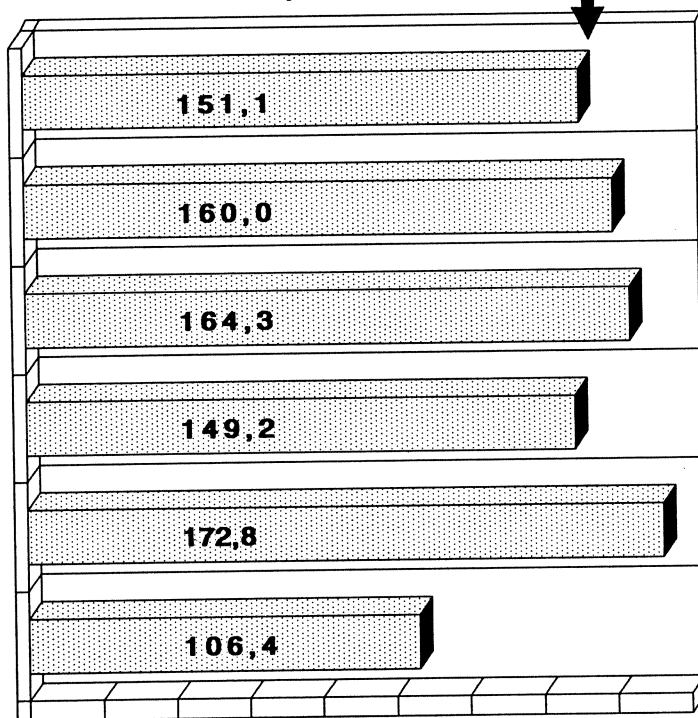
Abb.3: Sakkadische Blickzuwendungen "B"
auf den Vergleichsstrecken "Ohne"

PSYCHO GALVANOGRAMM

**Hautleitfähigkeits-
reaktion (SCR)**

**Mittelwert
(aller Stile) 151,1**

ruhig- ausgeglichen
aktiv- dynamisch
sportlich- ambitioniert
affektiv- unausgewogen
unsicher- ungeschickt
aggressiv- rücksichtslos



**Hautleitfähigkeits-
niveau (SCL)**

**Mittelwert
(aller Stile) 22,1**

ruhig- ausgeglichen
aktiv- dynamisch
sportlich- ambitioniert
affektiv- unausgewogen
unsicher- ungeschickt
aggressiv- rücksichtslos

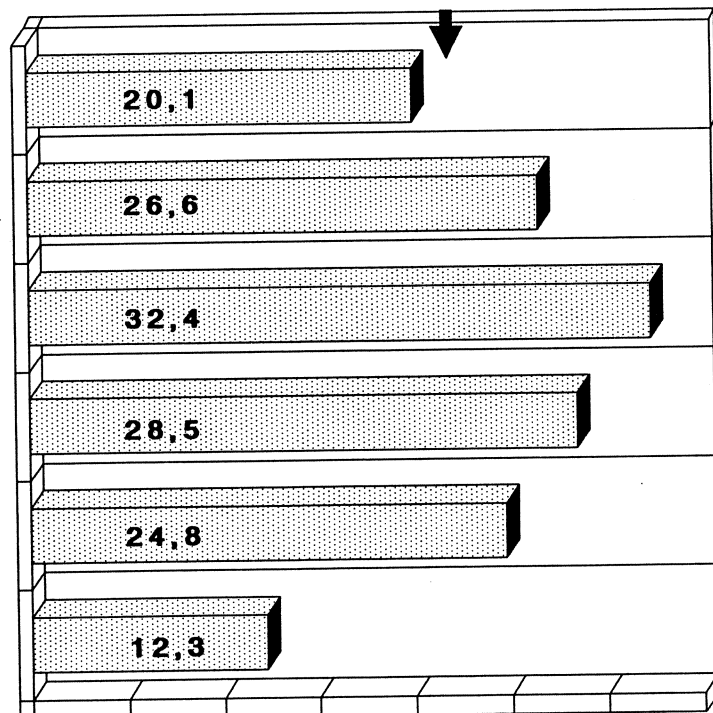


Abb.4: Niveau der emotionalen Erregung "E"
auf den Vergleichsstrecken "Ohne"

5. RANDBEDINGUNGEN

Bei der Auswertung waren auch die Umstände - die äusseren und inneren Randbedingungen -, unter denen diese Daten erhoben wurden, zu berücksichtigen. Selbstverständlich sind - wie bereits ausgeführt - alle Testfahrten bzw. Testfahrtenteile mit Artefakten im Bereich der psychophysiologischen Ableitungen (z.B. abgesprungene Elektroden) ebenso wenig in die Auswertung einbezogen worden wie solche mit aussergewöhnlichen Vorkommnissen (z.B. der oben genannte Auffahrunfall oder die fast 10-minütige "Schleichfahrt" hinter einer Kuhherde). Besonderes Augenmerk war in diesem Zusammenhang jedoch zwei Randbedingungen, nämlich dem Verkehrsablauf und der Anpassung der Versuchspersonen an die für sie doch recht ungewöhnliche Test-Situation - das "Angeschlossen-Sein" an ein Messgerät und das "Überwacht-Werden" durch einen mitfahrenden Beobachter - zu schenken.

5.1 Verkehrsabläufe

Betrachtet man zunächst die reinen Fahrzeiten (ohne die Stehzeiten vor Rot-Licht-Ampeln), so erscheint die Annahme gerechtfertigt, dass die Verkehrsverhältnisse bei den einzelnen Testfahrten doch recht unterschiedlich gewesen sein müssen, denn diese Zeiten liegen zwischen 48 und 63 Minuten. Andererseits befinden sich in den von den Beobachtern während der Fahrt aufgenommenen Protokollen bis auf die bereits früher genannten Ausnahmen keinerlei Hinweise für wesentliche Unterschiede in dieser Richtung.

Berücksichtigt man jedoch die unterschiedlichen Fahrtemperamente der Versuchsfahrer, so zeigen sich eindeutige Zusammenhänge zwischen der Fahrgeschwindigkeit und dem Fahrstil. Wie Abbildung 5 deutlich macht, liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit bei den unsicher-ungeschickten Motorfahrzeuglenkern am niedrigsten, jene der aggressiv-

...

rücksichtslosen hingegen am höchsten. Alle anderen Gruppen liegen dazwischen.

Betrachtet man nun innerhalb der sechs Fahrstilgruppen die Streuung der erreichten Durchschnittsgeschwindigkeiten, so stellt man fest, dass diese in jeder Gruppe unter $\pm 5\%$ liegt. Das zeigt, dass die Verkehrsverhältnisse während der Testfahrten doch nicht besonders unterschiedlich gewesen sein können.

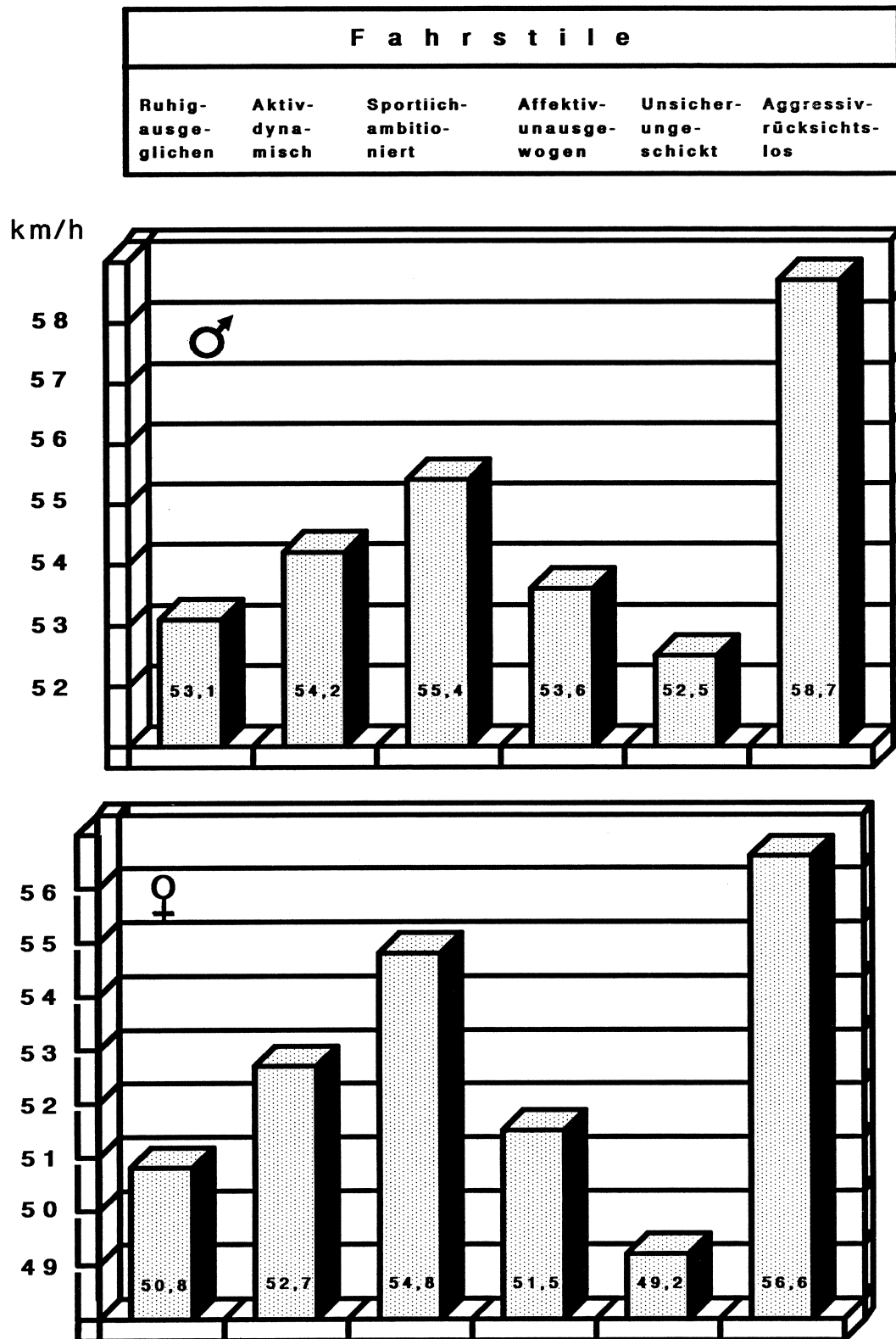


Abb.5: Zusammenhang zwischen Durchschnittsgeschwindigkeit, Fahrstil und Geschlecht.

5.2 Anpassung an die ungewohnte Testsituation

Aus einschlägigen experimentellen psychophysiologischen Untersuchungen ist bekannt, dass es einige Zeit dauert, bis sich Probanden an die "Verkabelung" gewöhnen und ihr Verhalten wieder jenem vor dem Anlegen der apparativen Ausrüstung entspricht. Bei der Planung des vorliegenden Projekts fand dieser Umstand insofern Berücksichtigung, als zwischen dem Ort des Anlegens der Elektroden und dem Beginn der eigentlichen Teststrecke ein Strassenstück von 12,6 km Länge zu befahren war. Hier hatten die Probanden Gelegenheit, sich an die körpernahe apparative Ausrüstung zu gewöhnen.

Trotzdem wurde an Hand des vorliegenden Datenmaterials noch einmal geprüft, ob dieser Gewöhnungsprozess bei Einfahrt in die Teststrecke tatsächlich schon zum Abschluss gekommen war. Eine Aussage darüber erlaubte ein Vergleich der psychophysiologischen Daten HF und EMG, welche auf den ersten fünf Kilometern der Teststrecke (km 0,0 bis km 5,1) erhoben worden sind, mit jenen der letzten fünf Kilometer (km 42,3 bis km 47,5).

Dabei zeigte sich zunächst, dass das Aktivierungsniveau, welches in diesen beiden Parametern zum Ausdruck kommt, über alle Versuchspersonen hinweg gesehen im ersten Teilstück der Teststrecke tatsächlich grösser war als im letzten Teilstück. Die HF-Werte lagen im Endstück von 2,8%, die EMG-Werte um 3,4% niedriger als im Anfangsstück. Doch muß bei der Bewertung dieses Rückgangs ein doppeltes berücksichtigt werden:

Zum einen sind die ersten fünf Kilometer von der Strassenführung her (Einschliesslich der Ortsdurchfahrten Uessikon

...

und Maur) deutlich anspruchsvoller als die letzten fünf Kilometer, welche eine gut ausgebaute Umfahrungsstrecke eines Ortskerns (Hinwil) sowie 2,5 km Autostrasse beinhalten.

Zum anderen ist der Rückgang des Aktivierungsniveaus - wie die folgende Übersicht zeigt, nicht bei allen nach ihrem Fahrstil klassifizierten Fahrergruppen gleich gross.

Veränderungen im letzten Teilstück
gegenüber dem ersten Teilstück

Fahrstil	HF	EMG
	in %	
Ruhig-ausgeglichen	- 0,2	+ 10,6
Aktiv-dynamisch	- 2,2	- 6,7
Sportlich-ambitioniert	- 0,4	+ 3,9
Akektiv-unausgewogen	- 3,0	- 3,1
Unsicher-ungeschickt	-11,1	- 25,1
Aggressiv-rücksichtslos	- 0,1	+/- 0,0

Während sich das Aktivierungsniveau der aggressiv-rücksichtslosen Fahrer in den beiden Teilstrecken praktisch überhaupt nicht unterscheidet, steigt die Aufmerksamkeitsspannung der ruhig-ausgeglichenen und der sportlich-ambitionierten Fahrer bei praktisch unveränderter Herzfrequenz im schnellen Endstück gegenüber dem Anfangsstück sogar an. Das A-niveau der aktiv-dynamischen und der affektiv-unausgewogenen Fahrer liegt am Ende der Fahrt niedriger als am Anfang. Doch erweist sich dieser Unterschied

...

nicht als so gravierend, dass daraus - insbesondere unter Berücksichtigung der oben genannten unterschiedlichen Streckenverhältnisse - geschlossen werden dürfte, bei der Einfahrt in die Teststrecke habe es noch an der nötigen Gewöhnung an die Ausrüstung gefehlt. Lediglich bei den unsicher-ungeschickten Fahrern sind die Unterschiede zwischen der Anfangs- und Endstrecke signifikant. Hier kann nicht ausgeschlossen werden, dass im Teststreckenkilometer 0,000 der Gewöhnungsprozess nicht zum Abschluss gekommen war. Dies wird in der späteren Interpretation der Ergebnisse als möglicher Artefakt zu berücksichtigen sein.

ERGEBNISSE

Bei der extrem grossen Datenmenge erschien es zunächst schwierig, die Ergebnisse so zusammenzustellen, dass sie auch "lesbar" sind. Nach verschiedenen Versuchen erwies sich die im Folgenden gewählte Art und Weise der Darstellung als die günstigste. Die wesentlichen Ergebnisse werden in plakativen Aussagesätzen in Form von Kapitelüberschriften zusammengefasst, danach folgen die jeweiligen statistischen Belege. Die Kapitel werden fortlaufend durchnummeriert, den Nummern wird der Buchstabe A (=Aussage) vorangesetzt.

1. AUSSERORTSSTRECKEN MIT SIGNALEN

Wieviele und welche Signale auf den 15,7 km langen Ausserortsstrecken "Mit" vorhanden sind, lässt sich aus der Anlage 4 (Signalisationsdichte 5 Signale pro 1000 m) ablesen. Die Signale wurden in drei Gruppen eingeteilt, wobei das Einteilungskriterium die Auswahl der Signale war, die bei der Anfahrt auf die entsprechende Stelle gleichzeitig ins Blickfeld traten. Danach sind zu unterscheiden

- Einzelsignale (nur ein Signal im Blickfeld)
- Doppelsignale (das gleiche Signal ist doppelt - zugleich rechts und links am Fahrbahnrand - vorhanden/häufig anzutreffen beim Signal "Parkieren verboten")
- Signalkumulation (mehrere verschiedenartige Signale kommen gleichzeitig ins Blickfeld)

...

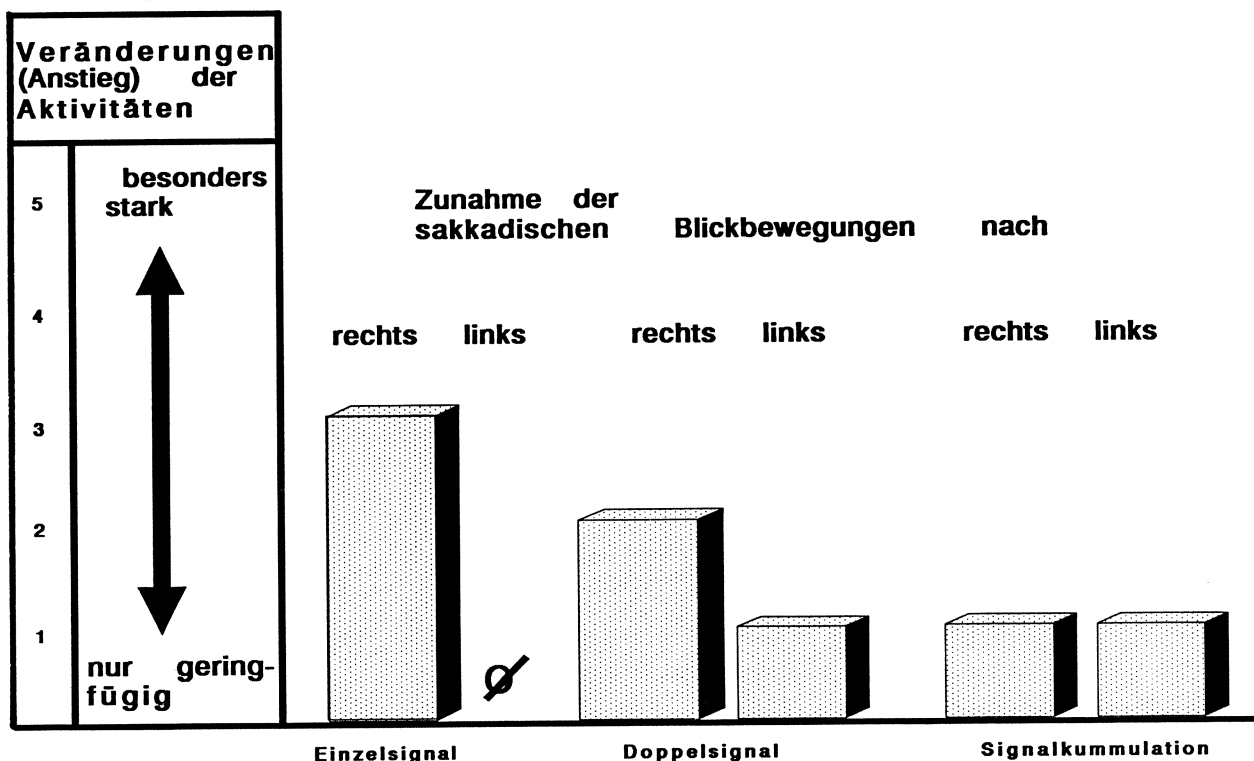
A 1: Mit zunehmender Zahl der gleichzeitig ins Blickfeld ausserorts auftauchenden Signale sinkt die Anzahl der Blickbewegungen

Taucht am rechten Fahrbahnrand ein einzelnes Signal im Blickfeld auf, so vergrössert sich die Anzahl der sakkadischen Blickbewegungen in Richtung des Signals gegenüber der Anzahl dieser Blicksprünge auf der "Ohne"-Strecke im Durchschnitt um 49,2 %. Anzumerken ist, dass auf der Teststrecke sich bis auf eine Ausnahme alle Einzelsignale stets nur am rechten Fahrbahnrand befanden.

Handelt es sich um zwei gleiche Signale, von denen das eine am rechten, das andere am linken Fahrbahnrand steht (Doppelsignal), liegt dieser Prozentsatz bei den Blickbewegungen nach rechts nur bei 12,4 %, bei jenen nach links sogar nur bei 8,4 %.

Kommen mehrere Signale gleichzeitig ins Blickfeld (Signalkummulation), sinkt die Blickaktivität bei den "Rechtssignalen" auf 6,2%, bei den "Links-signalen" auf 4,2% ab.

Klassiert man diese Ergebnisse, so ergibt sich folgendes Bild:



Vergleichsstrecke "Ohne"

2,03

2,16



2,66

2,21



2,42

2,15

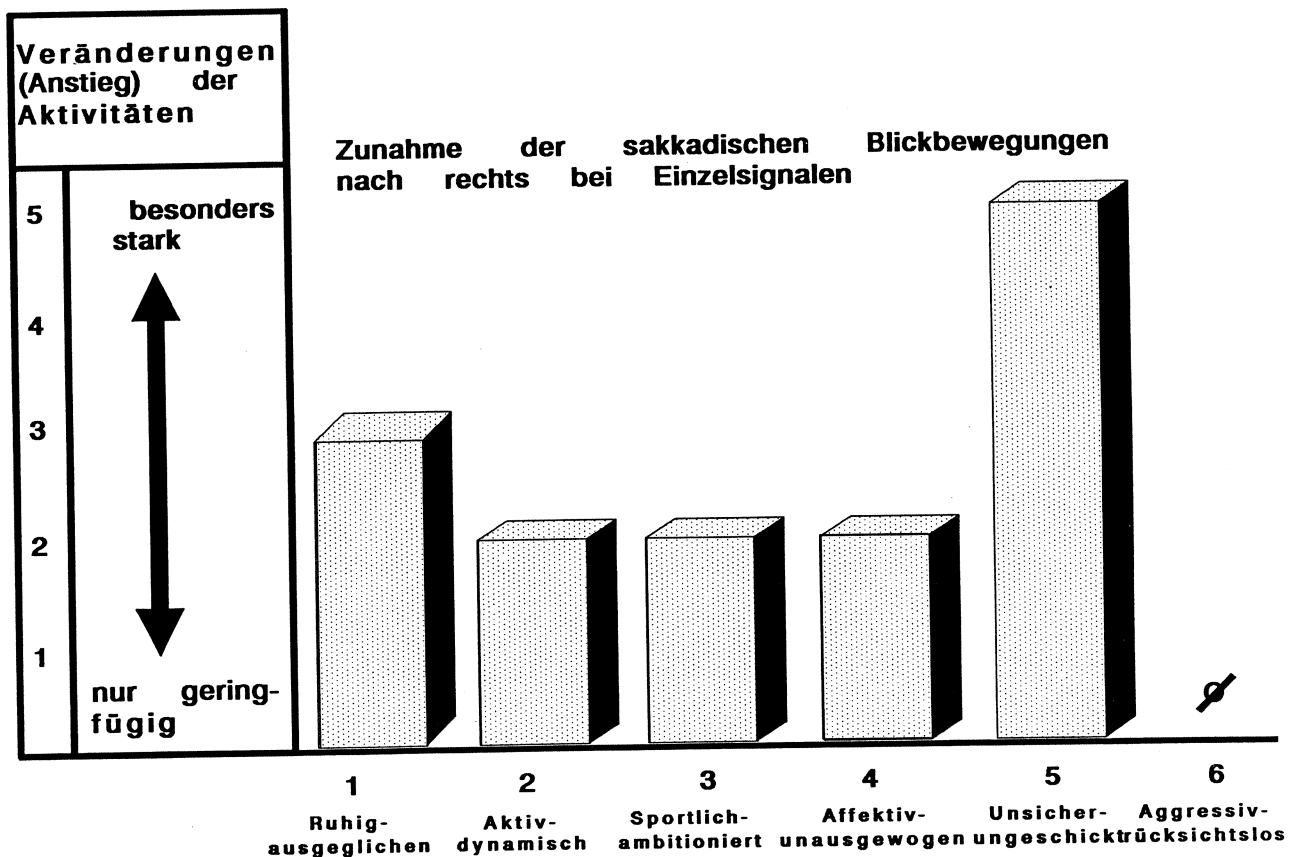


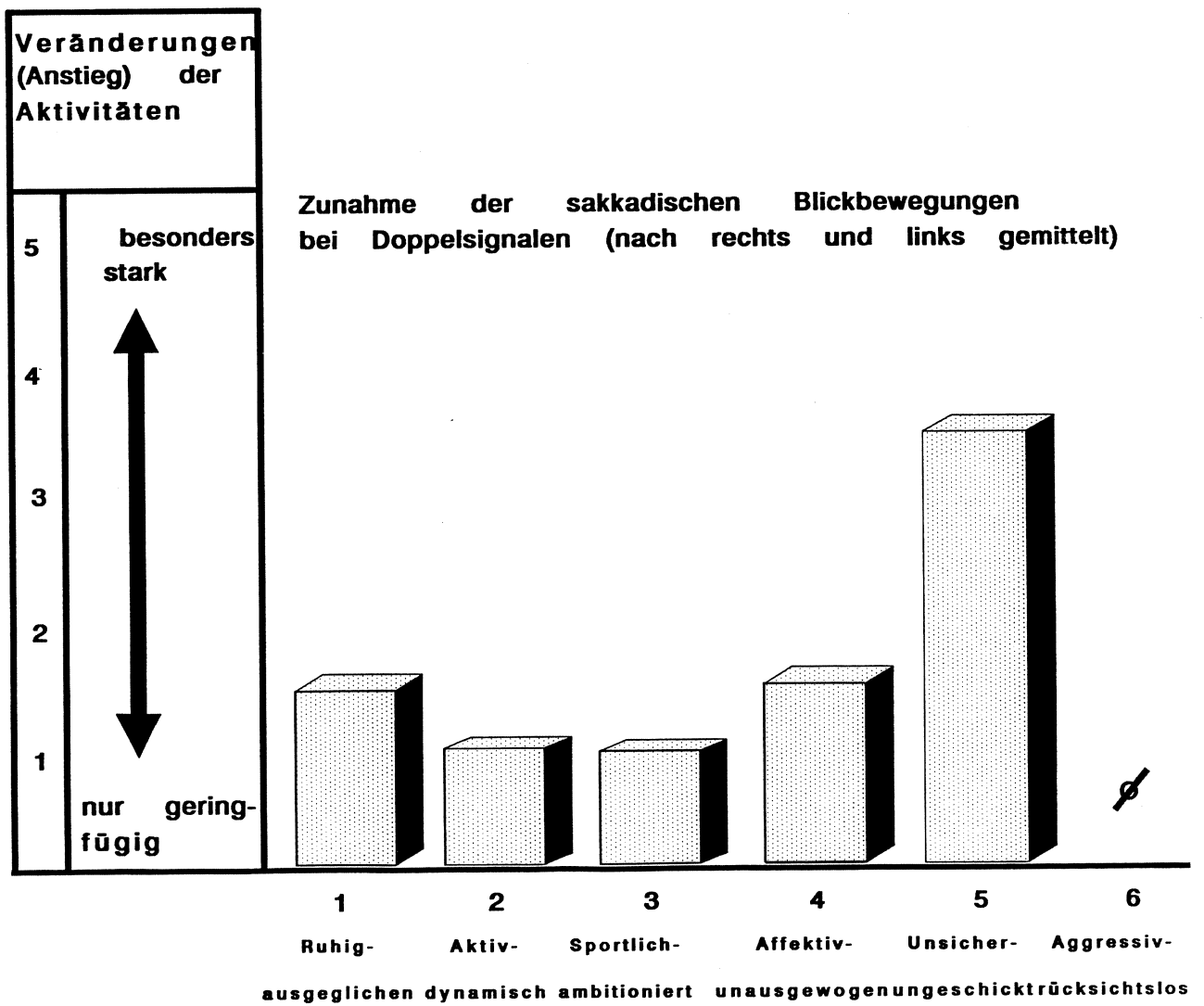
1,99

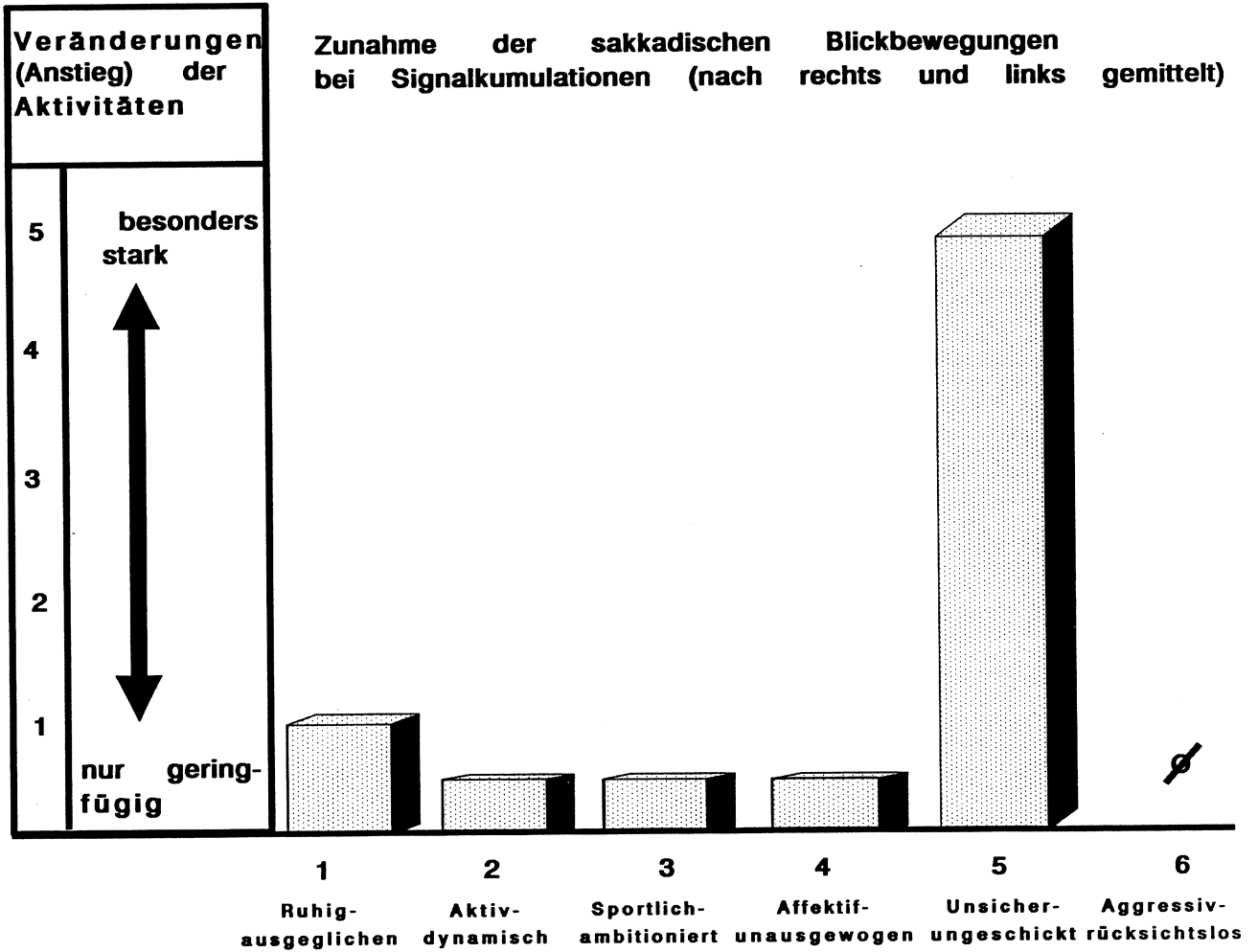
2,05

A 2: Die Häufigkeit der Blickbewegungen bei Annäherung an Verkehrssignale steht auch in Zusammenhang mit dem Fahrstil der Motorfahrzeuglenker

Die Zunahme der sakkadischen Blickbewegungen beim Auftauchen von Signalen im Blickfeld ist nicht bei allen Motorfahrzeuglenkern gleich gross und steht in Zusammenhang mit dem Fahrstil. Sie ist am stärksten ausgeprägt bei den unsicher-ungeschickten Fahrern. Hier kommt es fast zu einem "Blicksturm". Hingegen ändert sich das Blickverhalten der aggressiv-rücksichtslosen gegenüber dem Blickverhalten auf der "Ohne"-Strecke praktisch überhaupt nicht. Die anderen Fahrergruppen liegen, wie die folgenden Graphiken zeigen, dazwischen.







A 3: Die Anzahl der Blickzuwendungen ist unabhängig von der Bedeutung der Signale

Ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der sakkadischen Blickzuwendungen und der Signale - überprüft an Hand der Einzelsignale - konnte nicht nachgewiesen werden. Die gegenüber der "Ohne"-Strecke häufigeren Blickzuwendungen finden sich nicht nur bei Signalen, die für die unmittelbare Gestaltung der Fahrweise von Bedeutung (z.B. Vortritt, Tempolimit), sondern auch bei solchen, die für das Fahren völlig unerheblich sind. Dazu ebenfalls einige Beispiele.



2,64



2,89



2,63



2,58



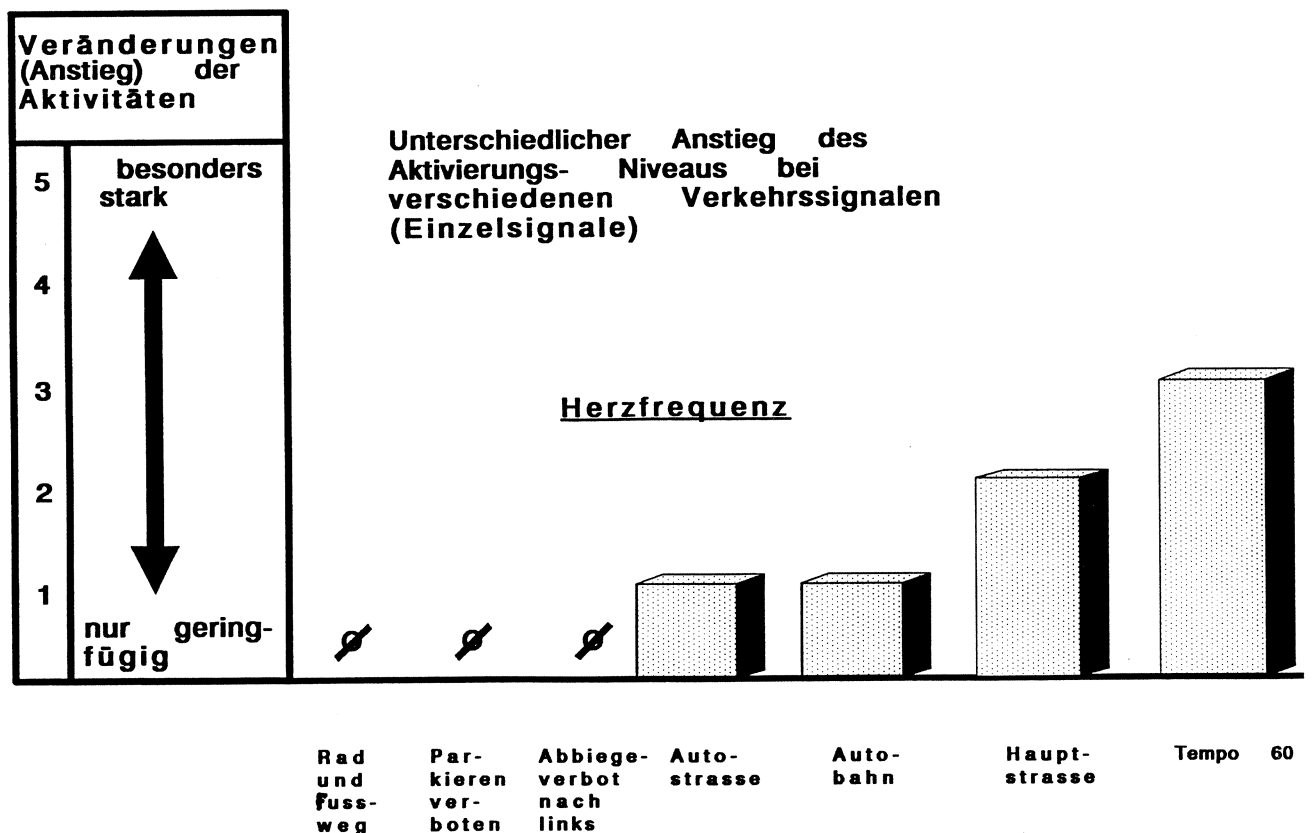
2,67

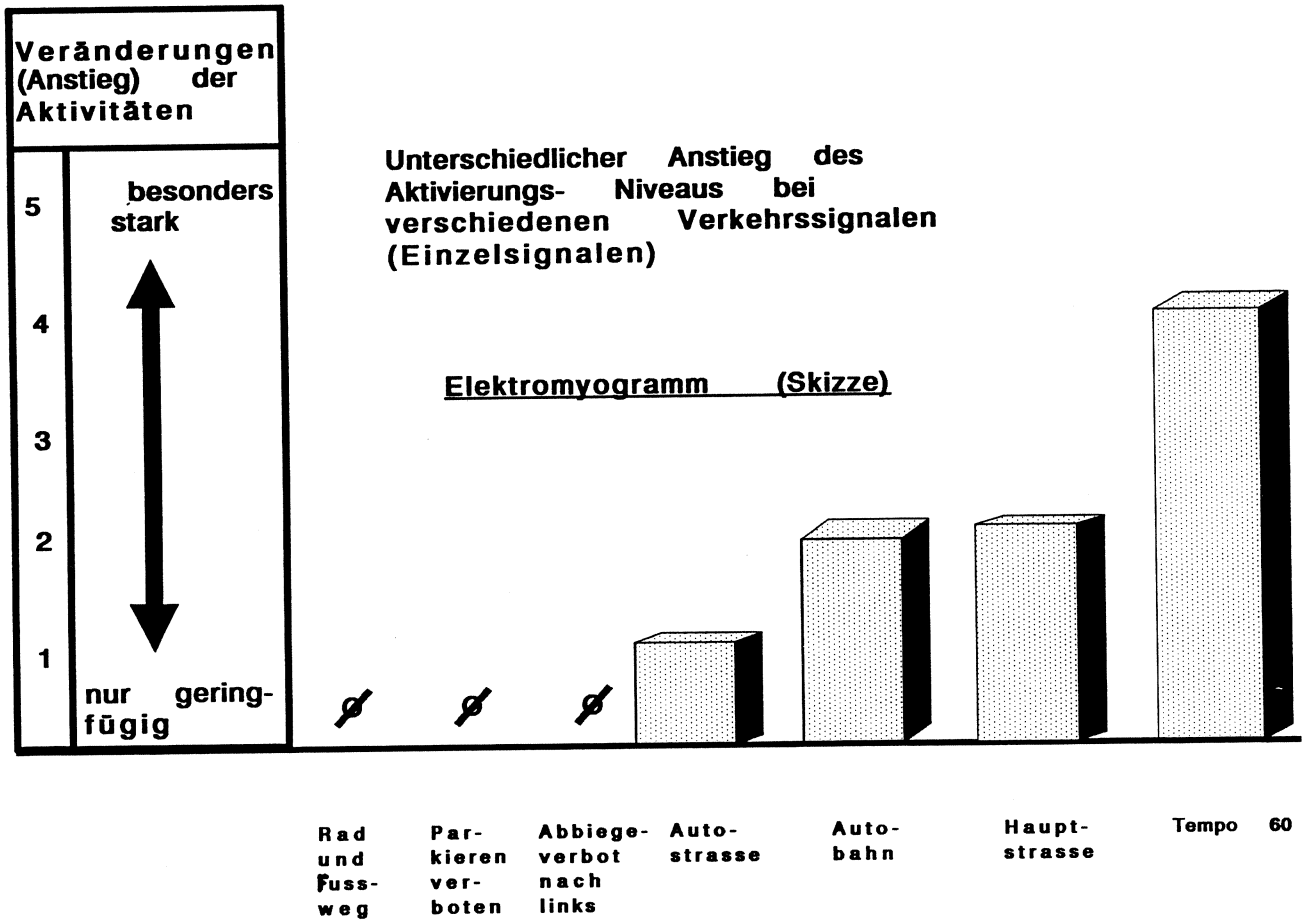


2,56

A 4: Ein Anstieg des Aktivierungs-Niveaus (A) tritt in der Regel jedoch nur bei Signalen auf, die mit dem Fahren selber in unmittelbarer Beziehung stehen

Die Versuchsfahrer hatten auf der Teststrecke ausserorts immer geradeaus zu fahren. Dementsprechend blieben Signale wie "Rad- und Fussweg", "Parkieren verboten" oder "Abbiegeverbot nach links" für sie ohne jede Bedeutung. Dies zeigt sich auch in den A-werten, die sich gegenüber der "Ohne"-Strecke nicht verändern. Hingegen sprechen Signale wie "Autostrasse" und "Autobahn" die Versuchspersonen immerhin soweit an, dass die A-werte geringfügig ansteigen. Etwas höher ist der Anstieg beim Schild "Hauptstrasse", am stärksten jedoch bei der Tempolimite "60". Die Veränderungen sind in der folgenden Graphik wiedergegeben.





Die Stimulierung bei Tempo 60 hatte im übrigen in einer von allen Beobachtern deutlich zu erkennenden Reaktion - nämlich der Herabsetzung des Tempos - ihren Niederschlag gefunden.

Demgegenüber waren bei diesem Verkehrssignal...



Veränderungen gegenüber der "Ohne"-Strecke in keinem der erhobenen Parameter festzustellen. Die überwiegende Mehrzahl der Fahrer zeigt keinerlei psychophysische Reaktionen, wenn die beiden Signale (rechts und links vom Fahrbahnrand) im Blickfeld auftauchen. Zwar sollte der Wechsel des Radwegs auch für die Autofahrer von Bedeutung sein, erscheint doch besondere Aufmerksamkeit wegen möglicherweise querenden Velofahrern geboten. Dennoch kommt das Signalbild rechts nicht an, weil es aufgrund des schlechten Form- und des noch viel schlechteren Farbkontrastes (Farbe bereits "verblichen" und teilweise sogar abgegangen) nicht genügend auffällt.

A 5: Das Signal "Wildwechsel" führt, sofern es als Einzelsignal aufgestellt ist, weder zu vermehrten sakkadischen Blickbewegungen nach rechts noch zu einem Anstieg des Aktivierungsniveaus

Das Signal "Wildwechsel" steht als Einzelsignal zweimal an der Teststrecke (jeweils rechts am Fahrbahnrand). Insgesamt liegen 206 verwertbare Messungen zu diesem Signal vor. Die Signale sind - wie das Photo des ersten Signals beispielhaft zeigt - deutlich aus der Sicht des Fahrers erkennbar. Dennoch unterscheiden sich



die A- und B-werte hier in keiner Weise von jenen der "Ohne"-Strecke.

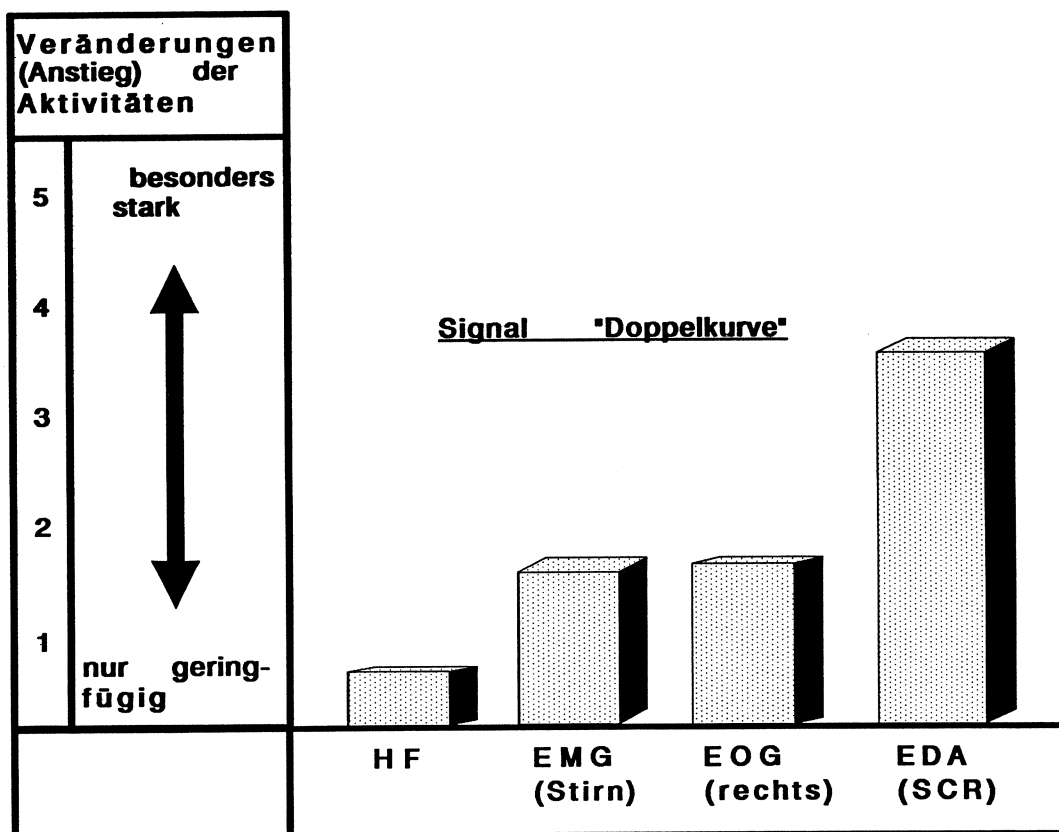
	Aktivierungsniveau		sakkadische Blickbewegungen nach rechts
	HF	EMG	EDG
"Ohne"-Strecke	80,12	33,42	2,03
Signal 1	79,07	33,80	1,97
Signal 2	80,31	34,50	1,95

...

Analysiert man diese Zahlen unter dem Aspekt der Streuung, so zeigt sich, dass von den 206 Messungen nur 6 im HF-Bereich, 8 im EMG-Bereich und 14 im EDG-Bereich signifikant, jedoch nur "geringfügig" (klassifiziert: Abweichung der Stufe 1) von den entsprechenden Werten der "Ohne"-Strecke abweichen. Dabei handelt es sich um sieben Versuchspersonen. Von diesen gehören wiederum 5 zur Gruppe der unsicher-ungeschickten Fahrer, die sich ja - wie schon erwähnt - vor allem dadurch auszeichnen bzw. von den anderen Fahrern unterscheiden, dass sie bei sämtlichen "Mit"-Streckenteilen höhere Abweichungen von den "Ohne"-Strecken aufweisen als jene.

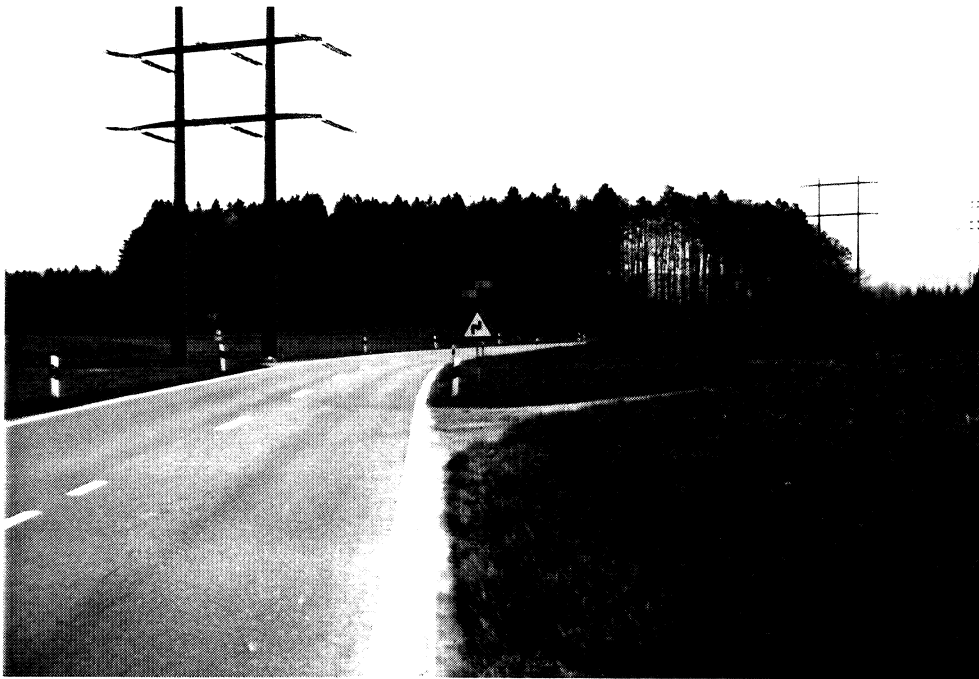
A 6: Je stärker ein Signal zum Hintergrund kontrastiert und je mehr das Signalisierte mit dem optischen Eindruck der Hintergrundkulisse korreliert, um so "besser" ist seine Wirkung

Das Signal, welches bei den Testfahrten die groesste Wirkung erzielte - vgl. hierzu die folgende Graphik -



ist im folgenden Bild wiedergegeben.

...



Dieses Signal steht sehr auffällig in der Landschaft, erzwingt dadurch geradezu eine vermehrte Blickzuwendung, führt zu einem Anstieg der Aufmerksamkeit, auch verbunden mit einer emotionalen Erregung.

2. INNERORTSSTRECKEN MIT SIGNALEN

Auch die Art und Häufigkeit der innerhalb von Ortschaften aufgestellten Signale ergibt sich aus Anlage 4. Behandelt werden in diesem Abschnitt lediglich die Ortsdurchfahrten von

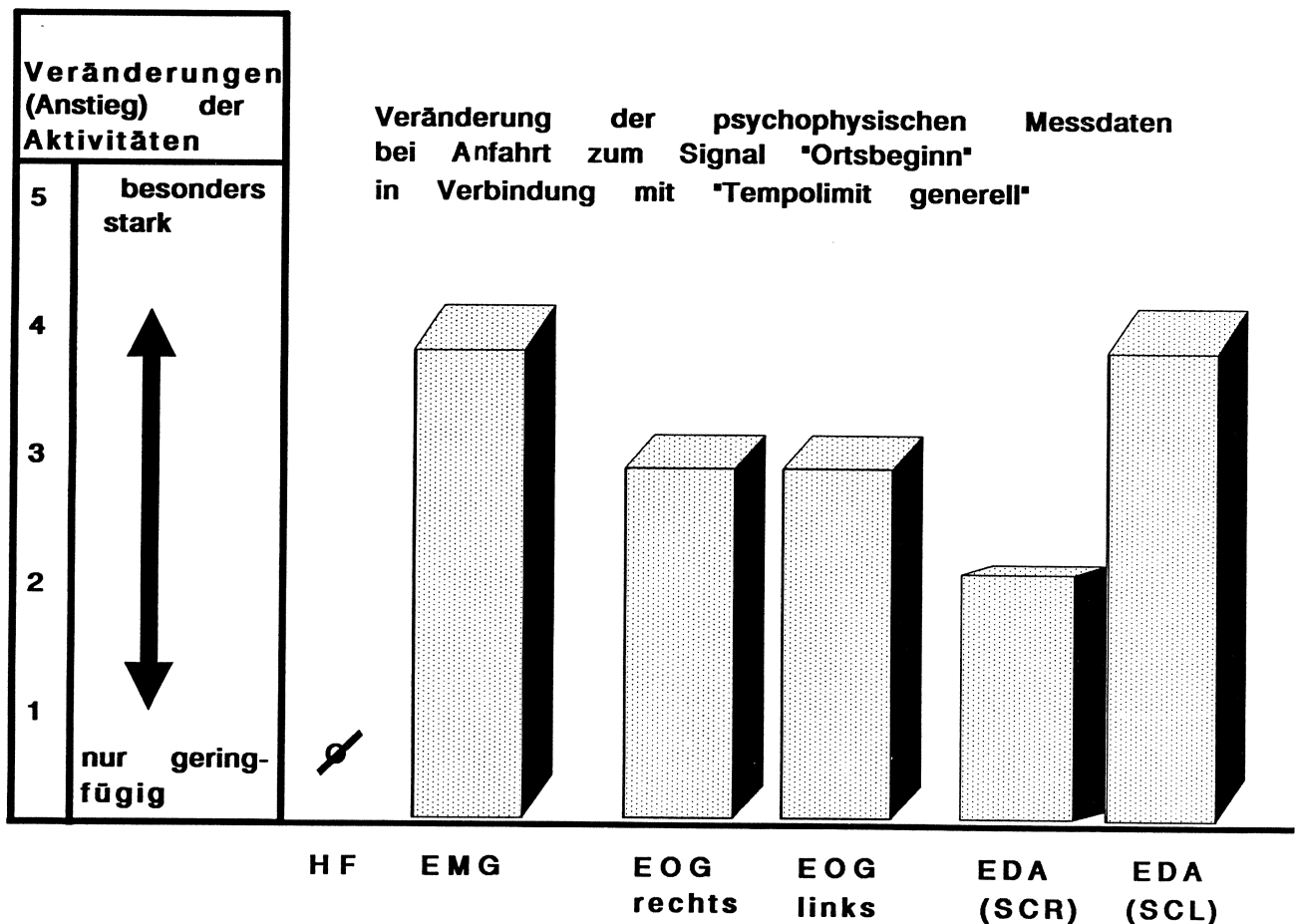
Uessikon
Maur
Fällanden
Gfenn
Hagnau
Gutenswil
Fehraltdorf
Pfäffikon
Auslikon
Wetzikon
Ettenhausen

während die Stadtdurchfahrt Zürich einschliesslich der Agglomeration Dübendorf in einem eigenen Abschnitt dargestellt wird. Die Länge dieser Ortsdurchfahrten beträgt 15,2 km (Signalisationsdichte 22 Signale pro 1000 m).

...

A 7: Das Signal "Ortsbeginn" in Verbindung mit dem Signal "Höchstgeschwindigkeit generell" findet bei der Mehrzahl der Motorfahrzeuglenker einen hohen Beachtungsgrad

Tritt das Signal "Ortsbeginn" in Verbindung mit dem Signal "Höchstgeschwindigkeit 50 generell" oder "Höchstgeschwindigkeit 60" ins Blickfeld, so reagiert die Mehrzahl der Motorfahrzeuglenker ähnlich wie bei den Einzelsignalen ausserorts. Dies weist darauf hin, dass die Verbindung der beiden Signalschilder wahrnehmungspsychologisch als eine Einheit empfunden wird, zumal sie fast immer und überall in der gleichen Form vorkommt. Bis auf die HF-Werte steigen - wie die Graphik ausweist - alle psychophysiologischen Werte bei Annäherung an diese Signalkonfiguration - im Vergleich zur "Ohne"-Strecke - stark an.



Zwischen den Ortsbeginn-Schildern mit einer Tempo-Limite 50 und jenen mit einer Limite 60 bestehen zwar gewisse Unterschiede, doch sind sie insgesamt gesehen zu gering um als signifikant gelten zu können. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Orts- beginn plus	Durchschnittswerte bei Annäherung an das Verkehrssignal					
	HF	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
T 50	80,11	37,7	2,44	2,54	162,9	29,62
T 60	79,97	36,9	2,53	2,68	154,45	28,69

Hingegen bestehen deutliche Unterschiede zwischen Stellen, an denen die Signalkombination nur rechts am Strassenrand aufgestellt ist und dort, wo sich zusätzlich auch links ein Schild mit dem angeordneten Tempolimit befindet. Die Aufmerksamkeit steigt ebenso wie die emotionale Stimulierung und die Blickzuwendung hier noch stärker an.

Wie gross diese Unterschiede sind, zeigt die Tabelle auf der nächsten Seite. Zur Verdeutlichung der beiden Situationen ist als Beispiel den entsprechenden Werten (die Mittelwerte über alle Ortsbeginn-Signale darstellen) je ein Bild der jeweiligen Aufstellungsform beigelegt.

B e i s p i e l



Tempolimit	EMG	M e s s w e r t e			
		EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
↗ nur einseitig	34,99	2,34	2,19	160,3	25,9
↘ beidseitig	39,25	2,55	2,75	164,4	31,7
Veränderung	+12,2%	+ 9,0%	+25,6%	+ 2,6%	+22,6%



B e i s p i e l

Was das Fahrverhalten betrifft, so hatten sich nahezu alle Versuchspersonen an die vorgeschriebene Herabsetzung der Geschwindigkeit gehalten. Erwähnt werden muss allerdings, dass dies bei der Gruppe der aggressiv-rücksichtslosen Motorfahrzeuglenker kaum der Fall war. Die Beobachter hatten immer wieder die Versuchspersonen aus dieser Gruppe zu ermahnen, sich doch an die Tempolimite zu halten.

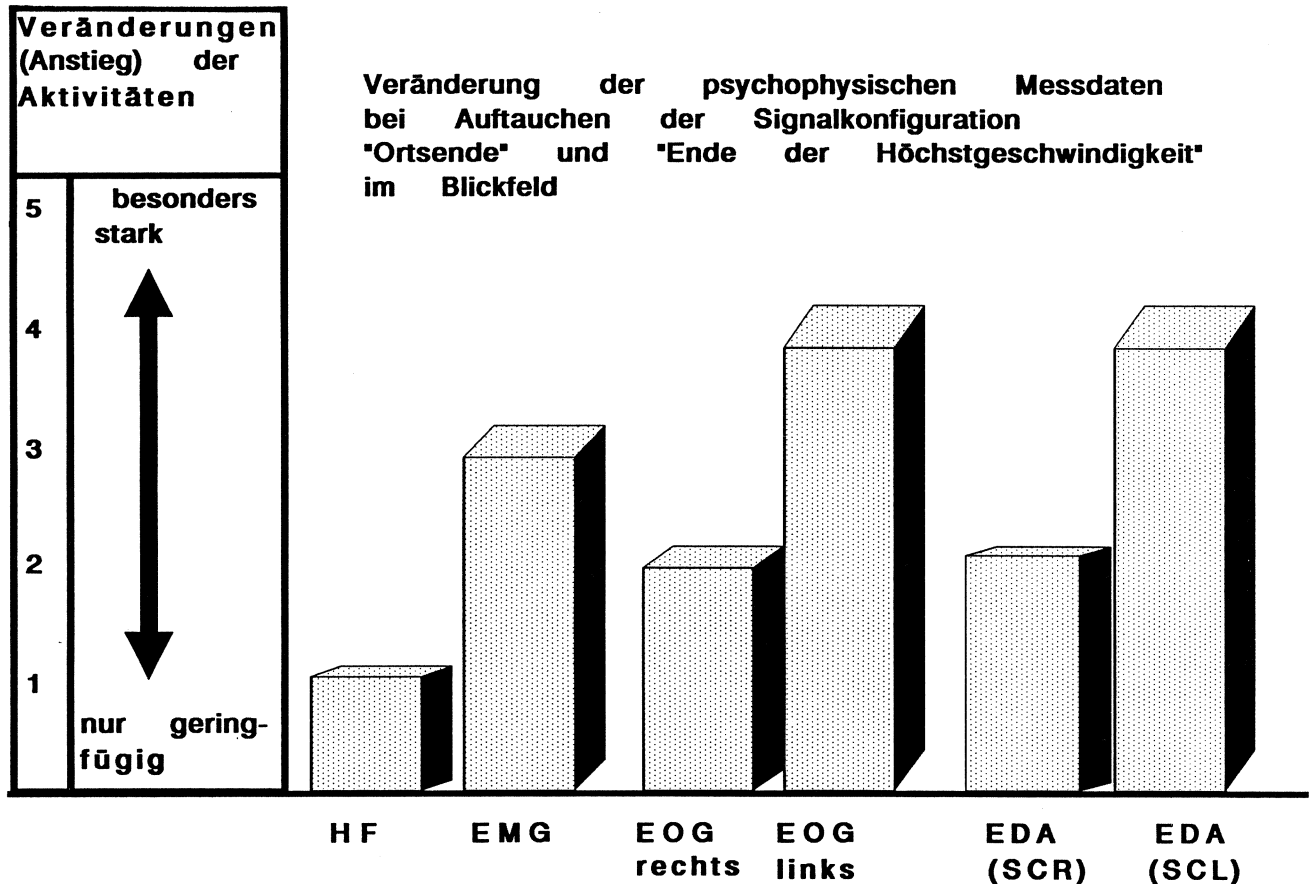
Im übrigen gilt speziell für die Aggressiv-Rücksichtslosen das oben Ausgeführte nicht. Im Gegensatz zu allen anderen Probanden waren hier keine gravierenden Unterschiede der Messwerte gegenüber der "Ohne"-Strecke zu ermitteln, ja ganz im Gegenteil lagen mit Ausnahme der EMG-Werte alle anderen sogar unter jenen der Vergleichsstrecke:

	"Ohne"-Strecke	Anfahrt auf Orts- schild
EMG	24,09	26,64
EOG rechts	1,94	1,81
EOG links	2,10	1,98
EDA/SCR	103,07	101,92
EDA/SCL	12,32	11,98

Und auch der EMG-Wert als Indikator für die bewusste Aufmerksamkeitszuwendung ist nur geringfügig angestiegen (Anstieg klassiert auf Stufe 1 gegenüber dem Anstieg in allen anderen Gruppen auf Stufe 4).

A 8: Auch das Signal "Ortsende" in Verbindung mit dem Signal "Ende der Geschwindigkeitsbeschränkung" findet Beachtung

Das unter A7 Ausgeführte gilt, wie die Graphik zeigt - auch für die Signalkonfiguration "Ortsende/Ende Tempo 50" bzw. "Ortsende/Ende Tempo 60".



Im Gegensatz zum Ortsbeginn ist hier allerdings auch ein Ansteigen der Herzfrequenz zu verzeichnen. Da bekanntlich ein Zusammenhang zwischen diesem Parameter und der Fahrgeschwindigkeit besteht, dürfte diese Veränderung auf die Beschleunigung zurückzuführen sein, die nach Feststellung der Beobachter in der Regel (82,7 % aller Probanden) bereits in einiger Entfernung vor dem Ende der Tempolimits eingeleitet wird. Dass die Blickbewegungen nach links stärker zugenommen haben als jene nach rechts, hängt einfach damit zusammen, dass bei 7 der durchfahrenen Ortschaften das Ortsendeschild nur am linken Fahrbahnrand angebracht war.

Im übrigen ist - wie auf der nächsten Seite dargestellt und wiederum mit zwei exemplarischen Beispielen unterlegt - deutlich zu erkennen, dass die Aktivierung, Blickzuwendung und emotionale Stimulierung noch verstärkt wird, wenn die Aufhebung des Tempolimits nicht nur am linken, sondern zusätzlich auch am rechten Fahrbahnrand signalisiert wird.

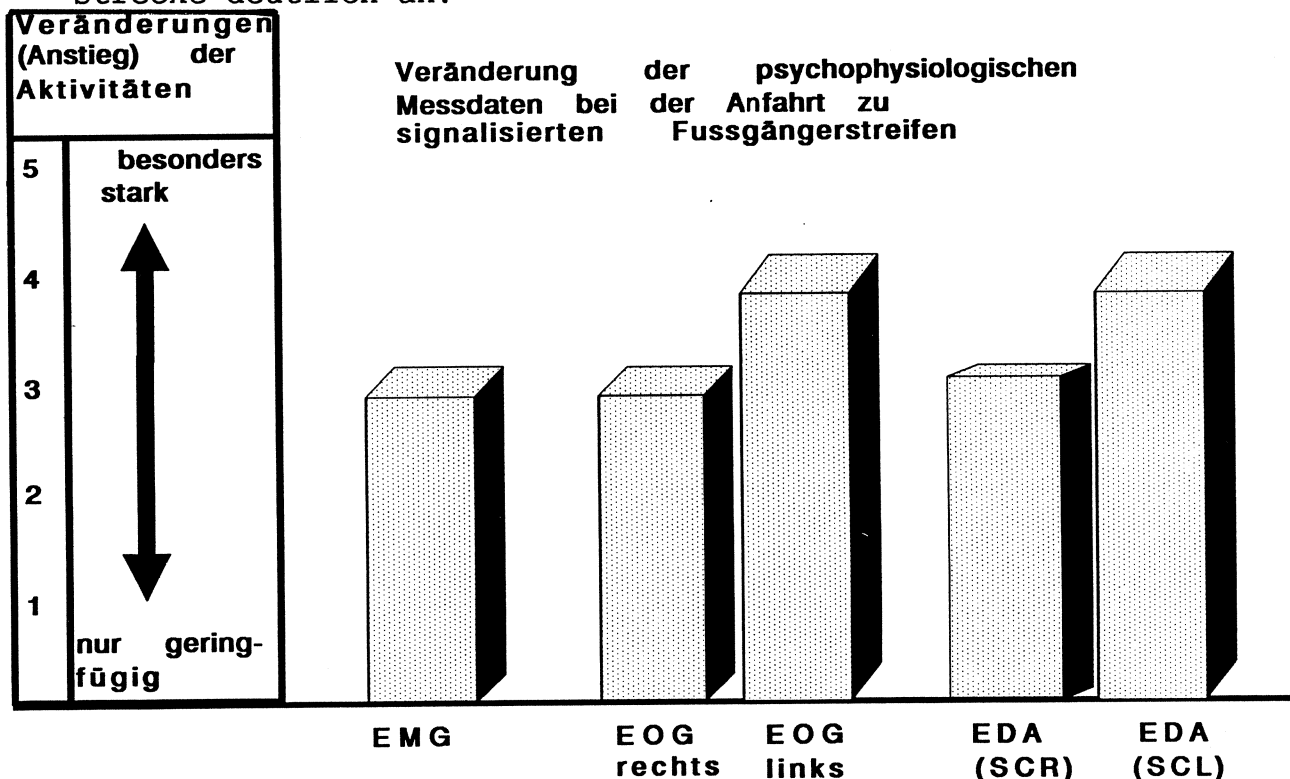


Aufhebung des Tempolimits		M e s s w e r t e			
	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
↶ nur links	35,56	2,39	2,56	157,35	27,00
↷ beidseits	38,57	2,59	2,58	167,45	28,36
Veränderung	+8,5%	+8,4%	---	+6,4%	+5,0%



A 9: Vor Fussgängerstreifen mit dem Signal "Fussgängerstreifen" steigen der Aufmerksamkeitspegel, die Häufigkeit der Blickzuwendung und die emotionale Stimulierung nur dann stark an, wenn sie sich im Blickfeld "prägnant" vom Hintergrund abheben

Bei den 8 Fussgängerstreifen, die auf der Teststrecke mit dem Signal Fussgängerstreifen innerorts (ausser Zürich/Dübendorf) angekündigt werden, steigen bei 7 die A-, B- und E-Werte (mit Ausnahme der HF) im Vergleich zur "Ohne"-Strecke deutlich an:



Es findet also eine allgemeine Aktivierung und damit Be- achtung statt, wobei dies für alle Motorfahrzeuglenker mit Ausnahme der aggressiv-rücksichtslosen gilt. Bei diesen sind die genannten Veränderungen minimal und auch die Fahrbe- obachter stellten fest, dass solche Fahrer das Vorhanden- sein der Streifen nicht zur Kenntnis nehmen und selbst dann mit unverminderter Geschwindigkeit am Streifen durchfahren, wenn sich Fussgänger anschicken, ihn zu betreten.

...

Auch bei einem weiteren Streifen waren derartige Veränderungen nicht zu ermitteln. Ein Bild des Streifens mit den entsprechenden Messwerten befindet sich auf der nächsten Seite und ist einem anderen Streifen mit starken Reaktionen gegenübergestellt. Der Grund dafür dürfte in der schlechten Prägnanz aufgrund des schlechten Hintergrundkontrastes infolge verwaschener Farben und Konturenverschmelzungen liegen.

...



Prägnanz des Erscheinungsbildes	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
↑ gering	30,18	2,04	2,11	152,51	24,39
↓ gross	40,70	2,79	3,01	180,03	29,03
Unterschied gering:gross	+34,9%	+36,8%	+42,7%	+18,0%	+19,0%



**A 10: Nicht nur Wegweiser sondern auch die Signale
"Parkieren verboten" sowie "Rad- und Fussweg"
führen bei Motorfahrzeuglenkern, die einen Ort
auf der Hauptstrasse durchqueren, zu keinen
nennenswerten Reaktionen**

Bei der Anfahrt auf Wegweiser lagen sämtliche Werte ausser der HF kaum nennenswert über jenen der Ausserorts-Strecken "Ohne", sofern nicht besondere Verkehrsverhältnisse oder zusätzlich angebrachte andere Signale anderes bewirkten. Die registrierten Anstiege waren nur als geringfügig zu klassieren (Stufe 1 der Veränderungs-Skala). Da die A-, B- und E-Werte jedoch während der ganzen Ortsdurchfahrten geringfügig höher lagen als auf der "Ohne"-Strecke (grössere Verkehrsdichte und damit auch etwas höhere psychophysische Anforderungen), kann diese Erhöhung bei der Anfahrt auf die Wegweiser doch nicht mit deren Bedeutungsgehalt in Zusammenhang gebracht werden. Vielmehr erscheint der Schluss gerechtfertigt, dass für den, der einen Ort durchfährt, Wegweiser in Abzweigungen praktisch bedeutungslos bleiben und er daher darauf - auch nicht im Sinne einer Erhöhung der Aufmerksamkeit oder gar einer emotionalen Beunruhigung - gar nicht reagiert.

Was speziell die HF betrifft, so ist nochmals an den Zusammenhang zwischen der Fahrgeschwindigkeit und diesem Parameter zu erinnern. Da innerorts langsamer gefahren wird als ausserorts liegt die HF dort naturgemäss niedriger als auf der Ausserorts- "Ohne"-Strecke. Da bei Annäherung an Wegweiser kein Anstieg dieser Frequenz zu verzeichnen war, bestätigt sich die oben genannte Schlussfolgerung.

...

Gleiches gilt in analoger Weise für die Signale "Parkieren verboten" sowie "Rad- und Fussweg". Wer nicht zu halten beabsichtigt, wird vom einschlägigen Schild ebensowenig in Anspruch genommen oder gar verunsichert wie derjenige, der mit dem Auto und nicht mit einem Fahrrad unterwegs ist.

Auf der nächsten Seite sind exemplarisch zwei Stellen wiedergegeben, an denen sich die gemessenen Werte kaum nennenswert von jenen auf den Ausserorts-Strecken "Ohne" unterscheiden.

Vergleichsstrecke ausserorts "ohne"



EMG	EOG	EOG	EDA	EDA
re.	li.	li.	SCR	SCL
28,6	2,03	2,16	151,0	22,17
29,4	2,05	2,14	149,5	23,31



29,6	2,04	2,12	155,29	23,25
------	------	------	--------	-------

Parameter HF

Vergleichsstrecke ausserorts "ohne"	80,12
Wegweiser	79,03
Parkieren verboten	78,32

A 11: Es gibt Hinweise, dass auch das Signal "Kinder" wirkungslos bleibt

Das Signal "Kinder" befand sich ursprünglich an zwei Stellen der Teststrecke. Eines stand unmittelbar vor einer Kurve, das andere an einer längeren Geraden. Letzteres ist leider im Verlauf der Testfahrten abgebaut worden, sodass von dieser Stelle nur 12 Datensätze verfügbar sind. Diese geringe Zahl von "n" schränkt naturgemäss den Wert der folgenden Aussagen erheblich ein.

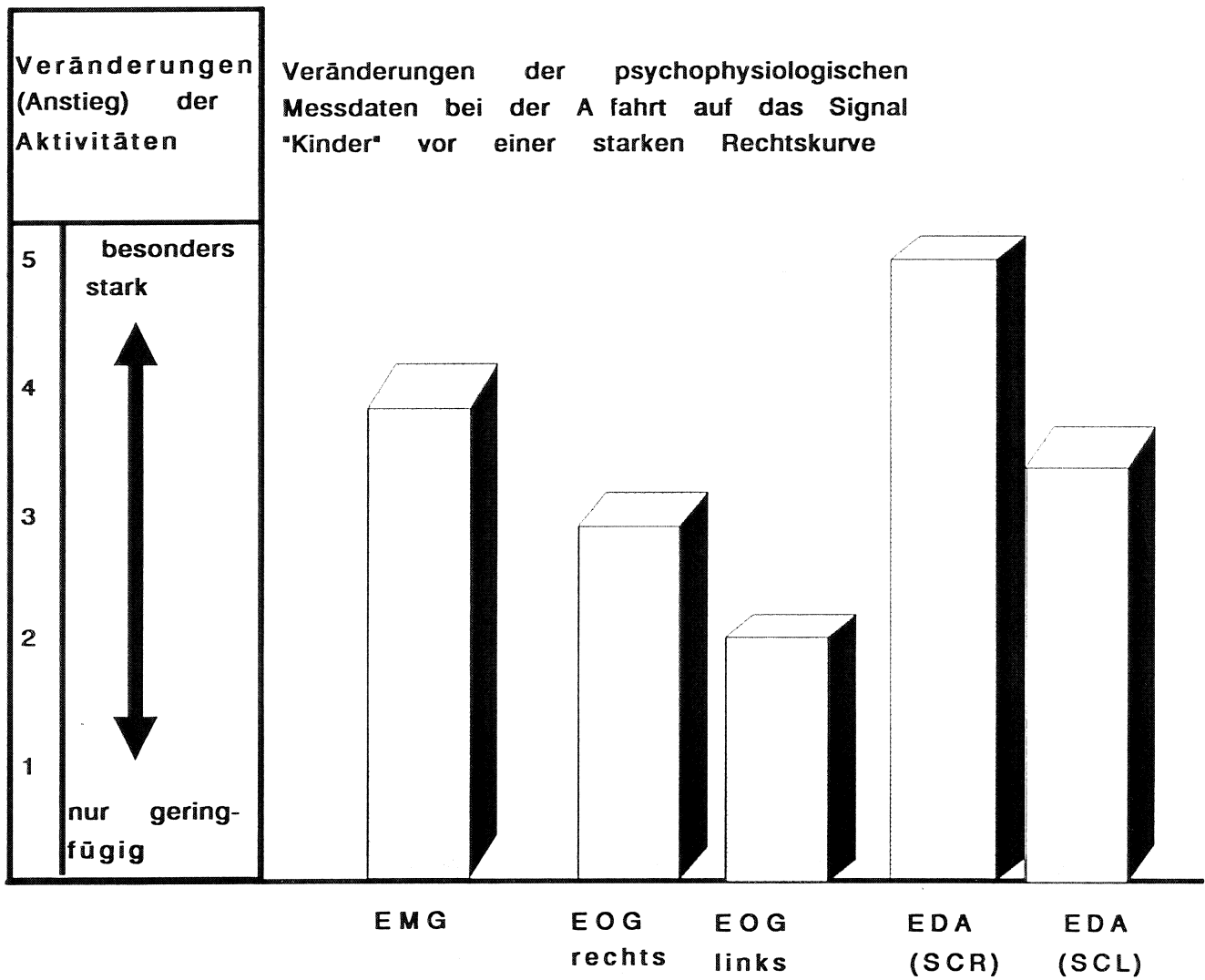
Wertet man die erhobenen Messdaten dennoch aus, ergibt sich folgendes Bild:

	HF	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
Vergleichsstr. ausserorts "Ohne"	80,12	28,6	2,03	2,16	151,0	22,17
Signal....						
.... an langer Geraden	78,34	29,3	2,06	2,17	153,8	23,18
.... vor Kurve	78,82	39,5	2,61	2,39	195,9	29,22
Unterschied			+	in	%	
Gerade:Kurve	0,6	34,8	26,7	10,1	27,4	26,1

...

Danach haben sich bei der Anfahrt auf das Signal im Verlauf der langen Geraden keine nennenswerten Abweichungen von den Werten der "Ohne"-Strecke ergeben. Hingegen sind die Veränderungen bei der Anfahrt auf das Signal unmittelbar vor der Kurve ganz erheblich. Die klassierte Grösse dieser Abweichungen ist in der folgenden Graphik, die Situation selber in der folgenden Abbildung dargestellt.

...



Bei dieser Sachlage bleibt allerdings zu fragen, ob die erhöhte Aufmerksamkeit, die häufigeren sakkadischen Blickbewegungen und die gesteigerte emotionale Stimulierung tatsächlich durch das Bemühen ausgelöst wurde, auf Kinder zu achten, oder durch die Notwendigkeit, abzubremesen bzw. sich auf das saubere Befahren der Kurve zu konzentrieren. Für letzteres spricht schon allein die Tatsache, dass die Blicksprünge nach rechts viel häufiger sind als jene nach links. Es ist bekannt, dass ein solches Blickverhalten typisch ist für das Befahren von Rechtskurven. Dies legt den Schluss nahe, hier sei in erster Linie die Linienführung der Strasse und nicht das Signal Kinder die Ursache für diese allgemeine Aktivierung.

**A 12: Während auf das Signal "Hauptstrasse" innerorts
keine nennenswerten Reaktionen festzustellen sind,
haben die Signale "Kein Vortritt" und "Stop"
einen hohen Aufforderungscharakter**

Auch die Veränderungen beim Signal "Hauptstrasse" übersteigen im Vergleich zur "Ohne"-Strecke nicht das innerorts generell registrierte Ausmass. Dieses Signal ist aufgestellt, um den Motorfahrzeuglenkern anzuzeigen, dass sie auf dem ganzen folgenden Strassenabschnitt Vortritt haben. Es müsste also die Fahrer "berühren". Wenn trotzdem entsprechende Reaktionen ausbleiben, zeigt das einmal mehr, dass Fahrer auf Durchgangsstrassen ohnehin automatisch unterstellen, vortrittsberechtigt zu sein, solange nicht das Signal "Kein Vortritt" oder "Stop" ins Blickfeld tritt.

Taucht dann jedoch eines der beiden zuletzt genannten Signale auf, wird sofort eine Aktivierung der Aufmerksamkeit - diesmal sogar im Bereich der HF - ebenso wie eine solche der sakkadischen Blickbewegungen und der emotionalen Stimulierung ausgelöst.

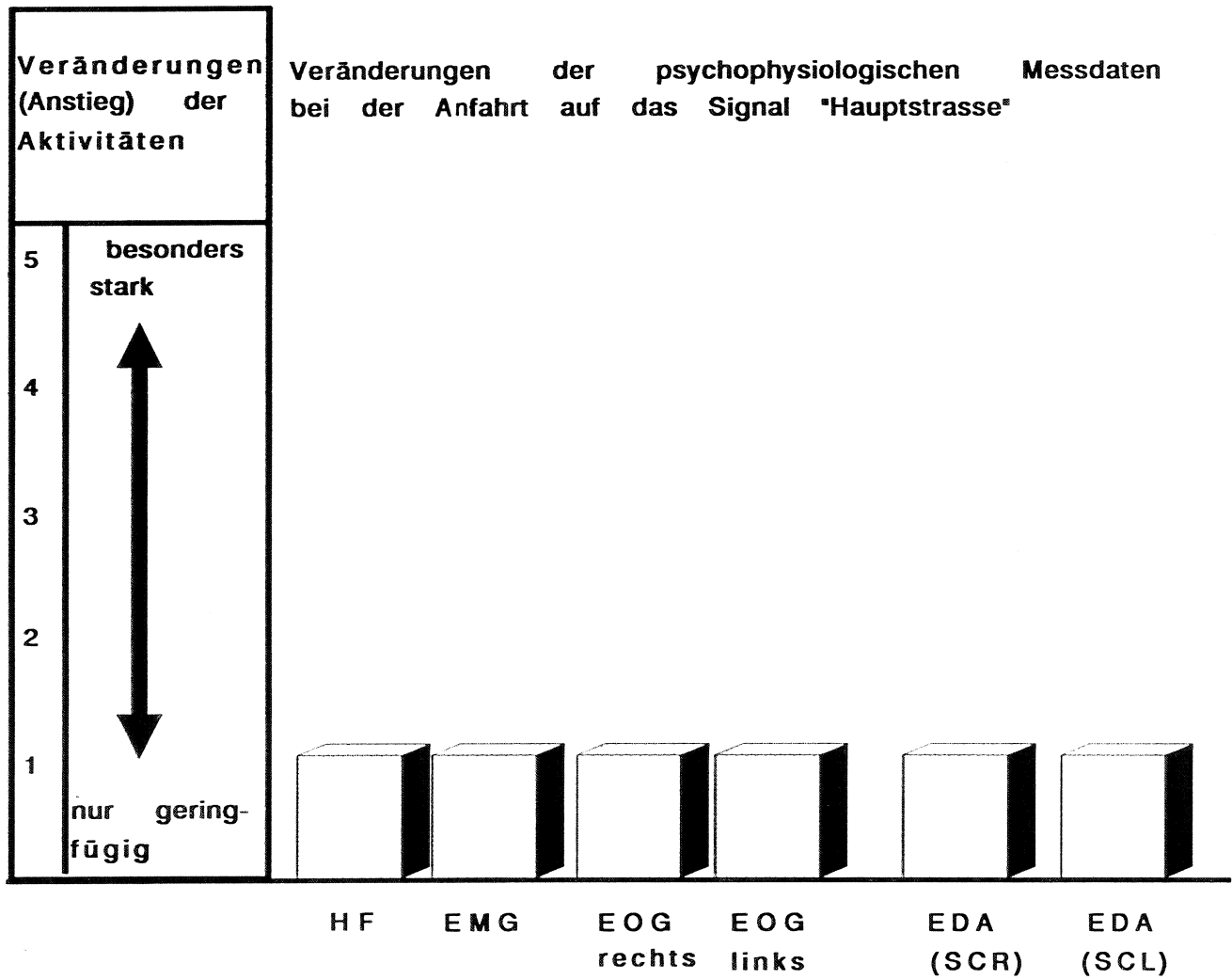
Der Umfang der Veränderungen bei den Signalen "Hauptstrasse", "Kein Vortritt" und "Stop" ist auf den nächsten drei Seiten graphisch dargestellt. Zur Verdeutlichung ist jeder Graphik jeweils ein Beispiel der angesprochenen Situationen beigelegt.

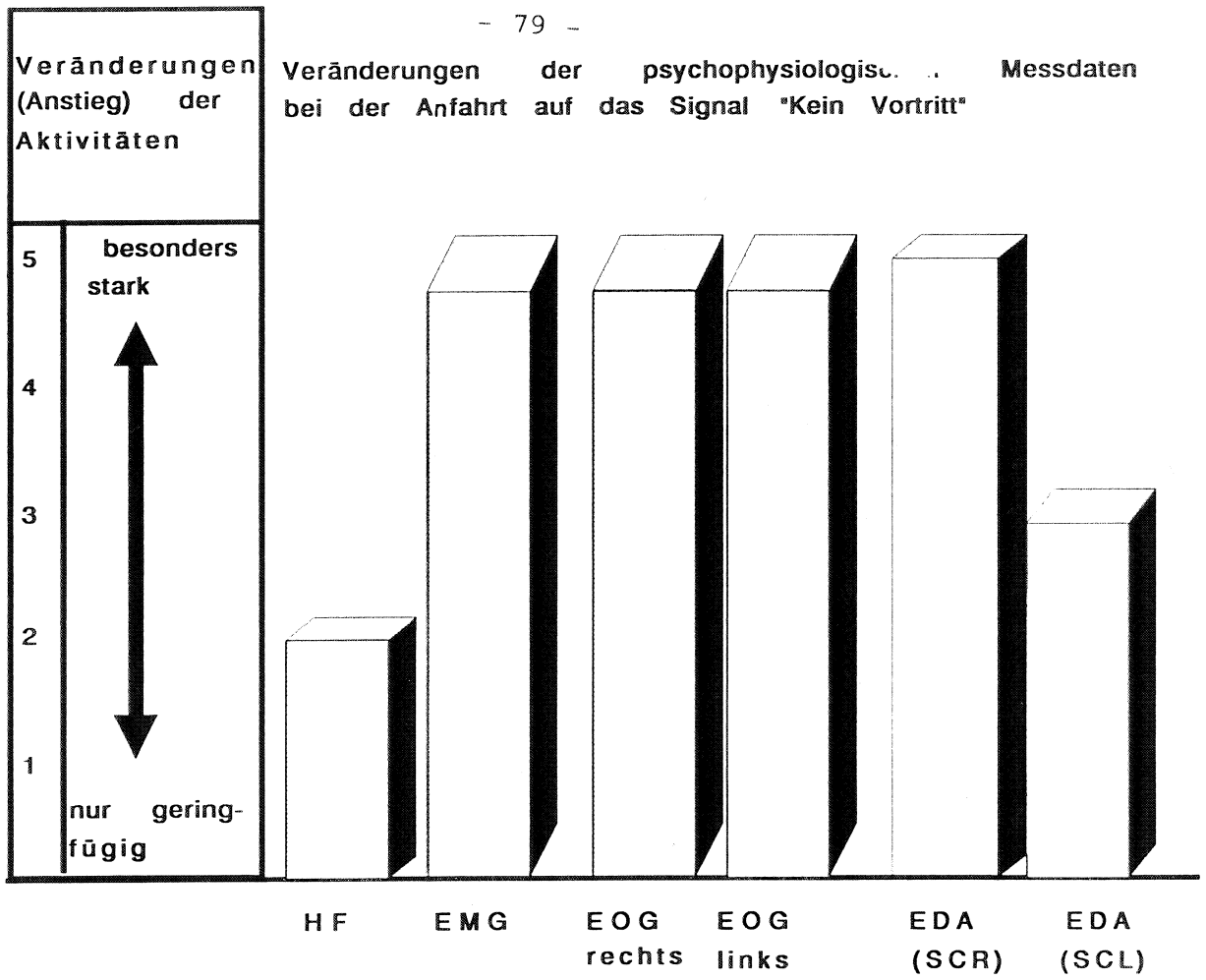
Besonders hinzuweisen ist, dass insbesondere die Stimulierung im emotionalen Bereich beim Signal "Kein Vortritt" noch stärker ist als beim Signal "Stop". Dies resultiert wohl aus der Möglichkeit, sich dort je nach der Verkehrslage zwischen dem Anhalten und dem Durchfahren entscheiden zu können, während man beim Stop-Schild grund-

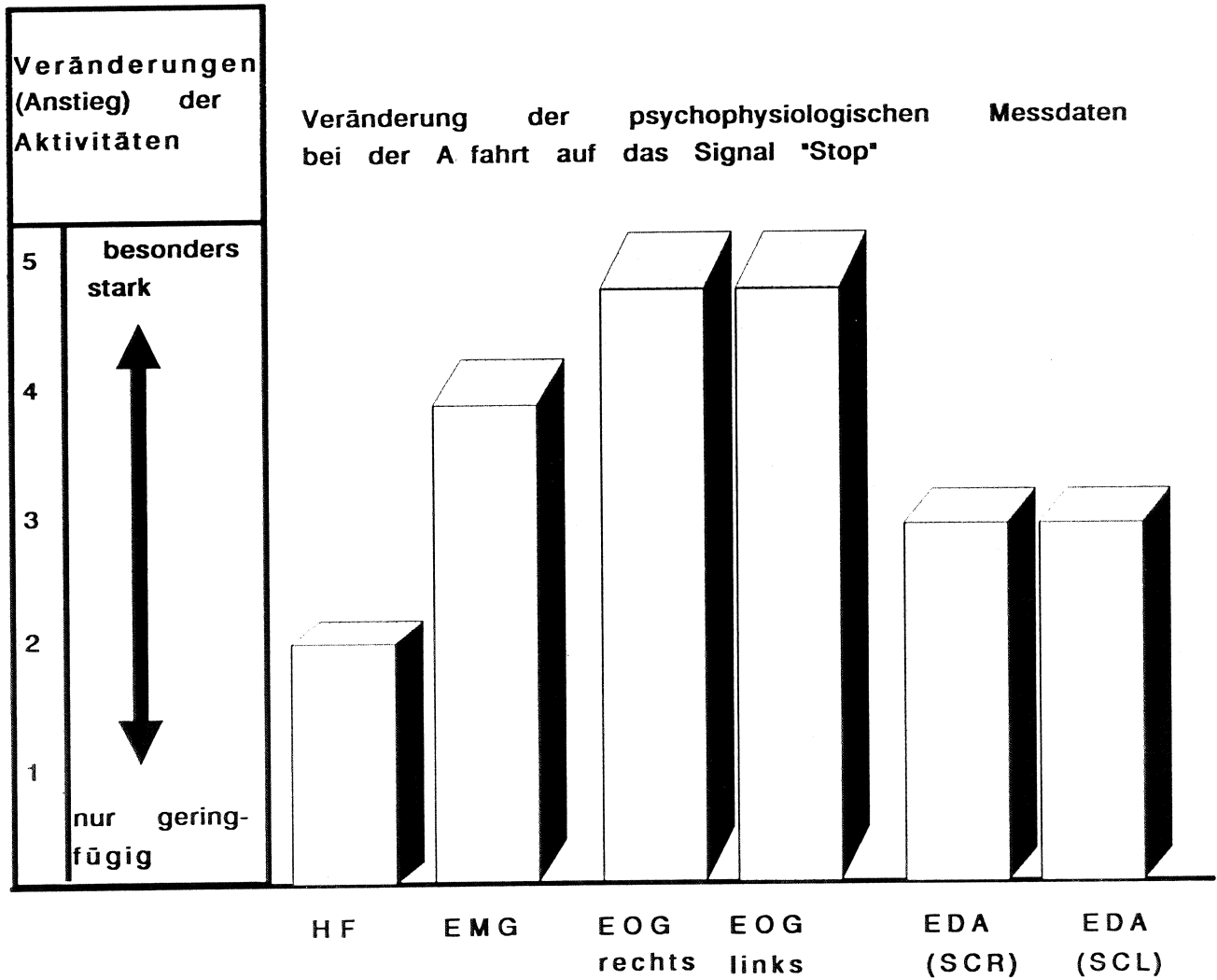
...

sätzlich stehen zu bleiben hat.

Zu erwähnen ist schliesslich, dass dieses Reagieren durch Zusatzschilder nicht beeinträchtigt wird. Das bei der Graphik "Kein Vortritt" gebrachte zweite Beispiel mit dem Zusatzhinweis auf den Kreisverkehr löst die gleiche Reaktion aus wie das erste.







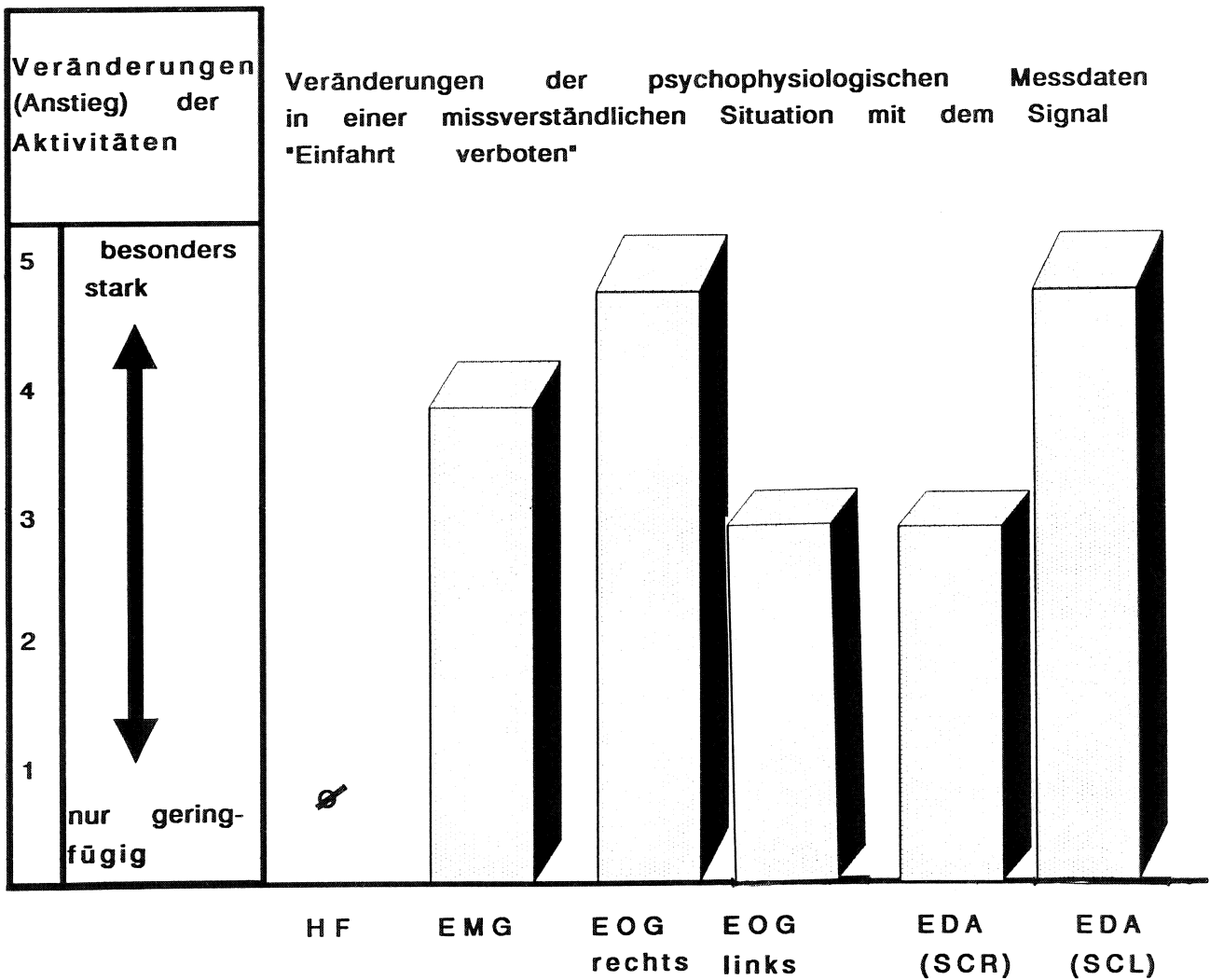
A 13: Es gibt Vortritts- und Fahrverbotssignale, die irritieren, weil sie "falsch" aufgestellt sind

Im Verlauf der Teststrecke stand an einer Stelle das Signal "Kein Vortritt" so, dass es die Mehrzahl der Motorfahrzeuglenker zunächst auf sich bezog, obwohl es eigentlich für die einmündende Seitenstrasse galt.



Die Reaktion der Fahrer entsprach bei Anfahrt an diese Stelle vollständig jener, die auch sonst immer auftrat, wenn das Signal "Kein Vortritt" ins Blickfeld kam (vgl. die entsprechende Graphik unter A12). Zusätzlich war jedoch festzustellen, dass - mit Ausnahme der aggressiv-rücksichtslosen Fahrer - die Mehrzahl der Fahrer mehr oder weniger stark ihr Fahrzeug abbremste (86 Vpn.), was bei dichterem Verkehr das Risiko von Auffahrunfällen (Auffahren des nachkommenden Verkehrs) ohne Zweifel erhöht hätte.

Einem ähnlichen Phänomen begegnen wir - wenn auch in nicht so ausgeprägtem Masse - an einer anderen Stelle, wo das Signal "Einfahrt verboten" die Zufahrt auf einen Parkplatz verwehrt. Auch dieses Signal steht so, dass der Bezug zur Parkplatz-Einfahrt nicht ohne weiteres erkennbar ist. Obschon es für den Durchgangsverkehr auf der Hauptstrasse bedeutungslos ist, verwirrt es doch den einen oder anderen Fahrer durch seine missverständliche Aufstellung und es kommt zu jenen Reaktionen, die auf der folgenden Seite zusammen mit einem Bild der Situation dargestellt sind. Hier bremsen ebenfalls eine Reihe von Fahrern ziemlich abrupt ab, bis ihnen die tatsächliche Regelung klar geworden ist (rund ein Viertel aller Versuchspersonen, 27, vor allem allerdings unsicher-ungeschickte und affektiv-unausgewogene).

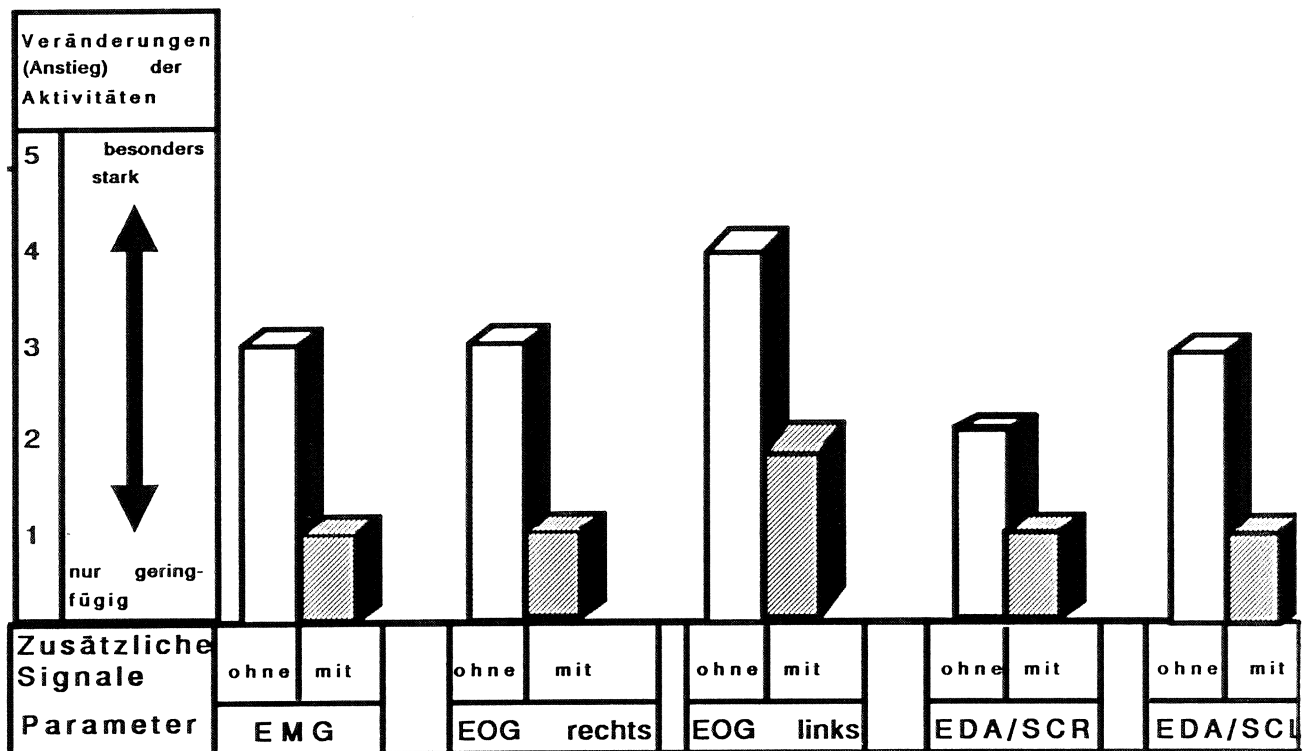


**A 14: Die Reaktionen auf Signalkumulationen sind im
allgemeinen geringer als jene auf Einzelsignale
oder feste Signalfigurationen**

Treten gleichzeitig mehrere Signale ins Blickfeld, so sind die Reaktionen der Versuchspersonen im A-, B- und E-Bereich geringer als bei Einzelsignalen. Besonders deutlich wird dies in Zusammenhang mit den signalisierten Fussgängerstreifen. Unter A 9 wurde festgestellt, dass prägnante Fussgängerstreifen einen Anstieg aller psychophysiologischen Aktivitäten bewirken. "Unprägnante" Streifen lassen hingegen einen solchen Anstieg vermissen. Offenbar geht die Prägnanz in zunehmendem Masse - wahrnehmungspsychologisch gesehen - "verloren", wenn andere Signale gleichzeitig neben dem Fussgängersignal und dem Zebrastreifen ins Blickfeld treten.

Wie stark dieser Unterschied ist, zeigt die Graphik auf der nächsten Seite. Darunter ist exemplarisch auch das Bild eines signalisierten Fussgängerstreifens beigelegt, an dem sich drei weitere zusätzliche Signale - nämlich eine Tempolimit, ein Wegweiser und das Signal "Parkieren gestattet" - befinden (vgl. als Kontrast dazu die Bilder bei A 9). Die an diesen und ähnlichen Stellen ermittelten Veränderungen entsprechen jenen, die generell in Ortsdurchfahrten gegenüber der Vergleichsstrecke "Ausserorts-ohne" festzustellen waren.

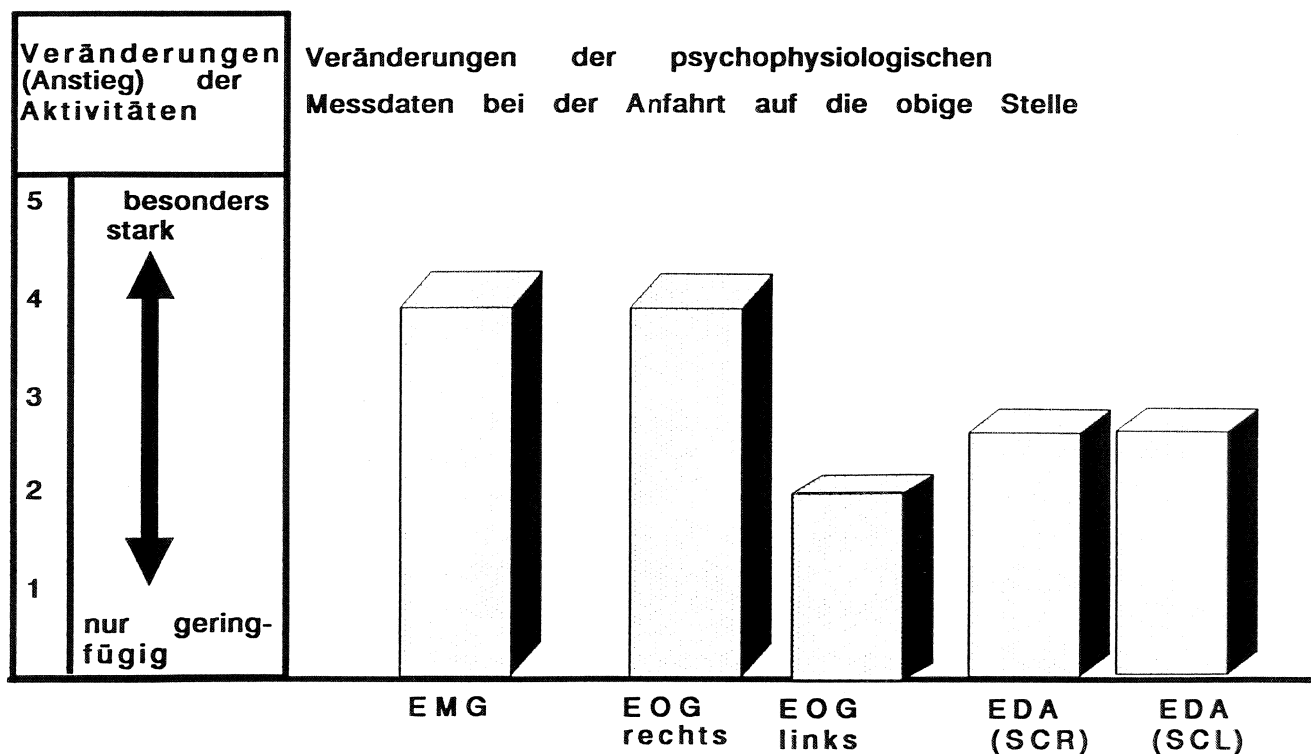
Unterschiedliche Veränderung der psychophysiologischen Messdaten an signalisierten Fussgängerstreifen ohne und mit zusätzlichen weiteren Signalen



Scheinbar aus dem Rahmen fällt in diesem Zusammenhang die folgende Situation



Hier kommt es trotz einer Signalkumulation dennoch zu einer hohen Aktivierung im A-, B- und E-Bereich:



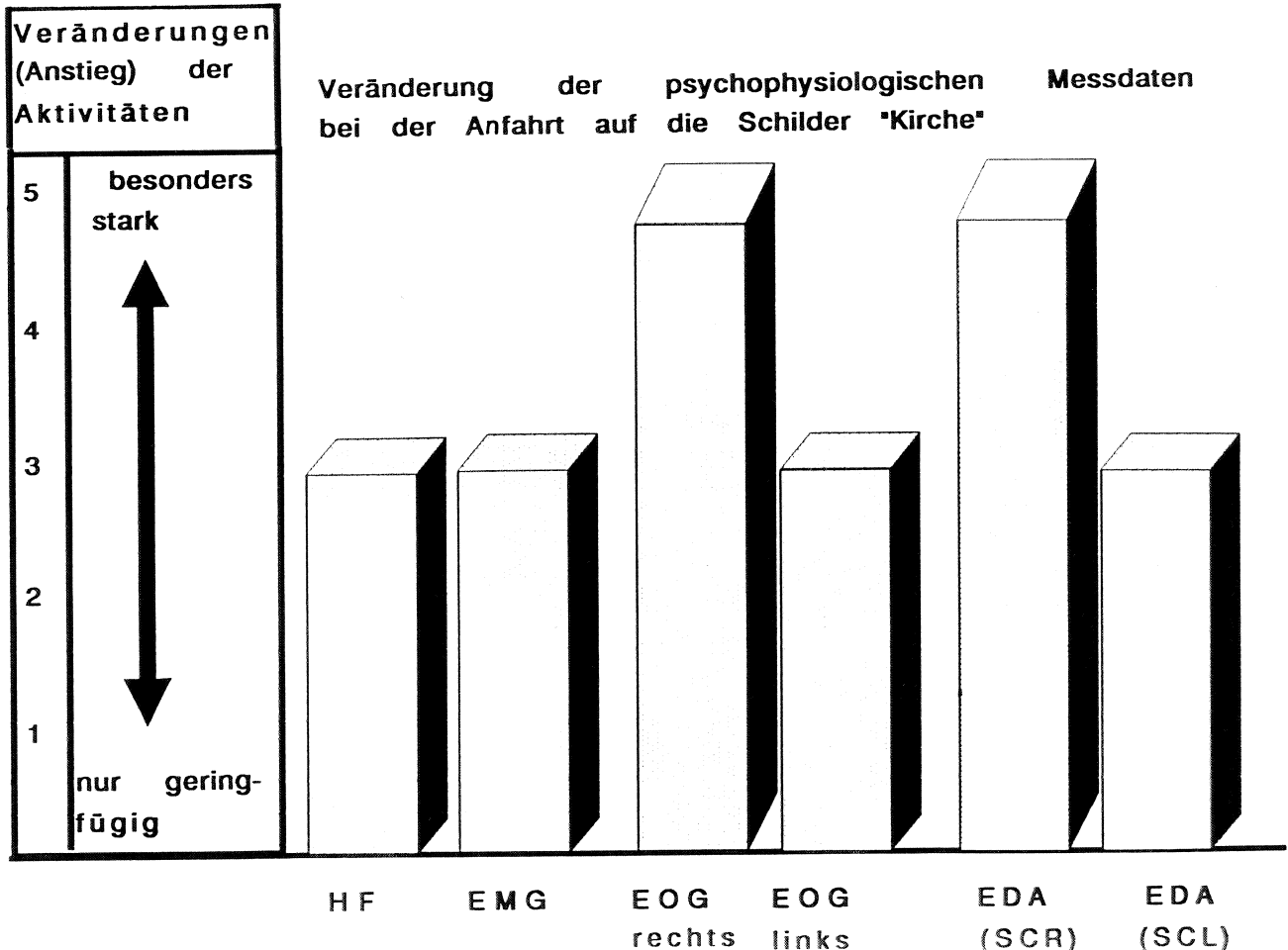
Die Gründe dafür sind hier aber wohl in erster Linie nicht bei den Signalen sondern bei der Linienführung der Strasse zu suchen. Das entgegen dem optischen Eindruck nötige Befahren einer Rechtskurve erfordert mehr Aufmerksamkeit und stimuliert emotional. Auch die Blickführung ist tendentiell auf die Innenseite der Kurve ausgerichtet, da sonst eine exakte Spurführung in der Kurve nicht möglich ist.

A 15: Es gibt Signale, die besonders aktivieren, obwohl sie für den Fahrzeuglenker völlig unwichtig sind

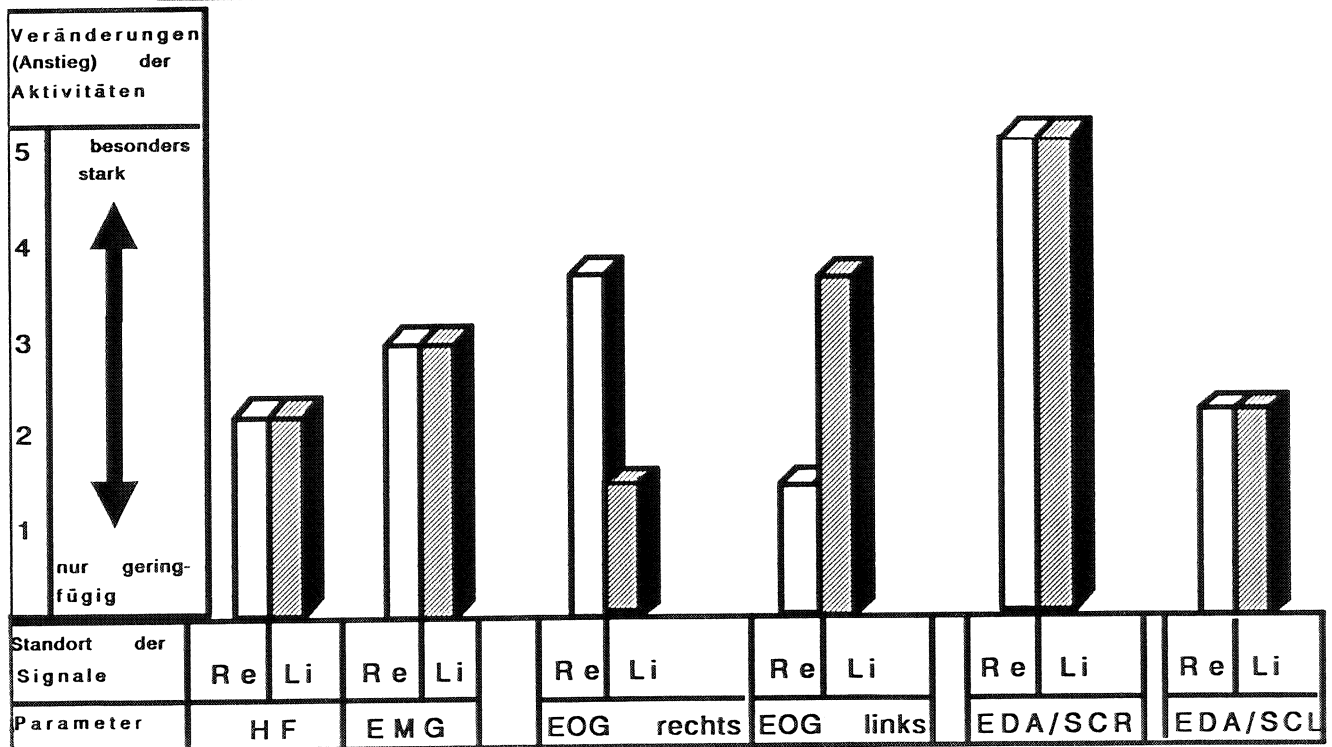
In insgesamt vier Ortsdurchfahrten befinden sich Schilder "Gottesdienst". An zwei Stellen - eine davon exemplarisch im folgenden Bild dargestellt - tauchen diese Schilder während der Anfahrt "allein" im Blickfeld auf.



Bei beiden Schildern war ein besonders hoher Anstieg im A-, B- und E-Bereich zu verzeichnen. Die Schilder werden angeblickt, aufmerksam betrachtet und lösen zudem auch eine emotionale Reaktion aus.



Ähnlich verhält es sich beim Signal "Fussgänger-Unterführung". Es kommt zweimal. Einmal steht es rechts, das andere Mal links am Fahrbahnrand, was naturgemäss zu entsprechend unterschiedlichen Schwerpunkten in der Blickverteilung führt.



3. STADTSTRECKE MIT SIGNALEN

Der städtische Teil der Teststrecke - Dübendorf/Schwamendingen/Oerlikon/Dübendorf - ist 13,3 km lang. Der grösste Teil dieser Strecke kann als Hauptdurchgangsstrasse bezeichnet werden. Im Mittelstück befinden sich auf 12,2 km Länge durchschnittlich alle 300 m eine Lichtsignalanlage und alle 40 m ein anderes Verkehrssignal (Signalisationsdichte auf der Gesamtstrecke 30 Signale pro 1000 m).

Die Verkehrsdichte in diesem städtischen Bereich ist naturgemäss grösser als auf den Ausserorts - und den übrigen Innerortsstrecken. Dementsprechend lag das Aktivierungsniveau sowohl im A- als auch im B- und E-Bereich deutlich höher als bei der Ausserortsstrecke "Ohne":

	"Ohne"-Strecke	"Stadt"-Strecke	Veränderung
HF	80,12	81,35	+ 1,2 %
EMG	28,42	36,45	+ 28,3 %
SAK rechts	2,03	2,74	+ 34,9 %
SAK links	2,16	2,79	+ 29,2 %
EDA/SCR	151,06	179,44	+ 18,8 %
EDA/SCL	22,17	26,26	+ 18,4 %

Die Veränderung der genannten Werte ist jedoch je nach den Fahrstilen der Versuchspersonen unterschiedlich hoch.

...

Die Zunahme ist am geringsten in der Gruppe der aggressiv-rücksichtslosen Motorfahrzeuglenker, dann folgen die ruhig-gelassenen, die aktiv-dynamischen und die sportlich-ambitionierten Fahrer. Die höchsten Zuwachsraten waren zu verzeichnen bei den affektiv-unausgewogenen und den unsicher-ungeschickten Versuchspersonen.

A 16: Im innerstädtischen Bereich wird die Aufmerksamkeit wesentlich seltener als auf den übrigen Abschnitten der Teststrecke von Signalen, sondern in sehr viel stärkerem Ausmass von anderen Verkehrsteilnehmern aktiviert. Gleiches gilt für die Häufigkeit der Blickzuwendungen sowie die Veränderungen der emotionalen Befindlichkeit

Die Werte für HF sowie die des EMG weisen zwar zahlreiche Spitzen auf, doch lassen sich diese in den seltensten Fällen - praktisch nur bei rotem Lichtsignal - den dort aufgestellten Verkehrssignalen zuordnen. Sie werden vielmehr ausgelöst durch Fussgänger oder Velofahrer, welche den Motorfahrzeuglenkern gefährlich in die Quere zu kommen drohen oder von anderen Automobilisten, die sich "auffällig" oder störend verhalten.

Ähnliche Spitzen finden wir bei den sakkadischen Blickbewegungen, die etwa zur gleicher Zeit auftreten wie jene im EMG. Und auch bei den Veränderungen im EDA-Bereich lassen sich Zuordnungen zu Signalen nur selten vornehmen.

Offensichtlich berühren die Signale für den ruhenden Verkehr (Parkieren erlaubt, Parkieren verboten) die Motorfahrzeuglenker, welche durch die Stadt fahren und nirgends anhalten wollen, nicht. Sie führen weder zu erhöhter Aufmerksamkeit - oder Blickzuwendung noch zu einer emotionalen Irritation. Das Gleiche gilt für das Schild Hauptstrasse - hier darf auf das unter A 12 Ausgeführte hingewiesen werden - sowie für die Signale "Fussgängerstreifen" und "Höchstgeschwindigkeit".

Speziell zur Tempo-Limite 60 ist festzustellen, dass die Mehrzahl der Fahrer auf dieses Signal im Gegensatz zu den Ausserorts- und den übrigen Innerorts-Strecken hier keine Reaktionen zeigen. Im Kolonnenverkehr orientiert man sich bezüglich der Fahrtempos doch am vorausfahrenden Fahrzeug. Ist niemand vor dem Fahrer, wählen alle Fahrer ausser den unsicher-ungeschickten von sich aus ein Tempo, das deutlich über der signalisierten Höchstgeschwindigkeit liegt. Und auch an Fussgängerstreifen war auf den hier befahrenen geraden Durchgangsstrassen die deutliche Tendenz festzustellen, durchzufahren, auch wenn sich an Fussgängerstreifen ohne Lichtsignal ein Fussgänger anschickte, die Fahrbahn zu überqueren.

Interessant ist in diesen Zusammenhang lediglich, dass nur den ersten drei Streifen ein geringfügig grösseres Augenmerk (Anstieg von A,B und E) geschenkt wurde, während ab dem vierten Streifen die ermittelten psychophysiologischen Werte nicht zu sehr vom allgemeinen "Stadt"-Niveau abwichen.

Dazu auf der folgenden Seite einige Beispiele.

	HF	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
Durchschnitt "Stadt"-Niveau	81,35	36,45	2,74	2,79	179,44	26,26
Messwerte...						
Bild 1 *	81,30	36,31	2,44	2,68	153,45	26,17
Bild 2 **	81,50	36,78	2,78	2,75	178,25	26,20

x



xx



	HF	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
Durchschnitt "Stadt"-Niveau	81,35	36,45	2,74	2,79	179,44	26,26
Messwerte...						
Bild 1 x	80,93	38,15	2,59	2,58	151,81	26,31
Bild 2 xx	81,31	39,19	2,73	2,78	155,27	26,11

x



xx

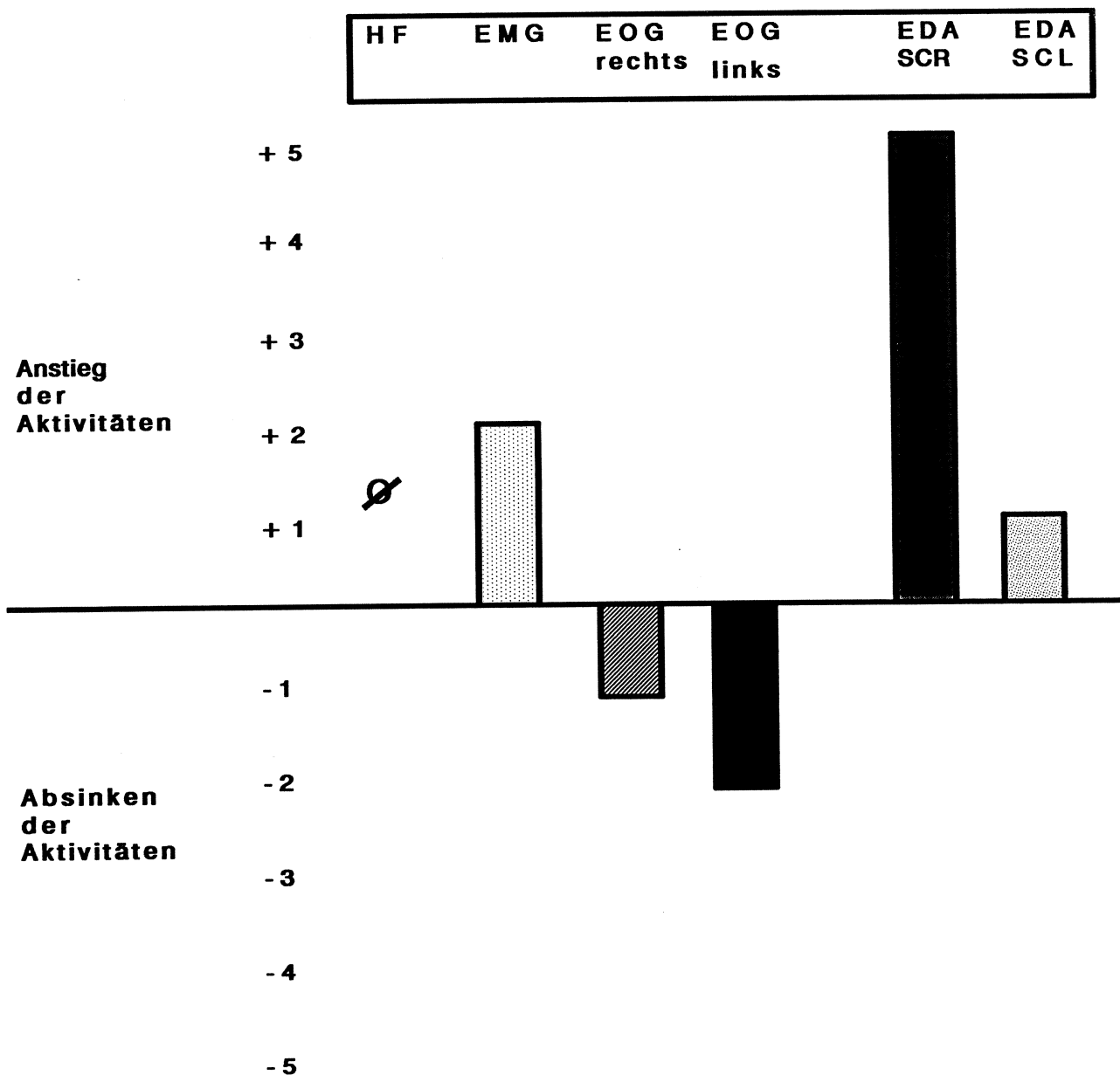


	HD	EMG	EOG rechts	EOG links	EDA SCR	EDA SCL
Durchschnitt "Stadt"-Niveau	81,35	36,45	2,74	2,79	179,44	26,26
Messwerte in unten- stehender Situation	82,54	33,64	2,47	2,65	155,09	26,15



A 17: Vor Rotlicht-Signalen steigt die Aufmerksamkeitsspannung und die emotionale Stimulierung stark an, während die Anzahl der sakkadischen Blickbewegungen leicht zurückgeht

Während vor Lichtsignalen bei Grünlicht praktisch keine signifikanten Veränderungen im A-, B- und E-Bereich gegenüber dem "Stadt"-Niveau festzustellen waren, verändern sich die Aktivitäten bei Rotlicht deutlich:



KONSEQUENZEN

1. Bestätigung der Hypothese

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die Hypothese, dass die Reaktion der Motorfahrzeuglenker auf Verkehrssignale nicht nur abhängt von ihrem Bedeutungsgehalt sondern auch von der Art und Weise, wie sie an einer Strecke angebracht sind, mit welchen anderen Signalen sie kombiniert sind und wie häufig Signale im Verlauf einer Strecke vorkommen. Insbesondere hängt es von diesen Faktoren ab, in welcher Intensität diesen Signalen Aufmerksamkeit geschenkt, d.h. ob ihr Vorhandensein zur Kenntnis genommen oder ihnen überhaupt keine Beachtung geschenkt wird.

2. Empfehlungen für die Aufstellung von Strassenverkehrssignalen

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Empfehlungen für eine menschengerechte, d.h. im erwünschten Sinn wirksame Signalisation zur Verkehrsregelung im Strassenverkehr ableiten:

- 1) Im Blickfeld sollte sich bei der Anfahrt wo immer möglich nur ein Einzelsignal oder ein einziges Signalbild (*) befinden.
- 2) Eine Verdopplung des Signals bzw. Signalbildes durch Aufstellung des gleichen Signals bzw. Signalbildes auf beiden Strassenseiten erhöht jedoch den Beachtungsgrad ausgenommen auf breiten Innerorts-Strecken mit dichtem Grosstadtverkehr.
- 3) Signale und Signalbilder sollten sich in Form und Farbe markant vom Hintergrund abheben.

(*) Als Signalbild wird eine Kombination von zwei Signalen bezeichnet, die in der Regel immer miteinander verbunden sind (Beispiel: Signal 4.27 "Ortsbeginn auf Hauptstrassen" mit Signal 2.30.1 "Höchstgeschwindigkeit 50 generell").

- 4) Bei der Aufstellung von Signalen ist darauf zu achten, daß sie nur aus der Richtung erkennbar sind, für die sie gelten.
- 5) Signale, welche auf selten vorkommende Gefahren hinweisen, bleiben meist wirkungslos, d.h. es wird ihnen keine Aufmerksamkeit geschenkt.
- 6) Signale, die einen erkennbaren Bezug zur Verkehrssituation haben ("Situationsäquivalenz") führen eher zu erhöhter Aufmerksamkeit und intensiverer Beobachtung als Signale, denen diese Situationsäquivalenz fehlt.
- 7) Je mehr Signale im Blickfeld gleichzeitig hintereinander auftauchen, umso geringer wird die Aufmerksamkeitszuwendung und damit ihre verhaltensregulierende Wirkung.
- 8) Signale für den ruhenden Verkehr und solche für Radfahrer und Fussgänger sollten - aus der Sicht des Motorfahrzeuglenkers gesehen - möglichst weit aussen am Rande des Blickfeldes (also z.B. unmittelbar am Rande des rechten Fahrbahnstreifens) hin postiert sein.

Die genannten Empfehlungen gelten grundsätzlich für alle Innerorts- und Ausserortsstrecken. Als besonderes Ergebnis muss jedoch für den Grossstadt- und grossstädtischen Agglomnerationsverkehr noch festgestellt werden, dass im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eine besondere Aktivierung der Aufmerksamkeit sowie der Beobachtung (Blickzuwendung) durch Verkehrssignale - mit Ausnahme der Lichtsignale - infolge der Reizüberflutung auf diesem Sektor kaum zu verzeichnen war. Das Wahrnehmen und Beobachten wird dort sehr viel stärker beeinflusst durch den Verkehrsfluss und durch das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer als durch die Signale.

ANLAGE 1

Zum Problemaufriss

(aus dem Anhang 1 zum Beitragsgesuch für das
Forschungsprojekt Signalisationsdichte)

1. Problemaufriss

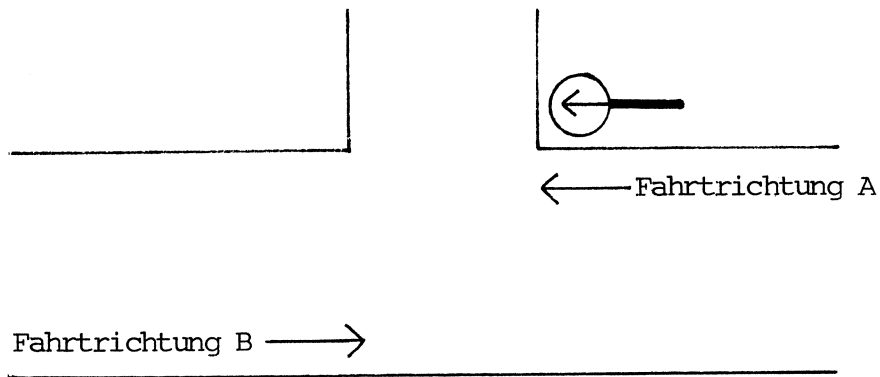
Im heutigen Strassenverkehr begegnen sich eine Vielzahl von Verkehrsteilnehmern mit recht unterschiedlichen Fortbewegungsmitteln bzw. Fortbewegungsgeschwindigkeiten. Um alle diese Begegnungen relativ reibungslos - nicht nur ohne allzugrosse gegenseitige Behinderungen sondern vor allem auch möglichst unfallfrei - abwickeln zu können, bedarf es gewisser Regelungen, die im Strassenverkehrsrecht niedergelegt sind. Durch sie wird die individuelle Freiheit des einzelnen zwar eingeschränkt, aber andererseits ein möglichst sicheres Vorankommen aller Verkehrsteilnehmer gewährleistet. Dabei gilt für das Ausmass solcher restriktiver Vorschriften für den "Gesetz"-Geber als oberste Maxime der Grundsatz "So weit als nötig - so wenig als möglich".

Eines der Mittel für die Regelung der Verkehrsabläufe sind die Verkehrssignale. Sie "signalisieren" dem Verkehrsteilnehmer, wie er sich jetzt und an dieser Stelle zu verhalten hat (Soll-Verhalten), damit er den folgenden Strassenabschnitt sicher passieren kann. Unter den Verkehrssignalen befinden sich einige wenige, die sich an Fussgänger, Velofahrer oder Reiter richten. Die Mehrzahl der Signale ist jedoch für die Motorfahrzeuglenker bestimmt. Und gerade bezüglich der letztgenannten Gruppe von Verkehrssignalen macht sich heute vielerorts ein allgemeines Unbehagen breit. Man stellt nämlich in zunehmendem Masse fest, dass das tatsächliche Verhalten der Motorfahrzeuglenker (das Ist-Verhalten) an Stellen mit Verkehrssignalen häufig vom signalisierten Soll-Verhalten abweicht. Ja man findet da und dort gelegentlich sogar Signale und Signalkombinationen, die falsches Verhalten mitunter geradezu provozieren.

Dazu vier konkrete praktische Beispiele aus einschlägigen objektpsychologischen Voruntersuchungen!

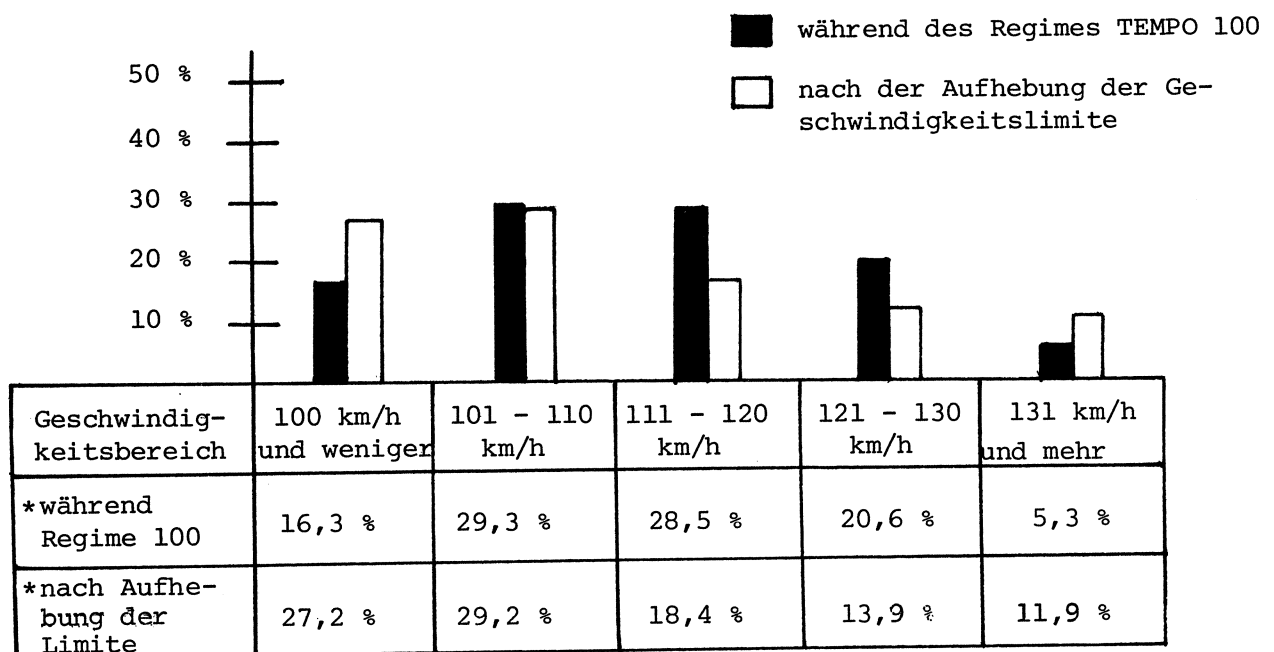
Das erste Beispiel kommt aus dem Bereich des Vortritts.

An der in Abbildung 1 skizzierten Strasseneinmündung hat
- in Fahrtrichtung A - der von rechts kommende den Vortritt.



Weil es sich bei der einmündenden Strasse aber um eine Einbahnstrasse handelt, in die nicht abgebogen werden darf, wurde vor einigen Jahren an der in der Skizze entsprechend markierten Stelle das blaue Schild mit dem nach oben zeigenden Pfeil  aufgestellt. In den der Aufstellung vorangegangenen drei Jahren waren insgesamt an dieser Einmündung nur 3 Kollisionen - davon 2 mit Fahrzeugen, die aus Fahrtrichtung A kamen und 1 mit einem Fahrzeug aus Fahrtrichtung B - zu verzeichnen. Im Jahr nach der Aufstellung stieg die Zahl der Kollisionen auf 12 (davon 11 aus Fahrtrichtung A), ein Jahr später gar auf 14 (alle aus Fahrtrichtung A) an. Als danach das Signal durch das Zeichen  ersetzt wurde, sank die Zahl der Kollisionen in den folgenden Jahren stark - nämlich auf 1 bis 3 Kollisionen pro Jahr - ab. Offenbar war der Aufforderungscharakter dieses Pfeiles - nämlich die Aufforderung zum Geradeaus-Weiterfahren -, aber auch das "automatische" Vorziehen des Blickes in Pfeilrichtung so stark, dass dadurch das Achten auf den Rechtsvortritt einfach "verdrängt", ja in manchen Fällen die von rechts einmündende Strasse sogar übersehen wurde.

Das zweite Beispiel betrifft die signalisierten örtlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen. Auf einem Autobahnstück von 7 km war wegen eines eben erst neu aufgetragenen Fahrbahnbelags 8 Monate lang eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h durch Verkehrssignale angezeigt. Messungen der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten auf dieser Strecke während des 100 km/h-Regimes und danach erbrachten recht erstaunliche Ergebnisse. Sie sind in der Graphotabelle der Abbildung 2 dargestellt.



* Prozentuale Verteilung der gefahrenen Geschwindigkeiten

Abb. 2: Gefahrene Geschwindigkeiten auf einem 7 km langem Autobahn-Teilstück bei einer Geschwindigkeitslimite von 100 km/h (1693 Messungen) und nach deren Aufhebung (1728 Messungen)

Danach hielten sich während des Regimes 100 km/h nur 16 % an den vorgegebenen Soll-Wert; 29 % überschritten den Sollwert geringfügig (bis 110 km/h), 54 % sogar erheblich (schneller als 110 km/h). Nachdem man die 100 km/h-Schilder entfernt hatte, fuhren bei gleichen äusseren Verkehrsbedingungen (gleiche

Verkehrsdichte, gleiche Witterungsverhältnisse, gleiche Wochentage, gleiche Tageszeiten) plötzlich nicht nur ein Sechstel (16 %) sondern mehr als ein Viertel (27 %) aller Motorfahrzeuglenker 100 km/h oder weniger. Offensichtlich hatte während der Dauer der Geschwindigkeitsbeschränkungen bei jedem Zehnten das Signal TEMPO 100 dazu geführt, schneller zu fahren als er sonst ohne Tempolimit - gewissermassen aus seinem inneren Bedürfnis heraus - gefahren wäre. Die einzige positive Auswirkung der aufgestellten Verkehrssignale bestand nach diesen Messungen lediglich im Rückgang derjenigen, die schneller als 130 km/h fuhren (*). Waren es bei freier Fahrt 12 %, so fuhren bei TEMPO 100 nur 5 % so rasch.

Das dritte Beispiel macht den Zusammenhang zwischen Ist-Verhalten und Soll-Verhalten in Abhängigkeit von der Aufstellung von Verkehrssignalen deutlich. In Abbildung 3 sind zwei Kreuzungen mit Vortritt-Schildern dargestellt, die beide etwa die gleiche Verkehrsdichte aufweisen.



Trotzdem kommt es bei der linken Kreuzung sehr viel häufiger - nämlich 17 mal so oft - zum raschen Durchfahren von Motorfahrzeuglenkern ohne Anhalten als bei der rechten Kreuzung. Die Ursache dafür liegt in den unterschiedlichen "Figur-Hintergrund"-Verhältnissen. Links ist das Stoppschild eingebettet in eine Fülle von optischen Informationen, von denen es sich nur wenig kontrastreich abhebt. Rechts ist der optische "Rahmen" relativ leer, das Schild hebt sich vom Hintergrund prägnant ab, ist also für den darauf zufahrenden Fahrzeuglenker sehr viel auffälliger als das Schild im linken Bild.

Im vierten Beispiel schliesslich werden die Grenzen der Aufnahmekapazität des Motorfahrzeuglenkers deutlich. Im Rahmen einer Verkehrsstrafsache ging es um einen Automobilisten, der in einer scharfen Kurve von der Fahrbahn abgekommen war, obwohl vor der Kurve das Schild "Gefährliche Kurve" stand. Der Lenker machte im Verlauf der Verhandlung geltend, in dieser Kurve käme es häufig zu ähnlichen Unfällen, was die Polizei im Verlauf der Verhandlung bestätigen musste. Nachdem eine Ueberprüfung der Fahrbahngeometrie keinerlei Auffälligkeiten ergeben hatte, wurde im Auftrag des Gerichtes eine kleine experimentallypsychologische Analyse der verkehrlichen Gegebenheiten von der Unfallstelle durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass an der Anfahrsstrecke vor der Kurve in einer Länge von 1,9 km insgesamt 68 (!) Verkehrszeichen angebracht waren: teils einzeln, teils in Kombinationen von bis zu 5 Schildern auf einem Ständer. Auch das Zeichen "Gefährliche Kurve" kam - ausser vor jener Stelle, an welcher der Automobilist verunfallte - noch viermal vor, obwohl die damit signalisierten Kurven allesamt nur schwache Krümmungsgradien aufwiesen. Die derart stark beschilderte Anfahrsstrecke führte zudem durch ein zwar nur locker bebautes, aber dennoch recht verkehrsreiches Gebiet (viele Fussgänger,

(*) Die Untersuchung wurde in Deutschland durchgeführt, wo bisher noch keine generelle Geschwindigkeitsbeschränkung auf Autobahnen eingeführt ist.

viele Velos). Nachgehende Versuche mit 12 Versuchspersonen, welche die Strecke dreimal hintereinander mit einer - dort durchaus zulässigen - Geschwindigkeit von 80 km/h zu befahren hatten, brachten recht interessante, wenn auch eigentlich zu erwartende Ergebnisse. Die Probanden sollten nämlich beim Vorbeifahren jedes Verkehrsschild benennen. Wären alle Verkehrszeichen erkannt worden, so hätten insgesamt pro Fahrt $12 \times 68 = 816$ Nennungen erfolgen müssen. Wieviele Nennungen tatsächlich erfolgt sind, weist die Graphotabelle in Abbildung 4 aus. Danach wurden bei der ersten Fahrt 15 %, bei der zweiten Fahrt 13 % und bei der dritten Fahrt 12 % der angebrachten Verkehrssignale nicht identifiziert. Auch über die Zusammensetzung der nicht identifizierten 226 Verkehrssignale (Summe aus allen Versuchsfahrten!) gibt die im Auftrag des Gerichts durchgeführte Analyse Auskunft. Danach handelte es sich bei 124 (54,9 %) Signalen um solche, die sich gemeinsam mit anderen auf dem gleichen Ständer befanden. Bei solchen Signalkombinationen konnte in den meisten Fällen von

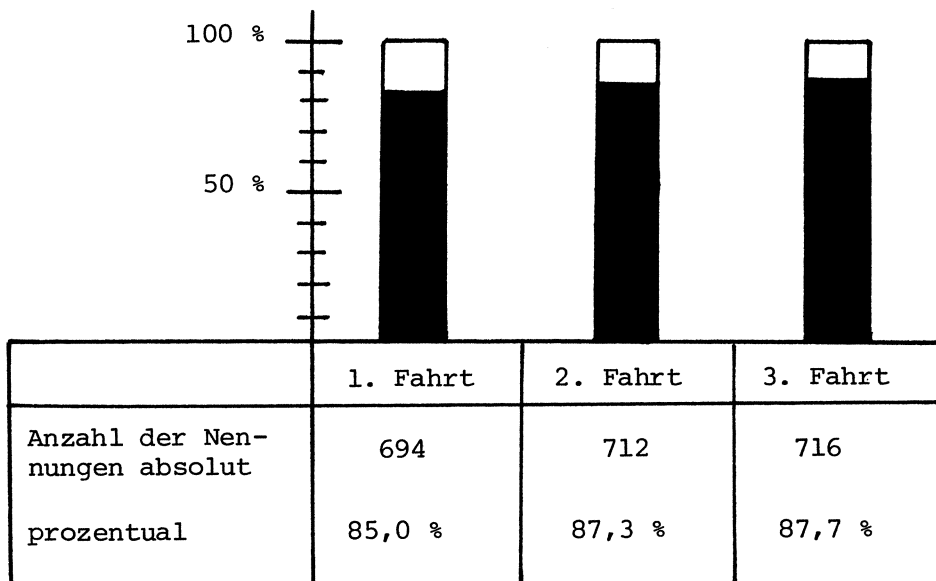


Abb. 4: Anzahl der Nennungen von Verkehrssignalen, die auf einer Strecke von 1,9 km angebracht waren, durch Motorfahrzeuglenker, welche diese Strecke durchfahren.

den Versuchspersonen nur ein Teil identifiziert werden, weil die Menge der dargebotenen Informationen ihre Aufnahmekapazität überstieg. Weitere 82 einzeln aufgestellte Schilder (36,3 %) beinhalteten Halteverbote, die in der Tat für das momentane Verkehrsverhalten der Fahrer - sie sollten ja durchfahren und nicht anhalten - ohne Bedeutung waren und deshalb nicht bemerkt zu werden brauchten. Die restlichen 20 Schilder wurden zum grössten Teil deshalb nicht genannt, weil die Fahrzeuglenker ihre Aufmerksamkeit in starkem Masse dem Verkehrsgeschehen auf und neben der Strasse zuwenden mussten. Von besonders grossem Gewicht erschien dem Gericht jedoch auch der Umstand, dass bei der ersten Versuchsfahrt acht der zwölf Versuchspersonen das dritte und vierte Kurvenschild nicht nannten und ausserdem vier von ihnen auch beim fünften Schild keinerlei Reaktion zeigten, also zu schnell in die scharfe Kurve hineinfuhren, in welcher sich der Unfall ereignet hatte. Offenbar wurde das dritte und das vierte Kurvensignal von der Mehrzahl der Versuchspersonen deshalb nicht mehr zu Kenntnis genommen, weil beim ersten und zweiten Schild der signalisierte Sachverhalt - nämlich eine gefährliche Kurve - nicht gegeben war (nur schwache Krümmung). Und es zeigten auch beim fünften Kurvenschild nur jene Versuchspersonen das signalisierte Soll-Verhalten, die aus den übrigen optischen Informationen auf das Vorhandensein dieser Kurve schlossen.

Schon allein diese vier, mehr oder weniger zufällig aus der verkehrspsychologischen Begutachtungspraxis ausgewählten, noch keinesfalls unter allen wissenschaftlichen Aspekten "zu Ende" untersuchten und nur exemplarisch zur Darstellung gelangten Beispiele machen verschiedene Schwächen unserer heutigen Verkehrssignalisation deutlich. Sie zeigen einerseits erhebliche Diskrepanzen zwischen dem erwünschten Soll-Verhalten und dem tatsächlich gegebenen Ist-Verhalten auf und machen andererseits eindrücklich deutlich, dass auch Verkehrssignale menschengerecht zu gestalten und anzubringen sind:

dass es also - mit einem an sich aus der Arbeitswelt stammenden Begriff ausgedrückt - noch intensiver Bemühungen um die Humanisierung der Verkehrssignalisation im Sinne einer Anpassung dieser Signalisation an die Möglichkeiten und Grenzen der Motorfahrzeuglenker bedarf.

ANLAGE 2

Aus: "Weniger Verkehrszeichen - Bessere Beschilderung"

(Leifaden des Bundesministers für Verkehr,
zusammengestellt von einer Projektgruppe
der Bundesanstalt für Strassenverkehr ,
Bergisch Gladbach, Oktober 1988)

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe	6	8 Die Beschilderung verbessern	52
2 Verkehrszeichen, Verkehrsverhalten, Verkehrssicherheit	7	8.1 Fachliche Mängel in Konzeption und Darstellung beseitigen	54
2.1 Die Straßenverkehrs-Ordnung als Grundlage für Verkehrsverhalten und Verkehrssicherheit	7	(1) Verkehrszeichen allgemein	54
2.2 Verkehrssituation und Verkehrsverhalten	8	(2) Wegweisung	56
2.3 Verkehrszeichen und Verkehrssicherheit	8	(3) Anbringung von Zusatzschildern	60
3 Die Zahl der Schilder verringern.	10	8.2 Schilderhäufungen abbauen	61
3.1 Einzelne Schilder entfallen ersatzlos	12	8.3 Die Aufstellung der Schilder und die Beziehung zur Verkehrsanlage verbessern	64
3.2 Gruppen von Schildern entfallen ersatzlos	13	8.4 Die Beschilderung den Änderungen in der Verkehrsanlage und im Verkehrsablauf anpassen	67
3.3 Streckenbezogene Einschränkungen aufheben	16	8.5 Örtliche Besonderheiten durch eine Beschilderung ersetzen, die mit der StVO vereinbar ist	68
3.4 Bei gebietsbezogener Beschilderung einzelne Schilder oder Schildergruppen oder alle Schilder entfernen	17	8.6 Technisch mangelhafte Schilder ersetzen	70
3.5 Zusatzschilder entfallen	18	9 Hinweise für die Aufstellung von Verkehrszeichen	72
3.6 Die Beschilderungsdichte verringern	20	9.1 Regeln zur Begrenzung der Aufstellung und Kombination von Verkehrszeichen	73
3.7 Zeichen, die das Ende einer streckenbezogenen Regelung anzeigen, entfallen	22	(1) Alleinstellung von Schildern	74
3.8 Die Beschilderung auf wichtige Situationen beschränken	24	(2) Nicht zulässige Kombinationen	75
3.9 Die Wiederholung von Verkehrszeichen durch Markierung auf der Fahrbahn entfällt	26	(3) Einschränkungen für die Kombination von Verkehrszeichen	76
3.10 Schilder durch Verbesserungen in Bau, Gestaltung oder Signalisierung ersetzen	27	(4) Mengenbegrenzung im Querschnitt	78
4 Die Schilderinhalt verringern	30	(5) Mengenbegrenzung im Längsschnitt	80
4.1 Ziele in der Wegweisung entfallen	31	(6) Größenbegrenzung	82
4.2 Zielangaben in der Wegweisung bündeln	33	9.2 Regeln für die Ordnung der Verkehrszeichen	83
4.3 Zielangaben entfallen durch Verbesserung der Straßennamensbeschilderung	34	(1) Inhaltliche Ordnung	83
4.4 Inhalte von Verkehrszeichen entfallen, weil sie selbstverständlich sind	35	(2) Horizontale und vertikale Ordnung	84
5 Die Schildergröße verringern	36	9.3 Einheitlichkeitsregeln	91
6 Die Vielfalt verringern	38	9.4 Das ästhetische Erscheinungsbild	95
6.1 Die Vielfalt der Schilderformen verringern	39	10 Hinweise für die Planung, Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen.	99
6.2 Die Kombination von Schildern vereinheitlichen	41	10.1 Vorbereitung und Planung	99
6.3 Auf unnötige Details verzichten	43	(1) Ziele und Erfolgskriterien	99
6.4 Zu viele Piktogramme vermeiden	45	(2) Beteiligte	99
7 Die Anzahl nichtamtlicher Schilder verringern	46	(3) Geltungsbereich	100
7.1 Störungen durch Fremdbeschilderung beseitigen	47	(4) Versuchsplanung	100
7.2 Den Einsatz von braun-weißen touristischen Hinweisschildern beschränken.	50	(5) Zeitplan	100
		(6) Kostenplan	100
		10.2 Durchführung	100
		(1) Dokumentation, Erhebung der Vorher-Nachher-Daten	100
		(2) Umsetzung	100
		(3) Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	100
		10.3 Kontrolle der Maßnahmen	100
		(1) Unfallzahl und Unfallschwere	100
		(2) Kritische Ereignisse	101
		(3) Regelverstöße	101
		(4) Einstellungsänderungen und öffentliche Resonanz	101
		Anhang Verkehrszeichen	103

ANLAGE 3

Streckenkataster

- Muster -

Strecken-
Kilometer

SSV-
Nb.

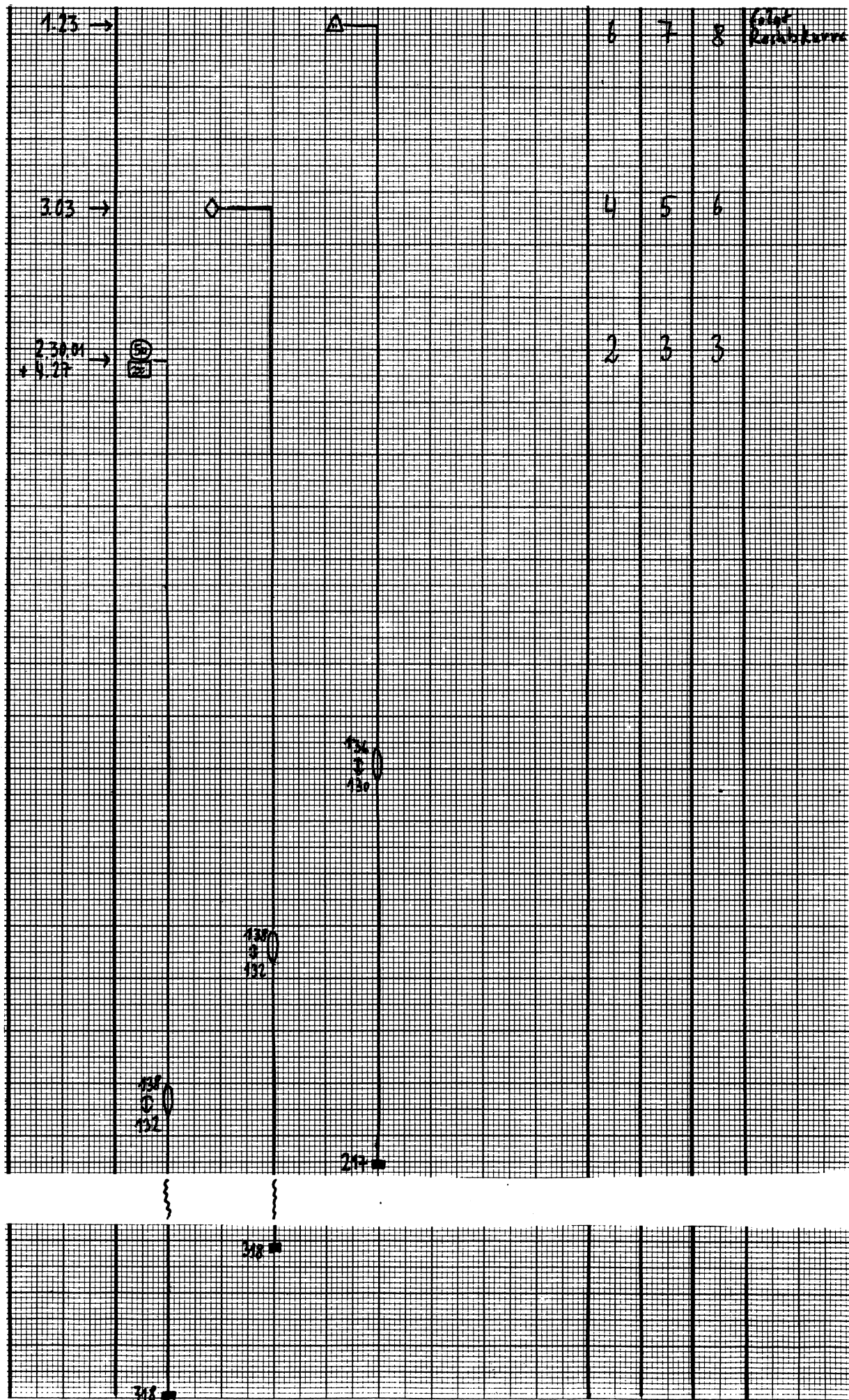
Distanzen

F-HG-Kontrast
a b c

Anmerkungen

43.000

42.900



A n m e r k u n g e n

zum Ausschnitt

aus dem S t r e c k e n k a t a s t e r

- Punkt des ersten Erkennens (dort ist irgendein Signal)
(Ziffer: Entfernung dieses Punktes vom Signal)
- 0 Zone der ersten Identifikationsmöglichkeit (dort ist
d i e s e s Signal)
(Ziffer: Entfernung dieser Zone vom Signal)
Voraussetzung: Zentrale Tagessehschärfe von exact 1,0 /
Saubere, nicht getönte Windschutzscheibe !

F-HG-Kontrast

Kontrast zwischen dem Signal ("Figur") und dem Hintergrund nach Form und Farbe.....

- a ... bei Sonne
- b ... bei bedecktem Himmel
- c ... im Schatten

Es bedeutet die Ziffer 1 einen besonders guten Kontrast,
die Ziffer 10 hingegen einen besonders schlechten Kontrast.

ANLAGE 4

Verzeichnis der Signale

Nr. in der SSV	Bezeichnung	ausser- orts	inner- orts	Gross- stadt+ Agglo- mera- tion	Gesamt
1.03/ 1.04	Doppelkurve	2	2		4
1.05	Schleudergefahr	1	1		2
1.15	Schranken	1	2		3
1.16	Bahnübergang ohn. Schranken			1	1
1.17	Distanzbaken		6		6
1.22	Fussgängerstreifen	1		3	4
1.23	Kinder		2	1	3
1.24	Wildwechsel	4	1		5
1.27	Lichtsignale	1	1		2
2.16	Höchstgewicht 3,5 t	1			1
2.30	Höchstgeschwindigkeit 60	2	20	24	46
2.30.1	Höchstgesch. 50 generell		14	3	17
2.34	Hindernis rechts umfahren	7	27	39	73
2.35	Hindernis links umfahren			3	3
2.36	Geradeausfahren			1	1
2.41.1	Kreisverkehr		1		1
2.43	Abbiegen nach links verboten	2	2		4
2.46	Wenden verboten			2	2
2.49	Halten verboten		2	51	43
2.50	Parkieren verboten	10	15	56	71
2.53	Ende der Höchstgesch. 60		14	4	18
2.53.1	Ende d. Höchstgesch. 50 gen.		11	1	12
2.60	Radweg		5	5	10
2.60.1	Ende des Radwegs		2		2
2.61	Fussweg			3	3
2.63	Rad- und Fussweg	12	13	9	34
3.01	Stop		2	1	3
3.02	kein Vortritt		2	7	9
3.03	Hauptstrasse	3	14	31	48
3.04	Ende der Hauptstrasse		1		1
3.21/ 5.12	Einfaches Blinklicht/ Blinklicht			5	5
3.23	Doppeltes Andreaskreuz	1	2	6	9

Nr.	Bezeichnung	ausser-orts	inner-orts	Gross-stadt+Agglo-meration	Gesamt
4.01	Autobahn	1			1
4.03	Autostrasse	1			1
4.11	Standort eines Fussgängerstreifens	6	57	42	105
4.12	Fussgänger-Unterführung		4	9	13
4.17	Parkieren gestattet	1	21	7	29
4.27	Ortsbeginn auf Hauptstrassen		12	3	15
4.28	Ortsende auf Hauptstrassen		45	1	46
4.70	Hinweis auf Notrufsäulen	1			1
4.77	Anzeige der Fahrstreifen			3	3
4.89	Jugendherberge	1			1
4.91	Gottesdienst	2	2		4
5.01	Distanztafel	5	4	3	12
5.07	Richtungstafel		11	2	13
5.09	Richtung der Hauptstrasse		3	2	5
5.13	Vereiste Fahrbahn	1	1		2
6.17	Fussgängerstreifen		8	37	45
	Lichtsignale		8	41	49
	Zusatzschild "Ende"		2		2
	Kurvenschranken	6			6
	"Falsche" Signale im Blickfeld				
	- kein Vortritt	3	3	1	7
	- Einfahrverbot		1	1	2
		76	344	408	808
	Signalisationsdichte: Anzahl der Signale auf 1000 m:	4,8	22,6	30,6	18,3

Anmerkung: Markierungen und Testeinrichtungen am Boden (6.01 bis 6.31) (Ausnahme: Fussgängerstreifen) wurden nicht berücksichtigt, da sie oft für den Fahrer nicht oder erst relativ spät erkennbar waren (z.B. Einspurpfeile bei dichtem Verkehr bzw. Fahren in Kolonnen).

ANLAGE 5

Soziodemographische und verkehrsbiographische

Daten

der Versuchspersonen

Anlage 5

Soziodemograph. und verkehrsbiograph. Datei der Versuchspersonen

Vp. Nr.	Geschlecht	Lebens- alter in Jahren	Führer- ausweis- besitz in Jahren	Beruf
1	w	38	16	Kaufm. Angestellte
2	m	42	15	Projektingenieur
3	w	42	9	Verkäuferin
4	w	35	14	Stimmlehrerin
5	m	47	8	Bürokurier
6	m	28	8	Polizeibeamter
7	w	34	4	Kaufm. Angestellte
8	m	44	24	Automechaniker
9	w	41	12	Hausfrau
10	m	24	4	Maschinenbaustudent
11	w	43	20	Hausfrau
12	w	33	9	Hausfrau
13	w	38	13	Apothekerin
14	w	36	5	Sekretärin
15	m	35	9	Lastwagenschaffner
16	m	40	13	Techn. Angestellter
17	w	23	3	Kaufm. Angestellte
18	m	31	10	Lehrer
19	w	26	6	Apothekenhelferin
20	m	35	14	Tiefbauzeichner
21	w	30	3	Sekretärin
22	m	39	19	Ingenieur HTL
23	m	27	7	Kraftfahrzeugfahrer
24	m	40	21	Personalassistent
25	m	42	12	Maschinenschlosser
26	m	28	7	Geschäftsführer
27	m	31	10	Heimerzieher
28	w	42	20	Publizistin
29	m	32	12	Maschinentechniker
30	m	45	19	Flugverkehrsleiter
31	m	50	29	Geschäftsführer
32	m	46	16	Dipl.-Bauingenieur
33	m	44	22	Mechaniker
34	m	28	17	Market.-Koordinator
35	w	46	23	Hausfrau
36	m	22	2	Jurastudent
37	w	28	9	Lehrerin
38	m	37	18	Polizeibeamter
39	w	43	14	Hausfrau
40	m	24	4	Koch
41	m	34	13	Kaufmann
42	w	22	12	Kaufm. Angestellte
43	w	40	18	Hausfrau
44	m	37	15	Beamter
45	m	32	11	Versich.-Inspektor
46	w	35	6	Kaufm. Angestellte
47	m	38	17	Student
48	w	41	20	Hausfrau
49	m	29	7	Student
50	m	47	26	Verkehrsingenieur

...

Vp. Nr.	Geschlecht	Lebens- alter in Jahren	Führer- ausweis- besitz in Jahren	Beruf
51	w	44	18	Kaufmann
52	w	31	11	Lehrerin
53	m	42	22	Angestellter
54	m	33	10	Dipl. Pfleger
55	w	40	18	Sekretärin
56	w	26	8	Hausfrau
57	w	39	19	Hausfrau
58	w	47	18	Verkäuferin
59	m	24	4	Maschinenbaustudent
60	m	30	6	Kaufm. Angestellter
61	w	41	18	Hausfrau
62	w	42	19	Hausfrau
63	w	42	19	Hausfrau
64	m	27	8	Psychologe
65	w	33	14	Sekretärin
66	m	46	19	Versicherungskaufmann
67	w	26	4	Zahnarzthelferin
68	m	34	10	Hotelkauffrau
69	m	39	19	Lehrer
70	w	27	7	Betriebsassistentin
71	w	29	5	Verkäuferin
72	w	37	13	Kaufm. Angestellte
73	w	38	16	Hausfrau
74	w	38	8	Sekretärin
75	w	42	20	Hausfrau
76	m	36	13	Kaufm. Beamter
77	m	25	4	Marketing-Planer
78	w	28	8	Kaufm. Angestellte
79	w	31	9	Sekretärin
80	m	29	9	Polizeibeamter
81	w	31	11	Krankenschwester
82	m	38	20	Feuerwehrmann
83	w	29	9	Telefonistin
84	m	24	3	Luftverk. Angestellte
85	m	39	19	Verkäufer
86	m	28	7	Student
87	w	35	14	Krankenpflegerin
88	m	34	12	Maler
89	w	44	23	Maschinentechniker
90	w	37	14	Drogistin
91	m	49	28	Versicherungskaufmann
92	w	46	26	Hausfrau
93	m	23	2	Landwirt
94	m	30	8	Angestellte
95	w	34	13	Hausfrau
96	m	40	19	Polizeibeamter
97	m	25	5	Polizeibeamter
98	m	35	15	Service-Techniker
99	m	41	20	Gerätemechaniker

Vp. Nr.	Geschlecht	Lebens- alter in Jahren	Führer- ausweis- besitz in Jahren	Beruf
100	m	32	7	Kaufm. Angestellter
101	w	20	2	Kaufm. Angestellte
102	m	31	7	Kaufm. Angestellter
103	w	39	19	Automatengehilfin
104	m	31	11	Kaufmann
105	w	33	11	Kinderpflegerin
106	m	45	25	Industriekaufmann
107	m	25	4	Verkäufer
108	w	44	14	Röntgenassistentin
109	m	22	2	Student

LITERATUR

- 1) N. Ach, K. Lubrich:
Experimentell-psychologische Untersuchungen über
die Brauchbarkeit von Verkehrsschildern,
Psychotechnische Zeitschrift 1 (1913)
- 2) Spezielle Quellen zum Abschnitt
"Stand der Forschung"
(siehe nachgereichte Seiten)
- 3) Bundesanstalt für Strassenwesen,
Bundesminister für Verkehr :
Weniger Verkehrszeichen - Bessere Beschilderung,
ein Leitfaden,
Bergisch Gladbach 1989
- 4) Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschafts-
departement,
Bundesamt für Strassenbau, Strassensignalisation,
Vorstudie,
Bern 1985

Weitere, im Abschnitt 1.2 (Stand der Forschung)
zitierende Literatur:

- L 1 Böcher, Wolfgang
 Mensch im Leistungsfeld im Strassenverkehr
 in: Arbeit und Leistung, 1972, 11, 285-294
- L 2 Brown, I.D. + E.C. Poulton,
 Measuring the space mental capacity of car drivers
 by a subsidiary task
 in: Ergonomics, 1961, 4, 35 - 40
- L 3 Dewar, Robert E. + Jerry G. Ells + Glen Mundy
 Reaction time as an index of traffic sign reception
 Human Factors 1976, 18, 4, 381 - 392
- L 4 Ellinghaus, Dieter + Martin Welberg
 Vorschrift und Verhalten,
 Eine empirische Untersuchung über den Umgang mit
 Verkehrsregeln
 Uniroyal Verkehrsuntersuchung, Nr. 6
- L 5 Groeben, Norbert + Børge Jøtten + Henrik Bergholter
 Eine Masszahl für das Erleben der baulichen Gestalt
 städtischer Strassenkreuzungen,
 in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1970, 16, 22 - 35
- L 6 Häkkinen, Sauli
 Large scale field experiments on driver behavior
 in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1974, 20, 75

- L 7 Herwig, Bernhard
Wahrnehmungspsychologische Untersuchungen zum Problem
der Vorfahrtsregelung
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1966, 35 - 54
- L 8 Herwig, Bernhard
Die Wirksamkeit geschwindigkeitsbegrenzender Verbots-
zeichen
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1966, 194 - 208
- L 9 Johansson, G + Käre Rumar
Drivers and road signs: A Preliminary Investigation of
the Capacity of Car Drivers to get Information from
Road Signs
in: Ergonomics, 1966, 9, 57 - 61
- L 10 Johansson, G + F. Backlund
Drivers an Road Signs
in: Ergnomics, 1970, 136, 749 - 759
- L 11 Klebelsberg, von Dieter
Untersuchungen zur Erfassung von Verkehrszeichen
Psychologische Beiträge 1966, 9.2, 258 - 272
- L 12 Klebelsberg, von Dieter + H. Kallina
Wieviel Verkehrszeichen können gleichzeitig wahrgenommen
werden?
in: Zbl. f. Verkehrsmedizin und Verkehrspsychologie, 1961,
- L 13 Kupka, Heinrich
Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Verringerung der
Zahl der Verkehrszeichenanordnungen
Mitteilung Graz 25. Juni 1980

- L 14 Lamm, Rüdiger + Peter Kupka
Richtgeschwindigkeit und Fahrermeinung
Ergebnisse einer Befragungsaktion auf der B 27
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1975, 21,
4, 240 - 248
- L 15 Leonhard, Karl
Unfallverhütung durch Automatismen
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1957, 3, 6 - 19
- L 16 Leo, R.
Individual differences and the perception of traffic
signs
in: Human Factors, 1978, 20, 65 - 75
- L 17 Luff, Karl
Medizinisch-psychologische Aspekte zum Verkehrsverhalten
von Kraftfahrern unter Berücksichtigung lokaler Verkehrs-
regelung
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1967, 13, 219 - 224
- L 18 Meyer, Fritz
Unfallursachen: Schlechte Beschilderung
in: Umschau, 19, 1978, 597 - 602
- L 19 Mourant, Ronald R. + Thomas H. Rockwell
Mapping eye-Movement patterns to the visual scene in
driving: An exploratory study
in: Human Factors 1970, 12, 1, 81 - 87
- L 20 Ritchie, Malcolm L.
Choice of speed in driving through curves as a function
of advisory speed and curve signs
in: Human Factors, 1972, 14, 6, 533 - 538

- L 21 Rump, G. + B. Hampel
Untersuchungen zur psychologischen Wertigkeit von
Verkehrersregeln - Teil II: Experimentelle Untersuchungen
über die Erkennbarkeit von Verkehrsschildern
Verlag TÜV Rheinland
- L 22 Sader, Manfred + Norbert Groben
Juristische und phänomenale Vorfahrt - eine empirische
Untersuchung
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1967, 1, 21 - 34
- L 23 Spreng, Manfred
Informationsverarbeitung und Reaktionsverhalten
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1969, 81 - 85
- L 24 Summala, Heikki + Risto Naatanen
Perception of highway traffic signs and motivation
in: Journal of Safety Research, 1974, 6, 4, 150 - 154
- L 25 Thomson, G.A.
A model for determining the effectiveness of intersection
priority rule systems
in: Accident Analysis and Prevention, 1978, 10, 313 - 333
- L 26 Undeutsch, Udo
Auffassungsfähigkeit für Verkehrszeichen
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1963, 9, 212 - 224
- L 27 Undeutsch, Udo
Verhaltensvorschriften psychologisch betrachtet
in: Deutsches Autorecht, 1966, 35, 12
- L 28 Witt, Harald
Experimentelle Untersuchung mit einem Fahrsimulator zur
Überprüfung der Wirksamkeit von Voranzeigen des Strassen-
verlaufs durch Fahrbahnmarkierungen
in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1976, 22, 19 - 25