

Übergreifende Bewertung der Verkehrsqualität von Strecken und Knotenpunkten auf Landstraßen

FA 3.371

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer)

Bearbeiter: Steinauer, B. / Schuckließ, W. / Becher, T.

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

Abschluss: Dezember 2007

1 Aufgabenstellung

Zentrale Aufgabe dieses Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrensansatzes zum Nachweis der Verkehrsqualität von Landstraßenzügen. Hierzu sollten die vorhandenen Qualitätsstufenkonzepte für Streckenabschnitte und Knotenpunkte nach HBS (2001) in ein übergreifendes Bewertungsverfahren überführt werden.

Die mit dem HBS (2001) vorliegenden Verfahren ermöglichen ausschließlich eine getrennte Beurteilung der Verkehrsqualität der Einzelanlagen, also der freien Streckenabschnitte einerseits und der Knotenpunkte andererseits. Im HBS (2001) sind keine Hinweise enthalten, wie die bei der Betrachtung von Streckenabschnitten zweistreifiger Landstraßen zu eliminierenden Einflussbereiche der angrenzenden Knotenpunkte zu ermitteln sind.

Ein wesentlicher Aspekt innerhalb dieser Studie war die Berücksichtigung des subjektiven Nutzerempfindens zum Verkehrsablauf auf Landstraßenzügen. So sollte anhand von nutzerorientierten Bewertungen überprüft werden, wie die Qualitätsstufen für ein übergreifendes Verfahren mit dem tatsächlichen Nutzerempfinden übereinstimmen und welche psychologischen Aspekte bei der Verfahrensentwicklung zu berücksichtigen sind. In bisherigen Studien zum subjektiven Empfinden der Verkehrsteilnehmer wird auf Erkenntnisse zur Akzeptanz von Knotenpunktformen und Maße der Verkehrsqualität an Knotenpunkten bereits hingewiesen. Insgesamt gibt es zum subjektiven Nutzerempfinden des Verkehrsablaufs aber noch zu wenige Erkenntnisse, um hieraus allgemeingültige Aussagen abzuleiten.

Ein weiteres Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Ansatzes zum Nachweis der Einhaltung der Zielvorgaben aus der Netzgestaltung. Die derzeitige einzelanlagenbezogene Betrachtung nach HBS (2001) stellt keine Verknüpfung mit der verbindungsbezogenen Betrachtung nach den RAS-N (1988) bzw. dem Entwurf der künftigen RIN her. Daher sollte ein Verfahrensansatz zur Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit durch einen Landstraßenzug im Hinblick auf einen Abgleich mit den Vorgaben der künftigen RIN erarbeitet werden.

Die Entwicklung eines Verfahrensansatzes zum Nachweis der Verkehrsqualität und Einhaltung der Zielvorgaben aus der Netzgestaltung erforderte das Schließen vorhandener Wissenslücken im Bereich der Zusammenführung einzelner Straßenverkehrsanlagen zu einem Landstraßenzug. Dazu wurden Hypothesen aufgestellt, die mit empirischer Forschung überprüft werden sollten.

2 Untersuchungsmethodik

Um die gesetzten Ziele des Forschungsvorhabens zu er-

reichen, wurde eine entsprechende methodische Vorgehensweise erarbeitet, die sich in den Kernpunkten zum einen auf empirische Untersuchungen des Verkehrsablaufs in ausgewählten Landstraßenzügen sowie auf mikroskopische Verkehrsflusssimulationen zur Erweiterung des Daten- und Aussagespektrums und zum anderen auf die Durchführung situativer Bewertungen des Verkehrsablaufs stützt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Literatur wurden Anforderungen an die empirisch und simulativ zu untersuchenden Landstraßenzüge definiert. Diese betreffen insbesondere bauliche und verkehrsregelnde Einflussfaktoren sowie die Verkehrsbelastung und -zusammensetzung. In Landstraßenzügen sind neben diesen Einflussfaktoren der Streckenabschnitte vor allem die Knotenpunkte maßgebend und zwar die jeweilige Knotenpunktform, die Fahrbeziehung im Knotenpunkt und die Knotenpunktabstände.

Die Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Verkehrsqualität auf zweistreifigen Landstraßenzügen setzt die Kenntnis qualitätsrelevanter Kenngrößen und Abhängigkeiten voraus. Um diese Kenngrößen und Abhängigkeiten zur Beschreibung und Bewertung des Verkehrsablaufs auf Landstraßenzügen ableiten zu können, mussten anhand von empirischen Untersuchungen ausgewählter, geeigneter Fallbeispiele grundlegende Fragen geklärt werden. In diesem Kontext wurden die folgenden Hypothesen an den ausgewählten Landstraßenzügen analysiert:

1. Knotenpunkte weisen Einflussbereiche auf, anhand derer die Längen der nach HBS (2001) zu bemessenden Streckenabschnitte definiert werden.
2. Die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Landstraßenzug hängt neben den Einflüssen aus den verkehrlichen Randbedingungen und der Streckencharakteristik von der Länge der knotenpunktfreien Strecke, d. h. vom mittleren Knotenpunktabstand ab.
3. Die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Landstraßenzug kann aus den mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Wartezeiten an den Knotenpunkten in Bezug zu den Einflussbereichen ermittelt werden.

Im Rahmen von empirischen Untersuchungen wurden auf elf ausgewählten Landstraßenzügen über einen Zeitraum von 12 Stunden Fahrzeit- und Geschwindigkeitsmessungen mittels Befahrung im Verkehrsfluss ("Mitschwimmfahrten") durchgeführt und auftretende Störungen an den Knotenpunkten anhand von Videoaufzeichnungen erfasst und dokumentiert.

Da für die Verkehrsqualitätsbewertung der Einzelanlagen nach HBS (2001) als Eingangsgrößen die jeweiligen Verkehrsstärken erforderlich sind, wurden die Kfz-Verkehrsstärken und SV-Anteile in den einzelnen Streckenabschnitten erfasst. An den relevanten Knotenpunkten wurden mittels videoteknischer Beobachtungen und Zählpersonal ebenfalls die jeweils erforderlichen Verkehrsdaten erhoben.

Neben den empirischen Untersuchungen zum Verkehrsablauf auf Landstraßenzügen erschließt eine Erhebung psychologischer Daten zur subjektiven Benotung von Landstraßenzügen neue, nutzerorientierte Erkenntnisse. Mit der Erhebung subjektiver Daten wurde die entsprechende Aussage des HBS (2001) berücksichtigt, neben der verkehrstechnischen Sicht auch die nutzerorientierte Sicht in die Verfahren zur Ermittlung

der Verkehrsqualität zu implementieren. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden die folgenden Hypothesen analysiert:

1. Die objektiven und die subjektiven Kenngrößen stehen in einem Zusammenhang.
2. Die Charakteristik der Straße beeinflusst die Verkehrsqualitätsbenotung des gesamten Landstraßenzugs.
3. Die Verkehrsqualitätsbenotung des gesamten Landstraßenzugs hängt mit den Verkehrsqualitätsbenotungen der Einzelanlagen zusammen.

Zur Beantwortung der aufgestellten Hypothesen erfolgte an vier ausgewählten Landstraßenzügen parallel zu den verkehrlichen Messungen eine Erhebung der Verkehrsqualität aus Nutzersicht. Die dabei gewonnenen Werte dienten u. a. als Grundlage für weitere situative Untersuchungen in Laborversuchen mit Probanden, um eine statistisch fundierte Basis zu schaffen.

Im Speziellen besteht die Untersuchungsmethodik somit darin, für verschiedene Verkehrszustände eine situative Benotung aus Feld- und Laborversuchen zu erhalten, um diese mit objektiven Größen wie Verkehrsstärke, Verlust- und Wartezeit bzw. Geschwindigkeitsverläufen sowie untereinander zur Beantwortung der aufgestellten Hypothesen zu verknüpfen.

An den vier Untersuchungsstrecken erfasste die Messtechnik während der Einsatzfahrten von Probanden die Fahrt aus Fahrersicht mit einer digitalen Onboard-Videoeinheit, die an den Geschwindigkeits-Weg-Aufnehmer gekoppelt wurde. Die Erfassung der subjektiven Kenngrößen erfolgte über die Befragung von Probanden während der Einsatzfahrten im Feld und während Videovorführungen im Laborversuch.

Die Benotung der Probanden während der Einsatzfahrten und während der Filmsequenzen in den Videovorführungen erfolgte in diesem Verfahren über die Abgabe einer Schulnote, welche einer Rangskala entspricht, d. h. einer diskreten Größe. Der Versuchsteilnehmer sollte die Verkehrsqualität einer durchfahrenen Straßenverkehrsanlage bewerten, also entsprechend einer real empfundenen bzw. gesehenen Verkehrssituation eine Note abgeben, von 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend. Diese Note trug der Proband im Laborversuch auf einem Erhebungsbogen entsprechend der gezeigten Sequenz ein; im Feldversuch wurde diese Benotung nach der entsprechenden Situation über Befragung des Probanden ermittelt und vom Versuchsleiter während der Fahrt aufgezeichnet.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der verkehrlichen Erhebung zur Beantwortung der aufgestellten Hypothesen bezüglich der Beschreibung und Bewertung des Verkehrsablaufs auf Landstraßenzügen resultieren aus der Auswertung von 767 Einsatzfahrten, 324 Stunden Querschnittszählungen und 456 Stunden Knotenpunktzählungen.

Es konnte festgestellt werden, dass Knotenpunkte Einflussbereiche aufweisen, anhand derer die Längen der nach HBS (2001) zu bemessenden unbeeinflussten Streckenabschnitte definiert werden können. Für die Festlegung von Standardeinflussbereichen wurden Knotenpunkte mit Abständen zu benachbarten Knotenpunkten von mindestens 1 000 m analysiert. Bei Knotenpunktabständen < 1 000 m beginnen sich die Kfz-Verkehre der Zu- und Ausfahrten der Knotenpunkte gegenseitig zu beeinflussen. Auf Basis von 40 Knotenpunktzufahrten bzw. -ausfahrten erfolgte die Ermittlung eines mittleren Standardeinflussbereichs an Knotenpunkten mit Wartezeiten (z. B. Kreisverkehr oder Kreuzung mit LSA) in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf den angrenzenden Streckenabschnitten. Für eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von

100 km/h auf den angrenzenden freien Streckenabschnitten ergab sich bezogen auf die Knotenpunktmitte ein Standardeinflussbereich von 400 m sowohl vor als auch nach der Knotenpunktmitte. Für eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h auf den angrenzenden freien Streckenabschnitten ergab sich bezogen auf die Knotenpunktmitte ein Standardeinflussbereich von 300 m sowohl vor als auch nach der Knotenpunktmitte.

Zufahrten für Verkehrsströme, die an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage als übergeordnet einzustufen sind, weisen ebenfalls Einflussbereiche auf; jedoch ist die Auswirkung auf eine anzusetzende Verlustzeit nur gering. Die Einflussbereiche wurden abgeschätzt und liegen bei ca. 100 m vor und 100 m nach dem Knotenpunkt.

Analysen ergaben, dass die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Landstraßenzug von der Knotenpunktform und vom mittleren Knotenpunktabstand abhängt. Durch eine Reihung der Untersuchungsstrecken wird deutlich, dass Strecken ohne Lichtsignalanlage die höchsten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten aufweisen. Bei allen Strecken nehmen die mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten mit Zunahme der Anzahl der Knotenpunkte bzw. mit Abnahme des mittleren Knotenpunktabstands ab. Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die zu erreichende mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit hat neben den Knotenpunkten die Linienführung. Strecken mit den geringsten Geschwindigkeiten sind insbesondere durch hohe Kurvigkeiten und Steigungen gekennzeichnet. Eine differenzierte Gegenüberstellung der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten mit den mittleren Knotenpunktabständen der jeweiligen Untersuchungsstrecken zeigt ebenfalls einen Zusammenhang. Ohne Berücksichtigung des Einflusses der Verkehrsstärke und -zusammensetzung zeigt sich, dass bis zu einem Knotenpunktabstand von ca. 4 000 m ein deutlicher Zusammenhang zwischen der erreichten Pkw-Fahrgeschwindigkeit und dem mittleren Abstand der Knotenpunkte besteht.

Es konnte gezeigt werden, dass mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf einem Landstraßenzug aus den mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und in den Einflussbereichen der Knotenpunkte ermittelt werden können. Die Umsetzung erfolgte anhand der ermittelten Standardeinflussbereiche und der Durchfahrtszeiten vor und nach einem Knotenpunkt, die in Geschwindigkeiten umgerechnet und mit den Geschwindigkeiten durch die Streckenabschnitte zusammengefügt wurden.

Die drei aufgestellten Hypothesen zur Berücksichtigung der subjektiven Beurteilung von Straßenverkehrsanlagen aus Nutzersicht konnten anhand der Feld- und Laborversuche mit insgesamt 887 Benotungen des gesamten Landstraßenzugs und 8 534 Benotungen der Einzelanlagen beantwortet und bestätigt werden.

Bei der Betrachtung des gesamten Knotenpunkts mit Einflussbereich "vor" und "nach" kann ein statistischer Zusammenhang der subjektiven Kenngrößen mit den objektiven Kenngrößen hergestellt werden. Hier überwiegt im Wesentlichen die Verlustzeit vor dem Knotenpunkt. Die Feld- und Laborversuche bestätigen, dass die Gesamtbenotung von den Benotungen der Einzelanlagen abhängt.

Im Forschungsprojekt wurden auf dieser Basis drei Verfahrensansätze untersucht, von denen der Ansatz unter Verwendung eines gewogenen harmonischen Mittelwerts ohne Einflussfunktion für ein HBS-Verfahren vorgeschlagen wird. Ausschlaggebend für den Vorschlag sind die Anwenderfreundlichkeit, die subjektiven Bewertungen im Feldversuch und die Stabilität der Gesamtbewertung bei unterschiedlichen Situationen.

4 Folgerungen für die Praxis

Mit den Ergebnissen dieser Forschungsarbeit liegt ein Ansatz zur Ermittlung der Qualität des Verkehrsablaufs von Landstraßenzügen vor. Mit der sachgerechten Bemessung sowie differenzierten Bewertung einzelner Straßenverkehrsanlagen mit den bekannten Verfahren des HBS (2001) und der Ermittlung von Standardeinflussbereichen aus dieser Arbeit können sowohl mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten für einen Landstraßenzug ermittelt als auch die sachgerechte Bemessung und differenzierte Bewertung eines Landstraßenzugs nutzerorientiert durchgeführt werden.

Der vorliegende Ansatz ermöglicht die Verknüpfung einer Abfolge von Streckenabschnitten und Knotenpunkten mit den getrennten Beurteilungen der Verkehrsqualität dieser Einzelanlagen. Gegenseitige Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen diesen wurden mithilfe der Ermittlung von Standardeinflussbereichen berücksichtigt. Auf Basis umfangreicher Empirie konnten neben den Einflussbereichen auch mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten für Knotenpunkte sowie Landstraßenzüge bestimmt werden.

Der bislang fehlende Bezug bei den Qualitätsstufenkonzepten des HBS (2001) zum subjektiven Nutzerempfinden konnte ebenfalls hergestellt werden. Das entwickelte übergreifende Bewertungsverfahren berücksichtigt die wahrgenommene Gesamtqualität des Verkehrsablaufs in einem Landstraßenzug durch dessen Nutzer unter Berücksichtigung der subjektiven Benotungen der Einzelanlagen.

Für Landstraßenzüge besteht mit dem vorgeschlagenen Verfahren die Möglichkeit zur Bestimmung von Einflussbereichen verschiedener Knotenpunktformen, mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten und Qualitätsstufen entsprechend dem HBS (2001). Ein allgemeines Maß der Verkehrsqualität auf Landstraßenzügen für den Kfz-Verkehr konnte anhand des Nutzerempfindens für die überprüften Parameter, insbesondere die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit, nicht abgeleitet werden. Vielmehr scheinen die Nutzer den Zusammenhang Verkehrsqualität und mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit differenziert nach der subjektiven Bedeutung der Straße zu betrachten.

Nach dem entwickelten Verfahren wird ein Landstraßenzug anhand von zwei Kriterien überprüft bzw. bemessen. Neben der Vorgabe der Qualitätsstufe muss auch die aus der Netzplanung vorgegebene Reisegeschwindigkeit nach den RAS-N (1988) bzw. angestrebten Pkw-Fahrgeschwindigkeit nach den RIN eingehalten werden.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens, die vorhandenen Qualitätsstufenkonzepte für Streckenabschnitte und Knotenpunkte in ein übergreifendes und nutzerorientiertes Bewertungsverfahren zu überführen, konnte umgesetzt werden.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens liefern wichtige Hinweise im Hinblick auf die angemessene Dimensionierung von Landstraßenzügen. Der entwickelte Ansatz bietet hierzu die Möglichkeit, Engpässe in Straßenzügen zu erkennen und eine Dringlichkeitsreihung benötigter Ausbaumittel zu erstellen (z. B. Knotenpunktumgestaltung vor Querschnittserweiterung). Dies ermöglicht letztendlich auch eine sachgerechtere Diskussion von anzustrebenden Verkehrsqualitäten, bei einer gleichzeitig verbesserten Berücksichtigung der Qualitätsaspekte der Verkehrsteilnehmer. Die Erkenntnisse wurden in konkreten Vorschlägen für das Regelwerk aufbereitet.