

Überprüfung der Befahrbarkeit bei Straßenentwurfsplanungen

Stefan Klein, Sebastian Simmen

Verfasseranschriften:

Hauptmann Dipl.-Ing. Stefan Klein, Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung, Werner-Heisenberg Weg 39, 85579 Neubiberg, stefan.klein@unibw.de

Oberleutnant cand.-ing. Sebastian Simmen, Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung, Werner-Heisenberg Weg 39, 85579 Neubiberg, sebastian.simmen@unibw.de

Kurzfassung

Bei der Überprüfung der Befahrbarkeit von Straßenplanungen kommt heute üblicherweise interaktive CAD-Straßenentwurfs-Software zum Einsatz. Obwohl die Mehrzahl dieser Programme einen Befahrbarkeitsnachweis des Fahrbahnentwurfs ermöglicht, beweisen in der Praxis Schäden an Bordsteinen und Banketten in Kreisverkehren und engen Kurven immer wieder, dass entweder die Kurvengängigkeit von Bemessungsfahrzeugen unterschätzt oder der Fahrbahnflächenbedarf der Kurvenfahrt falsch implementiert wurde. Es stellt sich deswegen die Frage, ob die einschlägigen Programme eine hinreichend genaue Schleppkurvendarstellung ermöglichen. Dazu wurden am Institut für Verkehrswesen und Raumplanung der Universität der Bundeswehr München Softwaremodule unterschiedlicher Anbieter hinsichtlich der Validität der erzeugten Schleppkurven untersucht sowie programmtechnische Stärken und Schwächen aufgezeigt. Im Vergleich mit GPS-aufgemessenen, real gefahrenen Schleppkurven zeigen sich Defizite.

Summary

Modern software tools are used for analyzing traffic in road design. We often could find damaged curbs and shoulders in small roundabouts and tight curves. In this context, the question arises if design tools generate adequate swept paths. Therefore, different programs were tested for the quality of generated swept paths and strengths and weaknesses. In comparison to swept paths observed in reality, some deficiencies showed up in our evaluation.

1. Einleitung

Softwareunterstützung beim Entwurf von Anlagen des ruhenden und fließenden Verkehrs ist heute gang und gäbe. Wurde früher eine Überprüfung der Befahrbarkeit anhand von Schleppkurvenschablonen [1] durchgeführt, so sind in fast allen gängigen Entwurfsprogrammen Programmbausteine integriert, die eine schnelle Überprüfung der Befahrbarkeit zulassen. Es zeigt sich jedoch, dass insbesondere im Innerortsstraßennetz Verkehrsanlagen häufig zu eng bemessen sind, so dass Kraftfahrer gezwungen sind, den vorgegebenen Fahrraum zu überschreiten – beschädigte Bordsteine und Bankette in engen Kurven, an Kreuzungen und Kreisverkehren sind die Folge. Zusätzlich entstehen Gefahren durch Schäden an Fahrzeugen sowie für Radfahrer und Fußgänger, deren Verkehrsflächen in engen Fahrsituationen notgedrungen als Fahrstreifenverbreiterung für den Kraftverkehr missbraucht werden.

Es stellt sich die Frage, ob die erzeugten Schleppkurven hinreichend valide Ergebnisse liefern bzw. warum es trotz moderner EDV-Unterstützung häufig nicht gelingt, ausreichende Fahrflächen zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund wurden die Programme VESTRA[®] PRO (Version 2006), STRATIS[®] (Version 12.0), AutoTurn[®] (Version 5) und ProVI (Version 4.2) bzw. deren einschlägige Programmmodule hinsichtlich der Realitätsnähe der erzeugten Schleppkurven, der Leistungsgrenzen und nachweisbarer Fehlerquellen untersucht ([3] bis [6]). Einige der Ergebnisse sollen im Folgenden dargestellt werden.

2. Theorie der Schleppkurve

Die Ermittlung von Schleppkurven zur Planung oder Bestandsprüfung ist keineswegs trivial – Form und Größe der Schleppkurven unterliegen zahlreichen Einflüssen wie Kurvengeometrie, Fahrbahnbreite, Fahrzeuggeometrie (Länge, Breite, Überstände) und Fahrzeugeigenschaften (Radstand, Lenkung). Außerdem beeinflusst der Kraftfahrer durch Erfahrung, Versiertheit und Fahrstil Form und Flächeninhalt der gefahrenen Schleppkurve. In der straßenentwurfs- bzw. fahrzeugspezifischen Definition versteht man unter „Schleppkurve“ (auch „Fahrkurve“) die Einhüllende der Trajektorien aller Punkte des Wagenkastenumrisses in der Grundrissprojektion (Abb. 1) [2].

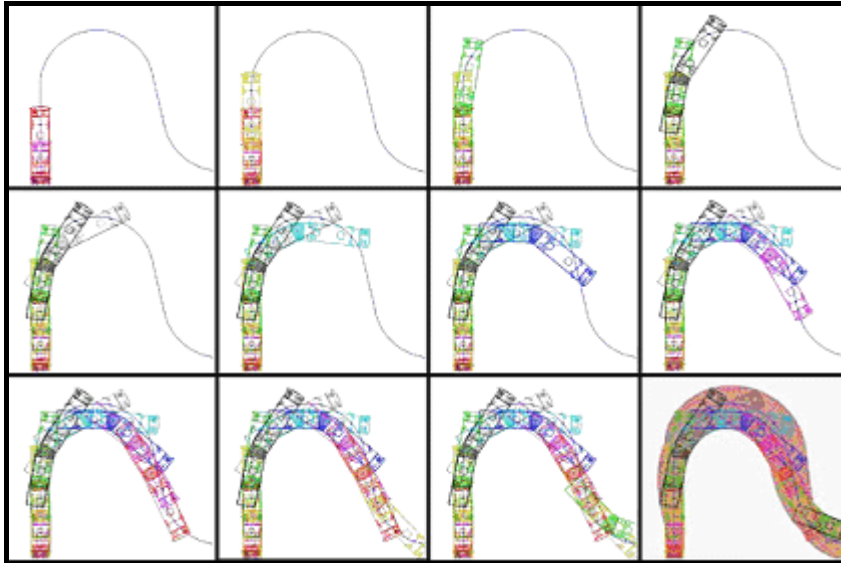


Abbildung 1: Schrittweise Entstehung der Schleppkurve eines Gelenkbusses bei Kurvenfahrt

3. Vergleich mit real gefahrenen Schleppkurven

Die Ermittlung von berechneten Schleppkurven im Allgemeinen und in den untersuchten Software-Modulen erfolgt mit Hilfe von mathematischen Näherungsverfahren. Dazu ist die Eingabe einer Vielzahl unterschiedlicher Fahrzeugparameter (z.B. Achsabstand, Fahrzeugüberhang, maximaler Lenkwinkel, maximaler Knickwinkel) erforderlich. Da dies für den Anwender in der Regel zu umständlich ist, liefern alle untersuchten Programme unterschiedlich umfangreiche Fahrzeugkataloge, aus denen entsprechende Bemessungsfahrzeuge gewählt werden können. Darüber hinaus können auch Fahrzeuge definiert werden, die nicht im Katalog enthalten sind. Hier lassen einige Programme eigentlich unzureichende Parametersätze zu, die bei objektiver Betrachtung keine hinreichend genaue Grundlage für eine exakte Berechnung sind.

Um einen präzisen, objektiven Vergleich erzielen zu können, wurden als Referenz real gefahrene Schleppkurven herangezogen, die bei Fahrversuchen mit Pkw, Sattelzug und Bus in einem Forschungsprojekt des Instituts für Verkehrswesen und Raumplanung der Universität der Bundeswehr München mittels kinematischem GPS vermessen wurden (Abb. 2). Dabei wurden unterschiedlich versierte Kraftfahrer eingesetzt und verschiedene Fahrsituationen (Manöver) untersucht und hinsichtlich der erzeugten Schleppkurven des Fahrerkollektivs ausgewertet (Abb. 3).

Werden in den untersuchten Softwaremodulen die Fahrzeuge mit allen möglichen Eingabeparametern programmiert, zeigt ein Vergleich der erzeugten Schleppkurven mit den real gefahrenen Schleppkurven, dass bei vorgegebener, befahrbarer Leitlinie alle Programme, trotz unterschiedlicher Berechnungsverfahren, Schleppkurven mit hinreichender Genauigkeit erzeugen.



Abb. 2: GPS-Antenne am Sattelzug

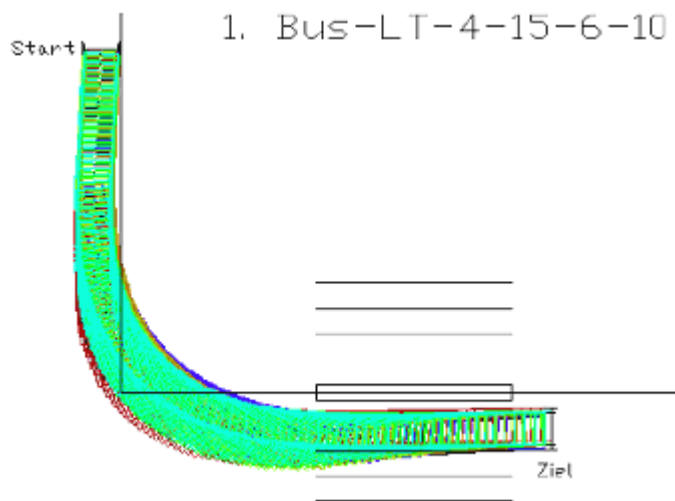


Abb. 3: Wagenkastenumrisse mehrerer gleichartiger Fahrten (Bus):
90°-Linksabbiegen

Naturgemäß ist der Flächenbedarf eines Fahrzeugs beim Durchfahren enger Kurven oder Kreisverkehren auch von der Erfahrung des Kraftfahrers und der Ortskenntnis abhängig. Aus Fahrversuchen am Institut für Verkehrswesen und Raumplanung der Universität der Bundeswehr München ist bekannt, dass in der Praxis der tatsächliche Flächenbedarf bis zu 30 % höher liegt als die mathematisch korrekt ermittelten Schleppkurven, die sich lediglich an einer einzigen fiktiven Leitlinie orientieren. Einflussfaktoren wie Fahrbahnquerneigung, Fahrbahngriffigkeit, Geschicklichkeit und Ortskenntnis des Kraftfahrers, aber auch Straßenzustand, Wettereinflüsse etc. sind in den Programmen nicht implementiert.

4. Leistungsgrenzen der Programme

Um die Gebrauchstauglichkeit der Programme nachzuweisen, wurden unter anderem 270°-Kreisfahrten in einem Kleinen Kreisverkehr (Minimalabmessungen nach Vorgaben der StVZO (§32d)) untersucht. Als Bemessungsfahrzeuge dienten ein Reisebus

sowie ein Sattelzug, die in den Programmen mit allen programmtechnisch möglichen Eingabeparametern definiert wurden.

Die Programme VESTRA[®], STRATIS[®] und ProVI benötigen zur Schleppkurvenberechnung in jedem Fall eine vorgegebene Leitlinie (z.B. Fahrbahnrand, Fahrlinie). Insbesondere bei der Darstellung von Fahrten mit wechselndem Krümmungssinn (Kreisverkehr, "S-Kurven") werden an den Programmbediener hohe Anforderungen gestellt, da eine befahrbare Leitlinie oftmals nur intuitiv abgeschätzt werden kann. Als einziges Programm bietet AutoTurn[®] die Möglichkeit, Fahrsituationen auch ohne vorgegebene Leitkurve zu berechnen und darzustellen.

Den Programmen VESTRA[®], STRATIS[®] und ProVi dient in einem ersten Versuch der Fahrbahnrand als Leitlinie. Hierbei wird das Fahrzeug an einem charakteristischen Fahrzeugpunkt – ohne Berücksichtigung eines etwaigen Nachläufers – mit einem zusätzlichen Sicherheitsabstand entlang der Leitlinie geführt. Die Ergebnisse aller Programme führen in etwa zu gleichen Ergebnissen. Es wurden Fahrstreifenüberschreitungen um bis zu 2 m ermittelt (Abb. 4). In der Realität treten diese selbst mit einem Lastzug mit Maximalabmessungen nach StVZO so nicht auf, da der Kraftfahrer fiktiv eine für sich günstige Leitlinie ermittelt. Da AutoTurn[®] das Fahrzeug nicht an einem charakteristischen Fahrzeugpunkt führt, sondern die resultierende Fahrkurve mit einem definierten Abstand zur Leitlinie berechnet, werden im Vergleich mit realen Kreisfahrten deutlich bessere Ergebnisse erzielt.

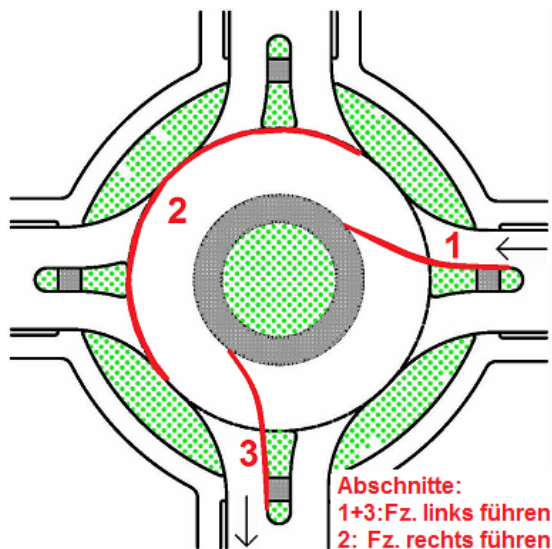


Abb. 5: Wechselnde Führungslinien bei der Berechnung von Schleppkurven in Kreisverkehren

5. Plausibilitätskontrolle der erzeugten Schleppkurven

Es ist davon auszugehen, dass Entwurfsplanungen auf Befahrbarkeit untersucht werden. Trotz unterschiedlichem Arbeitsaufwand sind dazu prinzipiell alle untersuchten Programme geeignet und liefern hinreichend genaue Schleppkurven. Dabei reicht es jedoch nicht aus, optisch zu überprüfen, ob die grafisch dargestellten Fahrkurven innerhalb der Fahrbahnfläche unterzubringen sind. Gleichzeitig müssen die Grenzen der Kurvenlaufeigenschaften des Bemessungsfahrzeuges ins Kalkül gezogen werden. Wesentlich ist, ob die untersuchten Programme ihre Nutzer in geeigneter Weise auf Überschreitungen der fahrzeugspezifischen Parameter bei der Kurvenfahrt hinweisen. Dazu wird der untersuchte Kreisverkehr fiktiv soweit verkleinert, dass eine Befahrung mit den Bemessungsfahrzeugen nicht mehr möglich ist (Überschreitung der zulässigen Lenk- bzw. Knickwinkel). Ziel ist es zu erkennen, ob das Programm eine entsprechende Warnung ausgibt. Hier weisen die Programme unterschiedliche Qualitäten auf.

Trotz deutlicher Überschreitung der Kurvenlaufeigenschaften des Bemessungsfahrzeugs stellt VESTRA® die Schleppkurve dar. Eine automatische Warnmeldung wird nicht angezeigt. Erst dem sog. Knickwinkelprotokoll ist die Tatsache der Überschreitung zu entnehmen. Führt der Nutzer also nicht nach jeder Berechnung die Ausgabe und Prüfung des Knickwinkelprotokolls durch, suggerieren die auf dem Bildschirm dargestellten Schleppkurven die Befahrbarkeit des Straßenentwurfs.

STRATIS[®] und *ProVI* stellen die Schleppkurven dar, weisen jedoch automatisch auf die Überschreitung der Kurvenlaufeigenschaften des gewählten Bemessungsfahrzeugs hin. AutoTurn[®] bricht bei Überschreitung der zulässigen Fahrzeugparameter (z.B. Knickwinkel, Lenkwinkel) als einziges Programm die Simulation an der kritischen Stelle ab und warnt den Benutzer mit einer Fehlermeldung.

6. Fazit

Bezüglich der grafischen Ausgabe der Berechnungsergebnisse sind die Programme gleichwertig. STRATIS[®] kann keine Rückwärtsfahrten berechnen, was jedoch für die Überprüfung von Verkehrsflächen für ruhenden Verkehr unbedingt erforderlich ist [4]. VESTRA[®], STRATIS[®] und *ProVI* benötigen für Schleppkurvensimulationen eine vorgegebene Leitlinie – hier hat AutoTurn[®] Vorteile. Ist die Befahrbarkeit für das gewählte Bemessungsfahrzeug nicht gegeben, weisen STRATIS[®], *ProVI* und AutoTurn[®] deutlich auf die Überschreitung der Kurvenlaufeigenschaften hin.

Ein eindeutiges Defizit weisen jedoch alle Programme auf. Zwar werden Schleppkurven von Einzelfahrten mit bekannter Leitlinie hinreichend genau ermittelt, im Vergleich mit real gefahrenen Schleppkurven eines Fahrerkollektivs zeigt sich aber, dass Einflussfaktoren wie Fahrstil, Versiertheit, Ortskenntnis etc. nicht abgebildet werden. Diese können nur über 1:1-Fahrversuche ermittelt werden. Die so gewonnenen Erkenntnisse sollten in geeigneter Weise in die Straßenentwurfsprogramme implementiert werden.

Literatur:

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf: Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen, FGSV Verlag, Köln, 2001

- [2] GRÄFE, G.; HEISTER, H.; MESCHIK, M.; NUßRAINER, C.; SOBOTTA, R.; WIRTH, W.: Schleppkurven-Symposium 2001, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung Universität der Bundeswehr München, Schriftenreihe Heft 45, Neubiberg 2001

- [3] OBERMAYER PLANEN + BERATEN GMBH: Handbuch für das Programmsystem für Verkehrs- und Infrastrukturplanung (*ProVI*), Befehlsreferenz Straßenbau, Stand: 2008

- [4] RIB SOFTWARE AG: Handbuch für das RIB Softwareprodukt STRATIS[®], Kapitel 8: Schleppkurven, Stand: 2007

- [5] AKG SOFTWARE CONSULTING GMBH: VESTRA[®] PRO – Erste Schritte, Benutzerhandbuch, Stand: Feb. 2006

- [6] TRANSSOFT SOLUTION: Online Hilfsanleitung AutoTurn[®], Stand: 31.10.2008