

Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren

FA 16.015

Forschungsstelle: Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH, Bochum / Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswesen - Planung und Management (Prof. Dr.-Ing. J. Geistefeldt)

Bearbeiter: Weiser, F./ Lohoff, J./ Jäger, S./ Riedl, C.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Dezember 2011

1 Aufgabenstellung

Das im aktuellen HBS (vgl. FGSV, 2009) dargestellte Verfahren zum Nachweis der Kapazität und der Verkehrsqualität zweistreifiger Landstraßen sieht im Regelfall eine gemeinsame Betrachtung beider Fahrrichtungen vor. Dieser in Deutschland seit Jahrzehnten zugrunde gelegte Ansatz ist dadurch gerechtfertigt, dass die beiden Fahrrichtungen wegen der theoretisch gegebenen Überholmöglichkeiten nicht völlig unabhängig voneinander sind.

Da aber beim Nachweis der Kapazität und der Verkehrsqualität unter bestimmten Randbedingungen der Verkehrsablauf in einer der beiden Richtungen maßgebend werden kann, auch wenn die Gesamtbelastung der Straße noch in einer mittleren Größenordnung liegt, kann eine auf den Gesamtquerschnitt bezogene Bemessung im Einzelfall zu einem falschen Ergebnis führen.

Im Rahmen des hier dargestellten Forschungsprojekts sollte das vorhandene Bemessungsverfahren für zweistreifige Landstraßen daher auf eine richtungsgetrennte Betrachtung umgestellt werden. Damit sollte gleichzeitig eine Vereinheitlichung mit den in der Zwischenzeit erarbeiteten Verfahren für durchgängig dreistreifige Straßen mit der Betriebsform 2+1 erreicht werden, die – ebenso wie die zweibahnigen Landstraßen und Autobahnen – ebenfalls richtungsgetrennt betrachtet werden.

Darüber hinaus sollten verschiedene Ergänzungen des vorliegenden HBS-Verfahrens durchgeführt und Verbesserungen entwickelt werden. Dies betrifft insbesondere die Vereinfachung verschiedener Verfahrensschritte, die in der Vergangenheit zu Unsicherheiten bei den Anwendern geführt haben. Als wesentlicher Teil des Ergebnisses sollte ein Entwurf für ein neues HBS-Kapitel erarbeitet werden, in dem das weiterentwickelte Verfahren für die verkehrstechnische Bemessung der Strecken von Landstraßen dargestellt ist.

2 Untersuchungsmethodik

Im Verlauf der Untersuchungen wurde zunächst die verfügbare in- und ausländische Literatur analysiert. Da bei der Weiterentwicklung eines schon seit Jahren in der Praxis angewandten Verfahrens die Einbeziehung der bereits vorliegenden

Erfahrungen möglich und sinnvoll ist, wurden eine Befragung von Anwendern und mehrere Expertengespräche durchgeführt.

Nach der näheren Eingrenzung der noch offenen Fragen zum Verkehrsablauf auf Landstraßen wurde ein Programm zur Durchführung empirischer Untersuchungen aufgestellt und bearbeitet. Im Mittelpunkt des Messprogramms stand die Durchführung von Fahrtgeschwindigkeitsmessungen an Strecken mit systematisch wechselnden Randbedingungen (Längsneigung, Kurvigkeit, Anzahl der Fahrstreifen etc.). Zusätzlich wurden je nach Untersuchungsstrecke auch lokale Geschwindigkeitsmessungen sowie Messungen der Geschwindigkeiten vorausfahrender Fahrzeuge durchgeführt.

Das Messprogramm war von Beginn an ausschließlich zur punktuellen Überprüfung einzelner Aspekte des Verkehrsablaufs konzipiert, z. B. zur Klärung des Einflusses einer im Verlauf der Strecke wechselnden Längsneigung bzw. Kurvigkeit. Es bestand dagegen nicht die Absicht, eine möglichst große Anzahl von Parameterkombinationen zu untersuchen, um z. B. ein neues Simulationsmodell für den Verkehrsablauf auf Landstraßen zu entwickeln oder ein bestehendes Simulationsmodell neu zu kalibrieren. Vielmehr sollte geprüft werden, ob die im bestehenden Verfahren enthaltenen Regelungen zur Berücksichtigung der Einflussgrößen weiterhin als plausibel anzusehen sind oder ob Veränderungen dieser Regelungen erforderlich sind.

Es wurden jeweils mehrstündige Messungen der Fahrtgeschwindigkeiten an mehreren, aufeinander folgenden Abschnitten von drei Bundesstraßen mit mittleren bis hohen Verkehrsbelastungen und im Streckenverlauf unterschiedlichen Ausprägungen der maßgebenden Einflussgrößen durchgeführt. Zusätzlich wurden verschiedene (zum Teil mehrtägige) (quasi-)lokale Verkehrszählungen und Geschwindigkeitsmessungen mithilfe verschiedener Messgeräte (u. a. Seitenradar) durchgeführt. An einer Messstrecke mit 2+1-Betriebsform wurden darüber hinaus noch Messungen der Geschwindigkeitsprofile vorausfahrender Fahrzeuge durchgeführt, um die unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus im Verlauf der Strecke, insbesondere nach dem Ende von Überholabschnitten, detailliert zu untersuchen.

Parallel zu den verschiedenen Untersuchungen, die im Rahmen des Projekts durchgeführt wurden, erfolgte eine systematische Überprüfung der Struktur und der einzelnen Schritte des Bemessungsverfahrens. Die Ergebnisse dieser Überprüfung und die erarbeiteten Vorschläge zur Weiterentwicklung des Verfahrens wurden im Betreuerkreis sowie in verschiedenen Gremien der FGSV vorgestellt und diskutiert.

Dies betrifft

- die Aufnahme von Verfahren für drei- und vierstreifige Strecken, deren Entwicklung im Mittelpunkt anderer Forschungsprojekte stand,
- die Umstellung des bereits vorhandenen Verfahrens für zweistreifige Strecken auf eine richtungsgetrennte Betrachtung des Verkehrsablaufs,

- die Herleitung neuer, richtungsgetrennter q-v-Diagramme für zweistreifige Strecken,
- die Festlegung neuer Regeln zur Abgrenzung von Teilstrecken,
- ein neues, einfacheres Verfahren zur Zuordnung von Steigungsklassen,
- eine weiterentwickelte Berücksichtigung der Kurvigkeit,
- den Verzicht auf die Berücksichtigung von Überholverboten sowie
- eine Überprüfung des Maßes zur Beschreibung der Verkehrsqualität und des Verfahrens zur Bewertung der Verkehrsqualität ganzer Strecken.

Zu den o. g. Aspekten wurden umfangreiche Testrechnungen durchgeführt, um die Wirkung der einzelnen Faktoren und der vorgesehenen Vereinfachungen zu beschreiben und die Konsequenzen möglicher Vereinfachungen einschätzen zu können.

Die Herleitung neuer, richtungsgetrennter q-v-Diagramme für zweistreifige Landstraßen sollte ursprünglich ausschließlich durch eine erneute, richtungsgetrennte Auswertung der noch aus einem vorangegangenen Forschungsprojekt (vgl. Brilon/Weiser, 1997) vorliegenden Simulationsergebnisse erfolgen. Eine mikroskopische Simulation des Verkehrsablaufs sollte nur im Bedarfsfall und zur Klärung einzelner Detailspekte des Verkehrsablaufs durchgeführt werden.

Im Verlauf der Untersuchungen und der mit den zuständigen Gremien der FGSV geführten Beratungen hat sich aber gezeigt, dass es erforderlich ist, neue, umfangreiche Simulationen des Verkehrsablaufs durchzuführen, um die in Zukunft für die verkehrstechnische Bemessung zweistreifiger Landstraßen benötigten q-v-Diagramme zu erzeugen. Der wesentliche Grund hierfür liegt in der vorgenommenen Neueinteilung der Kurvigkeitklassen, die sich anhand von Erkenntnissen aus der Praxis des Straßenentwurfs als sinnvoll erwiesen hat. Diese Simulationen wurden durchgeführt und ausgewertet.

3 Untersuchungsergebnisse

In der Literaturanalyse zeigte sich, dass in verschiedenen Ländern sehr unterschiedliche Methoden zur Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs zum Einsatz kommen. Das weltweit mutmaßlich am häufigsten zur Anwendung kommende Verfahren aus dem amerikanischen HCM weist auch in seiner aktuellsten Version (vgl. HCM, 2011) mehrere problematische Aspekte auf. Eine Übertragung dieses Verfahrens oder einzelner Verfahrensschritte auf deutsche Verhältnisse stellt daher keine vielversprechende Option dar. Größere Erfolgsaussichten sind in einer Weiterentwicklung der bestehenden und seit Jahrzehnten bewährten Ansätze zu sehen.

Im Rahmen der Befragung der Anwender sowie in den Expertengesprächen zeigte sich, dass das Verfahren von den zuständigen Straßenbauverwaltungen zwar überwiegend positiv eingeschätzt, aber bislang offensichtlich nicht sehr häufig angewendet wird. Die insgesamt geringe Anzahl von Meinungsäußerungen, die eingeholt werden konnten, erlaubt

keine belastbare quantitative Analyse der geäußerten Einschätzungen.

Auffällig häufig wurden aber als Schwachpunkte des bisherigen Verfahrens die nicht hinreichend konkreten Hinweise zur Abgrenzung von Teilstrecken und die geforderte Berücksichtigung von Überholverboten durch Zuschläge zur Kurvigkeit einer betrachteten Teilstrecke angesprochen. Zusätzlich wurden mehrfach das umständliche Ablesen der q-v-Diagramme sowie deren große Anzahl, das relativ komplizierte Verfahren zur Festlegung der Steigungsklassen anhand der Weg-Geschwindigkeitslinie des fiktiven Bemessung-Schwerfahrzeugs und das Fehlen eines Ansatzes zur Berücksichtigung langsamer Fahrzeuge genannt. Darüber hinaus wurde angeregt, in das neu zu erarbeitende HBS-Kapitel ein realistischeres Berechnungsbeispiel aufzunehmen.

Insgesamt konnte den Befragungen der Anwender und den Expertengesprächen entnommen werden, dass ein deutliches Interesse an einer Vereinfachung des Verfahrens besteht.

Im Verlauf der empirischen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass der damit erreichbare Erkenntnisgewinn begrenzt ist. An verschiedenen Messstrecken, die zur Überprüfung der bisher zugrunde gelegten Beziehungen zwischen den Verkehrsstärken und den mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten untersucht wurden, konnten zwar überwiegend plausible Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemessen werden, zum Teil traten aber auch nennenswerte Abweichungen auf. Die Messergebnisse sind – insbesondere aufgrund ihres stichprobenhaften Charakters – weder geeignet, die bisher zugrunde gelegten Zusammenhänge zwischen den Verkehrsstärken und den mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zu stützen noch diese zu widerlegen. Im Rahmen von Verfolgungsfahrten, die im Zuge einer Landstraße mit der 2+1-Betriebsform und einem hohen Schwerverkehrsanteil durchgeführt wurden, konnte aber bestätigt werden, dass die Geschwindigkeiten der Pkw systematisch schon vor dem Ende der zweistreifigen Abschnitte wieder zurückgehen und sich sehr schnell nach dem Ende dieser Überholabschnitte wieder Kolonnen bilden.

In Abstimmung mit dem Betreuerkreis des Forschungsprojekts wurde festgelegt, die Anzahl der durchzuführenden Messungen zu reduzieren und stattdessen einen höheren Aufwand als ursprünglich vorgesehen in die Herleitung neuer, richtungsgetrennter q-v-Diagramme zu investieren.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Verfahrens, deren Ergebnisse in einem Entwurf für das neue HBS-Kapitel für die Strecken von Landstraßen dokumentiert sind, wurden zunächst die in anderen Forschungsprojekten entwickelten Verfahren für drei- und vierstreifige Strecken aufgenommen. Anschließend wurde das bisherige Verfahren für zweistreifige Landstraßen auf eine richtungsgetrennte Betrachtung umgestellt. Im Zuge der dadurch erforderlichen Anpassungen wurden neue, großzügigere Regeln zur Abgrenzung von Teilstrecken formuliert, ein neues, einfacheres Verfahren zur Zuordnung von Steigungsklassen entwickelt, eine neue Klasseneinteilung zur Berücksichtigung der Kurvigkeit hergeleitet und umgesetzt, die Berücksichtigung von Überholverboten ausgesetzt sowie Überlegungen zum geeigneten Maß zur Beschreibung der Verkehrsqualität und zur zusammenfassenden

den Bewertung der Verkehrsqualität ganzer Strecken angeht.

Die entwickelten Veränderungsvorschläge wurden im Rahmen systematischer Testrechnungen daraufhin überprüft, ob sie das Ergebnis der Berechnungen in unerwünschter Weise beeinflussen. Dabei zeigte sich, dass sich die vorgenommenen Vereinfachungen nur in sehr seltenen Einzelfällen (d. h., in bestimmten Kombinationen der angesetzten Verkehrsstärken mit den Einflussgrößen Schwerverkehrsanteil, Längsneigung und Kurvigkeit) auf das Ergebnis auswirken. Die von der Praxis nachdrücklich erwünschten Vereinfachungen führen aber nicht zu systematischen Veränderungen der mit den Verfahren erzielten Ergebnissen.

Aufgrund der neu entwickelten Einteilung der Kurvigkeitsklassen, die auf Basis aktueller Straßenentwürfe durchgeführt wurde und den Anforderungen der Praxis insofern besser entgegenkommt als die bisherige Einteilung, wurde es erforderlich, neue q-v-Diagramme zu erzeugen. Dies geschah unter Anwendung des vorliegenden, anhand der empirischen Ergebnisse aus dem vorangegangenen Forschungsprojekt kalibrierten Simulationsmodells LASI (vgl. Brilon/Brannolte, 1977, Brannolte/Holz, 1983 sowie Brilon/Weiser, 1997) getrennt für die einzelnen Fahrtrichtungen zweistreifiger Landstraßen.

Bei der Durchführung der Regressionsrechnungen zur Herleitung der einzelnen q-v-Kurven auf Basis der simulierten Punktwolken wurde die von Brilon/Weiser (1997) hergeleitete, einfache Wurzelfunktion zugrunde gelegt, mit der die Einzelwerte aus den zahlreichen Simulationsläufen gut repräsentiert werden. Als Ergebnisse dieses Bearbeitungsschritts liegen neu erzeugte, richtungsgetrennte q-v-Funktionen für alle sinnvollen Kombinationen der Einflussgrößen Längsneigung, Kurvigkeit und Schwerverkehrsanteil vor.

4 Folgerungen für die Praxis

Parallel zur Bearbeitung des Forschungsprojekts wurde ein Vorschlag für das neue HBS-Kapitel L3 "Strecken von Landstraßen" erarbeitet und kontinuierlich mit den zuständigen Gremien der FGSV abgestimmt. Dieser Entwurf, in den umfangreiche Beiträge der in o. g. Gremien tätigen Fachkollegen eingearbeitet wurden, ist im Anhang des erstellten Berichts abgedruckt.

Neben dem Textvorschlag für das Kapitel L3 im neuen HBS wurden wesentliche Grundlagen und Bestandteile eines erläuternden Kommentars erarbeitet, die in den Kapiteln 5. und 6. des Schlussberichts enthalten sind. Diese Grundlagen können ohne großen Aufwand zu einem redaktionell weiterentwickelten Kommentar in Form eines Zeitschriftenaufsatzes ausgearbeitet werden.

Es kann erwartet werden, dass mithilfe des weiterentwickelten und um zahlreiche Aspekte ergänzten Bemessungsverfahrens für Landstraßen eine für den Anwender einfachere und zugleich zutreffendere Bewertung des Verkehrsablaufs auf Landstraßen möglich ist. Dies gilt für die einzelnen Fahrtrichtungen herkömmlicher zweistreifiger Landstraßen sowie durchgängig dreistreifiger Landstraßen mit der Betriebsform 2+1, die in Form des RQ 15,5 schon seit vielen Jahren im Technischen Regelwerk für den Straßenentwurf enthalten sind, aber auch

für die zukünftig nach den RAL (vgl. FGSV, Entwurf 2011) zu planenden abschnittsweise dreistreifigen Landstraßen und zweibahnig vierstreifigen Landstraßen, für die bisher noch kein Berechnungsverfahren zur Verfügung stand.