

Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen zur Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen

FA 2.281

Forschungsstelle: Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften, Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen (Prof. Dr.-Ing. C. Lippold) /
Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Bauwesen (Prof. Dr.-Ing. A. Bark)

Bearbeiter: Lippold, C. / Enzfelder, K. / Bark, A. / Kutschera, R.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: April 2013

1 Aufgabenstellung

Die Neufassung des deutschen Regelwerks für den Entwurf von Landstraßen (RAL) verfolgt das Ziel, deutlich unterscheidbare und wiedererkennbare Straßentypen zu schaffen. Damit sollen Fahrräume gestaltet werden, die dem Kraftfahrer bereits intuitiv die Bedeutung der Straße im Netz erkennen lassen. Der Kraftfahrer soll dadurch in Abhängigkeit vom Entwurfsstandard sein Fahrverhalten entsprechend anpassen.

Hintergrund der Überarbeitung des Regelwerks ist hauptsächlich die Erhöhung der Verkehrssicherheit. Dafür verabschiedete die Europäische Kommission im Jahr 2009 ein EU-Weißbuch. Ziel dessen ist es, in den kommenden zehn Jahren die Anzahl der Verkehrstoten europaweit zu reduzieren. Im Jahr 2009 gab es europaweit noch 35 000 Verkehrstote, das sind 36 % weniger als im Jahr 2001. In Deutschland ist die Zahl der Verkehrstoten um rund 40 Prozent zurückgegangen.

Für Landstraßen sehen die RAL vier verschiedene Entwurfsklassen (EKL 1 bis 4) vor. Straßen verschiedener Entwurfsklassen sollen sich deutlich voneinander unterscheiden. Das Konzept wiedererkennbarer Straßen (international häufig "selbsterklärend" bezeichnet) kann nur erreicht werden, wenn die geometrische Gestaltung mit einer eindeutigen Markierung und Beschilderung einhergeht. Eine deutliche Beeinflussung des Fahr- und Überholverhaltens allein aus der Streckengeometrie ist bei realistischer Betrachtung wegen der baulichen Zwänge nur selten möglich.

Die Gewährleistung sicherer Überholvorgänge nimmt in den RAL einen besonderen Stellenwert ein, da hier besonders schwere Unfälle in der Vergangenheit geschahen. Neue Anforderungen an Überholmöglichkeiten, die sich vor allem in den neuen Regelquerschnitten niederschlagen, ermöglichen das Überholen vollständig, alternierend abschnittsweise oder gar nicht.

Dazu müssen Gegenverkehrsströme sicher und wirksam voneinander getrennt werden und dem Kraftfahrer signalisiert werden, auf welche Art das Überholen erlaubt ist. Neben den verschiedenen Querschnitten können dafür auch unterschiedliche Fahrbahnmarkierungen, die nicht zuletzt zur Wiedererkennbarkeit der Straße beitragen sollen, eingesetzt werden.

Gemäß den RAL ist für Straßen der Entwurfsklasse EKL 1 der Regelquerschnitt RQ 15,5 vorgesehen, der die Fahrtrichtungen mit einem verkehrstechnischen Mittelstreifen mit einer Breite von 1,00 m trennt. Die Ausbildung des verkehrstechnischen Mittelstreifens kann z. B. aus zwei profilierten Fahrstreifenbegrenzungslinien bestehen, deren Zwischenraum farbig oder mit einer Schraffur ausgebildet werden kann. Alternativ ist die Anordnung aufragender Elemente (z. B. Sichtzeichen (Bischofsmützen), Leitschwellen, Markierungsknöpfe u. ä.) möglich.

Ziel des Projekts war es, auf der Grundlage von Kenntnissen über die Wirkung, Akzeptanz, und Kosten zusätzlicher Elemente zur Fahrtrichtungstrennung und Querschnittsmarkierung eine geeignete und dauerhafte Form zur Kennzeichnung durchgängiger Überholverbote zu ermitteln und zu empfehlen.

Dazu wurden nationale und internationale Erfahrungen in Bezug auf Wirksamkeit, Akzeptanz und Sicherheit bereits realisierter Gestaltungsvarianten von Fahrtrichtungstrennungen analysiert, eigene Trennstreifentypen erarbeitet und hinsichtlich des Fahrverhaltens und der Akzeptanz erprobt. In die Bewertung sollen Erfahrungen aus den Straßenbauverwaltungen bzgl. Wirtschaftlichkeit und Betriebsfreundlichkeit einfließen.

2 Untersuchungsmethodik

Die Arbeit untersuchte den Einfluss verschiedener Varianten der Fahrtrichtungstrennung auf das Geschwindigkeits- und Spurverhalten sowie auf die Verkehrssicherheit. Darüber hinaus wurden die Vorteile und Nachteile verschiedener Varianten verglichen und die Akzeptanz der Kraftfahrer sowie der Straßenbauverwaltung zu diesen neuen Elementen ermittelt.

Dazu wurden vier dreistreifige Untersuchungstrecken in den Bundesländern Baden-Württemberg, Brandenburg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen mit verschiedenen Elementen der Fahrtrichtungstrennung ausgestattet.

Im Vorher-Zustand variierten die Varianten der Fahrtrichtungstrennungen. Dabei waren für einen Mit-/Ohne-Vergleich die doppelte Fahrstreifenbegrenzung und für Vorher-Nachher-Vergleiche verkehrstechnische Mittelstreifen mit einer Breite von 0,75 m und 1,00 m umgesetzt. Auf den Untersuchungstrecken wurden insgesamt fünf verschiedene Elemente angeordnet (Schrägstrichgatter, orangefarbene Markierung, grüne Markierung, Bischofsmützen, Bischofsmützen in Kombination mit Farbe). Die Breite des verkehrstechnischen Mittelstreifens betrug im Nachher-Zustand bei der Variante mit der grünen Farbmarkierung 0,75 m, bei allen anderen Varianten 1,00 m.

Die Erhebung des Geschwindigkeits- und Spurverhaltens erfolgte mit dem Laserscanner vom Typ SICK LMS 200. In dieser Untersuchung wurden zwei Standorte in die Betrachtung einbezogen. Diese befanden sich in der Mitte des einstreifigen Abschnitts und jeweils am Beginn des kritischen Wechsels (beide Fahrtrichtungen). Durch die Lasermessungen in der Mitte des Querschnitts kann der Abstand der Fahrzeuge zum verkehrstechnischen Mittelstreifen sowie deren Geschwindigkeit analysiert werden.

Die Geschwindigkeitsergebnisse der Lasermessung streuen sehr breit. Aus diesem Grund wurden in einer zweiten Nachher-Messung die Geschwindigkeiten mit einem Radarsystem erhoben.

Für die Untersuchung der regelwidrigen Überholungen wurden Videobeobachtungen durchgeführt. Die Kameras wurden dabei so aufgestellt, dass sie von den Verkehrsteilnehmern nicht wahrgenommen werden konnten. Somit konnte ein Einfluss auf das (verkehrswidrige) Verhalten ausgeschlossen werden. Die Messungen erfolgten über einen längeren Zeitraum (max. 4 Stunden je Position) und wurden manuell ausgewertet.

Auf allen Strecken wurden zwei Jahre nach der Umgestaltung der Fahrtrichtungstrennung Verkehrsteilnehmerbefragungen durchgeführt. Dabei wurden je Fahrtrichtung jeweils direkt vor Ort nach der Durchfahrt der Untersuchungsstrecke 120 Kraftfahrer zur Wahrnehmung und zum Sicherheitsempfinden befragt.

Die Auswirkungen der Varianten der Fahrtrichtungstrennung auf die Verkehrssicherheit wurden auf der Grundlage einer Unfallanalyse bewertet. Für alle Untersuchungsstrecken wurden die Unfalldaten der zurückliegenden Jahre sowie die Unfalldaten ein Jahr nach der Umgestaltung der Maßnahme erhoben.

Weiterhin wurden parallel zur Umsetzung der Maßnahmen Mitarbeiter der obersten und mittleren Straßenbauverwaltungen und des Straßenbetriebsdiensts zu ihren Erfahrungen mit Varianten der Fahrtrichtungstrennung befragt. Der dazu versendete Fragebogen enthält Fotos von verschiedenen Systemen zur Fahrtrichtungstrennung. Die Behörden sollten sich zu den Punkten Material/Ausführung, Kosten, Lebensdauer, Überholmöglichkeit (bei Betriebsdienstarbeiten), Winterdienst und Fahrerakzeptanz äußern.

Neben der Befragung der obersten und mittleren Straßenbauverwaltungen wurden auch Einzelgespräche mit den Personen durchgeführt, die für die Umgestaltung der Strecke verantwortlich waren. In der Befragung sollten Fragen zu den Kosten der Umgestaltung, zu Problemen bei der Ausführung bzw. Umsetzung, zum Material und zur Dauerhaftigkeit der Markierungen, zu Erfahrungen im Winter, zu Problemen beim Straßenbetriebsdienst und mit der Verkehrssicherheit, zur Bewährung der Fahrtrichtungstrennung und zu einem erneuten Einsatz und alternative Systemen beantwortet werden.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Geschwindigkeitsverhalten

Die Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens auf den verschiedenen Untersuchungsstrecken zeigt in Abhängigkeit von der Fahrzeugklasse und des Messsystems unterschiedliche Ergebnisse.

Die Geschwindigkeitswerte mit dem Laserscanner streuen sehr breit. Nur in wenigen Fällen liegen sie im Bereich der auch aus der Literatur bekannten, hohen Geschwindigkeiten ($V_{85} > V_{zul}$). Sehr häufig lagen die gemessenen Geschwindigkeiten aber auch im Bereich der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Davon abweichend haben die Nachher-Messungen mit dem Seitenradar an den gleichen Messquerschnitten sehr viel höhere Geschwindigkeiten ergeben. An diesen Messquerschnitten ist davon auszugehen, dass der Laserscanner als Messgerät trotz der Tarnung von den Pkw-Fahrern erkannt wurde und das Geschwindigkeitsverhalten beeinflusst hat. Die Ergebnisse der Vorher-Nachher-Messungen mit dem Laserscanner für Pkw zeigen Unterschiede zwischen den einzelnen Maßnahmen. Bei der "verkehrsgrün" markierten Fahrtrichtungstrennung wurden auf den zwei verschiedenen Untersuchungsstrecken keine einheitlichen Ergebnisse ermittelt. Im Vorher-Nachher-Vergleich auf der B 169 wurden leicht höhere und auf der B 83 im Mit-/Ohne-Vergleich geringere Geschwindigkeiten V_{85} festgestellt. Die Fahrtrichtungstrennung mit der Variante "Bischofsmützen" ergab im direkten Vorher-Nachher-Vergleich eine Reduzierung der Geschwindigkeiten V_{85} von rund 10 km/h. Der Vergleich zwischen den Querschnitten mit aufragenden Elementen und denen ohne aufragende Elemente zeigte für Pkw hingegen eine Erhöhung der Geschwindigkeiten:

- Varianten Schrägstrichgatter und orangefarbener verkehrstechnischer Mittelstreifen ergaben im Vergleich mit Variante "Bischofsmützen" eine Erhöhung von 6,4 km/h.
- Varianten Schrägstrichgatter und orangefarbener verkehrstechnischer Mittelstreifen ergaben im Vergleich mit Variante "Verkehrsorange mit Bischofsmützen" eine Erhöhung von 9,2 km/h.

Bei der Fahrtrichtungstrennung mit dem "Schrägstrichgatter" wurde im Vorher-Nachher-Vergleich eine Reduzierung der V_{85} von 4,8 km/h ermittelt. Auch bei der Variante "Verkehrsorange" wurde eine Reduzierung der V_{85} von 8,4 km/h festgestellt.

Die Geschwindigkeitsmessungen mit dem Seitenradar ergaben durchweg sehr hohe Fahrgeschwindigkeiten. Insofern stellt sich auch nach der Umgestaltung das aus der Literatur bekannte hohe Geschwindigkeitsniveau ein.

Für frei fahrenden Lkw und Pulkführer waren mit einer V_{85} von rund 80 km/h bei allen Varianten im Vorher-Nachher-Vergleich keine Veränderungen zu beobachten, was sicherlich auf die für Lkw geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h zurückgeführt werden kann.

3.2 Spurverhalten

Die Untersuchungen zum Spurverhalten ergaben, dass insgesamt nur wenige Fahrzeuge die kritischen Spurlagen "Extremspur" (Pkw) und "Abweich- und Extremspur" (Lkw) nutzen. Somit befahren auch nur sehr wenige Fahrzeuge die Fahrtrichtungstrennung oder die Fahrstreifenbegrenzungslinie. Die Mehrheit der Pkw- und Lkw-Fahrer befahren die Spurlagen in Fahrstreifenmitte. Für die Varianten Schrägstrichgatter und Verkehrsorange konnte ein vergleichbares Spurverhalten auf der B 33 ermittelt werden. Der größte Abstand im Vorher-Nachher-Vergleich wurde zur Fahrtrichtungstrennung mit Bischofsmützen gehalten. Im Mittel wurde zu der Gestaltungsvariante ohne aufragende Elemente der geringste Abstand gehalten.

Überfahrungen der Fahrtrichtungstrennung und der Sperrflächen am kritischen Wechsel konnten anhand der messtechnischen Auswertung auf keiner Untersuchungsstrecke ermittelt werden.

Die Ergebnisse des Abstands der Fahrzeuge auf dem Überholstreifen zur Fahrtrichtungstrennung sind unterschiedlich. Es ist davon auszugehen, dass die Kraftfahrer sich hauptsächlich auf den Überholvorgang konzentrieren und nicht auf den Abstand zur Fahrtrichtungstrennung.

3.3 Regelwidrige Überholungen

Regelwidrige Überholungen wurden nur auf einer Untersuchungsstrecke festgestellt. In der Vorher-Messung wurden sechs und in der Nachher-Messung zwei Überfahrten erfasst.

3.4 Unfallgeschehen

Allgemein geschahen auf allen betrachteten Streckenabschnitten sehr wenige Unfälle. Mit drei bis vier maßgebenden Unfällen je Untersuchungsstrecke für ein Jahr ist die Anzahl der Unfälle so gering, dass keine Unfallkenngrößen abgeleitet werden konnten.

3.5 Akzeptanz der Kraftfahrer

Durch die Verkehrsbefragungen zeigte sich eine hohe Akzeptanz der Maßnahmen auf allen Untersuchungsstrecken. Viele Kraftfahrer standen der Befragung sehr positiv gegenüber. Insgesamt ist der Mehrheit der Befragten ein Unterschied zu anderen Landstraßen aufgefallen, den sie in der "Betriebsform", der "Fahrtrichtungstrennung" und der "Verkehrsqualität" sehen. Die Mehrheit der Kraftfahrer fährt auf diesen Strecken unbeeinflusst, hält das Überholverbot in den einstreifigen Bereichen für gerechtfertigt, empfindet die Länge der ein- und zweistreifigen Bereiche für "gerade richtig" und spricht sich für eine häufigere Anwendung dieser Betriebsform aus.

Das Sicherheitsempfinden während eines Überholvorgangs im zweistreifigen Bereich ist höher ("sicher bis eher sicher") als das während des Fahrens im einstreifigen Bereich bei Gegenverkehr ("sicher bis neutral"). Darüber hinaus geben immerhin 3,6 % aller Befragten (26 Personen) an, dass sie im einstreifigen Bereich überholt wurden.

In Abhängigkeit von der Untersuchungsstrecke gilt die Variante mit aufragenden Elementen (Bischofsmützen), auch in Kombination mit orangefarbener Markierung sowie mit vergleichbaren Anteilen der farbigen Fahrtrichtungstrennung, als "am sichersten".

Die Mehrheit aller Befragten bevorzugt als Trennung der Fahrtrichtungen eindeutig eine farbige Markierung sowie eine Kombination der orangefarbenen Markierung mit Bischofsmützen. Bischofsmützen ohne farbige Gestaltung werden weniger bevorzugt. Bekannte Elemente wie das Schrägstrichgatter und die doppelte Fahrstreifenbegrenzung werden nur von wenigen Kraftfahrern als Fahrtrichtungstrennung bevorzugt.

3.6 Erfahrungen der Straßenbau- und Verkehrsbehörden

Nach den Erfahrungen der Straßenbau- und Verkehrsbehörden ist die Fahrtrichtungstrennung mit dem Schrägstrichgatter die wirtschaftlichste Variante.

Die Vorzugsvariante, die sich aus dieser Befragung ergibt, ist eine farbige Gestaltung der Fahrtrichtungstrennung. Diese Variante wirkt sich nicht negativ auf die Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes und insbesondere des Winterdienstes aus. Es entstehen keine Nachteile für die Verkehrssicherheit. Die Kosten sind höher als bei der Variante "Schrägstrichgatter", jedoch hat die farbige Gestaltung eine längere Haltbarkeit. Die Ausführung ist derzeit aufgrund der wenigen Erfahrungen noch etwas aufwendig. Darüber hinaus ist bei einer farbigen Gestaltung der nach dem Prinzip der RAL geforderte Aspekt der Wiedererkennbarkeit gegeben.

Ein Einsatz von Bischofsmützen als Fahrtrichtungstrennung kann aufgrund der starken Probleme bei den Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes und insbesondere des Winterdienstes (erhöhter Räumaufwand) sowie der negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit (z. B. herumliegende Teile oder zusätzliche Eisbildung im Winter) nicht empfohlen werden. Darüber hinaus entstehen hierbei unkalkulierbare Mehrkosten durch die Erneuerung von abgefahrenen Reflektoren oder ganzen Systemen.

4 Folgerungen für die Praxis

Die Gestaltung der Fahrtrichtungstrennung hat keinen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten frei fahrender Pkw und Lkw im einstreifigen Bereich des 2+1-Querschnitts.

Das Spurverhalten bleibt durch die Gestaltung der Fahrtrichtungstrennung größtenteils unverändert. Nur bei einer Anordnung über die Fahrbahn aufragender Elemente stellt sich ein größerer Abstand zur Fahrtrichtungstrennung ein. Die Fahrstreifenbegrenzung oder die Fahrtrichtungstrennung befahren nur sehr wenige Fahrzeuge. Ein Zusammenhang zwischen dem Abstand zur Fahrtrichtungstrennung und der Breite des verkehrstechnischen Mittelstreifens wurde nicht ermittelt.

Es konnte auch kein Einfluss auf regelwidrige Überholungen festgestellt werden, da diese nur selten auftreten.

Ein Einfluss auf das Unfallgeschehen konnte nicht ermittelt werden. Für die Ermittlung von Unfallkenngrößen geschahen auf den Untersuchungsstrecken im Zeitraum von einem Jahr vor und nach der Umgestaltung zu wenige Unfälle.

Die Akzeptanz gegenüber den Maßnahmen ist hoch. Die Mehrheit aller Befragten bevorzugt als Trennung der Fahrtrichtungen eindeutig eine farbige Markierung sowie eine Kombination der orangefarbenen Markierung mit Bischofsmützen. Bischofsmützen ohne farbige Gestaltung werden weniger präferiert. Bekannte Elemente wie das Schrägstrichgatter und die herkömmliche doppelte Fahrstreifenbegrenzung werden nur von einer Minderheit als Fahrtrichtungstrennung bevorzugt.

Aus Erfahrungen der Straßenbau- und Verkehrsbehörden wurde die Fahrtrichtungstrennung mit dem Schrägstrichgatter als wirtschaftlichste Variante ermittelt. Nicht empfehlenswert ist die Anordnung von Bischofsmützen, da diese einen negativen Ein-

fluss auf den Straßenbetriebsdienst und insbesondere auf den Winterdienst sowie auf die Verkehrssicherheit aufgrund herumliegender Teile oder zusätzlicher Eisbildung haben können. Darüber hinaus entstehen schwer kalkulierbare Folgekosten. Für einen erneuten Einsatz wird eine farbige Variante der Fahrtrichtungstrennung bevorzugt, da diese auffällig im Straßenraum für eine bessere Abgrenzung zum Gegenverkehr beiträgt und aufgrund ihrer Haltbarkeit weniger wartungsanfällig ist.

Für die Gestaltung der Fahrtrichtungstrennung der Entwurfsklasse EKL 1 wird eine farbige Variante empfohlen. Diese fördert im Sinne des Prinzips der RAL die Wiedererkennbarkeit der Entwurfsklasse EKL 1, stößt auf großen Zuspruch seitens der Straßenbau- und Verkehrsbehörden und hat eine lange Haltbarkeit. Es ist auch davon auszugehen, dass die Kosten der im Rahmen des Projekts aufgetragenen farbigen Flächen bei einer breiten Anwendung geringer werden.

Bezüglich der Farbwahl sollten keine "belegten" Farben ausgewählt werden, die bereits mit einer Bedeutung in Verbindung gebracht werden (z. B. Gelb = Baustelle, Rot = Radweg). Besonders bewährt hat sich die Farbe RAL 6024 "Verkehrsgrün" (nur in Baden-Württemberg werden Radwege in dieser Farbe gekennzeichnet).

In den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) ist die Empfehlung für einen verkehrstechnischen Mittelstreifen des Regelquerschnitt RQ 15,5 in der Farbe "Verkehrsgrün" enthalten.