

## **Entwicklung eines Modells zur Abbildung des Verkehrsflusses stark gemischter Verkehrsströme bei geringer Beachtung von Fahrstreifenmarkierungen**

### **Kurzfassung der Vertieferarbeit von Thomas Hauck**

Die enorme Entwicklung der Rechnerkapazitäten ermöglicht heute, auch komplexere Modelle unter der Einbeziehung vielfältiger Einflussgrößen abzubilden. Trotz dieser Entwicklung existieren immer noch Defizite im Bereich der mikroskopischen Simulationsverfahren für heterogene Verkehrsabläufe.

Unter heterogenen Verkehrsabläufen sind dabei Verkehrsströme zu verstehen, die sich vor allem durch eine Vielzahl von verschiedenen Fahrzeuggruppen, wie z.B. Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Motorräder, Auto-Rickshaws und Fahrräder, sowie deren nicht zu vernachlässigenden Anteilen an der Verkehrszusammensetzung charakterisieren. Solche Verkehrsströme findet man hauptsächlich in Entwicklungsländern, wo der Anteil kleinerer Fahrzeugklassen bis über 50 % am Gesamtverkehr beträgt.

Im europäischen und nordamerikanischen Raum findet man dagegen vorwiegend homogene Verkehrsströme, die zum größten Teil ausschließlich aus Personenkraftwagen mit ähnlichen Leistungsklassen bestehen. Für diese Verkehrsverhältnisse wurden auch in erster Linie die gängigen Simulationsverfahren, wie z.B. VISSIM, entwickelt, die daher Grenzen in der Anwendung auf stark gemischte Verkehrsströme besitzen.

Auf Indiens Hauptverkehrsstraßen findet man solche stark gemischten Verkehrsströme vor. Obwohl die Verkehrsregeln, beeinflusst von der britischen Kolonialzeit, nicht signifikant von denen der Industrieländer abweichen, gibt es doch deutliche Unterschiede im Fahrverhalten. Der fließende Verkehr zeichnet sich durch stark versetzte Fahrzeugpositionen, ein geringes Abstandsverhalten und hohe Risikobereitschaft aus. Falls Fahrstreifenmarkierungen vorhanden sind, werden diese von den Verkehrsteilnehmern nicht beachtet, so dass die gesamte Fahrbahn als eine einzige Einheit angesehen wird. Dies ist auch der Grund für die versetzten Positionen im Verkehrsablauf, da in der Praxis ein Fahrzeug mit minimalem Seitenabstand überholt wird und das überholende Fahrzeug anschließend auf seiner Position verharrt, anstatt einen vollständigen Spurwechsel vorzunehmen oder wieder in die ursprüngliche Fahrspur einzuscheren.

Diese "chaotischen" Verkehrsverhältnisse resultieren hauptsächlich aus dem stark ansteigenden Kraftfahrzeugbestand in Indien, den die Infrastruktur nicht mehr bewältigen kann. Obwohl Indien statistisch gesehen nur eine PKW-Dichte von 5 PKW je 1000 Einwohner besitzt und Deutschland im Vergleich 540 PKW je 1000 Einwohner, unterschied sich der Gesamtbestand der Kraftfahrzeuge, welcher sich hauptsächlich in den Großstädten konzentriert, im Jahr 2000 nur unerheblich. Im Jahr 2000 besaß Indien einen Gesamtbestand an Kraftfahrzeugen von ca. 48 Millionen. Deutschland lag zu diesem Zeitpunkt mit etwa 52 Millionen nur unwesentlich höher. Das vollständige Ausmaß wird jedoch erst deutlich, wenn man diesen Zahlen den Gesamtbestand von 1991 gegenüberstellt, der in Indien bei 21 Millionen und in Deutschland bei 37 Millionen lag. In den vergangenen zehn Jahren ist demzufolge der Kraftfahrzeugbestand in Indien etwa doppelt so schnell angestiegen wie in Deutschland.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, einen neuen Modellansatz auszuarbeiten, der diese für Entwicklungsländer typischen Verhältnisse berücksichtigt und die bestehenden Lücken der heutigen mikroskopischen Simulationsverfahren schließt.

Der Forschungsstand auf dem Gebiet der heterogenen Verkehrssimulation beschränkt sich auf einige wenige Arbeiten, die zum größten Teil aus den siebziger Jahren stammen und schwerpunktmäßig entweder spezifische Verkehrszählungen oder punktuelle Beobachtungen beinhalten. Zu den zwei neueren Studien zählen nur ADDEPALLI (2000) und OKETCH (2001).

ADDEPALLI (2000) untersuchte die Einsatzfähigkeit von AIMSUN2 auf stark gemischte Verkehrsströme anhand verschiedener Hypothesen. Die Studie von OKETCH (2001) kann auf diesem Gebiet als richtungweisend bezeichnet werden, da er mit Hilfe von finiten Elementen die Fahrbahn unterteilt und somit ansatzweise versetzte Positionen der Fahrzeuge ermöglicht.

Beide Arbeiten aggregieren jedoch die verschiedenen Fahrzeuggruppen in nur zwei Hauptgruppen und vereinfachen das Fahrverhalten der heterogenen Verkehrsströme in mehrfacher Weise. OKETCH (2001) unterscheidet beispielsweise nur zwei Überholalternativen, das Überholen mit vollständigem Fahrstreifenwechsel oder das Überholen mit anschließender Rückkehr auf die ursprüngliche Fahrspur. Das charakteristische Überholverhalten des Beharrens der Fahrzeuge nach dem Überholen auf ihrer Position, welches auf den Videoaufzeichnungen in Indien beobachtet wurde, ist nicht beachtet worden.

Aufgrund dieser Erkenntnisse soll ein neuer Modellansatz, basierend auf "desired lateral positions", ausgearbeitet werden, der die spezifischen Fahrzeuggruppen mit ihren Parametern berücksichtigt, die Fahrbahn als eine einzige Einheit ansieht und das charakteristische Überholverhalten umsetzt.

Dazu sind im Modell die sechs Fahrzeuggruppen Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Busse, Motorräder, Auto-Rickshaws und Fahrräder implementiert und ihnen jeweils spezifische Parameter, wie z.B. Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung, zugewiesen worden.

Jede Fahrzeugposition ist durch einen Mittelpunkt  $M_n$  definiert, welcher die X- und Y-Koordinate der Position des Fahrzeugs darstellt und auf den sich alle verwendeten Gleichungen beziehen. Darüber hinaus besitzen die verschiedenen Fahrzeuggruppen unterschiedliche seitliche Sicherheitsabstände, die sie beim Verkehrsablauf zum benachbarten Fahrzeug berücksichtigen müssen. Fahren zwei Fahrzeuge mit unterschiedlichen seitlichen Sicherheitsabständen nebeneinander, ist jeweils der größere maßgebend.

Haupt Herausforderung und zugleich Kernstück der Modellentwicklung bildet das Verfahren zur Identifizierung der Referenzfahrzeuge eines zu untersuchenden Verkehrsteilnehmers, weil ein Fahrzeug im Verkehrsstrom zu keiner Zeit isoliert betrachtet werden kann. Hierzu wurden "virtuelle Fahrstreifen" aufgespannt, die zum einen den eigentlichen Fahrkorridor des Fahrzeugs einschließlich seiner seitlichen Sicherheitsabstände und zum anderen die seitlichen Überholstreifen auf beiden Seiten, die von der Position des vorderen Referenzfahrzeuges abhängen, umfassen.

Nachdem die Referenzfahrzeuge für einen Verkehrsteilnehmer festgelegt sind, wird, wenn er sich nicht bereits in einer lateralen Bewegung befindet, seine momentane Fahrsituation beurteilt. Hierzu wurde eine Entscheidungsstruktur, basierend auf Entscheidungsbäumen, entworfen. Im Grundentscheidungsbaum wird bestimmt, ob der Fahrer aufgrund eines Hindernisses gezwungen wird, seine Position zu wechseln oder ob er dies freiwillig durchführt. Ist er mit seiner Situation hingegen zufrieden, besitzt er die Option, seine Position zu halten.

Liefert der Grundentscheidungsbaum das Ergebnis, dass das Fahrzeug einen lateralen Positionswechsel durchführen will, wird mit Hilfe des zwingenden oder freiwilligen Entscheidungsbaumes die "desired lateral position" ermittelt. Anschließend beginnt der Verkehrsteilnehmer während der nächsten Zeitschritte auf diese einzufahren, wobei hier ein Kontrollverfahren entwickelt wurde, das auch die anderen Fahrzeuge berücksichtigt, die evtl. auf die gleiche Position wechseln wollen.

Entscheidet sich das Fahrzeug die Position zu halten, wird seine Beschleunigung bzw. Verzögerung für die Bewegung in Fahrtrichtung mittels eines Fuzzy-Reglers bestimmt. Dabei wird hier ein sehr einfacher Regler verwendet, der darüber hinaus nur schematisch dargestellt ist, weil der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Bestimmung der "desired lateral position" liegt und das longitudinale Fahrzeugfolgeverhalten mit Hilfe der Fuzzy-Logik bereits erfolgreich in anderen Modellen angewendet wird.

Mit einem Ausblick zur weiteren Entwicklung, Verifikation und Kalibrierung des neuen Modellansatzes endet diese Arbeit.