

PROFILIERTE FAHRBAHNMARKIERUNGEN

Studie der Literatur über Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen, insbesondere Profilierte Fahrbahnmarkierungen, im auftrag der Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen (DSGM), Essen, für die Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln.

R-80-48

Dr. D.A. Schreuder

Voorburg, 1980

Forschungsgesellschaft für Verkehrssicherheit SWOV, die Niederlande

1. EINLEITUNG

Zweck dieser Abhandlung ist festzustellen, welche speziellen Eigenschaften den profilierten Fahrbahnmarkierungen zuzuschreiben sind und wie die Anwendungsmöglichkeit ermittelt werden kann. Diese Studie wurde durch einen Beitrag der Deutschen Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen DSGM ermöglicht.

Ausgangspunkt dieser Abhandlung war eine Studie der Fachliteratur, die ihrerseits wiederum auf einer früheren Studie beruhte, die sich mehr in allgemeinen auf die Sichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen auf nassen Strassen bezog (Schreuder, 1980). Da über das spezielle Thema der profilierten Markierungen nicht sehr viel publiziert worden ist, wurde die Literaturstudie mit einigen Angaben, die Gesprächen mit Fachleuten entnommen wurden, ergänzt. In diesem Zusammenhang schulden wir Herrn Clee vom "Rijkswegenbouwlaboratorium" (Reichsstrassenbaulaboratorium) in Delft und Herrn de Groot von der Firma Heijmans in Rosmalen besonderen Dank.

2. DIE FUNKTION DER FAHRBAHNMARKIERUNGEN

In den meisten industrialisierten Ländern werden Fahrbahnmarkierungen in grossem Umfange angewendet. Der bedeutendste Zweck ist die deutliche Markierung der Fahrbahnbegrenzung und meistens auch der Begrenzung der Fahrstreifen für den motorisierten Verkehr (Allen & O'Hanlon, 1979; Allen et al., 1977; Anon, 1971b, 1975, 1980; Bali et al., 1976; Blaauw & Padmos, 1980a; Blaauw et al., 1977; Böcher, 1975; Flanakin, 1975; Gramberg-Danielsen, 1967; Griep, 1972a; Hassan, 1971; OECD, 1971, 1975; O'Flaherty, 1972; Rumar & Öst, 1974; Taylor et al., 1972).

Solche Fahrbahnmarkierungen trifft man hauptsächlich - aber nicht ausschliesslich - auf Strassen ausserhalb geschlossenen Ortschaften. Sie fehlen lediglich auf wenig befahrenen Strassen (Bali et al., 1978; Frybourg, 1972; Jonker, 1972; Walton et al., 1977).

Die geometrische Gestaltung solcher Fahrbahnmarkierungen ist in den meisten Ländern strengen Vorschriften unterworfen. Es gibt auch internationale Vorschriften. Diese laufen meistens darauf hinaus, dass entlang dem Wegrand der wichtigsten Strassen durchgehende Linien angebracht sind. Die Begrenzung der Fahrstreifen wird meistens mit unterbrochenen Linien angegeben mit Ausnahme der Strecken, wo es ein Überholverbot gibt (OECD, 1975).

Der Strich ist meistens 10 oder 15 cm breit, während die Länge der Striche bei unterbrochenen Linien sehr unterschiedlich sein kann, nicht nur von Land zu Land, sondern auch innerhalb eines Landes. Griep (1972b) hat einige Beispiele gegeben. Auch die Farbe ist festgelegt: dauerhafte Fahrbahnmarkierungen müssen weiss sein (Brevoord, 1977; CIE, 1978; Hiersche, 1970, 1972; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1978a).

In einigen Ländern wird z.B. für die Markierung von Einbahnstrassen auch wohl eine gelbe Markierung verwendet. Diese Farbe ist jedoch in den Europäischen Regeln auf den Gebiet des Strassenverkehrs und der Strassenverkehrszeichen für die Bezeichnung von Parkbeschränkungen vorgesehen, so dass gelbe Fahrbahnmarkierungen in den

Ländern in denen sie nicht für vorübergehende Fahrbahnmarkierungen eingesetzt werden, allmählich verschwinden werden (Capelle, 1978; Fisher, 1974; Korte, 1963; Roth, 1974; Stieg, 1962). Es gibt einige Länder, die für vorübergehende Fahrbahnmarkierungen (z.B. bei Bauarbeiten) orangefarbige Markierungen anwenden.

Ausser diesen Fahrbahnmarkierungen ausserhalb einer geschlossenen Ortschaft werden auch innerhalb einer Ortschaft zahlreiche Markierungen verwendet, und zwar sogar in einer viel grösseren Verschiedenheit (Haltelinien, Fussgängerüberwege, usw.). Mit diesen werden wir uns aber nicht beschäftigen, da diese Abhandlung sich nur mit Fahrbahnrand- und Fahrstreifenmarkierungen befasst (Baerwald, 1965; Davies (ed.), 1968; Korte, 1963).

Die Abmessungen und Farbe der Fahrbahnmarkierungen sind ziemlich normalisiert, nicht nur im Inland, sondern auch auf internationaler Ebene. Das Material der Markierung ist jedoch nicht normalisiert. Die Mannigfaltigkeit auf diesem Gebiet ist sehr gross. Es können jedoch vier Hauptgruppen unterschieden werden, und zwar Markierungsfarbe, Heissplastiken, Vorgefertigte Markierungen und Markierungsknöpfe.

Markierungsfarbe ist eine Abart der normalen Farbe, die ziemlich dünn auf der Fahrbahndecke aufgetragen wird. Die Textur der oberen Farbfläche ist dann auch etwa ähnlich wie die der Fahrbahndecke selbst. Dies ist eine wichtige Voraussetzung dafür inwiefern die Markierung auf einer nassen Fahrbahndecke zu erkennen ist (Anon, 1969; Frédéric, 1972; McCaskill & Crumpton, 1969; McNaught & Hahn, 1975; OECD, 1975; Schram, 1968).

Heissplastiken werden in heissem, also plastischem Zustand auf der Fahrbahn aufgebracht. Die gebräuchlichste Schichtstärke ist 3 bis 6 mm. Folglich haben diese Fahrbahnmarkierungen eine lange Lebensdauer. Falls diese Markierungen mit Glasperlen versehen werden, können Fahrbahnmarkierungen ausgeführt werden, die unter fast allen Umständen deutlich sichtbar bleiben (Anon, 1973; Azar & Lacinak, 1975; Bryden, 1977; Frédéric, 1972; Graves, 1973; Hiersche, 1970, 1972; OECD, 1972; Schram, 1968).

Vorgefertigte Markierungen werden in Form von Platten auf der Strasse angebracht und können mit unterschiedlichen Texturen versehen werden (Frédéric, 1972; OECD, 1975; Wendt, 1969).

Markierungsknöpfe sind Einzelelemente, die meistens als Ergänzung der üblichen Striche auf der Strasse angebracht werden (Anon, 1979; Beede & Shelley, 1975; Dale, 1970; Moore et al., 1975; OECD, 1975; Shepard, 1976).

Diese Markierungsmaterialien haben alle ihre spezifischen Vor- und Nachteile. Im allgemeinen kann man sagen, dass Markierungsfarbe billig ist, jedoch nur eine kurze Haltbarkeit hat, einfach aufzubringen, jedoch nicht immer ausreichend sichtbar ist. Thermoplaste können sehr unterschiedlich angewendet werden. Sie sind teurer, haben aber eine viel längere Haltbarkeit als Farben. Ihre Sichtbarkeit am Tage und bei Strassenbeleuchtung ist - in trockenem Zustand - meistens sehr gut. Vorgefertigte Markierungen weisen die gleichen Eigenschaften auf, jedoch bildet die Haftung oft Probleme. Diese zwei Typen sind meistens ziemlich dick, so dass bei Regen - ohne spezielle Massnahmen - Wasserpfützen hinter (über) der Markierung entstehen können, was in manchen Fällen zu sehr gefährlichem Aquaplaning führen kann. Auch verursacht oft die Glätte solcher dicken Markierungen Schwierigkeiten. Die Markierungsknöpfe bilden schliesslich eine besondere Gruppe, da mit diesen keine ununterbrochenen Linien geformt werden können. Die Fachliteratur enthält vergleichende Beschreibungen solcher Markierungsmaterialien (Adams, 1975; Anon, 1972, 1977; Blaauw & Godthelp, 1978; Capelle, 1978; Chaiken, 1969; Duff, 1970; Hiersche, 1970; Kemp, 1965; Kenton, 1978; OECD, 1975; O'Flaherty, 1972; Schram & Clee, 1971; Serres, 1975, 1976; Tooke & Hurst, 1975).

Bisher wurden ausschliesslich die optischen Funktionen der Fahrbahnmarkierungen beschrieben. Dies ist natürlich logisch, da die Strassenmarkierungen an erster Stelle solche Funktionen haben. Aber es hat sich gezeigt, dass ein Teil der optischen Funktion übernommen oder mindestens durch eine andere Funktion ergänzt

werden kann. Die andere Funktion betrifft die Schwingungen, denen ein Auto ausgesetzt ist und das damit oft verbundene Geräusch, wenn über eine nicht ganz flache Markierung gefahren wird. Der sogenannte akustische Effekt entsteht vor allem bei den in dieser Abhandlung zu besprechenden profilierten Fahrbahnmarkierungen, kann aber auch bei anderen Markierungen einen gewissen Einfluss ausüben. Beim Überfahren solcher Markierungen wird der Fahrer durch einen speziellen Ton gewarnt. Durch eine andere Dimensionierung des Markierungsprofils wird eher eine Vibration entstehen und in diesem Falle spricht man dann von einem kinestetischen Effekt. Im Englischen werden derartige Markierungen als "rumble-stripes" bezeichnet. Diese Art Markierungen wird in der Fachliteratur ziemlich ausführlich besprochen, jedoch oft nur in Allgemeinheiten. Man kann aber zugeben dass der akustische Effekt ein wichtiges Hilfsmittel sein kann, um die richtige Spur einzuhalten. Es kann aber auch für die Anlieger störend wirken (Cahoon & Cruz, 1970; Capelli, 1973; Christie et al., 1963; Farrimond, 1968; Saville, 1969; Sumner & Shippey, 1975; Visser, 1977).

3. FAHRBAHNMARKIERUNGEN MIT PROFIL

Aus den obenerwähnten Betrachtungen geht hervor, dass alle vier traditionellen Markierungsarten gewisse Nachteile aufweisen. An verschiedenen Stellen werden Versuche durchgeführt, um diese Nachteile vorzubeugen. Eine Möglichkeit wäre die Anbringung eines Profils in der Oberfläche der Markierung. Auf diese Weise ist es möglich, einen durchgehenden Strich - der also auch in juristischem Sinne "durchgehend" bleibt - so zu modifizieren, dass sich dahinter kein Wasser anstauen kann (Drainieren) und dass die Sichtbarkeit, auch in der Nacht und in nassem Zustand, ziemlich sichergestellt ist. Um das Drainieren zu ermöglichen, muss das Profil in Querrichtung Spalten aufweisen, wo das Wasser entlang abfließen kann. Fahrbahnen haben ja doch immer ein gewisses Quergefälle. Nur in Verbindungsbereichen können Probleme entstehen (Siehe Welleman, 1977, 1978).

Die Sichtbarkeit bei Nacht erfordert eine nähere Erläuterung. In der Nacht können auf nicht beleuchteten Strassen die Markierungen nur dann sichtbar werden, wenn sie von den Scheinwerfern der Fahrzeuge beleuchtet werden. Es handelt sich dabei verständlicherweise meistens um Autos. Bei normaler Fahrgeschwindigkeit muss die Markierung mindestens auf einer Entfernung von einigen Dutzend Metern sichtbar sein (Blaauw & Padmos, 1980a, 1980b; Schreuder, 1978b). Diese Feststellung bringt eine Anzahl Konsequenzen mit sich.

Erstens bedeutet dies, dass, falls mit Abblendlicht gefahren wird (wie im heutigen lebhaften Verkehr fast immer der Fall ist), nur wenig Licht auf die Markierung fällt. Denn Abblendlicht ist so konstruiert und muss so ausgerichtet sein, dass auf Abstände von mehr als 50 m nur Streulicht auf die Fahrbahn fallen kann. Das Lichtbündel ist, um Blendung der entgegenkommenden Wagen vorzubeugen, so abgeschirmt, dass das Licht aus dem eigentlichen Lichtbündel die Strasse nur auf eine kürzere Entfernung erreichen kann (De Boer, 1955; J & Boer & Schreuder, 1969; Krochmann & Terstiege, 1980; Rijnders, 1965, 1973; Schreuder, 1971, 1976).

Eine zweite Folgerung ist die Tatsache, dass bei einer Beobachtungsentfernung von einigen Dutzend Metern das Licht aus dem Scheinwerfer nur unter einem sehr kleinen Winkel in bezug auf die Oberfläche die Fahrbahndecke trifft. Siehe Abbildung 1. Unter einem derartigen Lichteinfall benehmen sich fast alle Oberflächen wie ein Spiegel. Weitaus der grösste Teil des Lichtes wird an der Oberfläche in Richtung von dem Auto weg gespiegelt (Lundkvist & Sørensen, 1980; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1967a, 1967b).

Bei nasser Oberfläche ist diese Wirkung noch viel grösser; eine dünne Wasserschicht ist ein nahezu idealer Spiegel. Siehe Abbildung 2. (Rumar & Öst, 1975; Schreuder, 1964b).

Die einzige Abhilfe wäre, die Oberflächenrauheit zu vergrössern. Nur dadurch kann erreicht werden, dass mindestens bei einem bedeutenden Teil der Oberfläche die Lichteinfallrichtung einen ziemlich grossen Winkel mit der Oberfläche (genauer gesagt: Berührungslinie der Oberfläche) bildet. Siehe Abbildung 3. Eine raue Oberfläche hat also zwei Auswirkungen: erstens kann das Wasser leicht abfliessen, so dass Pfützen nicht so leicht entstehen können und zweitens ist die noch zurückbleibende Wasserschicht nicht mehr überall waagrecht, wodurch die Störung durch Reflexionen an dieser Schicht stark reduziert ist. Dieser Vorteil einer sogenannten groben Textur gilt für alle Arten der Beleuchtung, oder aber alle Lichteinfallrichtungen (Anon, 1974, 1976; Burg-hout, 1971, 1977; Keschull, 1968; Schreuder, 1964a, 1967a, 1967b; Sørensen & Nielsen, 1974).

Eine dritte Folge der grossen Beobachtungsentfernung ist, dass der Winkel zwischen den Linien, die den zu beobachteten Punkt auf der Strasse mit dem leuchteten Autoscheinwerfer einerseits und mit dem Auge des Beobachters andererseits verbinden, sehr klein ist. Siehe Abbildung 1. Mit anderen Worten: das Licht muss von der Fahrbahnmarkierung fast in die Richtung, wo es her kam, reflektiert werden. Dies bedeutet also dass die Fahrbahnmarkierung retroreflektierend sein muss (Fisher, 1974; Fosberg & Lavemark, 1970; Meseberg, 1977; Morren, 1980; Pocock & Rhodes, 1952; Rizenbergs, 1970; Robertson, 1973; Schreiber, 1971; Vandange, 1952).

Es gibt drei Verfahren zur Herstellung von Retroreflektoren. Das erste Verfahren beruht darauf, dass das Licht, wenn man drei Spiegel so anordnet, dass sie in bezug aufeinander stets senkrecht stehen (wie der Winkel eines Würfels), nach drei Spiegelungen stets genau in die Richtung, wo es her kam, reflektiert wird - unabhängig von der Lage des Reflektors in bezug auf das einfallende Lichtbündel. Siehe Abbildung 4. Dieses System wird oft angewendet bei den sogenannten Prismenreflektoren. In Fahrbahnmarkierungen finden sie Anwendung bei Markierungsknöpfen. Für Anwendung in Markierungsstrichen sind sie jedoch nicht geeignet (Chandler, 1954b; Chandler & Reid, 1958; Eckhardt, 1971; Grieser et al., 1972, 1973).

Das zweite Verfahren beruht auf der Tatsache, dass Licht, das an einem Hohlspiegel mit der richtigen Krümmung, der im Brennpunkt einer Linse gesetzt ist, reflektiert wird, von dieser Linse wieder in die Richtung, wo es herkam, retroreflektiert wird - auch wieder unabhängig von der Lage des Linsensystems in bezug auf das einfallende Licht. Siehe Abbildung 5. Wenn der Brechungsindex des verwendeten Glases genau 2,0 beträgt, liegt der Brennpunkt einer kugelförmigen Linse genau an der Rückwand der Kugel. Diese braucht nur spiegelartig ausgebildet zu werden, um einen Retroreflektor zu erhalten. Siehe Abbildung 6. Verwendet man normales Glas (das billiger und viel stärker ist) mit einem Brechungsindex von etwa 1,6, dann muss die Linse "länger" sein als eine Kugel. Siehe Abbildung 7. Auch solche Linsenretroreflektoren werden oft angewendet, können jedoch ebenfalls nicht für Markierungsstriche gebraucht werden (Bryden, 1977; Chandler, 1954a; Walther, 1959). Glas mit einem Brechungsindex von 2,0 ist nicht für Fahrbahnmarkierungen geeignet; das Anbringen der Spiegel ist kompliziert, ebenso wie die richtige Einstellung und das Stabilisieren der "verlängerten" Kugeln.

Für Anwendung in Fahrbahnmarkierungen kommt nur das dritte Verfahren zur Anwendung, ein Verfahren, das viel weniger wirksam ist. Nach dieser Methode werden Glasperlen aus Normalglas in einen weissen zerstreut reflektierenden Untergrund eingebettet. Das Licht wird durch die Perlen auf die mit weissem Untergrund

bekleidete Rückseite der Kugel konzentriert. Dort wird das Licht mehr oder weniger zerstreut. Ein Teil des zerstreuten Lichtes wird schliesslich durch die Linse wieder gebündelt und reflektiert. Siehe Abbildung 8. Die geringere Wirksamkeit dieser Methode liegt darin, dass es sich hier um eine Lichtzerstreuung handelt und nicht um eine optische Abbildung, wie bei den anderen zwei Verfahren der Fall ist.

Man führt dies im allgemeinen so durch, dass Glaskugeln mit einem Durchmesser von 1 mm oder noch weniger in thermoplastischem Material angebracht und diese strichförmig auf die Strasse angeordnet werden. Diese Kugeln bzw. Perlen müssen zu einem grossen Teil aus dem Bindematerial herausragen, da sonst das Licht nicht in die Kugel eindringen kann. Dazu muss jedoch das Licht die frontale Fläche der Perle unter einem nicht zu kleinen Winkel mit der Tangente an der Oberfläche treffen. Siehe Abbildung 9. Aber andererseits dürfen die Perlen nicht zu weit herausragen, da sie sonst durch den Verkehr herausgefahren werden (Anon, 1970; Crumpton & McCaskill, 1972; Dale, 1970; Dray, 1977; Dutruit, 1974; Fiorentini, 1972). Wenn sich nun ein dünner Wasserfilm an einer derartigen Fahrbahnmarkierung bildet, verschwindet die retroreflektierende Wirkung, die in trockenem Zustand ziemlich gross sein kann, fast vollständig. Die Lücken zwischen der Perle und der Oberfläche des Bindemittels werden vollständig mit Wasser gefüllt, so dass das Licht nicht mehr in die Perlen eindringen und folglich also auch nicht mehr in die Richtung reflektiert werden kann, wo es herkam. Siehe Abbildung 10 (OECD, 1975, 1976).

Die Lösung dieses Problems liegt auf der Hand: eine grobe Textur sollte vorgesehen werden, so dass auch die Oberfläche des Wasserfilms einen ziemlich grossen Winkel mit dem einfallenden Licht bildet. Siehe Abbildung 11 (Fiorentini, 1972).

Es gibt nun zwei Möglichkeiten, dafür zu sorgen, dass die Fahrbahnmarkierung eine grobe Textur hat. Für diese Abhandlung ist dies ausreichend: die Tatsache, ob die restliche Fahrbahnoberfläche auch eine grobe Textur hat, hat hiermit nichts zu tun, da dies die Wahrnehmbarkeit der Strassenmarkierung selbst nicht beeinflusst.

Die erste Möglichkeit ist das Profilieren der Strassenmarkierung selbst, die zweite Möglichkeit ist das Anbringen eines Materials mit einer groben Textur an der Stelle, wo die Markierung angebracht werden soll. Beide Verfahren kommen in der Praxis vor und werden in dem nächsten Abschnitt behandelt.

4. AUSFÜHRUNGSFORMEN

4.1. Profilierte Fahrbahnmarkierungen

Profilierte Fahrbahnmarkierungen sind in diesem Falle die Art der Markierungen, wobei das Profil in das eigentliche Fahrbahnmarkierungsmaterial eingeprägt wird. Hier sind wieder einige Varianten möglich, die sich durch den Zeitpunkt der Anbringung der Profilierung unterscheiden, und zwar während des Auftragens der Fahrbahnmarkierung, unmittelbar danach oder etwas später.

A. Das eingedrückte Profil

Dies ist die am häufigsten gebrauchte Variante. Zuerst wird ein normaler thermoplastischer Markierungsstrich auf der Strasse angebracht. Unmittelbar danach wird in den noch heissen und also noch plastisch formbaren Strich ein Profil eingedrückt, z.B. mit Hilfe eines käfigförmigen Rades, bestehend aus Stangen oder Leisten, das - wenn das Rad über den Strich gezogen wird - durch Abwickeln eine Reihe Einbuchtungen hervorruft, die das betreffende Profil bilden. Dieses System hat den Vorteil, dass es einfach auszuführen ist. Es hat jedoch gewisse Nachteile, besonders infolge der Tatsache, dass die Stangen des käfigförmigen Rades in das Markierungsmaterial eingedrückt werden müssen. Dies bedeutet eigentlich, dass ein Teil des Materials weggedrückt werden muss. Dadurch können zusätzliche "Dämme" entstehen, die den Wasserfluss behindern, so dass das Drainieren in viel geringerem Ausmass stattfindet wie es eigentlich geplant war. Es entstehen auch oft Probleme mit der Haftung und der Verteilung der Glasperlen in der plastischen Mischung.

Profilierte Fahrbahnmarkierungen dieser Art werden in der Fachliteratur oft beschrieben (Allison & Gurney, 1975; Moore et al., 1975; Tooke & Hurst, 1975).

Auch wurden in verschiedenen Ländern Versuche durchgeführt, die im allgemeinen zu einem sehr zufriedenstellenden Ergebnis geführt haben.

B. Das ausgehöhlte Profil

Eine Variante des eingedrückten Profils ist das ausgehöhlte Profil. Dabei wird - nachdem der Strich auf übliche Weise angebracht worden ist - ein Teil des Markierungsmaterials in regelmässigen Abständen entfernt und gegebenenfalls wieder auf den Strich selbst - neben dem ausgehöhlten Teil - gelegt. Auf diese Weise entsteht ein Strich mit kurzen Unterbrechungen. Über diese Versuche wurde noch nicht viel publiziert, es hat jedoch den Anschein, dass diese Art ein ausreichendes Drainieren sichern kann. Andererseits hat man den Eindruck, dass die Sicht bei Nacht kaum besser ist als jene eines gewöhnlichen, flachen, nicht unterbrochenen Striches (Wendt, 1969).

C. Das an Ort und Stelle geformte Profil

Bei diesem System wird das Fahrbahnmarkierungsmaterial auf solche Weise auf der Strasse angebracht, dass das erwünschte Profil unmittelbar entsteht. Dieses System wurde von der Firma J. Heijmans B.V. verbessert, und unter der eingetragenen Handelsmarke "ribbel-reflexlijn" (Rillereflexlinie) auf den Markt gebracht. Das Prinzip besteht darin, dass das Markierungsmaterial intermittierend während der Fortbewegung der Fahrbahnmarkierungsmaschine auf die Fahrbahn gegossen wird. Durch Einstellung der Frequenz und der Ein- und Ausschaltungsperiode der Aussflussöffnung kann man zahlreiche Profile unterschiedlicher Art realisieren (Anon, --; De Groot, 1974; Visser, 1977).

Versuche mit dieser Ausführung der profilierten Markierungen werden in den Niederlanden durchgeführt, und ebenfalls - in kleinerem Umfange - in Belgien, in der Bundesrepublik und in Irland. Im allgemeinen scheinen diese Markierungen den Anforderungen zu entsprechen. Da jedoch diese nicht immer systematisch durchgeführten und analysierten Versuche keine deutliche Bewertung verschaffen konnten, wird bei den zur Zeit in den Niederlanden unter Leitung des "Studiecentrum Wegenbouw SCW" (Studiezentrum Strassenbau SCW) ausgeführten Versuchen dieser Art von Markierungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet (Blaauw & Padmos, 1980a). Voraussichtlich können endgültige Ergebnisse von diesen Versuchen im Laufe des Jahres 1981 erwartet werden.

Eine interessante Alternative ist vorgeschlagen worden von Hofmann (1979). Diese Alternative - eine grosse Menge von kleinen Markierungsknöpfen - verdient näheren Aufmerksamkeit. Siehe auch Dale (1970).

D. Eingekerbte Markierungen

Schliesslich kann man versuchen, die Drainierung zu verbessern, indem in oder in der unmittelbaren Nähe der fertigen Markierungen Rillen angebracht werden. Mit diesem System wurden in den Vereinigten Staaten Versuche unternommen, aber die Ergebnisse sind nicht sehr befriedigend (Allison & Gurney, 1975; Anon, 1971a; Seymour, 1971; Shelly et al., 1972).

Es soll dabei bemerkt werden, dass derartige Versuche an erster Stelle durchgeführt wurden, um Fahrbahnmarkierungen anzubringen, die nicht durch Schneepflüge beschädigt werden können. Man kann jedoch jetzt feststellen, dass das Problem der durch Schneepflüge beschädigten Markierungen durch Verbesserung des Schneeräumsystems gelöst wurde (Anderson, 1971; Jagannath & Roberts, 1976; McNaught, 1977; Stackhouse, 1967).

4.2. Profilmarkierungen

Darunter versteht man Fahrbahnmarkierungen, die bereits selbst ein Profil aufweisen, also ein Profil, das nicht während des Anbringens der Markierungen oder kurz danach angebracht wird. Auch bei diesem System bestehen Varianten.

A. Vorgefertigte Markierungen

Diese Art von Markierungen wird in grossem Umfange angewendet. In den meisten Fällen bestehen sie aus Folien, Platten oder Streifen, die auf die Fahrbahn geklebt werden. Das angebrachte Profil dient an erster Stelle zur Erhöhung der Rauheit und erst an zweiter Stelle zur Verbesserung der Sicht bei Nacht auf nasser Fahrbahn. Es wird deutlich sein, dass das Aufkleben derartiger Streifen auf die Fahrbahn in bezug auf Drainierung sicher nicht einfacher ist als das Anbringen von normalen dicken thermoplastischen Schichten. Da jedoch dieses System ziemlich verbreitet ist, wurde viel darüber berichtet (Frédéric, 1972; OECD, 1975, 1980; Taylor et al., 1972).

In vielen Fällen, z.B. bei Fussgängerüberwege und bei Verkehrszeichen zum Einordnen, werden die genannten vorgeformten Markierungen, sowohl für die Markierung selbst (die dann weiss oder nötigenfalls gelb ist) als auch für den Hintergrund (die dann schwarz ist) gebraucht. Wenn dies der Fall ist, muss der Auswahl der Markierungstextur besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Wenn nämlich die Texturen des weissen oder schwarzen Teiles sehr unterschiedlich sind, könnte es geschehen, dass bei gewissen Lichteinfallrichtungen die Markierung völlig unsichtbar wird (Schreuder, 1965). Andererseits, falls die Texturen des weissen und schwarzen Teiles völlig ähnlich sind, wäre die Markierung auf nasser Fahrbahn meistens nicht zu sehen (Schreuder, 1965).

B. Fahrbahndeckenmischungen

Die Markierung kann hergestellt werden aus einem, von den übrigen Teil der Fahrbahn abweichenden, jedoch sonst normalen Fahrbahndeckenmaterial. Durch Auffüllen einer Aussparung in einer normalen Asphaltbetonfahrbahndecke mit einer Asphaltmischung, die einen bedeutenden Anteil eines künstlich aufhellenden Materials, wie z.B. Luxovit (R) mit grossen Körnchen, enthält, kann man so eine Fahrbahnmarkierung bekommen, die ziemlich gut zu sehen ist. Ein Versuch mit einem derartigen System wurde von Tooke & Hurst (1975) beschrieben. In Dänemark wird diese Markierungsart in grossem Umfange angewendet. Es hat jedoch den Anschein, dass die gebräuchlicheren Arten der profilierten Markierungen doch besser den Forderungen entsprechen (O'Flaherty, 1972; Pigman & Agent, 1976; Reid, 1964; Robnett, 1979).

C. Profilierte Steine

Steine, und dann insbesondere Betonblöcke mit einem bestimmten Profil, werden ziemlich oft angewendet, und zwar auf speziellen Gebiete. Es gibt dabei viele Möglichkeiten zum Bestimmen des Profils, aber offenbar scheint es sich hierbei in den meisten Fällen doch um eine teure Lösung zu handeln (Christie et al., 1963; O'Flaherty, 1972; Reid & Tyler, 1969).

5. ANWENDUNGEN

Mit Ausnahme der vorgefertigten Markierungen (die eigentlich nicht zu den profilierten Markierungen gehören) sind die meisten Markierungen dieser Art noch in der experimentellen Phase oder sie werden nur in kleinem Umfange angewendet. Dies ist eigentlich sehr erstaunlich, da es einerseits wohl genügend bekannt sein dürfte, dass schlechte Sicht bei Nacht auf nasser Fahrbahn bei den konventionellen Markierungen Probleme verursacht (OECD, 1971, 1975, 1976, 1980; Serres, 1975, 1976), und es Hinweise gibt, dass diese Probleme die Verkehrssicherheit ungünstig beeinflussen (OECD, 1975, 1976, 1980; Anon, 1979, 1980), während andererseits auch wohl bekannt ist, auf welche Weise diese Probleme gelöst werden können. Es wurde bereits angegeben, wie das erreicht werden kann: man muss dafür sorgen, dass die Markierung eine ausreichende Höhe hat, um wenigstens teilweise aus einer eventuellen Wasserschicht herauszuragen und man muss dafür sorgen, dass der herausragende Teil frontale Flächen hat, die so angeordnet sind, dass das von den Fahrzeugscheinwerfern ausgestrahlte Licht diese Flächen unter einem steilen (nicht zu sehr streichenden) Winkel erreichen kann. Praktische Ausführungsarten stehen auch bereits zur Verfügung: man kann eine ausreichende Sicht, sowohl in trockenem als auch in nassem Zustand, erreichen, und zwar durch

- a. eine Kombination von retroreflektierenden Markierungsknöpfen mit einer Farbe oder einem thermoplastischen Linie, oder
- b. profilierte Fahrbahnmarkierungen.

Beide Systeme wurden ausreichend untersucht, um theoretisch feststellen zu können, dass sie den Anforderungen sicher entsprechen können und entsprechen werden. Es ist jedoch wünschenswert, (für beide Systeme übrigens), noch mehr praktisch gerichtete Prüfstrecken anzulegen mit dem Zweck, bessere Erkenntnisse für einige praktische Aspekte zu erhalten, die bisher bei der theoretischen Untersuchung zu kurz gekommen sind.

So sollte man auch die Wirkung der Verschmutzung nicht vergessen und gegebenenfalls Massnahmen ergreifen, um die Markierungen zu reinigen; auch sollten die praktische Lebensdauer und eventuell

speziellen Massnahmen beim Anbringen der Markierungen auf feuchten oder stark verschmutzten Fahrbahnoberflächen berücksichtigt werden. Ferner könnten Prüfstrecken nützlich sein, um mehr Erfahrung bezüglich Schneeräumsysteme zu sammeln.

Besonders bei profilierten Fahrbahnmarkierungen wäre es nützlich, die hier besprochenen verschiedenen Systeme unter praktischen Umständen noch einmal miteinander zu vergleichen. Man hat auch den Eindruck, dass nicht für alle genannten Systeme in gleichem Masse untersucht worden ist, welche Ausführungsform am geeignetesten wäre. Folglich wären weitere Produktentwicklungen wünschenswert.

Schliesslich sollte noch einmal eingehend untersucht werden, welche profilierten Markierungen für gewisse Fahrbahnen und bei bestimmten Verkehrsumständen am geeignetesten sind. Falls möglich sollten die Untersuchungen auf gut ausgearbeiteter Kosten/Nutzen-Grundlage beruhen (James & Reid, 1969; OECD, 1980; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1980; Taylor, 1974).

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Es bestehen drei Gründe, warum es wünschenswert ist, ein bestimmtes Profil in Fahrbahnmarkierungen anzubringen:

- bessere Sicht bei Nacht, vor allen Dingen bei nasser Fahrbahn
- bessere Drainierung
- Unterstützung der visuellen Funktion durch Geräusch

2. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein derartiges Profil effektiv anzubringen. Aufgrund theoretischen Überlegungen sind am meisten geeignet

- Markierungsknöpfe in Kombination mit gewöhnlichen Linien
- Profilierte Markierungen; dabei scheinen die Systeme bevorzugt zu werden, bei denen das Profil während der Applikation der Markierung angebracht und nicht nach der Applikation eingedrückt wird.

3. Es gibt auf diesem Gebiet wenig Fachliteratur. Eine endgültige Beurteilung ist aufgrund dieser Literatur nicht möglich.

4. Weitere Untersuchungen, vor allen Dingen mit Prüfstrecken, sind deshalb wünschenswert. Es ist dabei auch von Bedeutung, dass derartige Versuche sorgfältig ausgeführt und bewertet werden.

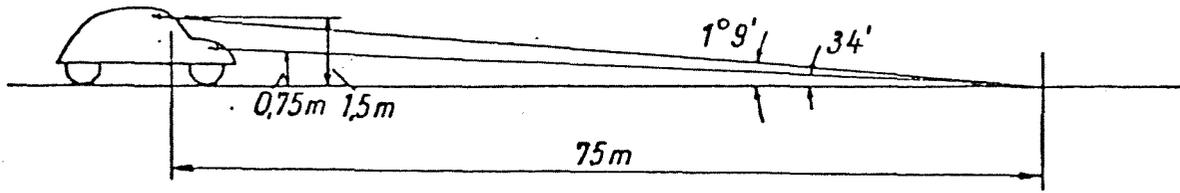


Abbildung 1.

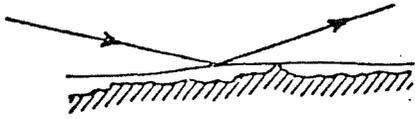


Abbildung 2.

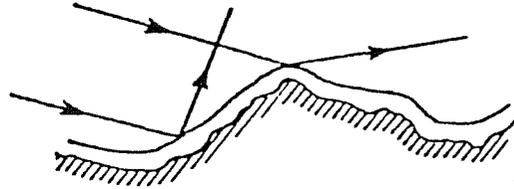


Abbildung 3.

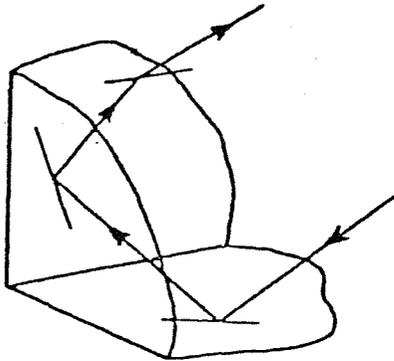


Abbildung 4.

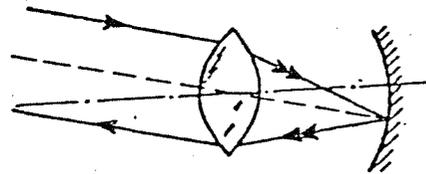


Abbildung 5.

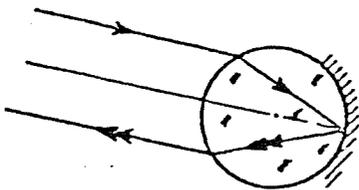


Abbildung 6.

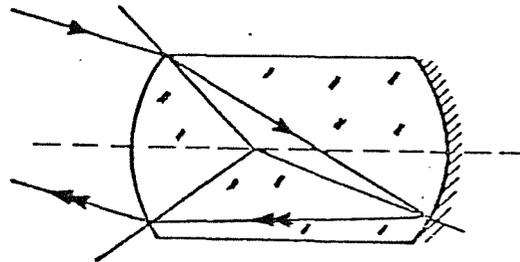


Abbildung 7.

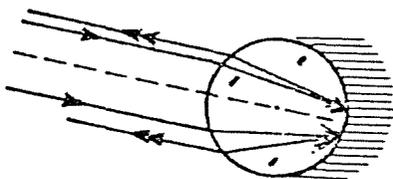


Abbildung 8.

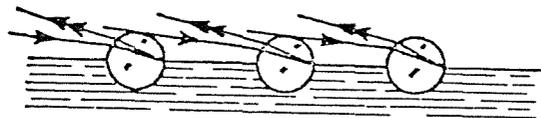


Abbildung 9.

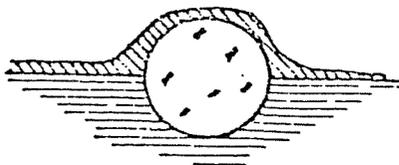


Abbildung 11.

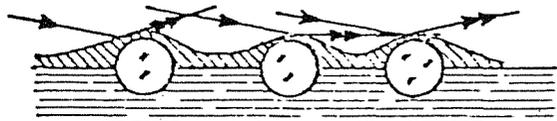


Abbildung 10.

SCHRIFTTUM

Adams, G.H. (1975). Highway markings; A bibliography with abstracts. Springfield (Virginia) (1975). National Technical Information Service.

Allen, R.W.; J.H. O'Hanlon (1979). Effects of roadway delineation and visibility conditions on driver steering performance. TR Record 739, p. 5-8. Washington, D.C. (1979). Transportation Research Board.

Allen, R.W. et al. (1977). Driver's visibility requirements for roadway delineation. Vol. I. Report No. FHWA-RD-77-165. Hawthorne, Cal. (1977). Systems Technology Inc.

Allison, J.R.; G.F. Gurney (1975). Grooved stripes for plow-resistant wet-night lane delineation. Phase I: Evaluation of systems. Report No. FHWA-RD-75-93. Washington, D.C. (1975). Federal Highway Administration.

Anderson, D.R. (1971). Rubber snow plow blades and lightweight snow plows used for the protection of raised lane markers. Washington, D.C. (1971). HRB Annual Meeting.

Anon (--). De ribbelreflexlijn. Rosmalen (ohne Jahrandeutung). Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans B.V.

Anon (1969). Traffic paint. (English translation). Japanese Industrial Standard JIS.K.5491. Tokyo (1969). Japanese Standards Association.

Anon (1970). Reflective traffic bead study. Final report. Colorado (1970). Dept. of Highways.

Anon (1971a). Grooved traffic stripes. NEEP Project No. 1. FHWA Notice. Washington, D.C. (1971). U.S. Dept. of Transportation.

Anon (1971b). Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. Washington, D.C. (1971). Federal Highway Administration.

Anon (1972). Technische Bestimmung für die Prüfung von Markierungsstoffen für Bundesstrassen. Köln (1972). Bundesanstalt für Strassenwesen.

Anon (1973). Proefstrepen van duurzame markeringsmaterialen. Delft (1973). Rijkswegenbouwlaboratorium.

Anon (1974). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Mededeling No. 34. Arnhem (1974). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Anon (1975). Symposium Wegmarkeringen. Wegen 48 (1975) 215-218.

Anon (1976). Proceedings International Symposium on Porous Asphalts. SCW-Record 2. Arnhem (1976). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Anon (1977). Merkblatt für die Auswahl Beschaffung und Ausführung von Fahrbahnmarkierungen. Ausgabe 1977. Köln (1977). Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen.

Anon (1979). User guidelines for reduced visibility system design. Implementation Package 79-2. Washington, D.C. (1979). U.S. Dept. of Transportation.

Anon (1980). Verkehrssicherheit nachts. Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit. Bern (1980). Eidg. Justiz- und Polizeidepartement.

Azar, D.G.; H.W. Lacinak (1975). Evaluation of thermoplastic materials. Baton Rouge (1975). Louisiana Dept. of Highways.

Baerwald, J.E. (1965). Traffic engineering handbook, 3rd edition. Washington, D.C. (1965). ITE.

Bali, S.G.; H.W. McGee; J.I. Taylor (1976). State-of-the-art on roadway delineation systems. Report No. FHWA-RD-76-73. Washington, D.C. (1976). Federal Highway Administration.

Bali, S., et al. (1978). Cost-effectiveness and safety of alternative roadway delineation treatments for rural two-lane highways. Vol. II Final Report. Report No. FHWA-RD-78-51. La Jolla (1978). Science Applications Inc.

Beede, B.K.; T.L. Shelley (1975). Development and evaluation of raised traffic markers 1971-1974. Sacramento (1975). California State Dept. of Transportation.

Blaauw, G.J.; J. Godthelp (1978). Riding behaviour of motor cyclists as influenced by pavement characteristics. Detroit (1978). SAE.

Blaauw, G.J.; P. Padmos (1980a). Night time visibility of roadway delineation on wet roads. Paris (1980). 2nd International Congress on vision and road safety.

Blaauw, G.J.; P. Padmos (1980b). De nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken. Soesterberg (1980). IZF-TNO (in druk).

Blaauw, G.J., et al. (1977). Driver's lateral control strategy as affected by task demands and driving experience. Paper 770876. Detroit (1977). SAE.

Böcher, W. (1975). Vorsicht-Hinsicht-Rücksicht. Bonn (1975). Kirschbaum Verlag.

Brevoord, G.A. (1977). Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen. Verkeerskunde 28 (1977) 404-409.

Bryden, J.E. (1977). Pavement marking materials; A summary of New York State research. Albany (1977). New York State Dept. of Transportation.

Burghout, F. (1971). Reflection properties of road surfaces for motorcar lighting. Barcelona (1971). Commission Internationale de l'Eclairage.

Burghout, F. (1977). Kenngrößen der Reflexionseigenschaften von trockenen Fahrbahndecken. Lichttechnik 29 (1977) 23-27.

Cahoon, R.L.; B.E. Cruz (1970). Use of a rumble strip to reduce maintenance and increase driving safety. Final Report 1969. Utah (1970). State Dept. of Highways.

Capelle, D.G. (1978). An overview of roadway delineation research. Report No. FHWA-RD-78-111. Washington, D.C. (1978). Federal Highway Administration.

Capelli, J.T. (1973). Audible roadway delineators. Albany (1973). New York State Dept. of Transportation.

Chaiken, B. (1969). Comparison of the performance and economy of hot-extruded thermoplastic highway striping materials and conventional paint striping. Public Roads 35 (1969) 150.

Chandler, K.N. (1954a). The theory of a lens-type reflector. Research Note No. RN/2266/KNC. (1954). Road Research Laboratory.

Chandler, K.N. (1954b). The theory of corner-cube reflectors. Research Note No. RN/2267/KNC. (1954). Road Research Laboratory.

Chandler, K.N.; J.A. Reid (1958). Reflex reflectors. Road Research Technical Paper No. 42. London (1958). H.M. Stationery Office.

Christie, A.W., et al. (1963). Edge markings for roads with flush shoulders. Traffic Engineering and Control 4 (1963) No. 9.

CIE (1978). Surface colours for visual signalling. Publ. No. 39.
Paris (1978). Commission Internationale de l'Eclairage.

Crumpton, C.F.; G.A. McCaskill (1972). Glass beads in paint. H.R.
Record No. 412, 52-63. Washington, D.C. (1972). Highway Research
Board.

Dale, J.M. (1970). Development of formed-in-place wet reflective
pavement markers. NCHRP Report 85. Washington, D.C. (1970).

Davies, E. (ed.) (1968). Traffic engineering practice. London
(1968). Spon.

De Boer, J.B. (1955). A "duplo" headlight with asymmetric passing
beam. *Light and Lighting* 48 (1955) No. 4.

De Boer, J.B.; D.A. Schreuder (1969). Betrachtungen über die Anwendung
von Halogenscheinwerfer für die Kraftfahrzeugbeleuchtung. *Lichttechnik*
21 (1969) 88A-92A.

De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Eindhoven (1967).
Centrex.

De Groot, P. (1974). De ribbelreflexlijn, een nieuw wegmarkerings-
systeem. *Wegen* 48 (1974) 182-183.

Dray, F.L. (1977). Glass beads for safer driving. *Traffic Engineering*
47 (1977) (March) 36-40.

Duff, J.T. (1970). Focus on road markings and materials. *Traffic*
Engineering and Control 11 (1970) 537-549.

Dutruit, M. (1974). Die Retro-reflexion. Budapest (1974). Regionale
Strassen Konferenz IRF.

Eckhardt, H.D. (1971). Simple model of corner reflector phenomena.
Applied Optics 10 (1971) 1564-1565.

- Farrimond, K.D. (1968). Use of a rumble stripe to reduce maintenance and increase driving safety. Research Rep. 500-901. Utah (1968). State Dept. of Highways.
- Fiorentini, A. (1972). How we have solved the problem of road-marking visibility at night in the rain. Washington, D.C. (1972). HRB Annual Meeting.
- Fisher, S. (1974). Improving nighttime brightness of yellow lines. Public Works (1974) (March) 64-65, 108.
- Flanakin, H.A.M. (1975). Traffic markings; A procedure for putting to use findings of research. Washington, D.C. (1975). District of Columbia Dept. of Highways and Traffic.
- Fosberg, A.; A. Lavemark (1970). The night driving retroflective power of road markings on roads without stationary illumination. (In Swedish). Stockholm (1970). Royal Technical High School. Cit: Rumar & Öst.
- Frédéric, C. (1972). Le marquage des chaussées. Rapport CRI/72. Bruxelles (1972). Centre des Recherches Routière.
- Frybourg, M. (1972). L'aide à la conduite et le marquage des chaussées. Proc. Intertraffic '72. Amsterdam (1972). RAI.
- Gramberg-Danielsen, B. (1967). Sehen und Verkehr. Berlin (1967). Springer Verlag.
- Graves, R.K. (1973). Traffic stripes and formed-in-place delineators. Utah (1973). State Dept. of Highways.
- Griep, D.J. (1972a). Markeringen op de weg. Wegen 46 (1972) 295-301.
- Griep, D.J. (1972b). The display of information by means of road markings. In: OECD (1972).

Grieser, D.R.; M.M. Epstein; R.W. King (1972). Development of a new low-profile highway striping for wet-night visibility. Columbus, Ohio (1972). Batelle.

Grieser, D.R.; M.M. Epstein; J. Preston (1973). Development of a new low-profile highway striping for wet-night visibility. Phase 2. Road tests. Columbus, Ohio (1973). Batelle.

Hassan, Z.Y. (1971). Effect of edge marking on narrow rural roads. Washington, D.C. (1971). Consortium of Universities.

Hiersche, E.-U. (1970). Zur Griffigkeit von Dickschichtmarkierungen. Strassen und Tiefbau 7 (1970) 590-596.

Hiersche, E.-U. (1972). Erfahrungen bei der Prüfung von Markierungsstoffen. Strassenverkehrstechnik 16 (1972) 193-202.

Hofmann, F. (1979). Verbesserung der Nacht-Nass-Sichtbarkeit von Strassenmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 23 (1979) 161-163.

Jagannath, M.V.; A.W. Roberts (1976). Evaluation of snowplowable raised reflective pavement markers in New Jersey. Trenton (1976). New Jersey Dept. of Transportation.

James, J.G.; J.A. Reid (1969). Notes on the costs, lives and effectiveness of various road markings. LR 285. Crowthorne (1969). Road Research Laboratory.

Jonker, C. (1972). Wegmarkierungen. Traverse 2 (1972) 135-138.

Kebschull, W. (1968). Die Reflexion trockner und feuchter Strassenbeläge. Berlin (1968). T.U. Diss.

Kemp, E. (1965). Skid resistance characteristics of thermoplastic stripes. California (1965). State Div. of Highways.

Kenton, E. (1978). Highway markings; A bibliography with abstracts. NTIS/PS-78/0393. Springfield, Va. (1978). U.S. Dept. of Commerce.

Korte, J. (1963). Grundlagen der Strassenverkehrsplanung in Stadt und Land. Berlin (1963).

Krochmann, J.; H. Terstiege (1980). Retroreflektierende Verkehrszeichen. 3M Reflexe (1980) No. 1, 7-10.

Lundkvist, S.O.; K. Sørensen (1980). Reflection properties of road markings in vehicle headlight illumination. Report 189A. Linköping (1980) VTI.

McCaskill, G.A.; C.F. Crumpton (1969). Paint stripe and glass bead study. Report 1: Field test section. Kansas (1969). State Highway Commission.

McNaught, E.D. (1977). Field testing of a snowplowable raised marker. Albany (1977). New York State Dept. of Transportation.

McNaught, E.D.; K.C. Hahn (1975). Field testing of two fast-drying traffic paints. Albany (1975). New York State Dept. of Transportation.

Morren, L. (1980). Peculiarities of the photometry of retroreflective road markings. CIE Bulletin (1980) No. 38, 28-30.

Meseberg, H. (1977). Lichttechnische Untersuchungen über den Kontrast zwischen Fahrbahnmarkierungen und hellen Zementbeton. Strasse und Autobahn 28 (1977) 200-201.

Moore, W.M.; G. Swift; R. Poehl; G.W. Turman (1975). Development of pavement marking systems for snowfall areas. Final Report. Washington, D.C. (1975). Transportation Research Board.

OECD (1971). Lighting, visibility and accidents. Paris (1971). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1972). Symposium on road user perception and decision making. Rome (1972). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1975). Road marking and delineation. Paris (1975). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. Paris (1976). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1980). Road safety at night. Paris (1980). Organisation for Economic Co-operation and Development.

O'Flaherty, C.A. (1972). Delineating the edge of the carriageway in rural areas. London (1972). Printerhall.

Pigman, J.G.; K.R. Agent (1976). Raised-aggregate, lane-delineation stripe. Lexington (1976). Kentucky Bureau of Highways.

Pocock, B.W.; C.C. Rhodes (1952). Principles of glass-bead reflectorization. Highway Research Board Bull. 57 (1952) 32-48.

Reid, J.A. (1964). A full-scale road experiment to investigate the effect of ballotini in road markings. LN 582. Crowthorne (1964). Road Research Laboratory.

Reid, J.A.; J.W. Tyler (1969). Reflective devices as aids to night driving. Highway and Traffic Engineering 37 (1969) No. 1715.

Rijnders, J. (1965). Het gebruik van halogeenlampen bij autoverlichting. De Ingenieur 77 (1965) E7.

Rijnders, J. (1973). Eisen waaraan een goede autoverlichting moet beantwoorden. De Ingenieur 85 (1973) 64-65.

Rizenbergs, R.L. (1970). Development of specification for reflex-reflective materials. Lexington (1970). Kentucky Dept. of Highways.

Robertson, R.N. (1973). Use of high intensity reflective materials in highway signing; A literature review. Charlottesville (1973). Virginia Highway Research Council.

Robnett, Q.L. (1979). Development of a porous lane-marking system. TR Record No. 713. Washington, D.C. (1979). Transportation Research Board.

Roth, W.J. (1974). Colour coding study for freeway markings. Median delineation phase. Michigan (1974). Dept. of State Highways and Transportation.

Rumar, K.; A. Öst (1974). The night driving legibility effects of dirt on road signs. Rep. 164. Uppsala (1974). Dept. of Psychology.

Rumar, K.; A. Öst (1975). The existence and visibility effects of dirt on road markings. Rep. 170. Uppsala (1975). Dept. of Psychology.

Saville, K.M. (1969). Experimental installation of rumble strips in Indiana. Purdue University Road School Proceedings 55 (1969) 62-78.

Schram, H. (1968). Proefstrepen van reflecterende wegenverf. Wegen 42 (1968) 190-195.

Schram, H.; H. Clee (1971). Proefstrepen van duurzame markeringsmaterialen. Delft (1971). Rijkswegenbouwlaboratorium.

Schreiber, G. (1971). Über die Berechnung von photometrischen Daten von Signalgebern in Abhängigkeit der verschiedenen Parameter. Barcelona (1971). Commission Internationale de l'Eclairage.

Schreuder, D.A. (1964a). Marking and lighting of pedestrian crossings. International Lighting Review 15 (1964) 75-77.

Schreuder, D.A. (1964b). Lighting in adverse weather. Traffic Engineering & Control 5 (1964) 720-723.

Schreuder, D.A. (1965). Reflectie-eigenschappen van wegmarkeringsmaterialen. *Wegen* 39 (1965) 186-191.

Schreuder, D.A. (1967a). Theoretical basis of road-lighting design. Chapter III in: De Boer (ed.), 1967.

Schreuder, D.A. (1967b). Measurements. Chapter VIII in: De Boer (ed.), 1967.

Schreuder, D.A. (1971). Autoverlichting binnen de bebouwde kom. *Verkeerstechniek* 22 (1971) 583-591.

Schreuder, D.A. (1976). Vehicle lighting within built-up areas. Report R-76-43. Voorburg (1976). Institute for Road Safety Research SWOV.

Schreuder, D.A. (1978a). The use of yellow longitudinal markings on roads with two-directional traffic. R-78-38. Voorburg (1978). Institute for Road Safety Research SWOV.

Schreuder, D.A. (1978b). Verlichting en energiegebruik; Eisen te stellen aan de verkeersverlichting. *Electrotechniek* 56 (1978) 897-903.

Schreuder, D.A. (1980). Visibility of road markings on wet road surfaces. Arnhem (1980). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Serres, A.M. (1975). La signalisation dans la conduite de nuit. *Rev. Gén. des Routes et des Aérodrômes* (1975) No. 511, 39-54.

Serres, A.M. (1976). La visibilité de nuit des marques routières et sa mesure. *Bull. Liaison Labo P et Ch.* 86 (1976) 9-14.

Seymour, W.M. (1971). Grooving pavement centerlines for lane demarcation. Res. Rep. 314. Div. of Research. Kentucky (1971). Dept. of Highways.

- Shelly, T.L.; H.A. Rooney; D.R. Chatto (1972). Evaluation of grooved traffic stripes on Portland cement concrete highways. California (1972). Div. of Highways.
- Shepard, F.D. (1976). Evaluation of raised pavement markers of roadway delineation. Report No. FHWA-VA-77-R21. Charlottesville (1976). Virginia Highway and Transportation Research Council.
- Sørensen, K.; B. Nielsen (1974). Road surfaces in traffic lighting. Report No. 9. Lyngby (1974). Danish Illuminating Engineering Lab.
- Stackhouse, J.L. (1967). Protection of raised traffic markers in connection with snow and ice removal. State of Washington (1967). Dept. of Highways.
- Stieg, F.B. (1962). White is better; White vs. yellow center lines. *Traffic Engineer* 42 (1972) 26-30; 66.
- Sumner, R.L.; J. Shippey (1975). The effect of rumble strips at the Dartford Tunnel. Report 169 UC. Crowthorne (1975). Transportation and Road Research Laboratory.
- Taylor, J.I. (1974). Cost and effectiveness assessments for highway edge delineation treatments. Belgrado (1974). OTA.
- Taylor, J.I. et al. (1972). Roadway delineation systems. NCHRP Report 130. Washington, D.C. (1972). Highway Research Board.
- Tooke, W.R.; D.R. Hurst (1975). Wet-night visibility study. GDOT Research Project No. 6701. Georgia (1975). Dept. of Transportation.
- Vandange, R. (1952). La réflectorisation des signaux routiers. *Rev. Gén. des Routes et des Aérodrômes* (1952) No. 244, 65-72.
- Visser, K. (1977). Markering met rammeleffect. *Autokampioen* (1977) No. 22, 1478-1479.

Walton, N.E.; J.M. Mounce; W.R. Stockton (1977). Signs and markings for low volume rural roads. College Station (1977). Texas Transportation Institute.

Welleman, A.G. (1977). Water op de weg. Publikatie L. Arnhem (1977). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Welleman, A.G. (1978). Water nuisance and road safety. Paper OECD Symposium on Road Drainage, Berne, May 1978. Report R-78-5. Voorburg (1978). Institute for Road Safety Research SWOV.

Wendt, J. (1969). Erfahrungen und Gedanken über dauerhafte Fahr-
bahnmarkierungen auf den Stadtstrassen Hamburgs. Strassen- und
Tiefbau 23 (1969) 721-725.