

## **Freeway simulation using the FREQ12 model**

### **Kurzfassung der Vertieferarbeit von Axel Christian**

Die Simulation im Bereich des Verkehrswesens dient der Abbildung realer Systeme in einem Modell. Das an der University of California at Berkeley entwickelte makroskopisch-deterministische Programm FREQ12, ermöglicht die Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen.

FREQ12 bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Analysemöglichkeiten, welche Verbesserungen in der Geometrie der Autobahn (freeway design), die Einrichtung von Fahrstreifen für Fahrzeuge mit hohem Besetzungsgrad (HOV lanes), die Untersuchung von Rampenzuflussdosierung (ramp metering) und die Simulation von zeitlich befristeten Kapazitätseinschränkungen (Bauarbeiten/Unfälle) umfassen. Zudem kann die Wechselwirkung mit parallelen Straßen (spatial response) oder die Wahl anderer Verkehrsmittel (modal response) simuliert werden. Bei einer Rechenzeit weniger Sekunden auf herkömmlichen Personal Computern, können mit FREQ12 maximal 158 Subsektionen eines bis zu 100 Meilen (etwa 161 Kilometer) langen Autobahnabschnitts simuliert, analysiert und optimiert werden.

Im Rahmen der Vertieferarbeit fand das FREQ12 Modell bei der detaillierten Analyse eines Abschnitts der Interstate 680 (I-680) in der San Francisco Bay Area Anwendung. In südlicher Richtung dient dieser Freeway-Abschnitt in den Morgenstunden insbesondere der Anbindung von berufsinduziertem Pendlerverkehr an das "Silicon Valley" und zählt daher zu den am stärksten von Stau betroffenen Autobahnabschnitten Kaliforniens.

Die Analyse der I-680 umfasst eine grundsätzliche Beschreibung der Lage des Freeway-Korridors im Verkehrsnetz der Bay Area. Anschließend werden die Geometrie und die derzeit existierende Verkehrssituation der I-680 erläutert. Zur Qualitäts- und Plausibilitätsprüfung der von Caltrans (California Department of Transportation) zur Verfügung gestellten Verkehrsdaten, werden insbesondere Input-Output-Vergleiche durchgeführt. Die auf diese Weise analysierten Daten werden daraufhin in das FREQ12 Modell eingegeben.

Da keinesfalls ein unkalibriertes Modell zur Simulation von realen Problemen genutzt werden sollte, werden die wichtigsten Kalibrierungsparameter für FREQ12 vorgestellt, um anschließend zwei wichtige Kalibrierungsstufen zu beschreiben. Die Kalibrierung dient der Annäherung der vom Modell vorhergesagten an die tatsächlich beobachteten Werte. In diesem Zusammenhang lassen sich Größen wie Geschwindigkeit [miles per hour], Verkehrstärke [vehicles per hours] oder Reisezeit [minutes] mit einander vergleichen, um etwaige Abweichung zwischen Modell und Realität zu minimieren. Wertepaare können durch einfache Differenzbildung oder auch durch die Anwendung statistischer Verfahren wie zum Beispiel den Chi-Quadrat-Test analysiert werden. Ist das gewünschte Maß an Kongruenz zwischen Modell und Realität erreicht, lassen sich verschiedene Optimierungsstrategien simulieren.

Für den Freeway I-680 lassen sich durch unterschiedliche Strategien der Rampenzuflussdosierung Gesamtreisezeitverkürzungen von bis zu 11,0 % realisieren, wobei einige der untersuchten Szenarien inakzeptabel lange Stauungen auf den Rampen verursachen würden. Die im Zusammenhang mit HOV lanes entwickelten Szenarien bieten Gesamtreisezeitverkürzung von bis zu 41,4 %. Um eine derart hohe Gesamtreisezeitverkürzung zu erreichen, ist allerdings eine 74.800 feet (22,44 km) lange

HOV lane nötig, die Fahrzeugen bereits ab einem Besetzungsgrad von zwei Personen die Benutzung gestattet. Die höchste Reduktion der Gesamtreisezeit lässt sich mit einem zusätzlichen Fahrstreifen erzielen. Wird ein 67.640 feet (20,29 km) langer Zusatzfahrstreifen implementiert, kann die Gesamtreisezeit um 41,7 % reduziert werden. Die jeweilige Investitionsentscheidung sollte in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Budgets gefällt werden. Zur Erleichterung dieser Entscheidung werden für die HOV- und Zusatzfahrstreifen noch Längen-Effektivitätsmaße bestimmt, um Szenarien zu identifizieren, die bei minimalem Mitteleinsatz eine maximale Wirkung erzielen.

Um die Übertragbarkeit von FREQ12 auf deutsche Verhältnisse einschätzen zu können, wurden anschließend einige grundlegende Analyseschritte für einen Autobahnabschnitt im Norden Münchens durchgeführt. Untersucht wurde die Bundesautobahn 9 (A9) in nördlicher Richtung an einem Freitagnachmittag.

Analog zur Analyse der I-680 wird zunächst die Lage des Abschnitts der A9 im Verkehrsnetz beschrieben, um anschließend auf die Geometrie und die derzeitigen Verkehrsverhältnisse einzugehen. In einem weiteren Schritt werden die zur Verfügung stehenden Daten geprüft und in FREQ12 eingegeben.

Die Beschreibung des Kalibrierungsprozesses der A9 wird auf die Darstellung der Differenzen und des Chi-Quadrat-Tests reduziert.

Bei der Analyse verschiedener Optimierungsstrategien für die A9 lässt sich feststellen, dass Szenarien mit Rampenzuflussdosierung die Gesamtreisezeit um bis zu 60,1 % erhöhen und folglich zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse auf der A9 ungeeignet sind. Mit HOV lanes hingegen lässt sich eine Reduktion der Gesamtreisezeit um bis zu 22,7 % erreichen, wenn ein 85.134 feet (25,54 km) langer Fahrstreifen implementiert wird. Mit einer Verringerung der Gesamtfahrzeit um 22,9 % bei einer Länge von 35.446 feet (10,63 km) eignet sich ein Zusatzfahrstreifen am besten, um den untersuchten Autobahnabschnitt der A9 zu optimieren. Bereits ein 4.856 feet (1,46 km) langer Zusatzfahrstreifen würde die Gesamtreisezeit um 14,9 % reduzieren.

FREQ12 lässt sich leicht auf deutsche Verhältnisse übertragen. Als störend erweist sich lediglich das amerikanische Längensystem mit Meile und Fuß, wodurch zusätzliche Umrechnungsschritte zwischen dem amerikanischen und dem metrischen System erforderlich werden. FREQ12 ist ein hilfreiches Instrument, um das Verkehrsgeschehen auf deutschen Autobahnen zu simulieren und zu analysieren.

Die wichtigsten Stärken des FREQ12 Modells liegen in der kurzen Kalkulationsdauer, den geringen Systemanforderungen und der einfachen Erlernbarkeit. Als wesentliche Schwächen des Modells erweisen sich die fehlende Übertragbarkeit von FREQ12-Daten in Tabellenkalkulationsprogramme wie MS Excel und die Unmöglichkeit Collector/Distributor-Roads zu simulieren.

Insgesamt überzeugt FREQ12 durch seine Rechengeschwindigkeit und seine einfache Handhabung. Es ermöglicht ein gutes Verständnis der Verkehrszusammenhänge im Untersuchungsgebiet und unterstützt die Simulation und Optimierung durch zahlreiche Ausgabeoptionen.