

LICHTTECHNISCHE FORDERUNGEN AN LICHTSIGNALANLAGEN IM STRASSENVERKEHR

Vortrag für die Gemeinschaftstagung der Lichttechnischen Gesellschaften. LTAG, NSVV, SLG, LiTG: Licht '80, Berlin, 27.- 29. Oktober 1980, Tagungsband 1, S.157-161. Lichttechnische Gesellschaft e.V., Berlin, 1980.

R-80-26

Dr. D.A. Schreuder

Voorburg, 1980

Forschungsgesellschaft für Verkehrssicherheit SWOV, die Niederlande

1. EINLEITUNG

Lichtsignale für die Kontrolle des Strassenverkehrs werden stets häufiger angewendet um den ungehinderten Verlauf des Verkehrs an Strassenknotenpunkten von hoher Verkehrsfrequenz zu befördern. Obwohl individuelle Wartezeiten sich verlängern, wird es im allgemeinen angenommen, dass infolge der Anwendung von Verkehrssignalen die Durchströmungskapazität von Knotenpunkten ansteigt. Da die Aufgabe der Verkehrssignale darin besteht, dass sie das Durchschneiden von Verkehrsströmen verhindern - nur ein Verkehrsstrom kann jeweils durch einen Knotenpunkt passieren - sollte man erwarten, dass Verkehrssignale auch auf die Verkehrssicherheit vorteilhaft auswirken, da sie die potentielle Anzahl von Zusammenstößen vermindern. Diese Annahme wird jedoch durch Untersuchungsergebnisse nicht befestigt, hauptsächlich darum, weil die statistischen Angaben in Hinsicht auf Verkehrsunfälle die Umstände der Unfälle nicht genug genau andeuten. Folglich sind diese Angaben noch weniger zuverlässig in bezug auf die Auswertung der Möglichkeit, die spezielle Typen von Strassenverkehrssignalen für die Verminderung von Verkehrsunfällen bieten.

Das internationale Ineinklangbringen von Industrie und Verkehr erfordert eine gewisse Normierung auf diesem Gebiet. Aus Mangel an besseren Gründen, werden solche Normen auf die gefällige Voraussetzung begründet, dass zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, die Strassenverkehrssignale für jeden Verkehrsteilnehmer deutlich sichtbar sein müssen. Ein Begriff wie "deutlich sichtbar" kann nicht genau bestimmt werden, jedoch wird es angenommen, dass dieser Ausdruck sich auf eine Sichtbarkeit bezieht, die weit über der Sichtbarkeitsschwelle (wie diese unter Laboratoriumsumständen bestimmt werden kann) steht.

In den letzten Jahren sind in einigen Ländern Empfehlungen und Normen auf nationalem Niveau erfasst worden. Obwohl diese eine gewisse Ähnlichkeit aufweisen, bestehen auch bedeutende Unterschiede, die für Handel und Transport sehr ungünstig sind. Die "Commission Internationale de l'Eclairage CIE" (Internationaler

Beleuchtungskommission) hat bereits die ersten Schritte zu einer weiteren internationalen Anpassung unternommen. Zu diesem Zweck wurde der unter der Leitung des Technischen Ausschusses TC 1.6 stehende Unterausschuss für Signale einberufen ("Visual Signalling"). Dieser Unterausschuss hat einen Technischen Bericht erstattet, dessen endgültiges Konzept jetzt für Veröffentlichung freigegeben wurde.

2. GRUNDSÄTZE

Der Technische Bericht ist keine CIE-Empfehlung. Die Aufgabe dieses Technischen Berichtes ist die zur Zeit zur Verfügung stehenden Kenntnisse und Erfahrungen zusammenzubringen und Vorschläge zu machen, auf welche in der Zukunft Empfehlungen begründet werden können. Der Bereich des Berichtes beschränkt sich auf jene Aspekte der Strassenverkehrssignale, die für die Verkehrsteilnehmer unmittelbar sichtbar sind und die mit der Signalfunktion in direktem Zusammenhang stehen. Der Bericht ist ausserdem auf den Strassenverkehr beschränkt, mit besonderem Nachdruck auf den motorisierten Verkehr an öffentlichen Strassen, und auf den Fussgängerverkehr. So befasst sich der Bericht nicht mit anderen wichtigen Aspekten von Verkehrssignalen, wie die Stelle der Verkehrsampeln und auch ihre gegenseitige Abhängigkeit binnen und zwischen Knotenpunkten; Anordnungen in bezug auf die Anzahl und die Aufeinanderfolge der Farben und die gesetzlichen Verpflichtungen der Behörden und der Verkehrsteilnehmer; ferner elektrische und mechanische Einrichtungen, einschl. Normierung und Auswechselbarkeit.

Die Sichtbarkeit der Verkehrssignale ist von mehreren Faktoren abhängig, als die wichtigsten von welchen (für den vorliegenden Bericht) die Farbe, die Lichtstärke und die Lichtverteilung betrachtet werden können. Da die richtige Wahrnehmung eines Verkehrssignals durch die Phantomerscheinungen ernsthaft beeinflusst werden können, wird dieses Problem auch untersucht. Da zur Zeit die Wahrnehmung von Zeichen (wie z.B. Richtungspfeilen) sehr bedeutend geworden ist, wird im Bericht ihre Form und Abmessung auch analysiert. Es werden auch einige verkehrstechnische Ueberlegungen vorgelegt. Schliesslich, aus praktischen Gründen, werden nur Verkehrsampeln von 20 cm und 30 cm Linsendurchmesser betrachtet.

3. FARBEN

In jedem Land bestehen moderne Verkehrslichtsignalvorrichtungen, zusammgebaut aus drei abgesonderten Elementen, die rotes, gelbes oder grünes Licht ausstrahlen. Sie sind entweder rund oder sie sind mit Symbole für beschränkte Gruppen bestimmt, versehen. Die letzten tragen Zeichen, ihre Farbe ist jedoch dieselbe, als für die allgemeinen Zeichen. Für gewisse spezielle Anwendungen wird weisse Farbe gebraucht.

Die durch den Bericht vorgeschlagenen Farben sind in Uebereinstimmung mit der allgemeinen CIE-Praxis. Im Verkehr nehmen auch Leute mit Farbenuntüchtigkeit teil, sowohl Fussgänger wie auch Autofahrer. Aus diesem Grunde wurde selbst den "begrenzten" Gebiet "grün" als nicht genügend eindeutig geachtet und es wurden weitere Einschränkungen vorgeschlagen.

Bei der Bestimmung der Farben hat man der zusätzlichen Schwierigkeiten der Farbenblinden spezielle Aufmerksamkeit gewidmet.

Das Ergebnis ist eine ziemlich bläulichgrüne Farbe, eine bernsteinartige gelbe und eine lichte (beinahe orangefarbige) rote Farbe. Siehe Tabelle 1.

Signalfarbe	Grenzen	Gleichungen
Rot	Purpurrot*	$y = 0,990 - x$
	Gelb*	$y = 0,320$
	Rot	$y = 0,290$
Gelb	Rot	$y = 0,382$
	Weiss	$y = 0,790 - 0,667x$
	Grün	$y = x - 0,120$
Grün	Gelb*	$y = 0,726 - 0,726x$
	Weiss	$x = 0,650y$
	Blau	$y = 0,390 - 0,171x$
Weiss	Gelb*	$x = 0,440$
	Purpurrot	$y = 0,047 + 0,762x$
	Blau	$x = 0,285$
	Grün	$y = 0,150 + 0,640x$

* bedeutet eine beschränkte Grenze

Tabelle 1. Vorgeschlagene Farbengrenzen für Lichtsignale der Strassenverkehrskontrolle

4. MAXIMALE INTENSITÄT UND LICHTVERTEILUNG

Es wurde bereits erwähnt, dass die Wirksamkeit der Signale im Strassenverkehr als überschwellige Sichtbarkeit beschrieben werden kann. Diese Voraussetzung steht in unmittelbarer Verbindung mit der praktischen Erfahrung, dass Probleme in Zusammenhang mit der Wahrnehmung eines Signals üblicherweise im ersten Moment, wenn das Signal erkannt werden sollte, entstehen. Mit anderen Worten: die Signale müssen von solcher Art sein, dass man sie deutlich und ohne Zweifel bereits von einem erheblichen Abstand erkennen kann. Diese Stellungnahme führt zu bedeutenden Erwägungen.

In erster Reihe ist es notwendig den kritischen Abstand zu kennen, von welchem ein Signal "deutlich" sichtbar sein soll. (Es soll bemerkt werden, dass zur Zeit "deutlich sichtbar" nicht genauer beschrieben werden kann). Dieser Abstand ist mit den technischen Aspekten des Verkehrs in Zusammenhang. Obwohl dieser Zusammenhang zur Zeit nicht ausführlich und quantitativ ermittelt werden kann, sind die betreffenden Erwägungen in den Bericht eingegliedert. Für praktische Zwecke und für normale Strassen in innenörtlichen Gebieten hat man als Faustregel einen Abstand von 100 m angenommen.

In zweiter Reihe: eine Linse von 30 cm, oder sogar von 20 cm, weist von einem Abstand von 100 m noch erheblichen Abmessungen auf. Jedoch Versuche haben es nachgewiesen, dass für Sichtumstände, wie diese im normalen Strassenverkehr vorkommen, und unter Berücksichtigung des peripherischen Sehvermögens, die Signalwirkung allein schon mit der Lichtstärke genau bestimmt werden kann, wobei man das Signal als eine punktförmige Lichtquelle betrachtet. Eingehende Untersuchungen haben es auch enthüllt, dass bei Tageslicht eine Lichtstärke (Gebrauchswert) von 200 cd in der Bündelachse eine ausreichende Sichtbarkeit ermöglicht. Für niedrigere Werte der umgebenden Beleuchtung sollten niedrigere Lichtstärkewerte vorgesehen werden. Die Erfahrung hat es auch bewiesen, dass zwei Niveaus genügend sind um alle praktischen Werte der Umgebungsbeleuchtung erfassen zu

können. Es ist wünschenswert in der Nacht eine Lichtstärke von 50 bis 100 cd in der Bündelachse zu verwirklichen. Es wird aber vorgeschlagen Intensitäten unter 25 cd und über 200 cd zu vermeiden. Eine Folge dieser Erwägungen ist, dass man keine abweichende Werte für Linsen von 20 cm und 30 cm empfehlen muss.

Schliesslich kommt man zum Ergebnis, dass der meist kritische Bereich der Wahrnehmung einem äusserst beschränkten Winkel entspricht. Folglich kann die Lichtverteilung sich auf eine sehr schmale Zone begrenzen. Es wird vorgeschlagen mindestens 100 cd zu sichern in den Richtungen, die einen Winkel von $\pm 11^\circ$ seitlich und 8° abwärts mit der Bündelachse bilden. Es müssen noch weitere Untersuchungen ausgeführt werden, um zu bestimmen ob eine ausführlichere Beschreibung der Lichtverteilung notwendig ist. Durch die Lichtverteilung mit der Bündelachse in Beziehung zu bringen wird es angenommen, dass das Richten der Ampel auf der Strasse den Forderungen des speziellen Wegentwurfes und dem Verkehrszustand entspricht.

Es soll betont werden, dass die kombinierten Forderungen von Farbe, Intensität und Lichtverteilung bedeutenden Einfluss auf das optische System und den Typ der Ampel ausüben. Diesen Forderungen kann man gerecht werden durch Anwendung im Abbildungssystem von Hochspannungs- oder Niederspannungslampen, von paraboloidförmigen Reflektoren und von Linsen von spezieller Struktur. Mit solchen Systemen ist jedoch oft schwer die Phantomeffekte in ausreichendem Masz zu neutralisieren.

5. GESTALT DER ZEICHEN

Gemäss der Wiener Konvention sollen Signale und Zeichen für den Strassenverkehr womöglichst keine verbalen Sinnbilder darstellen und Wörter so weit als möglich vermeiden. In bezug auf Verkehrslichtsignale sind die folgenden Aspekte von Bedeutung:

- Anzeigung von bestimmten Manövern, (z.B. der Richtung); zu diesem Zweck werden Pfeile gebraucht;
- Anzeigungen für bestimmte Gruppen der Weggebraucher. Unbeschränkte Lichtsignale (von runder Form) beziehen sich auf jede Art des Verkehrs; spezielle Lichtsignale können für Radfahrer und Fussgänger angebracht werden;
- Anzeigung der Fahrbahn. Zu diesem Zweck verwendet man üblicherweise grüne Pfeile, während das Fahrverbot durch rote Kreuze angedeutet wird. Diese Signale sind jedoch nicht überall in diesem Sinne angewendet.

In jedem Fall ist es empfehlbar das Signal in Form einer lichterzeugenden Kontrastfigur auf dunklem Hintergrund auszuführen. Dies ist vorteilhafter, als ein dunkles Zeichen auf hellem Hintergrund darzustellen; diese Ausführungsart wird durch Ueberstrahlung gestört, so dass man das Signal samt Zeichen leicht mit einem runden Signal ohne Zeichen verwechseln kann. Es bestehen Empfehlungen in Bezug auf die Abmessung und Gestalt der verschiedenen Zeichen. Es ist wichtig, dass die Leuchtdichte des Zeichens womöglichst gleichmässig ist. In dieser Hinsicht werden im Bericht auch Vorschläge gemacht.

Zwei Arten von optischen Systemen sind im Gebrauch. Am meisten wird das übliche Lampe/Reflektor/Linse-System angewendet, versehen mit einer Maske, die das Zeichen in (z.B. grüne) Farbe zeigt. Das andere System gebraucht "Faseroptik".

Der Bericht bevorzugt keinen der genannten Systeme, vorausgesetzt, dass die gestellten Forderungen gesichert sind.

6. DIE PHANTOMERSCHEINUNG

Wenn Licht von aussen in die Ampel dringt, kann es - nach Rückstrahlung und Brechung - so ausgestrahlt werden, wie das Licht das beim normalen Betrieb aus der Ampel strahlt. Dies wird als "Phantom" bezeichnet, das störend, sogar gefährlich sein kann. Die nachteiligen Wirkungen können durch verschiedene Massnahmen geschwächt werden:

1. durch Verminderung des in die Linse dringenden Lichtes (mit Anwendung von Kappen, geschlitzte Abdeckungen, usw.);
2. durch Verminderung des Lichtes, das nach der Refraktion ausgestrahlt wird, (z.B. durch spezielle optische Gestaltung der Linse, oder Spiegel, durch spezielle Lampen, zusätzliche innere Schilde, usw.);
3. durch Versichern, dass die bei regelmässigem Signalisieren ausgestrahlten Signale immer stärker leuchten, als die Phantomlichtstärke (d.h. minimum der Lichtstärke von 200 cd);
4. durch Beschränkung der Störungen mit Anwendung von "verdoppelten" Signalen; durch Anbringen der Verkehrsampeln an minder gefährdeten Stellen.

Die zweite Lösung ist die meist verbreitete.

Zur Zeit jedoch kann man keine direkt ausführbaren Vorschläge geben, da die Forderungen und Meszeinrichtungen von Land zu Land sehr verschiedenlich sind. Es ist wünschenswert, die Untersuchungen auf diesem Gebiet fortzusetzen, insbesondere, da es noch nicht ganz deutlich ist, bei welchem Ausmass die Phantomeffekte wirklich störend werden.

7. HILFSEINRICHTUNGEN; AUFSTELLORT

Die wichtigste Hilfseinrichtung ist der Hintergrundschirm. Dieser hilft beim Identifizieren und Lokalisieren des Signals am Weg. Durch Verminderung des blendendes Lichtes von Himmel, kann er zur Ermässigung der Forderungen in bezug auf Spitzenintensität beitragen. Die Hintergrundschirme werden als die wesentlichsten Teile von Verkehrslichtanlagen betrachtet. Der Bericht enthält Vorschläge für Form, Abmessung, Farbe und Stelle. In manchen Ländern werden übereinstimmende Empfehlungen gegeben, gelegentlich in Zusammenhang mit den Empfehlungen in bezug auf die Ausrüstung von Masten.

Die Stelle, wo die Signalanlage an Knotenpunkten angebracht wird, ist besonders wichtig. Da jedoch Knotenpunkte sehr verschiedenlich sind in Hinsicht auf Abmessung, Gestaltung, Trassierung, usw. kann man keine allgemeine Regel angeben. Ausserdem gibt es gesetzliche Unterschiede in bezug auf Verkehrsregel, die von Land zu Land abweichend sind.

8. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der CIE-Technische Bericht ist der erste Versuch zu einer internationalen "Gleichschaltung" und einem Normieren der Lichtsignalanlagen für Verkehrskontrolle. Als nächsten Schritt sollte man nun die offiziellen CIE-Empfehlungen ausarbeiten. Wie es die Ergebnisse der ersten tastenden Versuche der internationalen Zusammenarbeit bereits beweisen, können solche Empfehlungen für den Strassenverkehr sehr vorteilhaft sein.