

## Vergleich der Wirksamkeit unterschiedlicher Rückstrahlerregelungen an Leitpfosten

Herbert Kallina und Adolf Zimmer

Es wurde die Effektivität unterschiedlicher Rückstrahleinrichtungen an Leitpfosten (weißer Balken/zwei weiße Punkte gegenüber roter Balken/zwei weiße Punkte) mit 63 Versuchspersonen an zwei verschiedenen Kurvenverläufen überprüft. In zwei Kriterien (Anzahl von Fehlwahrnehmungen des Kurvenverlaufs und Entscheidungszeit) wurde eine deutliche Überlegenheit der weiß-rot-Regelung festgestellt. Außerdem wurde der Bekanntheitsgrad der durch § 43, 3 a StVO geregelten „weiß-weiß“-Gestaltung durch eine Befragung von 54 Verkehrsteilnehmern erhoben — lediglich 25 von ihnen war bekannt, daß sich die Rückstrahler rechts und links überhaupt unterscheiden; nur 14 konnten korrekt angeben, wie die Rückstrahler tatsächlich gestaltet sind.

---

### Einleitung

Die in der Straßenverkehrsordnung (StVO) festgehaltenen Vorschriften lassen sich als Explikation des § 1 StVO interpretieren bzw. als Hilfe für den Verkehrsteilnehmer, sich der in § 1 StVO definierten Verhaltensnorm anpassen zu können.

Im Rahmen dieser Hilfen kommt den Leiteinrichtungen in Form von Fahrbahnmarkierungen, Leitpfosten etc. besondere Bedeutung zu. Diese Leiteinrichtungen müssen zwei Bedingungen genügen, wenn sie ihre Funktion erfüllen sollen:

- 1) Sie müssen eindeutig sein — eine triviale Forderung, da im anderen Falle Leiteinrichtungen besser unterblieben.
- 2) Sie müssen rechtzeitig, schnell und sicher über den Straßenverlauf informieren.

Diese Bedingungen lassen sich für verkehrspsychologische Untersuchungen mit den Kriterien „Anzahl von Fehlwahrnehmungen“ und „Entscheidungszeit“ operationalisieren. Beiden Kriterien können Leit-

einrichtungen nur optimal genügen, wenn sie bestimmten psychologischen Gesetzen der Wahrnehmung angepaßt sind. (U n d e u t s c h 1966, S. 321)

#### Ableitung der Fragestellung aus vorhandenen Regelungen

In der vorliegenden Untersuchung wird die Effektivität unterschiedlicher Regelungen für eine Leiteinrichtung mit genau umschreibbarer Funktion geprüft: die Rückstrahler an Leitpfosten, die bei Nacht eine sichere Orientierung über den Straßenverlauf ermöglichen sollen. Die Rückstrahler an Leitpfosten bieten sich auch deshalb für eine Untersuchung an, weil in Europa zwei unterschiedliche Regelungen zu finden sind: teilweise (z. B. in der BRD, in Italien und in Teilen der Schweiz) haben die Rückstrahler auf beiden Straßenseiten die gleiche Farbe (weiß bzw. orange) und unterscheiden sich nur in der Form (in der BRD rechts: ein weißer aufrecht stehender Balken; links: zwei weiße Kreise übereinander), während in anderen Ländern (Österreich, Niederlande, Norwegen, ČSSR und andere) die Rückstrahler auf beiden Seiten unterschiedliche Farben zeigen: rechts rot und links weiß.

In Österreich sind seit 17 Jahren die Straßenbegrenzungspfähle auf der rechten Seite mit roten rechteckigen Reflektoren und auf der linken Seite mit weißen rechteckigen bestückt. Die seither mit dieser Regelung gesammelten Erfahrungen deuten auf erhebliche Vorteile gegenüber der deutschen Regelung hin; besonders deutlich wird dies bei Serpentinestrecken. In Kanada werden zur Kennzeichnung blaue und weiße Reflektoren benutzt; die geringe Rückstrahlkraft blauer Reflektoren und ihre bei Dämmerung und Nebel problematische Erkennbarkeit sprechen jedoch gegen diese Lösung. Für die Kennzeichnung der Europastraßen wurde 1968 die Einführung von gelben Rückstrahlern rechts und weißen links erwogen; dieser Plan wurde verworfen, um die Reservierung der gelben Farbe für Gefahrenbereiche nicht zu durchbrechen.

Keine dieser Entscheidungen beruht auf einer experimentellen Untersuchung der Wahrnehmung der Straße durch den Kraftfahrer.

Die Bedeutung der Erkennbarkeit des Straßenverlaufs ist an der hohen Zahl von Verkehrsunfällen ohne Einwirkung Zweiter bei Nacht außerhalb von Ortschaften zu sehen; z. B. ereigneten sich im Jahre 1971 im Kreis Tübingen 87 derartige Unfälle, bei denen 56 Verletzte und Sachschäden von DM 179 900 zu verzeichnen waren.

In den Unfallstatistiken wird in diesen Fällen als Unfallursache in der Regel „überhöhte Geschwindigkeit“ angegeben (z. B. bei 75 der 87

Unfälle im Kreis Tübingen), was vielleicht formal zutrifft, aber die Frage außer Acht läßt, ob der betroffene Fahrer überhaupt feststellen konnte, daß seine Geschwindigkeit zu hoch lag. Vielleicht wäre er — bei besserer Markierung des Straßenverlaufs — vorsichtiger gefahren und hätte so einen Unfall vermieden.

Ableitung der Fragestellung aus  
wahrnehmungspsychologischen Gegebenheiten

Der Zusammenhang dieser Frage mit der Gestaltung von Rückstrahlern an Leitpfosten kann an der folgenden Skizze verdeutlicht werden.

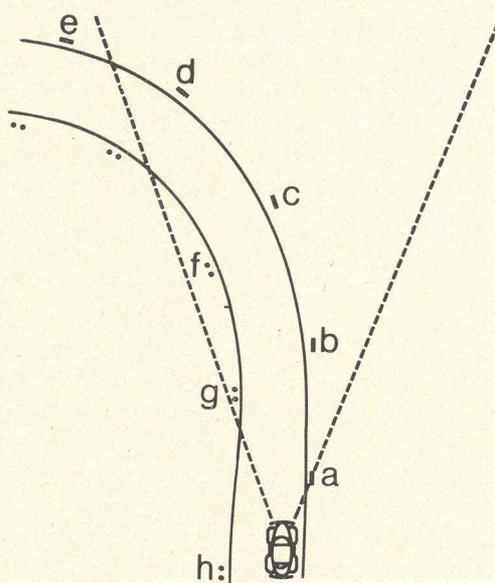


Abb. 1

Für den Fahrer des auf der Skizze eingezeichneten Fahrzeugs sind auf der rechten Seite der Straße die Rückstrahler a—d, nicht aber e sichtbar.

Falls nicht die bauliche Gestaltung der Straße, z. B. durch Überhöhung der Kurve, den Streckenverlauf eindeutig erkennbar macht, hängt die richtige Reaktion des Fahrers ausschließlich davon ab, ob er erkennen kann, daß der Rückstrahler d aus einem Rechteck und nicht

aus zwei Kreisen besteht. Wenn der Fahrer optisch nicht zwischen den Rückstrahlern d und f unterscheiden kann, wird er am ehesten den Rückstrahler d aufgrund des Wahrnehmungsgesetzes der durchgehenden Kurve (Metzger 1953 / Undeutsch 1966) als Fortsetzung der Reihe h, g und f auffassen. Die Konsequenz aus dieser Wahrnehmung besteht für den Fahrer darin, sich darauf einzurichten, daß er zwischen den Leitpfosten c und d durchfahren muß. Wenn er — wie in den anfangs referierten Unfallberichten — nicht rechtzeitig erkennt, daß der Rückstrahler d ein Rechteck ist, wird diese Fehlwahrnehmung zu einem Unfall führen.

Burkardt (1965), Undeutsch (1966) und andere fordern daher die Anlage von Straßen nach wahrnehmungspsychologischen Gesichtspunkten, so daß ihr Verlauf leicht strukturierbar ist. Es bleibt jedoch — selbst bei weitestgehender Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte — die Problematik von Straßenverläufen, die aufgrund physikalischer Gegebenheiten (Bergzüge, Flußläufe etc.) so angelegt werden müssen, daß sich der Kraftfahrer zumindest bei Nacht nicht ohne Hilfe von Leiteinrichtungen orientieren kann.

Die Wirksamkeit unterschiedlicher Markierungen bei Leiteinrichtungen kann schon an dem bei Undeutsch (1966) angeführten Beispiel von Metzger (1953) demonstriert werden:

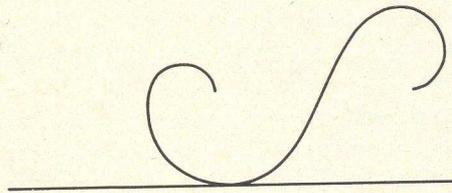


Abb. 2

Die Schwierigkeit, diese Figur als aus zwei Haken:

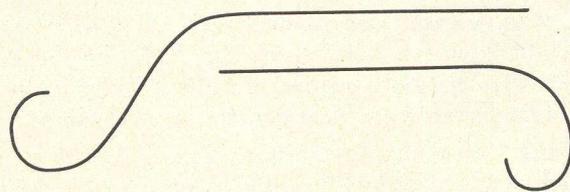


Abb. 3

zusammengesetzt zu sehen, ist offensichtlich.

Diese Schwierigkeit kann dadurch vermindert werden, daß die beiden Haken unterschiedlich markiert werden. Der Unterschied kann in der Verwendung verschiedener Symbole und/oder Farben bestehen (siehe Figur 4).

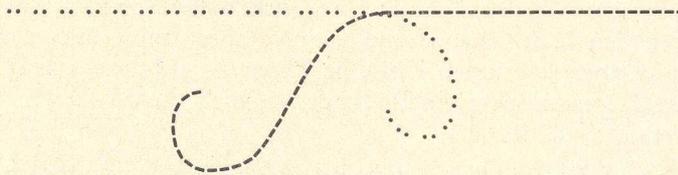


Abb. 4

Wenn man die Häufigkeit von Fehlwahrnehmungen als plausibles Kriterium für die Wirksamkeit von verwendeten oder zu verwendenden Markierung nimmt, lassen sich Markierungen wie die oben gezeigten danach einstufen, inwieweit sie die Wahrnehmung eines Straßenverlaufs möglichst täuschungsfrei mit seinen physikalischen Gegebenheiten in Deckung bringen.

Ein weiteres Kriterium für die Erkennungsschwierigkeiten läßt sich daraus abschätzen, wie lange eine Versuchsperson braucht, um subjektive Sicherheit über den Verlauf der zu beurteilenden Straße erreicht zu haben.

#### Versuchsaufbau

Die allgemeine Bekanntheit der Gestaltung von Leiteinrichtungen ist eine notwendige Voraussetzung für ihre Effektivität. Um zu überprüfen, inwieweit die in der BRD gültige Regelung für Rückstrahler bekannt ist, wurden 54 PKW-Fahrer in Münster/Westfalen zufällig ausgesucht und danach befragt. (Ergebnisse in Tabelle 1).

Diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß schon allein aufgrund der mangelnden Bekanntheit die in der BRD gültige Regelung ihre Leitfunktion nicht hinreichend erfüllen kann. Daß die mangelnde Bekanntheit auf eine zu geringe Unterscheidbarkeit der Rückstrahler rechts und links zurückzuführen ist, wird durch den Befund nahegelegt, daß auch die PKW-Fahrer, die nach eigenen Angaben häufig nachts fahren, einen ebenso kleinen Prozentsatz richtiger Antworten gaben.

Aufgrund dieser Befragungsergebnisse zeigte sich für die Untersuchung der Effektivität von Rückstrahleinrichtungen die Notwendigkeit, die Versuchspersonen vor Beginn des Experiments eingehend über die Regelung für Rückstrahler informieren zu müssen (s. Beschreibung der Versuchspersonen-Gruppe S. 570).

Um Fehler aufgrund von Laboratoriumssituationen zu vermeiden, wurden die Hauptversuche auf öffentlichen Straßen durchgeführt. Die Versuchspersonen agierten von stehenden PKWs aus. Als Versuchsstrecken wurde eine schwach S-förmig gekrümmte, ebene Linkskurve und eine leicht ansteigende, überhöhte Rechtskurve der Landstraße 2018 im Kreis Münster gewählt. Da die Leitpfosten an diesen beiden Stellen vorschriftsmäßig aufgestellt waren, konnten für die Durchführung des Experiments in der Bedingung „Rückstrahlerregelung entsprechend § 43, 3 a StVO“ die vorhandenen Leiteinrichtungen direkt übernommen werden. Für die nach unserem Versuchsplan modifizierte Bedingung wurden die Rückstrahler auf der rechten Straßenseite mit roten Rückstrahlern aus Scotch-lite-Folie gleicher Größe überdeckt. Das hier verwendete Reflexionsmaterial besitzt nur ca. 30 % der Rückstrahlkraft der vergleichbaren Primalux-Reflektoren. Damit wurde also eigentlich gegen die Hypothese (Überlegenheit verschiedenfarbiger Markierung) gearbeitet.

Tabelle 1

Befragung von 54 PKW-Fahrern

Frage	Anzahl der korrekten Antworten	Prozentsatz der korrekten Antworten	Konfidenzintervalle $p(\alpha) = 0.01$
Sind die Rückstrahler an den Leitpfosten auf beiden Straßenseiten gleich oder ungleich?	25	46,3 %	28 %—65 %
Welche Form haben die Rückstrahler auf der rechten bzw. linken Straßenseite?	14	25,9 %	12 %—45 %

Als Effektivitätskriterien wurden — den Überlegungen zur Funktion von Leiteinrichtungen gemäß — erstens die Häufigkeit von Fehlern bei der Wahrnehmung des Kurvenverlaufs und zweitens die Zeitdauer genommen, die eine Versuchsperson brauchte, um volle subjektive Sicherheit über die Richtung des Kurvenverlaufs zu erreichen.

Für diesen zweidimensionalen Versuchsplan waren 4 unabhängige Stichproben notwendig; da weder die Wirkung des Faktors 1/2 (Kurven), noch seine Wechselwirkung mit dem Faktor A/B (Rückstrahlerregelung) bei der vorgenommenen Fragestellung und der daraus resultierenden Auswahl von Kurven sinnvoll zu untersuchen waren, konnte dieser Versuchsplan in zwei eindimensionale aufgespalten werden.

*Schematische Darstellung des Versuchsplans*

Regelung für die Rückstrahler	Linkskurve (1)		Rechtskurve (2)	
	Anzahl der Fehlwahrnehmungen	Entscheidungszeit	Anzahl der Fehlwahrnehmungen	Entscheidungszeit
rechts weiß links weiß (A)	1	A	2	A
rechts rot links weiß (B)	1	B	2	B

Versuchsdurchführung

Die Versuche fanden am 3. bzw. 5. Februar 1970 zwischen 22.20 und 24 Uhr statt.

Als Versuchspersonen standen 63 Wachtmeister der Landespolizeischule Münster zur Verfügung. Das mittlere Alter der Versuchspersonen betrug 19;6 Jahre (Standardabweichung 1;2 Jahre). Alle Versuchspersonen verfügten über volle Sehfähigkeit und gründliche Kenntnis der StVO, wodurch eine letzten Endes nicht repräsentative Stichprobe ausgewählt wurde. Dieses Faktum ist deshalb erwähnenswert, weil auch hier wieder *gegen* die Hypothese der Verfasser gearbeitet wurde.

Die Versuchspersonen nahmen auf dem Fahrersitz eines PKW (in Bedingung 1 ein Opel Kadett Bj '69; in Bedingung 2 ein Renault R 4 Bj '66) Platz. Der jeweilige PKW war ca. 150 m vor Beginn der Kurve auf der rechten Fahrspur mit Standlicht und Innenbeleuchtung abgestellt. Die Versuchsstrecke war währenddessen für jeglichen Verkehr gesperrt. Sobald sich die — im Dunkeln einzeln herangeführten — Versuchspersonen gesetzt hatten, wurden sie angewiesen, Zeige- und Mittelfinger auf einen Hebel zu legen, mit dem das Fernlicht eingeschaltet werden konnte, und auf das Kommando „jetzt!“ das Fernlicht

so lange einzuschalten, bis sie vollständige Sicherheit über die Richtung des vor ihnen liegenden Straßenverlaufs hatten. Es wurde jeweils gemessen, wie lange das Fernlicht eingeschaltet geblieben war. Anschließend wurden den Versuchspersonen Formblätter vorgelegt, auf denen 7 Straßenverläufe skizziert waren, darunter auch der tatsächliche. Die Versuchspersonen mußten dann jeweils den heraussuchen, der am besten dem von ihnen wahrgenommenen Straßenverlauf entsprach. Als Zeichen für Fehlwahrnehmungen wurden die Antworten genommen, bei denen entweder ein geradliniger Straßenverlauf oder ein Kurvenverlauf gewählt wurde, der sich entgegengesetzt zum tatsächlichen Kurvenverlauf krümmte.

*Ergebnisse bei den Versuchen unter Bedingung 1 (Linkskurve)*

Tabelle 1

Häufigkeit von Fehlwahrnehmungen

	Kurve richtig erkannt	Kurve nicht richtig erkannt
rechts und links weiße Rückstrahler (A)	1	12
rechts rote, links weiße Rückstrahler (B)	10	4

Tabelle 2

Dauer der Entscheidungszeiten (geometrisches Mittel)

rechts und links weiße Rückstrahler (A)	rechts rote, links weiße Rückstrahler (B)
3,69"	2,28"

## E r g e b n i s s e

Bei der tabellarischen Darstellung der Ergebnisse werden entsprechend der Versuchsfrage die Fehlerhäufigkeit und die Entscheidungszeiten jeweils für die Bedingungen A und B gegenübergestellt. Da sich die Randbedingungen bei der Versuchsdurchführung 1 (Wetter usw.) deutlich von denen bei der Versuchsdurchführung 2 unterscheiden, werden die Ergebnisse einzeln aufgelistet.

Unter Bedingung 1 ist die Regelung mit roten und weißen Rückstrahlern der Regelung mit gleichfarbigen Rückstrahlern im Kriterium „Fehlerfreiheit der Wahrnehmung“ deutlich überlegen ( $\chi^2 = 8,93$ ,

*Ergebnisse bei den Versuchen unter Bedingung 2 (Rechtskurve)*

T a b e l l e 3

## Häufigkeit von Fehlwahrnehmungen

	Kurve richtig erkannt	Kurve nicht richtig erkannt
rechts und links weiße Rückstrahler (A)	13	5
rechts rote, links weiße Rückstrahler (B)	17	1

T a b e l l e 4

## Dauer der Entscheidungszeiten (geom. Mittel)

rechts und links weiße Rückstrahler (A)	rechts rote, links weiße Rückstrahler (B)
6,18"	3,35"

$p(\alpha) < 0,001$ ); unter Bedingung 2 zeigt sich zwar auch eine Tendenz in dieser Richtung, sie läßt sich jedoch nicht statistisch sichern.

Die Entscheidungszeiten waren auch bei Reziprok- bzw. logarithmischer Transformation nicht normalverteilt. Daher wurden die Unterschiede zwischen den Bedingungen A und B mit dem Wilcoxon-White-Test geprüft.

Das Ergebnis ist das folgende: sowohl unter der Bedingung 1 als auch unter der Bedingung 2 bedingt die Regelung mit roten und weißen Rückstrahlern deutlich niedrigere Entscheidungszeiten als die Regelung gemäß § 43, 3 a StVO ( $P(\alpha) < 0,01$ ).

#### Diskussion der Ergebnisse

Die Interpretation der Ergebnisse kann auf die Feststellung beschränkt werden, daß die Regelung mit roten und weißen Rückstrahlern deutlich der im § 43, 3 a StVO festgelegten überlegen ist. Bei der Markierung durch unterschiedliche Farben treten weniger Fehlwahrnehmungen auf; außerdem fällt die Entscheidung über die Richtung von Kurvenverläufen leichter, wie aus den kürzeren Entscheidungszeiten hervorgeht.

Die Tatsache, daß bei der leicht ansteigenden, überhöhten Rechtskurve kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Zahl der Fehlwahrnehmungen festgestellt wurde, weist darauf hin, daß die Leitfunktion der Rückstrahler bei Nacht durch Steigungen bzw. Gefälle vor Kurven unterstützt werden kann. Dennoch war auch unter diesen Bedingungen die Entscheidungszeit erheblich länger als bei der Rot-weiß-Regelung.

#### Summary

The effectiveness of different reflector systems on the traffic pillars was studied. 63 police men were required to judge two different types of road curves each furnished with two different types of reflector systems, respectively, viz. white points on white stripes or white points on red stripes. White points on red stripes proved to be better as far as the criteria of perceptual errors and the time required to judge the situation, are concerned.

Besides, 54 ordinary road users were asked about the meaning of the different types of reflector systems used on the traffic pillars in Germany. Only 14 subjects gave a correct answer and only 25 knew at all that in Germany two different types of reflector systems are used.

### R é s u m é

Les auteurs ont comparé l'efficacité de deux dispositifs réfléchissants pour balise routière (barre blanche à droite et deux points blancs à gauche, contre barre rouge à droite et deux points blancs à gauche). Soixante-trois sujets ont eu à juger deux virages différents. Le dispositif rouge et blanc s'est avéré supérieur parce qu'il provoque moins d'erreurs de jugement et permet une perception plus rapide de la situation. En outre on a constaté que, sur 54 sujets, seulement 25 savaient que, en RFA, les balises gauches diffèrent des balises droites; et seulement 14 sujets pouvaient décrire exactement une balise gauche et une balise droite telles qu'elles sont prévues par l'ordonnance sur la circulation routière.

### L i t e r a t u r

- Burkardt, F. 1965. Fahrbahn, Fahrzeuge und Fahrverhalten in: Psychologie des Straßenverkehrs (Hrsg. Hoyos, C. Graf), Bern 1965.
- Metzger, W. 1954. Gesetze des Sehens. Frankfurt 1954 2. Aufl.
- Undeutsch, U. 1966. Verkehrsvorschriften psychologisch betrachtet. Deutsches Autorecht 35, S. 319—326.

#### Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Herbert Kallina  
Allgemeine und Angewandte Abteilung  
des Psychologischen Instituts  
der Westf. Wilhelms-Universität  
44 Münster, Steinfurter Str. 107

Dr. Alf Zimmer  
Lhst. Psychologie III  
der Universität Regensburg  
84 Regensburg  
Pf. 397