

Beanspruchung und Entfernbareit von temporärer Fahrbahnmarkierung

FA 3.479

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. M. Oeser)
Bearbeiter: Kemper, D. / Oeser, M. / Schacht, A. / Klaproth, C. / Beyer, G.
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
Abschluss: November 2014

1 Ausgangslage, Problemstellung und Zielsetzung

Die vorübergehende (gelbe) Markierung ist ein wesentlicher Bestandteil der Absicherung von Arbeitsstellen auf Straßen. Im Bereich der Baumaßnahme dient diese sogenannte temporäre Markierung als visuelle Führung und zeigt den Verkehrsteilnehmern die geänderte Verkehrsführung an. Die gelbe Markierung gilt übergeordnet zur dauerhaften ("normalen" weißen) Markierung. Dies bedeutet, dass die vorübergehende Markierung die Funktion der weißen Markierung aufhebt ohne dass diese entfernt oder abgedeckt werden muss. Die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen ist daher in hohem Maße abhängig von der Erkennbarkeit der temporären Markierung.

Die Markierung der Arbeitsstelle muss jederzeit eindeutig von der ständigen Markierung zu unterscheiden sein, das heißt, es darf nicht zu Verwechslungen mit der dauerhaften Markierung kommen. Die vorübergehende Markierung muss daher unabhängig von Witterungsverhältnissen und Tageszeit mindestens ebenso erkennbar sein, wie die permanente Markierung. Aus diesem Grund ist neben einer dauerhaft ausreichenden Retroreflexion die Beständigkeit der temporären Markierungen während der gesamten Baumaßnahme von großer Bedeutung (Petry et al., 2010).

Um diese Anforderungen hinsichtlich Haltbarkeit und Sichtbarkeit zu erfüllen, müssen die vorübergehenden Markierungen der Beanspruchung durch den Verkehr während der Bauzeit standhalten. Die Belastung der vorübergehenden Markierung ist in den letzten Jahren in erster Linie durch die Zunahme des Güterverkehrsaufkommens im Fernverkehr stark gestiegen. Hinzu kommen sich verändernde Abmessungen der Fahrzeuge: Neue Pkw sind oft wesentlich breiter als noch vor einigen Jahren und nicht selten übersteigt die tatsächliche Fahrzeugbreite die Begrenzung auf maximal 2,00 m beziehungsweise aktuell 2,10 m auf dem linken Fahrstreifen (Sümmermann, 2012).

In einer Arbeitsstelle mit einer 4+0-Verkehrsführung weist der Überholfahrstreifen gemäß den RSA (1995) in vielen Fällen nur eine Breite von 2,50 m auf. Die Markierungen werden dabei zur eigentlichen Fahrstreifenbreite hinzugerechnet (Schönborn/Schulte, 1999). Aufgrund der gleichbleibenden Fahrstreifenbreite wird der Raum, der den Fahrzeugen zur Verfügung steht, immer geringer. Daraus resultiert, dass die Markierungen zwangsläufig häufiger überfahren werden und somit höheren Beanspruchungen ausgesetzt sind.

Neben den Überrollungen durch die Fahrzeuge beeinflusst die Straßenoberfläche die Beanspruchung der Markierung. Kiling/Hirsch (2007) konnten bereits einen signifikanten Einfluss

der Oberflächentextur auf den Verschleiß der temporären Markierungsfolien nachweisen. Darüber hinaus konnten Petry et al. (2010) in einer Untersuchung zur mechanischen Haltbarkeit verschiedener Foliensysteme nachweisen, dass die Abnutzung der Folien mit zunehmender Rauigkeit der Oberfläche schneller voranschreitet. Es zeigte sich in den anschließenden Abziehversuchen, dass der Grad der Abnutzung auch die Entfernbareit der Folien beeinflusst, da auf sehr rauem Untergrund (zum Beispiel auf offenporigem Asphalt) die Folien mitunter eher einreißen oder kleine einzelne Stücke abgetrennt werden, die in die Struktur eingetragen werden und nach der Entfernung der Folien auf der Oberfläche zurückbleiben. Die so in der Asphaltbefestigung zurückbleibenden "Folienreste" können vom Verkehrsteilnehmer, insbesondere in der Dämmerung oder bei Niederschlagswetter, als sogenannte Phantommarkierung wahrgenommen werden. Diese Problematik ist gemäß Petry et al. (2010) auf offenporigen Oberflächen besonders ausgeprägt. Gleichermäßen ist zu vermuten, dass dies auch durch den verwendeten Primer und Kleber sowie die Konstruktion des Foliensystems an sich beeinflusst wird. Die Prüfung von temporären Fahrbahnmarkierungen umfasst jedoch nur die Haltbarkeit und die lichttechnischen Eigenschaften von Markierungen bei einer Dauerbelastung in einer Rundlaufprüfanlage. Die diesbezüglichen Anforderungen und Prüfbedingungen für temporäre Markierungen sind in den "Technischen Lieferbedingungen für Markierungsmaterialien" (TL M, 2006) geregelt.

Der Widerstand der temporären Markierung gegen Schub- und Schlupfbelastungen, die im Bereich von Arbeitsstellen durch Brems- und Beschleunigungsvorgänge vermehrt auftreten, wird nicht geprüft. Auch der Einfluss von verschiedenen Straßenoberflächen auf die Lebensdauer und abschließende Entfernbareit der Markierung ist nicht Bestandteil der Prüfung.

Ein großes Problem in der Praxis stellt zudem die Bewertung von Rückständen auf der Fahrbahn nach einer Demarkierung dar. Derzeit existiert kein Verfahren zur Überprüfung der Entfernbareit, obwohl eine rückstandslose Entfernung der Folien in der Praxis von großer Bedeutung ist. Bleiben bei Beendigung der Baumaßnahme nach der Demarkierung aufgrund von Rückständen auf der Fahrbahn sogenannte Phantommarkierungen auf der Fahrbahnoberfläche zurück, kann es zu gefährlichen Verwechslungen mit der ständigen Markierung kommen. Ein Maß zur Beurteilung dieser sogenannten Schatten- beziehungsweise Phantommarkierungen liegt nicht vor, zumal es sich hier nicht nur um Markierungsrückstände handeln muss, sondern auch um Überreste einer Grundierung (Primer) oder Farbunterschiede, die sich durch die unterschiedliche Belastung der verschiedenen Fahrbahnbereiche ergeben. Die reine Beschreibung, wann Rückstände als Phantommarkierung bezeichnet werden können, ist nicht Gegenstand dieser Forschung und sollte in einer eigenen Arbeit bewertet werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens war vorgesehen, mittels Feldstudien sowie eines umfassenden Versuchsprogramms an handelsüblichen Produkten, die häufig zur Markierung in Arbeitsstellen eingesetzt werden, die wesentlichen Einflussgrößen auf die Haltbarkeit und die Entfernbareit der vorübergehenden Markierung zu ermitteln. Basierend auf den daraus gewonnenen Erkenntnissen soll zur Ergänzung des existierenden Prüf-

verfahrens ein praxisnahes Bewertungs- und Klassifizierungssystem entwickelt werden. Darüber hinaus soll das Verfahren im Rahmen der Eignungsprüfung um die Prüfung der Entfernbarkeit der Folien erweitert werden.

2 Grundlagenstudie

Zunächst werden im Rahmen einer Grundlagenstudie die verschiedenen Arten von Markierungen definiert und voneinander abgegrenzt. Darüber hinaus werden Anforderungen, Funktionen und Prüfbedingungen von temporären Fahrbahnmarkierungen dargestellt und erläutert. Neben der Aufbereitung des rechtlichen Hintergrunds aus Normen und Regelwerken wird zu diesem Zweck die Auswertung einer Befragung der Länder zu ihren bisherigen Erfahrungen in der Anwendung von temporären Fahrbahnmarkierungen herangezogen.

Gemäß den ZTV M 13 sind Markierungen Verkehrszeichen entsprechend §§ 39 ff. StVO und Markierungszeichen gemäß der "Richtlinien für die Markierung von Straßen" (RMS). Markierungen bilden gemeinsam mit Straßenmarkierungsknöpfen die horizontalen Signaleinrichtungen auf Straßen und umfassen Markierungssysteme, Markierungsknöpfe und/oder Sichtzeichen. Die Applikation von Fahrbahnmarkierungen erfolgt durch das Aufbringen von Markierungssystemen (Markierungsstoffe mit injizierten Beistoffen) auf die Fahrbahn (aufgelegte Markierungen) oder durch Aussparungen in der Fahrbahndecke (eingelegte Markierungen). Fahrbahnmarkierungen müssen den "Technischen Lieferbedingungen für Markierungsmaterialien" (TL M) in der jeweils gültigen Fassung entsprechen (DIN EN 1436, 2009; ZTV M 02, 2002; ZTV M 13, 2013; TL M 06, 2006).

Die Haltbarkeit sowie die Entfernbarkeit der Foliensysteme werden von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren beeinflusst. In besonderem Maße bestimmen jedoch die Makrotextur der Straßenoberfläche und die Materialeigenschaften der Folien selbst die Anzahl der Überrollungen, die ein Markierungssystem bis zum Verlust der Funktionsfähigkeit übersteht. Die Häufigkeit der Überrollungen dagegen ist vor allem abhängig von der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle und der Menge beziehungsweise der Zusammensetzung des Verkehrs.

Die bestehenden Prüfverfahren bilden die realen Bedingungen jedoch nur unvollständig ab, sodass zwischen der Haltbarkeit im Labor und der Haltbarkeit in situ oft gravierende Unterschiede auftreten. Dies liegt unter anderem an der Vernachlässigung des Einflusses der Schubkräfte, die die temporäre Markierung in Arbeitsstellen stark beanspruchen sowie den erhöhten Beanspruchungen durch den Schwerlastverkehr.

Darüber hinaus fehlt ein Laborverfahren zur Überprüfung der Entfernbarkeit und Bewertung von Markierungsrückständen nach erfolgter Demarkierung. Beides ist jedoch in der Praxis von großer Bedeutung.

3 Untersuchungsmethodik

Die Methodik der Untersuchung gliedert sich in sechs grundsätzliche Arbeitsschritte, die dem nachfolgenden Bild zu entnehmen sind.

Die Basis der Untersuchung bildet eine Grundlagenanalyse einschlägiger Literatur hinsichtlich möglicher Einflussgrößen, die durch eine Länderabfrage (Fragebogen) hinsichtlich bishe-

riger Erfahrungen zur Dauerhaftigkeit und Entfernbarkeit temporärer Fahrbahnmarkierungen ergänzt wird. Hieraus werden die maßgebenden Arbeitsstellenbereiche abgeleitet, die im Rahmen von Verkehrserhebungen näher analysiert werden sollen. Dies erfolgt visuell durch die Auswertung von Videoaufnahmen ausgewählter Arbeitsstellen längerer Dauer.



Bild 3: Ablaufschema der Untersuchung

Im Rahmen von labortechnischen Untersuchungen (Verkehrssimulation, Prüfung der Dauerhaftigkeit und Entfernbarkeit der Markierungen, Analyse der Oberflächencharakteristik) erfolgt die "Nachbildung" des realen Zustands im Labormaßstab. Die Ergebnisse fließen in die abschließende Entwicklung eines Bewertungssystems sowie die Ableitung von Empfehlungen für die Praxis ein.

4 Zusammenfassung, Fazit

Eine essenzielle Sicherungsmaßnahme im Bereich von Arbeitsstellen auf Straßen stellt die vorübergehende (gelbe) Markierung dar. Im Arbeitsbereich von Baumaßnahmen wird die temporäre Markierung als visuelle Führung des Verkehrs eingesetzt und zeigt den Verkehrsteilnehmern die geänderte Ver-

kehrsführung an. Dabei ist die gelbe Markierung der dauerhaften weißen Markierung übergeordnet und setzt deren Leitfunktion somit außer Kraft. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass die vorübergehende Markierung die Funktion der weißen Markierung aufhebt, ohne dass diese entfernt oder abgedeckt werden muss. Dadurch wird ersichtlich, dass die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen größtenteils abhängig von der Erkennbarkeit der temporären Markierung ist.

Es besteht daher die Notwendigkeit, dass die Markierung der Arbeitsstelle jederzeit eindeutig von der ständigen Markierung zu unterscheiden ist, das heißt, es darf nicht zu Verwechslungen mit der dauerhaften Markierung kommen. Die Erkennbarkeit der temporären Markierung muss also mindestens auf dem Niveau der permanenten Markierung sein und das unabhängig von Witterungsverhältnissen und Tageszeit.

Neben der Einhaltung der verkehrstechnischen Anforderungen der Markierung über die gesamte Bauzeit stellt die rückstandslose Entfernbare Markierung nach Abschluss der Arbeiten oftmals ein Problem in der Praxis dar. Verbleibende Rückstände auf der Fahrbahn (Markierungs- oder Gewebereste, Primer) werden oftmals als sogenannte Phantommarkierungen bezeichnet und müssen gegebenenfalls mechanisch (zum Beispiel mit Fräsen) aufwendig entfernt werden. Bislang konnten noch keine Erkenntnisse gewonnen werden, warum Markierungen auf bestimmten Fahrbahnoberflächen Rückstände hinterlassen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden daher mittels Feldstudien sowie eines umfassenden Versuchsprogramms an handelsüblichen Produkten, die zur Markierung in Arbeitsstellen eingesetzt werden, die wesentlichen Einflussgrößen auf die Haltbarkeit und die Entfernbare Markierung ermittelt. Basierend auf den daraus gewonnenen Erkenntnissen sollte zur Ergänzung des existierenden Prüfverfahrens ein praxisnahes Bewertungs- und Klassifizierungssystem entwickelt werden.

In der durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass die temporäre Markierung einer enormen Belastung durch den Verkehr ausgesetzt ist. Insbesondere durch die Überfahrungen des Schwerlastverkehrs werden die Markierungen durch Druck- und Schubkräfte stark beansprucht. Oftmals führt diese Belastung schon vor Beendigung der Baumaßnahme zu einer Beschädigung der Markierung und somit zu einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit.

Daher sollte in Arbeitsstellen auch die entsprechende Markierung ausgeschrieben werden, die während der gesamten Einrichtungsdauer eine Einhaltung der gegebenen Anforderungen hinsichtlich Rückstrahlwerten oder Griffbarkeit sowie der Dauerhaftigkeit gewährleisten kann.

Eine Planungshilfe zur Wahl einer geeigneten Markierungsklasse wurde im Rahmen des Projekts erarbeitet. So wurde auf Basis von Verkehrsanalysen ein Bewertungstool entwickelt, um die Beanspruchungen der Markierungen im Baustellenbereich auf Grundlage von Planungsdaten zu ermitteln. Eine genaue Vorhersage ist daher mit einem derartigen Tool nicht zu realisieren, da die Überfahrung der Markierung immer vom individuellen Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer abhängig ist und dieses nur schwer prognostizierbar ist. Das Tool sollte daher

nur eine Hilfestellung für die Abschätzung der vermutlichen Beanspruchung der Folie sein. Die Auswahl der Folien für die entsprechende Arbeitsstelle sollte von den jeweiligen Experten vor Ort getroffen werden.

Das vorrangige Ziel des Projekts war es aber zu untersuchen, welcher Parameter die Entfernbare Markierung von unterschiedlichen Straßenoberflächen maßgeblich beeinflusst.

Zunächst wurde daher ein Prüfprogramm

- Aufstellung der Prüfmatrix
- Applizierung
- Beanspruchung
- Abzugsversuche

erstellt, um die relevanten Parameter zu ermitteln, die die Entfernbare Markierung beeinflussen. Es konnte gezeigt werden, dass die Entfernbare Markierung von vielen unterschiedlichen Einflussgrößen (u. a. die Beanspruchung, die Oberflächentextur und -beschaffenheit, die Materialeigenschaften oder der Alterungszustand der Straßenoberfläche sowie der verwendete Primer und Kleber) abhängig ist. Aufgrund der Vielfalt der Einflussgrößen kann die Beurteilung nicht auf Basis einer einzelnen Versuchsanordnung, wie zum Beispiel bei den Versuchen in der RPA, vorgenommen werden. Um differenzierte Aussagen über die Entfernbare Markierung auf unterschiedlichen Straßenoberflächen treffen zu können, sollte die in Kapitel 7.7 vorgestellte Prüfsystematik angewendet werden.

Insbesondere die Makrotexturbewertung sowohl der MTD als auch der MPD zeigen, dass eine größere Makrotextur zu tendenziell geringeren Abzugskräften führt. Ebenso ließen sich Einflüsse aus der Alterung der Straßenoberfläche sowie der Verwendung der Gesteinsarten nachweisen.

Die Folien sind gemäß der Herstellerangaben auf die Probekörper zu applizieren. Um eindeutige Ergebnisse zu erzielen, ist allerdings zwischen Asphalt- und Betonoberflächen zu unterscheiden. Die Belastungen der Probekörper zur Simulation der verkehrlichen Beanspruchung sollte im Aachener-Ravelling-Tester (ARTE) oder einer vergleichbaren Einrichtung erfolgen. Liegen die gemessenen maximalen Abzugskräfte zwischen 50 und 150 N, ist sichergestellt, dass die Markierungen ausreichend fest verklebt sind, aber nach Beendigung der Baumaßnahme in der Regel ohne Materialrückstände entfernt werden können.

Die Messung der Entfernbare Markierung ohne vorherige Beanspruchung der Markierung führt nicht zu realitätsnahen Ergebnissen, so dass die Belastung durch die ARTE erforderlich ist.

Zudem hat der Vergleich der maximalen Abzugskräfte gezeigt, dass bezüglich der Entfernbare Markierung keine Unterscheidung bezüglich der verwendeten Verkehrsklasse (P6 oder P7) nachgewiesen werden konnte.

Auf Grundlage der erzielten Ergebnisse kann somit die Entfernbare Markierung als Zulassungsprüfung in das Standardprüfprogramm aufgenommen werden.

Die gesamte Problematik der Phantommarkierung beziehungsweise der Beurteilung der Rückstände auf der Fahrbahn nach erfolgter Demarkierung war nicht Gegenstand des Forschungs-

vorhabens. Aufgrund der zahlreichen Hinweise aus der Praxis wurde diese Fragestellung allerdings auch behandelt. Die reine Beschreibung, wann Rückstände als Phantommarkierung oder sicherheitsrelevante Rückstände bezeichnet werden müssen, konnte hier aber nicht behandelt werden und sollte in einer eigenen Arbeit untersucht werden.

5 Literatur

Baum, A.; Siebertz, I.; Jung, K.-H.; Kahmann, F.: Poster "Reifenabrieb unter Laborbedingungen", Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach

Beckenbauer, T.: "Physik der Reifen-Fahrbahn-Geräusche – Geräuschenstehung, Wirkungsmechanismen und akustische Wirkung unter dem Einfluss von Bautechnik und Straßenbetrieb", Geräuschmindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis – Lärmaktionsplanung, 4. Informationstage, 2008

BMVBS: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 5/2006, Sachgebiet 12.1: Umweltschutz, Lärmschutz, Betreff: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 17.02.2006