

Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke und Verkehrsablauf auf neuen Querschnitten nach RAS-Q 96: Untersuchung des Verkehrsablaufs auf dem Straßentyp RQ 15,5

FA 2.208

Forschungsstelle: Bauhaus-Universität Weimar, Professur Verkehrsplanung/Verkehrstechnik (Prof. Dr.-Ing. U. Brannolte)

Bearbeiter: Baselau, C. / Dong, P.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Januar 2004

1. Aufgabenstellung

Die im Vergleich zu zweibahnigen Außerortsstraßen wesentlich geringere Verkehrssicherheit auf einbahnigen Straßen hat Ende der 80-er Jahre zu einer vermehrten Diskussion über Einsatzmöglichkeiten von Zwischenquerschnitten geführt. Dabei zeigten die Untersuchungen eine sehr günstige Unfallkostenrate für Querschnitte mit 2+1-Verkehrsführung (b2+1) sowohl im Vergleich zu anderen Zwischenquerschnitten als auch im Vergleich zu herkömmlichen einbahnigen Querschnitten (b2). Der b2+1-Querschnitt wurde deshalb entsprechend einer Empfehlung der Projektgruppe "Zwischenquerschnitte" [1] in die neuen RAS-Q 1996 [4] als Regelquerschnitt RQ 15,5 aufgenommen.

Die in den RAS-Q 1996 ausgewiesenen Einsatzbereiche des RQ 15,5 sind nicht ausreichend empirisch abgesichert. Dabei fehlen vor allem hinreichende Kenntnisse über die Kapazität sowie die bei verschiedenen Verkehrszuständen und entwurfstechnischen Ausprägungen erreichbaren Verkehrsqualitäten. Das bis zur Einführung des HBS 2001 [2] gültige Verfahren zum Nachweis der Verkehrsqualität auf einbahnigen Straßen nach den "Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Querschnitte" [4] schränkte die Anwendbarkeit des Nachweisverfahrens für den RQ 15,5 ein, "da ... die Pkw-Reisegeschwindigkeiten wegen der geregelten Überholmöglichkeiten nicht im gleichen Maße von den Geschwindigkeiten des Schwerverkehrs beeinträchtigt werden wie bei herkömmlichem zweistreifigen Verkehr" [4; S. 34]. Weiterhin galt es nur für den Kurvigkeitsbereich I (0–75 gon/km), sodass lediglich ein Bemessungsdiagramm angegeben ist.

In dem 2002 eingeführten HBS 2001, dem u. a. eine Überarbeitung der q-v-Diagramme für Autobahnen und Landstraßen zu Grunde liegt, wird der RQ 15,5 bisher ausdrücklich ausgeklammert, da die Zusammenhänge bislang nicht ausreichend untersucht waren und eine Zugehörigkeit dieses Querschnitts zu Richtungsfahrbahnen bzw. Landstraßen mit Gegenverkehr nicht eindeutig vorgenommen werden konnte.

Ein wesentlicher Vorteil, der bei den Abwägungen bspw. zwischen einem RQ 10,5 und einem RQ 15,5 eine wichtige Rolle spielt, ist neben günstigeren Unfallkenngrößen des RQ 15,5 auch, dass beim Entwurf auf die Einhaltung von Überholsichtweiten nach [3] verzichtet werden kann.

Auf Grund der nunmehr vorliegenden längerfristigen Erfahrungen (auch die der Verkehrsteilnehmer) mit diesem Straßentyp, die auch gestiegene Verkehrsstärken einschließt, konnten in diesem Projekt neue Erkenntnisse erwartet werden.

Ziel war u. a. die Erarbeitung empirisch abgesicherter Einsatzbereiche für den RQ 15,5. Die Untersuchungen wurden dabei schwerpunktmäßig auf die Qualität des Verkehrsablaufs der

Gesamtstrecke abgestellt. Es sollten Kriterien erarbeitet werden, nach denen Stufen der Verkehrsqualität auf dem RQ 15,5 bestimmt werden können, entsprechend dem Vorgehen im HBS. Dazu sollte ein Berechnungsverfahren entwickelt werden, das in der Praxis leicht zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen angewandt werden kann und sich auf Grund vergleichbarer Einflüsse auf den Verkehrsablauf an den bekannten Verfahren für Landstraßen und Autobahnen orientiert, sodass auch eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet wird. Ferner sollte ein Computerprogramm entwickelt werden, mit dem die Verkehrsqualität auf Basis einer Verkehrsflusssimulation ebenfalls bestimmt werden kann.

2. Untersuchungsmethodik

Grundlage der Untersuchung war eine internationale Literaturanalyse sowie eine Bestandsaufnahme bestehender Landstraßenabschnitte mit 2+1-Verkehrsführung in Deutschland. Hauptaugenmerk bei der Literaturrecherche wurde auf Aussagen zum Verkehrsablauf (Geschwindigkeitsverhalten, Pulks) gelegt.

Einen wesentlichen Schwerpunkt bildeten eigene Untersuchungen zum Verkehrsablauf auf Streckenabschnitten mit 2+1-Verkehrsführung außerhalb des Einflusses von Knotenpunkten. Dazu wurden vornehmlich stationäre Videobeobachtungen an insgesamt 6 ausgewählten Untersuchungsstrecken durchgeführt, deren vorrangiges Ziel die Ermittlung von Reisegeschwindigkeiten sowie von dazugehörigen Verkehrsstärken waren. Ferner wurden auch Kenngrößen wie Überholraten sowie Anteile von im Pulk fahrenden Fahrzeugen quantifiziert. Vereinzelt wurden sog. Fahrzeug-Nachfahrten durchgeführt, um das Geschwindigkeitsverhalten der Verkehrsteilnehmer beim Durchfahren einer Strecke zu analysieren.

Aufbauend auf den Ergebnissen der durchgeführten Messungen sollte ein Computerprogramm, das speziell auf die mikroskopische Simulation des Verkehrsablaufs auf einer Strecke mit 2+1-Verkehrsführung abgestellt ist, entwickelt werden. Als Ergebnis sollte das Modell u. a. Wertepaare, die sich aus Verkehrsstärken q [Fz/h] und den erreichbaren Pkw-Reisegeschwindigkeiten $v_{R,Pkw}$ [km/h] zusammensetzen (makroskopische Kenngrößen), liefern.

Die Validierung des Modells erfolgte in zwei Arbeitsschritten. In einem ersten Schritt wurde auf Basis von Erkenntnissen lokaler Messungen (insbesondere Zeitlücken) das Abstands- sowie Fahrstreifenwechselmodell den Verhältnissen auf einem RQ 15,5 angepasst. Ferner erfolgte die Vorgabe von an den lokalen Querschnitten erfassten Geschwindigkeitsverteilungen frei fahrender Pkw und Fahrzeugen des Schwerverkehrs.

In einem zweiten Schritt erfolgte ein Abgleich zwischen den Ergebnissen der Messungen mit den im Modell simulierten für jede einzelne nachgebildete Untersuchungsstrecke anhand der makroskopischen Parameter "Verkehrsstärke" und "mittlerer Pkw-Reisegeschwindigkeit".

Anschließend wurden zahlreiche Serien von Simulationsläufen abgearbeitet, in deren Verlauf eine Vielzahl von Kombinationen der Streckenparameter (Längsneigung, Anzahl der ein- und zweistreifigen Abschnitte sowie Länge dieser Abschnitte) und der Verkehrszusammensetzung (Schwerverkehrsanteil) sowie

ein möglichst breites Spektrum von Verkehrsbelastungen betrachtet wurden. Die Beschreibung der Simulationsergebnisse erfolgte mit Hilfe eines geeigneten makroskopischen Verkehrsflussmodells, mit dem Ziel, die Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke q und Reisegeschwindigkeiten v_R herzuleiten. Auf Basis der q - v -Beziehungen wurde ein Verfahren zum Nachweis der Verkehrsqualität auf einem Streckenabschnitt mit 2+1-Verkehrsführung entwickelt, das sich entsprechend der Regelvorgabe [2] leicht zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen einsetzen lässt.

Im Hinblick auf eine Widmung eines Streckenabschnitts als Kraftfahrstraße oder als Straße für den allgemeinen Verkehr wurde schließlich der Einfluss langsamen Verkehrs auf den Verkehrsablauf analysiert.

3. Untersuchungsergebnisse

Die Literaturanalyse ergab, dass eine Vielzahl der Untersuchungen zu Strecken mit 2+1-Verkehrsführung sich fast ausschließlich mit dem Aspekt der Verkehrssicherheit beschäftigten. Es konnten nahezu keine Ergebnisse aus anderen Untersuchungen verwendet werden, da auf Grund anderer Zielsetzungen das Erhebungsdesign verschieden war bzw. die zur Verfügung stehenden Daten zu alt waren [1]; internationale Ergebnisse hatten in diesem Zusammenhang nur vergleichenden Charakter. Somit kam den eigenen Messungen sowie der Nachbildung der Ergebnisse und anschließender Ergänzung mit Hilfe der Simulation besondere Bedeutung zu. Schon frühzeitig wurde deutlich, dass auf Grund der verkehrlichen Trennung der beiden Fahrrichtungen nur eine richtungsbezogene Aufnahme von Daten sinnvoll ist.

Bei der Auswahl geeigneter Untersuchungsstrecken, die auch mit Hilfe einer Befragung aller Straßenbauverwaltungen der Flächenländer erfolgte, stellte sich heraus, dass alle unter Verkehr stehenden Strecken mit 2+1-Verkehrsführung sehr voneinander verschieden sind. Dies ist auf die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten der Trassierungsparameter zurückzuführen. Es zeigte sich aber auch, dass ausnahmslos alle Strecken eine zügige Trassierung im Lageplan aufwiesen, sodass der Einfluss der Kurvigkeit bei der Untersuchung ausgeklammert werden musste.

Die empirischen Untersuchungen ergaben für die Beziehungen zwischen q und V_R über alle Strecken hinweg ähnliche Ergebnisse, die, verglichen mit q - v -Beziehungen für herkömmliche Landstraßenabschnitte, ein zum Teil deutlich höheres Geschwindigkeitsniveau bei vergleichbaren Verkehrsstärken ergaben. In Abhängigkeit von den verkehrs- und entwurfstechnischen Randbedingungen der Untersuchungsstrecken konnten zum Teil wesentlich höhere Überholraten festgestellt werden als auf einbahnigen Streckenabschnitten, bei denen ein Überholen nur unter Beachtung des Gegenverkehrs möglich ist. Zweifellos tragen die zweistreifigen Abschnitte eines RQ 15,5 dazu bei, Fahrzeugpuls aufzulösen, für einen längeren Streckenabschnitt mit mehreren ein- und zweistreifigen Abschnitten jedoch konnte keine nennenswerte Pulkauflösung festgestellt werden. Dies ist vor allem dadurch begründet, dass die betrachteten Streckenabschnitte mit einem einstreifigen Abschnitt enden.

Ausgehend von den Ergebnissen der durchgeführten Messungen sowie unter Berücksichtigung der Simulationsergebnisse wurden verschiedene makroskopische Modelle zur Beschreibung des Verkehrsablaufs getestet und dokumentiert. Dabei wurde zunächst der Versuch unternommen, q - v -Diagramme für längere Streckenabschnitte, die sich aus mehreren ein- und zweistreifigen Abschnitten zusammensetzen, zu beschreiben. Dabei zeigte sich, dass eine solche Vorgehensweise für ein

Berechnungsverfahren nicht praktikabel ist, da dabei sehr starke Vereinfachungen getroffen werden müssten und somit die Genauigkeit stark beeinträchtigt würde. Aus diesem Grund wurde dazu übergegangen, ein- und zweistreifige Abschnitte getrennt voneinander zu betrachten.

Bei der Wahl eines makroskopischen Verkehrsflussmodells spielt es prinzipiell eine Rolle, ob bzw. mit welchem Modell am "besten" die Kapazität einer Strecke beschrieben werden kann. Dazu sollten nach Möglichkeit aus den empirischen Messungen Erkenntnisse vorhanden sein. Dies war bei den untersuchten Strecken nicht möglich, da entweder die erreichbaren Verkehrsstärken auf Grund der Lage im Straßennetz durch einen vorangehenden schmaleren Querschnitt vorgegeben war, oder im Bereich der Fahrstreifenreduktion von zwei auf einen Fahrstreifen innerhalb einer Strecke mit 2+1-Verkehrsführung keine ausreichend hohen Verkehrsstärken zu beobachten waren. Mit Hilfe der Simulation konnten daher nur Größenordnungen für die Kapazität bestimmt werden. Somit spielte dieser Aspekt bei der Auswahl eines makroskopischen Modells nur eine untergeordnete Rolle. Nach der Anwendung von Optimierungsverfahren für die einstreifigen Abschnitte ergaben Wurzelfunktionen, die anhand der q - v -Wertepaare ermittelt wurden, die besten Näherungen, ausgedrückt durch einen geringen Standard-schätzfehler. In den zweistreifigen Abschnitten lieferten lineare Funktionen, die über k - v -Wertepaare hergeleitet wurden, die besten Ergebnisse. Mit Hilfe von varianzanalytischen Berechnungen konnten außerdem die Einflüsse der verschiedenen Trassierungsparameter quantifiziert werden.

Abschließend erfolgte die Herleitung von q - v -Diagrammen getrennt für ein- und zweistreifige Abschnitte. Längsneigung und Schwerverkehrsanteile wurden direkt in den insgesamt 10 q - v -Diagrammen berücksichtigt, Einflüsse durch die Längen der Teilabschnitte bzw. die Anzahl der Abschnitte wurden über Korrekturfaktoren berücksichtigt. Bezogen auf die Erhöhung der Geschwindigkeitsniveaus gegenüber bspw. eines RQ 10,5, sind die zuletzt skizzierten Einflüsse jedoch als gering anzusehen. Das auf Basis der q - v -Diagramme entwickelte Verfahren zum Nachweis der Verkehrsqualität orientiert sich bewusst an den Verfahren der derzeit gültigen Regelwerke. Dies wird bspw. auch dadurch deutlich, dass auf den bewährten Ansatz eines Bemessungsschwerfahrzeuges zur Berücksichtigung des Einflusses der Länge einer Steigungstrecke auf die geschwindigkeitsmindernde Wirkung der Gradienten zurückgegriffen wurde.

Das bei der Simulation eingesetzte Modell LASI 2+1 wurde dahingehend erweitert und optimiert, dass über umfangreiche Ein- und Ausgaberroutinen eine Nachweisführung der Verkehrsqualität direkt mit dem Computerprogramm möglich ist. Der Vorteil gegenüber dem "Papier+Bleistift-Verfahren" liegt darin, dass insbesondere die Wechselwirkungen der Trassierungsparameter wesentlich exakter in die Ergebnisse eingehen. Mit dem Computerprogramm lassen sich daher immer die genaueren Ergebnisse erzielen.

Auf der Basis der empirischen Untersuchungen sowie zusätzlicher Simulationsläufe sollte ferner eine Einschätzung gegeben werden, ob es aus Sicht der Verkehrsqualität vertretbar ist, einen RQ 15,5 in Ausnahmefällen zumindest für landwirtschaftlichen Verkehr freizugeben. Dazu wurden mit Hilfe der Varianzanalyse "Qualitätsverluste" bestimmt, die im Vergleich zu einer Kraftfahrstraße bei Freigabe für landwirtschaftlichen Verkehr hinzunehmen sind. Der mittlere "Qualitätsverlust" lässt sich im Vergleich der Pkw-Reisegeschwindigkeiten am einfachsten ausdrücken. Auf einer Kraftfahrstraße wird dabei in Abhängigkeit vom Anteil langsamer Fahrzeuge im Mittel mindestens 9 km/h schneller gefahren. Für die Bestimmung der Qualitätsstufe bedeutet dies, dass bei gleichen Verkehrsstärken mitunter eine schlechtere Qualitätsstufe für die Strecke mit landwirt-

schaftlichem Verkehr bestimmt wird. Anders formuliert kann dieselbe Qualitätsstufe nur bei geringeren Verkehrsstärken erreicht werden.

Dabei haben die q-v-Punktwolken anschaulich gezeigt, dass der Verkehrsablauf bei Freigabe für den landwirtschaftlichen Verkehr sehr inhomogen wird und mitunter starke Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen einzelnen Fahrzeugen auftreten.

Es wird empfohlen, unabhängig von Qualitätsstufen sehr sorgfältig abzuwägen, ob eine Freigabe für landwirtschaftlichen Verkehr notwendig sein muss, bzw. ob dies unter Beibehaltung dieses Querschnitts erfolgen muss. Der RQ 15,5 büßt einen Großteil seiner Qualitätsvorteile gegenüber einem normalen Landstraßenquerschnitt ein. Weiterhin sind bei dem Abwägungsprozess die Aspekte der Verkehrssicherheit unbedingt zu berücksichtigen.

4. Folgerungen für die Praxis

Durch die Ergebnisse dieses Projektes liegen somit erstmals abgesicherte q-v-Diagramme für Strecken mit 2+1-Verkehrsführung vor, die sich für eine Verwendung in den derzeit gültigen Regelwerken eignen. Dabei wurde insbesondere ein Verfahren zum Nachweis der Verkehrsqualität erarbeitet, dass mit verhältnismäßig geringem redaktionellen Aufwand in eine Fortschreibung des HBS 2001 übernommen werden kann.

Mit einem RQ 15,5 lassen sich im Vergleich zu einem herkömmlichen zweistreifigen Landstraßenquerschnitt mit gleichen Verkehrsstärken bessere Verkehrsqualitäten erzielen, ausgedrückt durch höhere Reisegeschwindigkeiten bzw. geringere Verkehrsdichten.

Die parallele Entwicklung eines sog. "Papier+Bleistift-Verfahrens" und eines Computerprogramms ermöglichte es, die Berechnungsergebnisse miteinander zu vergleichen. Um das Papier+Bleistift-Verfahren praktikabel anwenden zu können, mussten zwangsweise Vereinfachungen, bezogen auf die Trassie-

rungsparameter, in Form von Korrekturfaktoren in Kauf genommen werden, die zu Lasten der Genauigkeit gehen. Im Computerprogramm LASI 2+1 hingegen können die Trassierungsparameter ohne weitere Einschränkungen vorgegeben und in der Simulation berücksichtigt werden. Vergleichende Untersuchungen ergaben Abweichungen der Berechnungsergebnisse von bis zu 7 %; dabei konnten keine systematischen Zusammenhänge abgeleitet werden. Unter Berücksichtigung von Ungenauigkeiten bei der Erstellung einer Prognoseverkehrsstärke für die Spitzenstunde einer Verkehrsanlage erscheint diese Abweichung tolerierbar.

Kritisch sind vor allem die (seltenen) Fälle zu sehen, in denen die Verkehrsdichte mit dem Papier+Bleistift-Verfahren unterschätzt wird, vor allem dann, wenn dadurch eine günstigere Stufe der Verkehrsqualität ermittelt würde. Dabei sollte dem Anwender eines Berechnungsverfahrens nach HBS 2001 allerdings immer bewusst sein, dass die Berechnungsergebnisse zum einen auf einem überschlägigen Verfahren beruhen und zum anderen die berechneten Ergebnisse neben den Trassierungsbedingungen insbesondere von der prognostizierten Bemessungsverkehrsstärke abhängig sind. Insofern sollte ein Ergebnis im Grenzbereich zwischen zwei Qualitätsstufen immer so interpretiert werden, dass prinzipiell beide Qualitätsstufen in Betracht kommen können.

Literaturverzeichnis

- [1] Einsatz von Zwischenquerschnitten – Bericht der Projektgruppe "Zwischenquerschnitte". Schriftenreihe "Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen", Heft 265, Bergisch Gladbach, 1992
- [2] Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, FGSV, Köln, 2002
- [3] Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Linienführung (RAS-L), Ausgabe 1995, FGSV, Köln, 1995
- [4] Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Querschnitte (RAS-Q), Ausgabe 1996, FGSV, Köln, 1996