



Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen

**Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten
auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von
Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen**

Modèles de conduite sur autoroutes surchargées

Speed patterns on congested highways

**Jenni + Gottardi AG, Thalwil / Zürich
Giovanni Gottardi, Dr.sc.techn. ETH**

**IVT Heilbronn / Mannheim
Heinz Hautzinger, Prof. Dr.rer.pol.
Wilfried Stock, Dr.rer.pol.**

Forschungsauftrag 2009/005_OBF auf Antrag des ASTRA

Zusammenfassung

Beim Ausbau des Strassennetzes, vorab der Autobahnen, können die Verkehrsstärke und die Verkehrsleistung zunehmen. Wird das Fahrverhalten nicht in die Betrachtungen einbezogen, wird mehr Verkehr fälschlicherweise mit grösseren Schadstoffemissionen gleichgesetzt. Durch die Erhöhung der Kapazität findet jedoch unter Umständen trotz Verkehrszunahme insgesamt weniger Stop-and-go-Verkehr oder weniger Stau statt, was sich auf die Reisezeiten und die Umweltbilanz positiv auswirkt.

Gegenstand der vorliegenden Studie ist die Beschreibung und Analyse des Fahrverhaltens von Motorfahrzeugen auf Autobahnen mit Hilfe von empirischen Daten zum Verkehrsablauf. Dabei geht es um die Ermittlung aller den Fahrverlauf beeinflussenden Grössen, die für die Bestimmung des Nutzens aus Fahrzeiteinsparungen sowie für die Schadstoffberechnung von Bedeutung sind. Zu den Erklärungsgrössen des Fahrverlaufs zählen insbesondere Angaben zur Stärke und Zusammensetzung des Verkehrs auf einem Strassennetzabschnitt sowie Merkmale der Infrastruktur.

Das Hauptaugenmerk der Untersuchung liegt auf Streckenabschnitten vor einem Engpass bzw. im Bereich eines Engpasses, da die Ergebnisse der Studie vor allem dazu verwendet werden sollen, im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen die verkehrlichen Effekte einer Engpassbeseitigung (Neubau, Ausbau) zu prognostizieren. Die Monetarisierung der Fahrzeiteinsparungen und die Berechnung der Schadstoffemissionen sind nicht Bestandteil des Forschungsprojektes.

Bei der statistischen Beschreibung und Analyse von „Fahrmustern“ wird zwischen

- Fahrverhalten bei stabilem Verkehrsfluss und
- Fahrverhalten bei instabilem Verkehrsfluss (Stop-and-go, Stau)

unterschieden. Im Hinblick auf die Aufgabenstellung interessiert deshalb zunächst, welche Faktoren das Auftreten instabiler Verkehrszustände bestimmen. Staubildung aufgrund von Unfällen sollte wegen des Zufallscharakters von Unfällen nicht betrachtet werden. Gleiches gilt für Staus als Folge von Baustellen. Da eine entsprechende Bereinigung der Daten leider nicht möglich war, sind einzelne zahlenmässige Resultate mit einem gewissen Vorbehalt zu betrachten.

Für Verkehrslagen mit stabilem und instabilem Verkehrsfluss wurden die verkehrlichen, situativen und infrastrukturbezogenen Bestimmungsfaktoren der von den Verkehrsteilnehmern realisierten Fahrgeschwindigkeit in möglichst feiner Differenzierung bestimmt.

Für Situationen mit instabilem Verkehrsfluss wurde ein praktikables Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe ohne aufwändige Simulationsrechnungen die Zeitverluste der Verkehrsteilnehmer gegenüber dem stabilen Zustand näherungsweise berechnet werden können.

Die hier entwickelten statistischen Modelle lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Wahrscheinlichkeitsmodelle für das Ereignis „Verkehrszusammenbruch“ (im Folgenden auch Modelle für das Kollapsrisiko genannt)
- Regressionsmodelle für die mittlere Fahrgeschwindigkeit
 - bei stabilem Verkehrsfluss und
 - bei instabilem Verkehrsfluss sowie
- Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Zeitverluste bei instabilem Verkehrsfluss.

Die Besonderheit und Neuheit des in dieser Studie erarbeiteten Ansatzes liegt darin, dass in den hier entwickelten Modellen die Bestimmungsfaktoren sowohl des Kollapsrisikos wie auch der Fahrgeschwindigkeit nicht jeweils einzeln und isoliert sondern *simultan*,

d.h. in ihrem gemeinsamen Einwirken auf das Kollapsrisiko bzw. die Fahrgeschwindigkeit behandelt werden. Bei den massgebenden Bestimmungsfaktoren für das Kollapsrisiko handelt es sich um die Verkehrsstärke (Mfz/h), die Anzahl Fahrspuren, den Schwerverkehrsanteil und die Fahrstreifenbreite.

Das Kollapsrisiko wird in erster Linie durch die Qualitätsdimension „Pünktlichkeit/Berechenbarkeit“ des Verkehrsleistungssystems Strasse charakterisiert. Je grösser das Kollapsrisiko, desto häufiger kommt es vor dass die gewünschte Ankunftszeit von der tatsächlichen Ankunftszeit abweicht.

Als weitere Dimension der Verkehrsqualität gilt die „Schnelligkeit“ der Verkehrsleistung. Hier dient die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Strassenbenützer als Indikator. Die massgebenden Bestimmungsfaktoren für die Fahrgeschwindigkeit bei stabilem Verkehrsfluss sind die signalisierte Geschwindigkeit, die Zahl der Fahrstreifen, die Fahrstreifenbreite, die Verkehrsstärke (Mfz/h) und der Schwerverkehrsanteil. Beim instabilen Verkehrsfluss haben sich die Bestimmungsfaktoren Verkehrsstärke (Mfz/h), Schwerverkehrsanteil und Anzahl Fahrstreifen herauskristallisiert.

Die praktische Anwendung der hierfür entwickelten *multiplen Regressionsmodelle* wird im Rahmen von Umsetzungsbeispielen ausführlich demonstriert, weil Verkehrsdaten für eine ganze Reihe von Zählstellen auf dem Schweizer Autobahnnetz zusammen mit Strukturmerkmalen und situativen Merkmalen der Zählstellen und Zählzeiten in einer umfangreichen Analysedatei zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden konnten.

Die simultane Betrachtung mehrerer Einflussfaktoren im Rahmen entsprechender statistischer Modelle des Kollapsrisikos und der mittleren Fahrgeschwindigkeit stellt eine Erweiterung bzw. Verallgemeinerung der vorhandenen bivariaten Ansätze dar, bei denen die Verkehrsstärke als einzige Determinante der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit bzw. der Fahrgeschwindigkeit betrachtet wird. Während bivariate Modelle für alle relevanten Anwendungsfälle (z.B. unterschiedliche Anzahl von Fahrstreifen) jeweils gesondert kalibriert werden müssen, werden hier multiple Regressionsmodelle vorgestellt, die in einem geschlossenen Ansatz die Abhängigkeit der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit und der Fahrgeschwindigkeit von einer ganzen Reihe von Merkmalen der Infrastruktur und der Verkehrsnachfrage beschreiben.

Das hier konzipierte und anhand von Zählstellendaten getestete Verfahren zur Berechnung der staubedingten Zeitverluste der Verkehrsteilnehmer ist als eine einfach zu handhabende Alternative zu bestehenden Simulationsmodellen mit hohem Komplexitätsgrad gedacht. Bei dem hier entwickelten Modell wird die empirisch beobachtete Tagesganglinie für Tage mit Stau einer hypothetischen Tagesganglinie der Verkehrsnachfrage gegenübergestellt. Die hypothetische Ganglinie als Referenzgröße repräsentiert dabei die zeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage, die man am Untersuchungstag bei stabilem Verkehrsfluss hätte beobachten können.