

Einfluss der Straßenbepflanzung und der Straßenraumgestaltung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und auf die Sicherheit im Straßenverkehr an Außerortsstraßen

FA 82.296

Forschungsstelle: Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsanlagen (Prof. Dr.-Ing. C. Lippold)

Bearbeiter: Lippold, C. / Schulz, R. / Krüger, H.-P. / Lorenz, C. / Scheuchenpflug, R.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Abschluss: Juni 2008

1 Aufgabenstellung

Die Gestaltung von Straßenräumen, die auch die Bepflanzung im Seitenraum einschließt, dient in erster Linie der Einpassung in das Landschaftsbild und dem Ausgleich baulicher Eingriffe. Eine bewusste Anordnung kann sich darüber hinaus positiv auf das Verkehrsgeschehen auswirken, indem die Linienführung der Straße verdeutlicht wird. Demgegenüber stehen jedoch Gefahrenpotenziale, insbesondere die schweren Folgen von Abkommensunfällen mit Aufprall auf Bäume. Etwa ein Viertel der im Straßenverkehr in Deutschland getöteten Personen kommt bei solchen Unfällen ums Leben.

Aus diesem Grund wird der Bestand oder die Neupflanzung von aufragendem Bewuchs und vor allem von Bäumen am Straßenrand derzeit kritisch diskutiert. Die Auswirkung anderer Bepflanzungstypen auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen wurde hingegen noch nicht umfassend untersucht. Es können somit bisher keine verlässlichen Aussagen getroffen werden, welche positiven Auswirkungen durch eine zweckmäßige Bepflanzung auf die Verkehrssicherheit erzielt werden können.

In einer ausführlichen Analyse der bisher vorliegenden Erkenntnisse wurden daher zunächst Bepflanzungstypen definiert, die zur Verbesserung der optischen Führung von Kraftfahrern geeignet erscheinen. Die Wirkung dieser Bepflanzungsarten auf Orientierung und Fahrverhalten wurde anschließend in einem interdisziplinären Ansatz und anhand eines statistisch abgesicherten Fahrerkollektivs untersucht. Ziel war es, Veränderungen im Fahrverhalten zu finden und verkehrspsychologisch und -ingenieurmäßig zu beschreiben, die nachweislich auf den Einfluss von Bepflanzungselementen zurückzuführen sind. Dadurch soll eine zusammenhängende Beurteilung der Fahrsicherheit des beobachteten Verhaltens gelingen.

Zur Ableitung von Empfehlungen zur Bepflanzung von Straßenräumen muss zusätzlich nachgewiesen werden, dass ein positiver Einfluss entsprechender Bepflanzung auf das Unfallgeschehen zu erwarten ist. Dafür wurden die Unfalldaten eines repräsentativen Straßennetzes mit dem maßgebenden Faktor Seitenraumbepflanzung analysiert. Unter Berücksichtigung geometrisch unterschiedlicher Linienführungen sollen die erarbeiteten Thesen abgesichert und in Empfehlungen zur Seitenraumbepflanzung umgesetzt werden.

2 Untersuchungsmethodik

Die Untersuchung der Auswirkungen von Bepflanzung im Seitenraum konzentriert sich auf drei wesentliche Punkte:

1. Fahrerorientierung,
2. Fahrverhalten und
3. Unfallgeschehen.

Im Hinblick auf die Orientierung von Fahrern besteht in der Literatur die begründete Annahme, dass linien- oder flächenhafte Bepflanzung an der Außenseite von Kurven deren Erkennbarkeit und Einschätzbarkeit verbessern kann. Bei freiem Umfeld fehlt eine solche optische Führung, während kurveninnenseitige Bepflanzung Sichtbehinderungen zur Folge hat. Auf Geraden wurden bei beidseitig aufragender Bepflanzung teilweise erhöhte Geschwindigkeiten beobachtet. Die Betrachtung der Unfallzahlen auf Außerortsstraßen generell zeigt aber, dass der Schwerpunkt der Untersuchung auf Kurven mit geringen bis mittleren Radien als häufigen Unfallschwerpunkten liegen sollte.

Als zu unterscheidende Bepflanzungstypen wurden im Ergebnis der Literaturanalyse freies Umfeld, außenseitige Bepflanzung und beidseitige Bepflanzung definiert. Ob sich Auswirkungen dieser Bepflanzungsarten auf die Orientierung von Fahrern zeigen, wurde anhand von Blickverhaltensmessungen in Probandenfahrten untersucht. Dafür befuhren je 10 Versuchspersonen zwei verschiedene Rundkurse auf Landstraßen mit insgesamt 32 Kurven, die einen Radius von weniger als 300 m aufwiesen. Jede Strecke wurde in Hin- und Rückrichtung durchfahren, jede Kurve damit einmal als Rechts- und einmal als Linkskurve.

Das verwendete Messfahrzeug der TU Dresden (BMW 525d) ermöglicht die berührungsfreie und kontinuierliche Erfassung des Blickverhaltens und die gleichzeitige Aufzeichnung von Fahrverhaltensparametern. Als auswertbare Größen standen Fixationsdauern und -zeitanteile, Momentangeschwindigkeit und Längs- sowie Querbeschleunigung zur Verfügung. Die befahrenen Kurven wurden nach ihrem Radius in drei Gruppen eingeteilt, innerhalb derer nach Unterschieden im Hinblick auf die Bepflanzung gesucht wurde.

In der Realität ist kein Vergleich von Kurven möglich, die sich nur in ihrer Seitenraumbepflanzung unterscheiden. Faktoren der Geometrie beeinflussen die Vergleichbarkeit realer Kurven und erschweren das Herausarbeiten des Einflusses der Bepflanzung. Im Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) wurden daher die gleichen Daten des Blick- und Fahrverhaltens auf einer künstlichen Versuchsstrecke erhoben, die neben geometriegleichen Kurven unterschiedlicher Bepflanzung auch verschiedene Höhenplan-situationen und Ausstattungsmerkmale aufwies. 14 simulatorerfahrene Testpersonen befuhren diese Strecke, wobei zusätzlich Fahrzeugbedienhandlungen erfasst wurden. Im Gegensatz zur realen Untersuchung, für die keine geeigneten Strecken mit Buschwerk gefunden werden konnten, war hier auch die Betrachtung dieser Bepflanzungsart möglich.

Probandenfahrten können jedoch stets nur in begrenzter Anzahl durchgeführt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse können daher Tendenzen aufzeigen, aber noch keine abgesicherten Aussagen zum Verhalten von Fahrern treffen. In einem weiteren Ansatz wurden daher Querschnittsmessungen im realen Verkehr durchgeführt. In 40 Landstraßenkurven in Sachsen und Brandenburg wurden das Spurverhalten und die Geschwindigkeit frei fahrender Fahrzeuge mit einem Laserscanner (Typ SICK LMS 200) gemessen. Für einen Bereich von durchschnittlich etwa 70 m um die Kurvenmitte konnten kontinuierliche Spurlinien der Fahrzeuge erfasst werden. Die Bestimmung der Geschwindigkeit erfolgte an Kurvenanfang, -mitte und -ende.

Die Kurven wurden so ausgewählt, dass sie in 8 Gruppen zu je 5 Kurven möglichst ähnlicher Geometrie (Kriterien: Radius, Länge, Richtungsänderungswinkel und Fahrbahnbreite) aufgeteilt werden konnten. Innerhalb jeder Gruppe gab es zwei beidseitig, eine außenseitig sowie zwei nicht bepflanzte Kurven.

Zur Bewertung des Spurverhaltens wurden relative Spurverläufe definiert und deren Anteile bestimmt, Mittelwerte und Streubreiten der absoluten Spurpositionen berechnet sowie Anteile und Ausprägungen extremer Verhaltensweisen beschrieben und innerhalb dieser Gruppen verglichen. Mithilfe der maßgebenden Perzentilgeschwindigkeiten V_{85} , V_{50} und V_{15} wurden Zusammenhänge zwischen Spurtyp und Geschwindigkeit hergestellt, um eine Gesamtbewertung des Verhaltens zu erreichen. Zur statistischen Absicherung wurden pro Kurve mindestens 100 Fahrzeuge in jeder Befahrungsrichtung erfasst.

Die Analyse des Unfallgeschehens erfolgte in zwei Schritten. In einer allgemeinen Analyse eines 400 km Außerortsstreckenlänge umfassenden Netzes wurden anhand der elektronischen Unfallsteckkarte EUSKA zunächst die Verunglücktenstruktur sowie Unfalldichten, -raten, -kostendichten und -kostenraten in Abhängigkeit von der Seitenraumbepflanzung ermittelt. Ausgewertet wurden die Unfalldaten der Jahre 2004–2006. Bezüglich der Bepflanzung wurde in einseitige, beidseitige sowie freies Umfeld unterschieden. Die Abgrenzung und Zuordnung von Streckenabschnitten zu einem dieser Seitenraumtypen erfolgte auf der Grundlage von Stereofotografien, die für das gesamte Netz stationsbezogen vorlagen. Knotenpunkte und Abschnitte mit Schutzplanken konnten anhand dieser Fotos identifiziert und ausgeschlossen werden; die Untersuchung konzentriert sich auf die freie Strecke und die Unfallfolgen, die mit Bepflanzung im Zusammenhang stehen.

Bekanntermaßen übt die Geometrie eines Streckenabschnitts einen wesentlichen Einfluss auf dessen Verkehrssicherheit aus. Besonders den Parametern Kurvigkeit, Kurvenradius und Fahrbahnbreite wird ein Einfluss auf das Unfallgeschehen zugeschrieben. In einer vertiefenden Analyse wurde daher eine Klassifizierung des Streckennetzes nach diesen Kriterien vorgenommen und das Auftreten von Fahr- und Längsverkehrsunfällen für Abschnitte ähnlicher Charakteristik verglichen. Die Einteilung der Abschnitte erfolgte nach Kurvigkeit bzw. Einzelradius in markante Einzelkurven (Singularitäten), stark kurvige Abschnitte mit mehr als 100 gon Richtungsänderung pro Kilometer und weniger kurvige Abschnitte.

Auch bezüglich der Bepflanzung wurde eine feinere Einteilung vorgenommen und einseitige Bepflanzung in kurveninnenseitig, kurvenaußenseitig und geradlinig unterschieden, da diese Formen aus sicherheitstechnischer Sicht unterschiedlich zu bewerten sind: Innenseitige Bepflanzung schränkt die Sicht auf den vorausliegenden Streckenverlauf ein, während außenseitige optische Führung bieten kann. Der Vergleich der Seitenraumtypen erfolgte ebenfalls anhand der maßgebenden Kenngrößen Unfallkosten, -dichten, -raten, -kostendichten und -kostenraten.

3 Untersuchungsergebnisse

Die ausgewerteten Daten des Blick- und Fahrverhaltens der Probanden beim Befahren von Kurven zeigten nur geringe Unterschiede, die im Zusammenhang mit der Seitenraumgestaltung interpretiert werden konnten.

Das Blickverhalten ließ keine signifikanten Orientierungspunkte erkennen, die den Zeitpunkt des Erkennens oder Abschätzens einer Kurve signalisieren. Nur im Bereich mittlerer Radien fanden sich schwache Anzeichen in den Fixationszeitanteilen für eine erhöhte Konzentration vor Kurven in freiem Umfeld.

Dazu gab es aber keine Entsprechung in Daten des Fahrverhaltens. Bei geringen Radien wurde vor Kurven mit freiem Umfeld später und stärker gebremst. Im Vergleich zu bepflanzten Kurven wurden höhere Anfangsgeschwindigkeiten und stärkere Verzögerungen als in Kurven mit Bepflanzung gemessen, was als Hinweis auf ein erst später mögliches Einschätzen der Kurven angesehen werden kann. Anschließend wurden enge Kurven mit freiem Umfeld allerdings langsamer durchfahren als außen- oder beidseitig bepflanzte. In Kurven mit größeren Radien fanden sich keine Unterschiede im Fahrverhalten in Abhängigkeit vom Seitenraumtyp.

Im Simulator zeigten sich bei einseitiger Bepflanzung mit Baumreihen in allen Radienklassen geringere Geschwindigkeiten und ein günstigeres Fahrverhalten als bei anderen Bepflanzungsvarianten. Die beidseitige Bepflanzung mit blickdichtem Wald führte hier zu riskanterem Verhalten (zu geringe Geschwindigkeitsreduktion). Befand sich Buschwerk im Seitenraum, so wurde langsamer in Kurven eingefahren. Waren künstliche Leiteinrichtungen (Kurventafeln und Schutzplanken) angeordnet, so wurden nur noch geringfügige Unterschiede zwischen den Bepflanzungstypen festgestellt.

In Querschnittsmessungen wurden in 40 Kurven insgesamt 5 620 unbeeinflusst fahrende Fahrzeuge über den gesamten Kurvenbereich erfasst. Neben dem Vergleich innerhalb der Gruppen ähnlicher Geometrie wurde auch nach Zusammenhängen zwischen geometrischen Entwurfsparametern und dem Spurverhalten sowie der Geschwindigkeit gesucht.

In der Auswertung des Spurverhaltens zeigten sich Unterschiede, die einen Einfluss der Seitenraumbepflanzung nahelegen. In beidseitig bepflanzten Kurven wurde besonders in Linkskurven deutlich mehr im eigenen Fahrstreifen gefahren als in Kurven mit freiem Innenbereich. Das Kurvenschneiden war geringer ausgeprägt und die Spurverläufe gleichförmiger. Bei freiem Umfeld wurden Kurven stärker und bei außenseitiger Bepflanzung am stärksten geschnitten, im Mittel wurde dabei 30 bis 35 cm weiter zur Fahrbahnmittlinie und mehrheitlich unter Nutzung des Gegenfahrstreifens gefahren. Die Beschränkung der Sicht durch innenseitige Bepflanzung führte dazu, dass dieses Verhalten zurückging. Es zeigte sich aber auch, dass die relativen Spurverläufe innerhalb einer Kurve sehr stark variieren. Die mittleren Positionen sagen deshalb nur wenig darüber aus, wie einzelne Fahrer durch Kurven fahren. Ein Zusammenhang zwischen den Anteilen schneidender, ausholender, hinaustragender oder spurtreuer Fahrlinien und der Seitenraumbepflanzung wurde nicht gefunden.

Das Verhalten in Rechtskurven scheint den Einfluss der Sicht durch die Kurve zu bestätigen. Zwischen den Bepflanzungstypen bestanden nur unbedeutende Differenzen im Spurverhalten, da kein ausgeprägtes Schneiden möglich war. Dafür wurde bei beidseitiger Bepflanzung schneller in diese Kurven hineingefahren und im Kurvenanfangsbereich spürbar verzögert. Dieses Verhalten war in allen beidseitig bepflanzten Kurven zu beobachten. Bei den beiden anderen Seitenraumtypen waren die Geschwindigkeitsverläufe in der Kurve selbst ausgeglichen. Insgesamt deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass innenseitige Bepflanzung in beiden Fahrrichtungen zu einer gewissen Unsicherheit von Fahrern beiträgt.

Aus der Untersuchung des Fahrverhaltens in Kurven ergaben sich demzufolge Auffälligkeiten, die einen Zusammenhang mit der Seitenraumbepflanzung nahelegten: Mögliche Fehleinschätzungen des Radius von Feldkurven durch Probanden, Anzeichen unsicheren Verhaltens beim Befahren von innenseitig bepflanzten Kurven und stärkeres Kurvenschneiden bei freiem Innenbereich in den Querschnittsmessungen.

Die allgemeine Analyse des Unfallgeschehens bestätigte, dass bei beidseitig aufragender Bepflanzung schwere Unfallfolgen zu

verzeichnen sind. Nur geringe Unterschiede zeigten sich zwischen einseitiger Bepflanzung und freiem Umfeld, die Unfallkosten lagen in etwa im gesamtdeutschen Durchschnitt. Die typischen Unfälle der freien Strecke, nämlich Fahr- und Längsverkehrsunfälle, wiesen erwartungsgemäß die höchsten Zahlen auf und prägten dadurch das Gesamtbild.

In der vertiefenden Analyse wurden zusätzlich die Kurvigkeit und der Fahrbahnzustand (durch Ausschluss sehr schlechter Straßenabschnitte) und Standorte einseitiger Bepflanzung (innen, außen, geradlinig) berücksichtigt. Es wurden nur Fahr- und Längsverkehrsunfälle betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich hoher Kurvigkeiten und markanter Einzelkurven (Singularitäten) die höchsten Unfallraten und -dichten auftraten. Als besonders unfallauffällig erwiesen sich dabei Abschnitte mit außenseitiger Bepflanzung. Innenseitige Bepflanzung wirkte sich hingegen in stark kurvigen Bereichen positiv auf die Rate der Fahrunfälle aus, beidseitige aber nicht. Obwohl beiden Umfeldtypen eine ähnliche sichtbeschränkende Wirkung unterstellt werden kann, ist möglicherweise gerade die fehlende optische Führung an der Kurvenaußenseite für eine vorsichtigeren Fahrweise verantwortlich.

Gegenteilige Effekte sind im Bereich gestreckter Linienführungen zu finden. Hier weist innenseitige Bepflanzung die höchsten und außenseitige die geringsten Fahrunfallraten auf. Darin wird deutlich, dass eine differenzierte Untergliederung und die Berücksichtigung geometrischer Parameter notwendig sind, um die Auswirkungen von Bepflanzung auf die Verkehrssicherheit richtig zu beurteilen.

Über alle Kurvigkeitsunterschiede hinweg sind bei freiem Umfeld geringere Unfallraten und -dichten zu beobachten als bei beidseitiger Bepflanzung.

4 Folgerungen für die Praxis

In den Unfallzahlen findet sich kein Hinweis darauf, dass außenseitige Bepflanzung die optische Führung generell dahin gehend verbessern kann, dass signifikant weniger Unfälle geschehen. Ebenso wenig führt innenseitige Bepflanzung einer Kurve per se zu mehr Unfällen. In beiden Fällen überlagern sich unterschiedliche Qualität in der Wahrnehmung durch den Fahrer einerseits und Risikokompensation andererseits. Wie ein Fahrer eine Kurve durchfährt, ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig.

Die Fahrverhaltensuntersuchungen und Unfallzahlen zeigen, dass die in Bepflanzungsrichtlinien und -empfehlungen enthaltene Forderung nach einer Freihaltung von Kurveninnenbereichen zur Gewährleistung ausreichender Sichtweiten berechtigt ist. Allerdings muss auch damit gerechnet werden, dass Fahrer den Informationsgewinn durch höhere Geschwindigkeiten in der Kurvenmitte und mehr Kurvenschneiden kompensieren.

Eine Notwendigkeit zur Bepflanzung von Kurvenaußenseiten ist aus den Ergebnissen nicht herzuleiten. Auch unbepflanzte Kurven werden, wenn keine ungünstigen Geländeformen vorhanden sind, rechtzeitig erkannt. Gegebenenfalls können aber Ausstattungsmerkmale wie Kurventafeln oder Schutzplanken zur Verbesserung der optischen Führung eingesetzt werden. Interessant erscheinen die Simulatorergebnisse zu Strecken mit Buschwerk, in denen frühere Reaktionen und geringere Geschwindigkeiten im Anfangsbereich von Kurven auftraten. Die Schwierigkeiten beim Auffinden solcher Untersuchungsstrecken in der Realität zeigen, dass diese Bepflanzungsform noch zu selten eingesetzt wird. Aus diesem Grund ist derzeit noch keine Aussage zu Auswirkungen von Büschen auf das Unfallgeschehen möglich.

Es zeigte sich außerdem, dass die durchschnittlich höheren Geschwindigkeiten in wenig kurvigen Bereichen zu anderen Ausprägungen der Unfallzahlen führten. Die wenigsten Fahrunfälle waren hier bei freiem Umfeld und kurvenaußenseitiger Bepflanzung zu verzeichnen, während bei beidseitiger, innenliegender und geradliniger Bepflanzung mehr und schwerere Unfälle geschahen. Die daraus abzuleitenden Empfehlungen betreffen demnach die Freihaltung ausreichender Sichtfelder und den Verzicht auf Bäume in Fahrbahnnähe. Sie entsprechen damit den in Richtlinien wie der ESAB (FGSV 2005) enthaltenen Forderungen, auf deren Anwendung verwiesen wird. Es ist aber auch erkennbar, dass zur Fortschreibung und Validierung dieser und artverwandter Richtlinien weiterer Forschungsbedarf besteht.