

FE-Nr.:	70.919/2015
Thema:	Anforderungen an städtische Verkehrsnachfragemodelle
Forschungsstelle:	<ul style="list-style-type: none">• Universität Stuttgart, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik• Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe• Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik
Bearbeitung:	<ul style="list-style-type: none">• Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich• Dipl.-Ing. Eric Pestel• Dipl.-Wi. Ing. Udo Heidl• Dr.-Ing. Juliane Pillat• PD Dr.-Ing. habil. Christian Schiller• Dipl.-Ing. Robert Simon
Auftraggeber:	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Abschlussdatum:	31.10.2019

Kurzbericht

Zielsetzung

Verkehrsnachfragemodelle sind ein wichtiges Werkzeug der Verkehrsplanung. Sie werden in Städten und Regionen eingesetzt, um vorhandene Zustände in einem Verkehrsnetz zu rekonstruieren und um die Wirkungen zukünftiger Entwicklungen oder geplanter verkehrlicher Maßnahmen abzuschätzen. Auf diese Weise dienen Verkehrsnachfragemodelle der Vorbereitung verkehrsplanerischer, betriebsplanerischer, verkehrstechnischer und verkehrspolitischer Entscheidungen.

Ein Verkehrsnachfragemodell ist ein Modell, das als Eingangsgrößen das Verkehrsangebot, die Siedlungsstruktur und Verhaltensparameter in einem Untersuchungsraum nutzt und darauf aufbauend alle verkehrsrelevanten Entscheidungsprozesse nachbildet, die zu Ortsveränderungen im Personen- und Güterverkehr führen. Personenverkehr ergibt sich aus dem Bedürfnis oder aus der Notwendigkeit von Menschen an Aktivitäten (z.B. Arbeiten, Bildung, Einkaufen oder Freizeit) teilzunehmen. Im privaten Personenverkehr und im Personenwirtschaftsverkehr umfassen die Entscheidungen deshalb zuerst die Aktivitätenwahl, die dann durch eine Zielwahl mit einem Aktivitätenort verknüpft wird. Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl, Abfahrtszeitwahl und Routenwahl konkretisieren dann den Ablauf der Ortsveränderung zum Aktivitätenort. Güterwirtschaftsverkehr ist das Ergebnis logistischer Entscheidungsprozesse, die den Material- und Warenfluss zwischen Unternehmen und Endkunden, sowie die Entsorgung organisieren. Als primäres Ergebnis liefert ein Verkehrsnachfragemodell Matrizen der Angebotsqualität (Kenngrößenmatrizen), Verkehrsnachfragematrizen, Verkehrsstärken auf Netzelementen und Routen sowie Kenngrößen des Verkehrsaufwands (Personenkilometer, Fahrzeugkilometer, Personenstunden, Verlustzeiten). Diese primären Ergebnisse können als Input für weitere Modellrechnungen genutzt werden, die dann beispielsweise Lärm- und Schadstoffemissionen oder Erlöse aus Fahrkartenverkäufen ermitteln.

Da die Modellergebnisse Grundlage für vielfältige Entscheidungen sind, erwarten die Nutzer der Modelle eine angemessene Qualität der Ergebnisse. Ausgehend von der Beobachtung, dass in der Praxis unterschiedliche Verkehrsnachfragemodelle zum Einsatz kommen, deren Ergebnisqualität für den Nutzer der Modellergebnisse meist nicht überprüfbar ist, verfolgt das Projekt das Ziel, Anforderungen an den Aufbau und die Qualität von Verkehrsnachfragemodellen zu formulieren, die den Nutzern, den Anwendern und den Erstellern von Verkehrsnachfragemodellen als gemeinsame Basis dienen.

Inhalte des Projekts

Der Aufbau des Projektberichts orientiert sich am Ablauf einer Modellerstellung und der sich anschließenden Modellanwendung. Der Projektbericht

- gibt einen Überblick über Verkehrsnachfragemodelle für den Personen- und Wirtschaftsverkehr,
- fasst den Stand der Forschung und Praxis bei der Qualitätssicherung von Verkehrsnachfragemodellen zusammen,
- beschreibt Einsatzbereiche von Verkehrsnachfragemodellen,
- gibt Hinweise und Empfehlungen für die Erstellung von Verkehrsnachfragemodellen,
- dokumentiert geeignete Datenquellen für die Modellerstellung,
- formuliert Anforderungen an die Modellierungssoftware,
- schlägt Qualitätsmaße für den Nachweis der Modellqualität vor,
- formuliert Anforderungen an die Dokumentation von Verkehrsnachfragemodellen,
- gibt Hinweise zur Modellanwendung.

Als Projektergebnisse werden neben dem Bericht mehrere Dateien zur Verfügung gestellt, die den Prozess der Modellerstellung unterstützen sollen. Sie umfassen drei Checklisten, zwei Dokumentationsvorlagen, eine Vorlage für eine Leistungsbeschreibung und zwei Microsoft Excel-Tools. Das eine Tool enthält die Formeln für die Qualitätsmaße, das zweite Tool ermöglicht es anwendungsspezifischen Spezifikationen zu erzeugen.

Einsatzbereiche von Verkehrsnachfragemodellen und gewünschte Modellergebnisse

Ein Verkehrsnachfragemodell wird zu einem bestimmten Zweck erstellt. Es soll Kenngrößen des Verkehrsangebots und der Verkehrsnachfrage für den heutigen Zustand und für zukünftige Zustände bereitstellen und so Grundlagen für verkehrsplanerische Entscheidungen liefern. Damit ein Verkehrsnachfragemodell diesen Zweck erfüllen kann, müssen vom Modellnutzer der Anlass der Modellerstellung, die abzubildenden Entwicklungen und Maßnahmen sowie die gewünschten Ergebniskenngrößen formuliert werden. Für eine systematische Erfassung der Anforderungen wird eine Checkliste zur Verfügung gestellt.

Hinweise und Empfehlungen für den Aufbau von Verkehrsnachfragemodellen

Ein Schwerpunkt des Berichts sind Hinweise und Empfehlungen für die Erstellung von Verkehrsnachfragemodellen. Für 20 Themen der Verkehrsnachfragemodellierung (Entscheidungsmodelle, Verkehrserzeugungsmodelle, Zielwahlmodelle, Moduswahlmodelle, simultane Aktivitäten- und Moduswahlmodelle, simultane Ziel- und Moduswahlmodelle, Abfahrtszeitwahlmodelle,

Umlegungsmodelle für den IV und den ÖV, Rückkopplungen zwischen den Modellstufen, Einsatz von Korrekturverfahren, Festlegung Planungsraum und Untersuchungsraum, Abbildung von Raum- und Siedlungsstruktur, Abbildung des Verkehrsangebots, Abbildung der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr, im Wirtschaftsverkehr und im Eventverkehr, Berücksichtigung von Sharingangeboten und externem Verkehr, Erstellung von Prognosen) wird eine Sammlung von Hinweisen und Empfehlungen bereitgestellt, die den Stand der Erfahrungen in der Verkehrsnachfragemodellierung wiedergibt. Die Inhalte adressieren konkrete Fragestellungen der Praxis, die so in Lehrbüchern nicht behandelt werden. Die Sammlung kann Modellierern sowohl bei der Erstellung von Modellspezifikationen als auch bei der Implementierung von Modellen als eine Art praxisnahes Nachschlagewerk dienen.

Datengrundlagen und Datenquellen

Für die Erstellung und die Validierung eines Verkehrsnachfragemodells sind eine Vielzahl von Daten erforderlich: Daten zur Modellierung des Verkehrsangebots, zur Bevölkerung und Flächennutzung im Untersuchungsraum, zum Mobilitätsverhalten der Bevölkerung im Untersuchungsraum, Daten zum Verkehrsablauf im Netz (Verkehrsstärken und Fahrtzeiten) und Verkehrsnachfragedaten, die nicht vom Verkehrsnachfragemodell berechnet werden. Die Daten und geeignete Datenquellen werden beschrieben und eine Checkliste für die Eingangsdaten zur Verfügung gestellt.

Anforderungen an die Modellierungssoftware

Verkehrsnachfragemodelle werden von den Modellerstellern mit Hilfe einer Modellierungssoftware implementiert. Das validierte Modell wird dann von Modellanwendern unter Nutzung der Modellierungssoftware für die Zwecke der Verkehrsplanung eingesetzt. Der Projektbericht formuliert Anforderungen an eine Modellierungssoftware und empfiehlt eine Vorgehensweise für ein Softwareupdate.

Qualitätssicherung von Verkehrsnachfragemodellen

Ein zweiter Schwerpunkt des Berichts liegt in der Formulierung von Anforderungen an die Qualität von Verkehrsnachfragemodellen. Anders als bei den Hinweisen und Empfehlungen für die Erstellung von Verkehrsnachfragemodellen, gibt es zur Qualitätssicherung eine Reihe von Forschungsarbeiten und Richtlinien. Für die Beschreibung des Qualitätssicherungsprozesses werden einheitliche Bezeichnungen (Verifizierung, Überprüfung, Kalibrierung, Validierung) definiert und andere ähnliche Begriffe (z.B. Eichung, Plausibilisierung) bewusst nicht verwendet.

Für die Überprüfung der Modellergebnisse wird mit dem *SQV* ein neues Gütemaß für Einzelwerte (z.B. Verkehrsstärken) vorgeschlagen, das auf einem vorhandenen Gütemaß (*GEH*) aufbaut und dieses Maß weiterentwickelt. Für die Beurteilungen von Reiseweite- und Reisezeitverteilungen wird das Coincidence Ratio (*CR*) empfohlen und Vorgaben für die Wahl der Bezugsgröße (moduspezifische oder modusübergreifende Reiseweite und Reisezeit) und Klassierung (Zahl der Klassen und Klassenbreite) gemacht. Mit diesen Gütemaßen sollen dann die Übereinstimmung berechneter und beobachteter Werte für ausgewählte Kenngrößen der Verkehrsnachfrage (Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung, Verkehrszeitaufwand, Verkehrsstärke) beurteilt werden. Für die Beurteilung der Qualität wird nicht ein Mindestwert vorgegeben, sondern Qualitätsbereiche, die von sehr großer Übereinstimmung bis unzureichender Übereinstimmung reichen.

Zusätzlich zur Überprüfung der Modellergebnisse soll auch das Modellverhalten überprüft werden. Hierfür wird aus WebTAG und Travel Model Validation and Reasonableness Checking Manual das Konzept der Realitätstests und Sensitivitätstests übernommen. Realitätstests prüfen die Prognosefähigkeit eines Modells, in dem die Variablen des Modells verändert werden. Sensitivitätstests prüfen den Einfluss der Modellparameter auf das Ergebnis. So soll sichergestellt werden, dass ein Modell maßnahmenempfindlich ist und die Wirkungen von Entwicklungen und geplanten Maßnahmen möglichst gut abschätzt.

Die vorgeschlagene Vorgehensweise bei der Qualitätssicherung entspricht nur zum Teil der derzeitigen Praxis und ist aufwändiger als heute übliche Modellprüfungen. Diese Vorgehensweise bietet aber den Vorteil, dass die Qualität von Verkehrsnachfragemodellen einheitlich beurteilt wird und verschiedene Modelle so besser miteinander verglichen werden können. Derzeit besteht Unsicherheit darüber, welche Qualitätswerte tatsächlich erreicht und damit in Ausschreibungen gefordert werden können. Wenn zukünftig einheitliche Gütemaße als Qualitätskenngrößen vorgegeben und in Modellberichten veröffentlicht werden, kann die bestehende Unsicherheit reduziert werden.

Anforderungen an die Dokumentation

Das Bereitstellen einer Dokumentation des Verkehrsnachfragemodells ist essentiell, um der Forderung nach Transparenz und Reproduzierbarkeit gerecht zu werden. Wie beim Modellaufbau und der Modellkalibrierung gibt es auch Anforderungen an die Modelldokumentation. Generell sollten alle Teilbereiche des Verkehrsnachfragemodells wie Einsatzbereiche, Modellaufbau, Datengrundlage und Modellvalidierung dokumentiert werden. Die Dokumentation sollte ein Modellhandbuch sowie einen Kalibrierungs- und Validierungsbericht umfassen.

Hinweise zur Modellanwendung

Ergebnis der Modellerstellung ist ein vom Modellersteller kalibriertes und validiertes Verkehrsnachfragemodell, das nun vom Modellanwender für die Zwecke der Verkehrsplanung eingesetzt werden kann. Bei der Modellanwendung werden die Modellvariablen verändert und die daraus resultierenden Nachfragewirkungen berechnet. Ein Verkehrsnachfragemodell kann dabei auf zwei Arten eingesetzt werden: Analyse der Wirkungen von vorgegebenen Planfällen und Entwicklung von Maßnahmen und Planfällen.

Der Projektbericht gibt Hinweise zur Analyse der Wirkungen von vorgegebenen Planfällen. Wesentliches Ziel ist eine Modellanwendung, die für formulierte Anforderungen reproduzierbar und für Dritte nachvollziehbar ist.

Fazit

Eine gute Verkehrsplanung braucht gute Verkehrsnachfragemodelle. Der Projektbericht liefert Hinweise, was ein gutes Verkehrsnachfragemodell ist und wie es erstellt werden sollte. Für ein derartiges Verkehrsnachfragemodell sollten aber noch weitere Voraussetzungen erfüllt sein:

- Eine detaillierte Modellspezifikation, die alle Anforderungen der Modellnutzer enthält und darstellt, wie das Modell aufgebaut werden soll.
- Eine umfassende Datengrundlage, die alle relevanten Eingangsdaten (Verkehrserhebungsdaten, Siedlungsstrukturdaten und Verkehrsangebotsdaten) umfasst.

-
- Ein erfahrendes Modellierungsteam, das effizient mit Daten umgehen kann, Methoden der Statistik versteht, Modellparameter schätzen kann und bereits Verkehrsnachfragemodelle aufgebaut hat.
 - Auftraggeber sollen ausreichend Zeit für die Projektbearbeitung gewähren, Auftragnehmer sollen ausreichend Zeit für die Projektbearbeitung einplanen.
 - Fachliche Begleitung durch Dritte: Wenn nicht nur das fertige Modell durch einen Dritten abgenommen wird, sondern auch Modellzwischenstufen und die zugehörige Modelldokumentation, können eventuelle Unzulänglichkeiten oder Missverständnisse früher erkannt und leichter behoben werden.