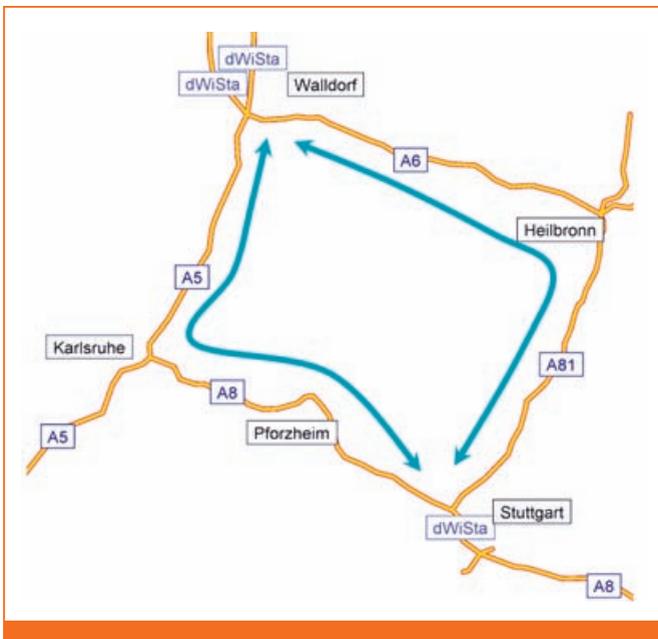


Verkehrslage, Verkehrsbeeinflussung und Routenwahl



Eine hoch belastete Autobahn wie die A8 bei Stuttgart wird heute von etwa 130.000 Fahrzeugen am Tag befahren, die B10 bei Untertürkheim von 70.000 Fahrzeugen. Diese Verkehrsstärken führen zu einer hohen Belastung des Straßennetzes und zu einer hohen Wahrscheinlichkeit von Verkehrsstörungen. Um den Verkehrsablauf auf einem Netzabschnitt zu verbessern und die Wahrscheinlichkeit von Störungen zu reduzieren, kann man entweder die Kapazität erhöhen oder die Nachfrage reduzieren. Mit Hilfe von Maßnahmen des Angebots- und des Nachfragemanagements ist es möglich, diese zu beeinflussen. Dabei besitzt die richtige Routenwahl sowohl in räumlicher als zeitlicher Hinsicht eine besondere Funktion.

1. Mobilität und Verkehr

Jeder Mensch in Deutschland macht pro Tag durchschnittlich 3,4 Wege und legt dabei etwa 40 km zurück. Bevorzugtes Verkehrsmittel ist der Pkw. 43 Prozent aller Wege werden als Pkw-Selbstfahrer zurückgelegt, 15 Prozent als Pkw-Mitfahrer. Bezogen auf die Fahrtweite beträgt der Anteil sogar 55 bzw. 24 Prozent. Pro Einwohner ergibt sich so eine tägliche Pkw-Fahrleistung von 21 km. Dazu kommen noch rund 3,5 Lkw-Kilometer, die bezogen auf einen Einwohner täglich gefahren werden. Diese Mobili-

tät der Menschen und Güter führt zu Verkehr im Straßennetz. Für einen Autobahnquerschnitt ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke von etwa 50.000 Kfz, für eine Bundesstraße von 7.500 Kfz. Diese Verkehrsstärken variieren räumlich und zeitlich deutlich. Die Verkehrslage beschreibt den Zustand im Straßennetz zu einem Zeitpunkt bzw. in einem Zeitraum. Sie wird u.a. durch folgende Kenngrößen quantifiziert:

- absolute Verlustzeit: Verlustzeit aller Fahrzeuge auf einem Netzabschnitt [Fahrzeugstunden]

- normierte Verlustzeit: Verlustzeit pro Kilometer [Sekunden/km]
- Fahrzeitindex: Quotient aus aktueller Fahrzeit und einer Sollfahrzeit, d.h. die Fahrzeitverlängerung gegenüber einem Soll-Zustand.

Maßnahmen des Angebotsmanagements und des Nachfragemanagements helfen, den Verkehrsablauf auf einem Netzabschnitt zu verbessern und die Wahrscheinlichkeit von Störungen zu reduzieren, entweder durch Kapazitätserhöhung oder Nachfragereduzierung.

Verkehrsangebotsmanagement:

Das Angebotsmanagement verändert die verfügbaren Kapazitäten im Verkehrsnetz. Das kann zum Beispiel langfristig durch den Neubau, Ausbau aber auch durch den Rückbau von Verkehrswegen (z.B. in Ortsdurchfahrten), mittel- und kurzfristig durch das Angebot von Fahrten im öffentlichen Verkehr und kurzfristig durch kapazitätsbeeinflussende Maßnahmen aus dem Bereich der Verkehrsleittechnik (z.B. temporäre Seitenstreifenfreigabe, Baustellenmanagement, verkehrsbahngesteuerte Lichtsignalanlagen) erfolgen. Das Verhalten der Verkehrsteilnehmer wird dabei dadurch beeinflusst, dass zusätzliche Handlungsoptionen (z.B. eine neue Straße, eine zusätzliche ÖV-Verbindung, ein weiterer Fahrstreifen oder mehr Grünzeit) zur Verfügung gestellt werden.

Verkehrsnachfragemanagement:

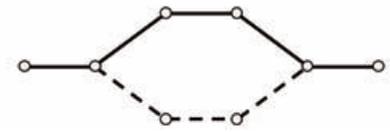
Das Nachfragemanagement beeinflusst das Verhalten der Verkehrsteilnehmer so, dass es zu einer modalen, räumlichen oder zeitlichen Verlagerung kommt. Eine Beeinflussung des Verkehrsverhaltens kann durch Information (z.B. Verkehrsfunk, Internet, Navigationsgeräte, Wechselwegweisung, Marketing), über Preise (z.B. Straßenbenutzungsgebühren, Parkgebühren) und Anreize (Job Ticket) oder durch Regeln (z.B. Beeinflussung der Geschwindigkeit über Streckenbeeinflussungsanlagen) erfolgen. Das Nachfragemanagement verändert keine Kapazitäten und wirkt allein durch eine bessere Verteilung der Nachfrage und damit durch eine bessere Nutzung der vorhandenen Kapazität.

Die Kenntnis der Routenwahl ist sowohl für die langfristige Verkehrsplanung als auch für die kurzfristige Steuerung von Straßennetzen von besonderer Bedeutung. Bei der Planung von Straßennetzen geht es darum, die Wirksamkeit einer geplanten Straßenbaumaßnahme zu beurteilen. Dazu

Verkehrsplanung:

Wie viele Verkehrsteilnehmer verändern ihre Route, wenn Maßnahmen im Netz durchgeführt werden?

→ Netzbelastungen für einen Planungshorizont



Verkehrssteuerung:

Welche Routen wählen die Verkehrsteilnehmer bei der aktuellen Verkehrslage und wie wirken Steuerungsmaßnahmen?

→ Netzbelastung für eine Kurzfristprognose



Bedeutung der Routenwahl für die Planung und die Steuerung des Verkehrs in Straßennetzen.

werden die Verkehrsnachfrage und die Routenwahl für den geplanten Zustand mit Modellen prognostiziert. Bei der Verkehrssteuerung stehen die Wirkungen besonderer Nachfragesituationen (Hauptverkehrszeit, erster Ferientag, Großveranstaltung), aktueller Baustellen und verfügbarer Steuerungsmaßnahmen im Vordergrund. Hierbei ist es wichtig zu wissen, wie die Verkehrsteilnehmer auf Verkehrsinformationen reagieren.

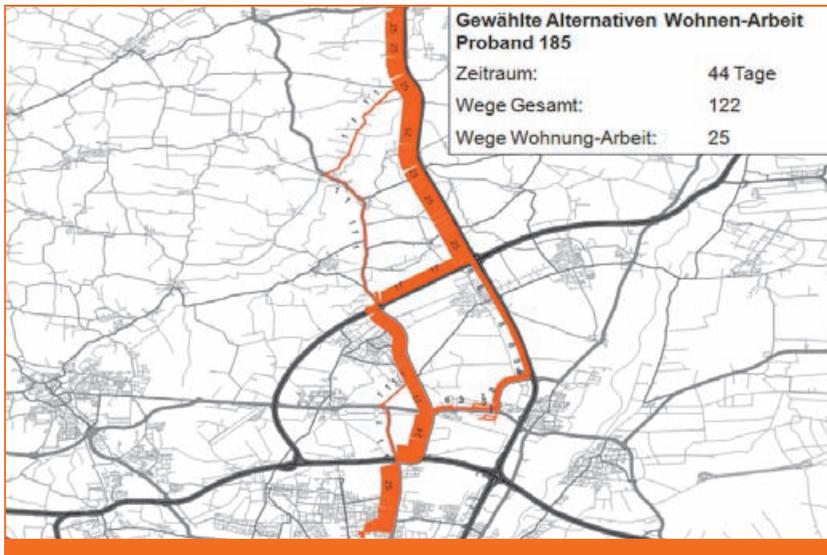
2. Erfassung der Verkehrslage und der Routenwahl

Über realisiertes Routenwahlverhalten in Straßennetzen liegen bisher nur wenige Beobachtungen vor, da das Routenwahlverhalten sehr aufwändig zu erheben ist. Auch exakte Fahrzeiten sind in der Regel nicht bekannt. Um das Routenwahlverhalten

SUMMARY

Die Kenntnis der Routenwahl ist sowohl für die langfristige Verkehrsplanung als auch für die kurzfristige Steuerung von Straßennetzen von Bedeutung. Neue Erhebungsmethoden ermöglichen es erstmalig das Routenwahlverhalten über längere Zeiträume zu erfassen und statistisch zu analysieren. Mit den Daten lassen sich die Parameter von Routenwahlmodellen schätzen und die Wirksamkeit von Verkehrsfunkmeldungen und Wechselwegweisungen im Hinblick auf die Routenwahl quantifizieren. Die Daten ermöglichen es außerdem, allgemeine Hypothesen über das Routenwahlverhalten zu testen. Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Erhebungsergebnisse und Annahmen für die Modellierung der Routenwahl in Verkehrsnachfragemodellen dargestellt.

Information on route choice is important for the long term transport planning and the short term traffic control of road networks. New surveying techniques permit for the first time longer observations of route choice behavior. The survey data can be used to estimate parameters of route choice models and to quantify the impacts of radio traffic messages and corridor control systems on route choice. General hypotheses on route choice behavior may also be tested. The paper presents some results of route choice observations and explains common assumptions for modeling route choice in travel demand models.



02 *Beobachtete Routenwahl einer Person für die Fahrt von der Wohnung zur Arbeit über einen Zeitraum von 44 Tagen.*

ten der Verkehrsteilnehmer im Straßennetz analysieren zu können, sind idealerweise folgende Informationen für eine Ortsveränderung verfügbar: Start- und Zielort mit Abfahrts- und Ankunftszeitpunkt, räumlicher Verlauf der Route als Folge von Knoten oder Strecken in einer digitalen Karte, zeitlicher Verlauf einer Route als Zeit-Weg-Diagramm, alternative Routen mit erwarteten Fahrzeiten im Netz im Zeitraum der Fahrt, netzweite Verkehrszustände und Schaltzustände im Zeitraum der Fahrt und die Kenntnis, ob der Verkehrsteilnehmer ein Navigationssystem mit aktuellen Verkehrsmeldungen benutzt hat. Um Verfälschungen in der Routenanalyse zu vermeiden, ist es wünschenswert, die Verkehrsteilnehmer verdeckt beobachten zu können, d. h. es ist anzustreben, dass die Verkehrsteilnehmer nicht über den genauen Untersuchungszweck informiert sind.

Diesen Anforderungen einer Routenanalyse stehen die realisierbaren Erhebungsmöglichkeiten gegenüber. Grundsätzlich stehen heute folgende Erhebungsmethoden zur Verfügung, die bis jetzt jedoch nur in wenigen Anwendungen zum Einsatz kommen:

GPS – Daten:

Bei dieser Erhebungsmethode wird eine Anzahl von Probanden rekrutiert und mit Erhebungsgeräten ausgestattet. Die Erhebungsgeräte protokollieren die Ortsveränderungen der Personen oder Fahrzeuge mit Hilfe von GPS. Nach Abschluss einer oder mehrerer Ortsveränderungen werden die Daten gesammelt übertragen und aus-

gewertet. Diese Methode ist aufwändig und eignet sich nur für zeitlich befristete Erhebungen. Der Vorteil der Methode liegt darin, dass die soziodemographischen Eigenschaften der Probanden und der Kontext einer Fahrt (z.B. der Fahrtzweck) bekannt sind.

Floating Car Daten (FCD):

Floating Car Daten liefern den Ort, an dem sich ein Fahrzeug zu einem Zeitpunkt befindet. Diese Daten werden direkt aus den Navigationssystemen besonders ausgestatteter Fahrzeugflotten an eine Zentrale übermittelt. Für eine Routenanalyse sind FCD dann verwendbar, wenn für jedes erfasste Fahrzeug kontinuierliche Positionsdaten verfügbar sind. Über eine derartige Datenquelle verfügen insbesondere die Hersteller von Navigationssystemen, die ihre Geräte mit einer SIM-Karte ausrüsten. TomTom verfügt in Deutschland vermutlich über die größte derartig ausgerüstete Fahrzeugflotte.

Floating Phone Daten (FPD):

Für den Betrieb eines Mobilfunknetzes ist es notwendig, selbst von Mobilfunkgeräten im Standby-Modus die ungefähre Position zu kennen. Aus diesem Grund bieten sich Mobilfunkdaten als Datenquelle für verkehrstechnische und verkehrsplanerische Anwendungen an. Daten aus Mobilfunkgeräten werden als Floating Phone Data (FPD) oder als Net-FCD bezeichnet. Bei der FPD-Methode können Trajektorien von Mobilfunkteilnehmern aus den im Mobilfunknetz ohnehin anfallenden Protokoll-daten erfasst werden. Art und Umfang der Protokoll-daten variieren, je nachdem ob ein Mobiltelefon lediglich im Netz eingebucht ist (Standby-Mode) oder ob gerade eine aktive Gesprächs- oder Datenverbindung besteht (Dedicated-Mode). Der Vorteil von FPD liegt in der Quantität der Daten, da sich Mobilfunkgeräte in den letzten Jahren zu stetigen Begleitern der meisten Menschen in Deutschland und in der ganzen Welt entwickelt haben. Die Qualität der Daten hängt von der Fahrtweite ab. Bei kurzen Fahrten können das gewählte Verkehrsmittel und die gewählte Route nicht eindeutig bestimmt werden. Erfahrungen aus dem Pilotprojekt Do-iT [2] zeigen, dass die Datenqualität von FPD ausreichend für eine Erfassung von Fahrzeiten und Routen im Autobahnnetz ist. TomTom hat unter der Bezeichnung „HD Traffic“ einen kommerziellen Dienst auf den Markt gebracht, der Verkehrsinforma-



03

tionen u.a. aus Mobilaten generiert, die Vodafone bereitstellt.

Fahrzeugwiedererkennung über Kennzeichenerfassungssysteme:

Ein Kennzeichenerfassungssystem (ANPR = Automated Number Plate Recognition) besteht im Allgemeinen aus zwei Komponenten: einer Infrarot-Kamera, die vorbeifahrende Fahrzeuge erfasst und kontinuierlich Bilder an einen Computer sendet und einer Software, die in den empfangenen Bildern Kennzeichen erkennt und verschlüsselt in eine Datenbank mit dem Erfassungszeitpunkt schreibt. Werden ANPR-Systeme an mindestens zwei Messstellen entlang eines Streckenzugs aufgestellt, können durch den Kennzeichenvergleich exakte Fahrzeiten von allen Fahrzeugen erfasst werden, die diesen Streckenzug durchfahren. Bei geeigneter Anordnung der Messstellen ist es auch möglich, das Routenwahlverhalten zu beobachten. Derartige Systeme werden in England seit mehreren Jahren zur Verkehrslageerfassung auf Autobahnen eingesetzt (www.trafficengland.com). In Deutschland betreibt die Autobahndirektion Südbayern seit 2007 rund 30 Kamerasysteme. Die Landeshauptstadt Stuttgart installiert gerade auf einer städtischen Einfallstraße (B27 Degerloch - Stadtmitte) ein System mit vier Messstellen und neun Kameras.

Fahrzeugwiedererkennung mit Bluetooth:

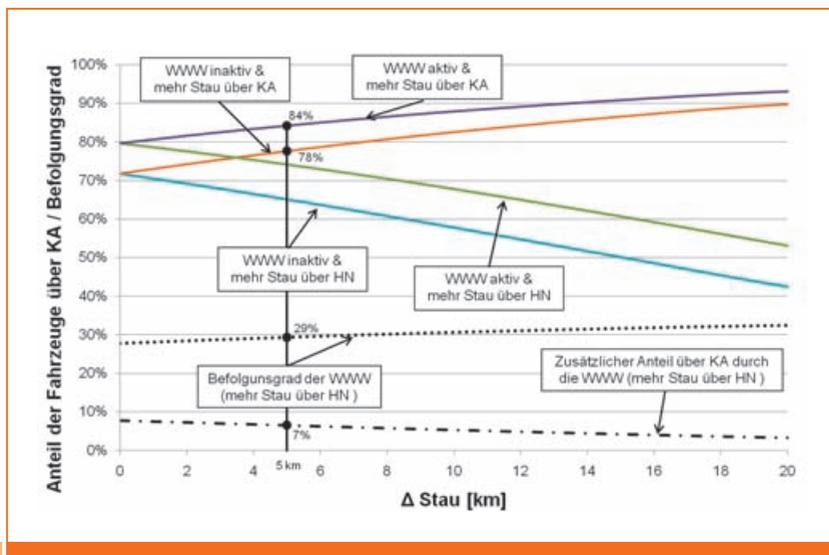
Bluetooth dient der Funkvernetzung von mobilen Geräten über kurze Distanz. Will ein mobiles Gerät mit anderen Geräten in

Kontakt treten, sendet es vor Aufbau der Datenverbindung fortlaufend seine eindeutige MAC-Adresse. Beispiel für mobile Geräte im Pkw sind Mobilfunkgeräte mit einer Freisprecheinrichtung. Über die MAC-Adresse können – ähnlich wie bei ANPR-Systemen – Fahrzeuge an unterschiedlichen Stellen im Netz wiedererkannt werden. Bluetooth-Systeme sind deutlich preiswerter als ANPR-Systeme, können aber weniger Fahrzeuge detektieren.

3. Analyse der Routenwahl

Im Folgenden werden Ergebnisse einer Erfassung des Routenwahlverhaltens mit Mobilfunkdaten dargestellt (SCHLAICH [3]). Untersuchungsgebiet ist das baden-württembergische Autobahnviereck Leonberg – Karlsruhe – Walldorf – Heilbronn (05). In dieser Netzmasche stehen dem Durchgangsverkehr aus Richtung Mannheim in Richtung München zwei Routen zur Verfügung. Die Standardroute über Heilbronn (A6 & A81) und die Route über Karlsruhe (A5 & A8). Bei Störungen auf der Standardroute wird die Route über Karlsruhe (A5/A8) auf dynamischen Wegweisern mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) empfohlen. Mit sogenannten Maximum-Likelihood-Schätzungen kann untersucht werden, welche Kenngrößen (Verkehrsmeldungen, Wechselwegweisung etc.) die Routenwahl überhaupt beeinflussen und, wenn ja, welche Gewichtung die einzelnen Kenngrößen haben. Als Eingang für die Schätzungen stehen über eine Million be-

Routenwahl zwischen Walldorf und Stuttgart über einen Zeitraum von 80 Tagen.



Grafische Darstellung der Routenwahl für die Richtung Stuttgart → Walldorf (SCHLAICH).

obachtete Routenwahlentscheidungen zur Verfügung, die in einem Zeitraum von 80 Tagen auf den beiden Diagonalen Stuttgart ↔ Walldorf und Heilbronn ↔ Karlsruhe aus Mobildaten abgeleitet wurden.

Mit diesen Daten können für die Netzmasche die Parameter eines statistisch abgesicherten Routenwahlmodells geschätzt werden. Die Ergebnisse können grafisch dargestellt werden, so dass für jeden Zustand die zu erwartende Aufteilung abgelesen werden kann. So kann aus **04** zum Beispiel abgelesen werden, dass bei fünf Kilometer mehr gemeldetem Stau über Heilbronn als über Karlsruhe bei inaktiver Wechselwegweisung (WWW) ca. 78 Prozent des Durchgangsverkehrs die Route über Karlsruhe wählen. Eine aktive Wechselwegweisung bewirkt einen zusätzlichen Anteil von sechs Prozent, was einem Befolungsgrad von ca. 29 Prozent entspricht.

4. Modellierung der Routenwahl

Ein Verkehrsnachfragemodell ist ein Modell, das alle relevanten Entscheidungsprozesse der Menschen nachbildet, die zu Ortsveränderungen führen. Verkehrsnachfragemodelle verwenden als Input Daten zum Mobilitätsverhalten, zum Verkehrsangebot sowie zur Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur. Als Ergebnis liefern sie Nachfragematrizen, Verkehrsstärken für einzelne Netzelemente und Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsangebots. Im Personenverkehr umfassen diese Entscheidungen die Aktivitätenwahl (welche Akti-

vitäten führt eine Person durch?), die Zielwahl (wo finden die Aktivitäten statt?), die Verkehrsmittelwahl (mit welchem Verkehrsmittel fährt die Person zum Ziel?), die Abfahrtszeitwahl (wann beginnt die Fahrt?) und die Routenwahl (auf welchen Verkehrswegen bewegt sich die Person?).

In einem Verkehrsnachfragemodell ist die Routenwahl in ein sogenanntes Umlegungsmodell integriert. Bei der Umlegung werden die Fahrten der Personen bzw. der Kraftfahrzeuge auf das Netz umgelegt, d.h. den Strecken und Knotenpunkten zugeordnet. Diese Umlegungsaufgabe lässt sich in drei Teilaufgaben gliedern.

- In einem ersten Schritt müssen alle geeigneten Routen für eine Ortsveränderung ermittelt werden. Dazu wird eine *Routensuche* durchgeführt.
- Der zweite Schritt modelliert das eigentliche Wahlverhalten der Verkehrsteilnehmer. Dazu wird ein *Routenwahlmodell* eingesetzt.
- Im letzten Schritt wird dann die aus der gegebenen Verkehrsbelastung resultierende Fahrzeit ermittelt. Hierfür kommen einfache auslastungsabhängige Fahrzeitfunktionen oder komplexe *Verkehrsflussmodelle* zum Einsatz.

Umlegungsverfahren für die Verkehrsplanung basieren auf drei grundlegenden Annahmen:

- Die Verkehrsteilnehmer bewerten den Nutzen einer Route. Der Nutzen einer Route ergibt sich aus verschiedenen Komponenten. Sie umfassen neben der Fahrzeit üblicherweise die Länge und die Kosten der Route. Da die Raumüberwindung Zeit und Geld kostet, ist der Nutzen einer Route negativ. Deshalb werden anstelle des Nutzens auch die Begriffe Widerstand oder generalisierte Kosten verwendet.
- Alle Verkehrsteilnehmer wählen die Route, die den höchsten Nutzen bzw. den geringsten Widerstand aufweist. Da die Routenwahl die Verteilung der Nachfrage im Netz bestimmt, beeinflusst sie gleichzeitig die Fahrzeiten und damit die Widerstände im Netz. Aus diesem Grund ist eine Rückkopplung zwischen den drei oben beschriebenen Teilmodellen erforderlich.
- Die Verkehrsnachfrage und das Straßennetz befinden sich über einen längeren Zeitraum in einem stationären Zustand. Diese Annahme unterstellt, dass die Verkehrsteilnehmer über die zu erwartende Verkehrslage im Netz informiert sind und ihre Routenwahl so anpassen, dass sich

das System in einem Gleichgewichtszustand befindet. In diesem Zustand wechseln die Verkehrsteilnehmer ihre Routen nicht mehr und die Fahrzeiten bleiben konstant.

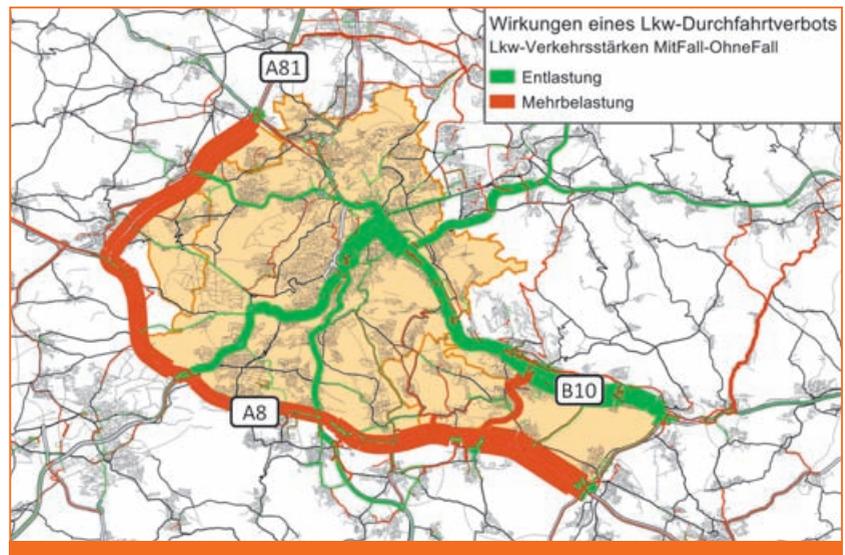
Für den Gleichgewichtszustand existieren zwei Hypothesen, die zu unterschiedlichen Modellen führen:

- **Deterministisches Nutzergleichgewicht:** Das sogenannte deterministische Nutzergleichgewicht (Deterministic User Equilibrium DUE) unterstellt, dass alle Verkehrsteilnehmer die gleiche perfekte Information über den Widerstand im Straßennetz haben. Das führt zu einem Zustand, bei dem sich die Verkehrsteilnehmer so auf die Routen verteilen, dass der Widerstand auf allen alternativen Routen gleich ist und jeder Wechsel auf eine andere Route den persönlichen Widerstand erhöhen würde (Wardrop [4]). Für alle benutzten alternativen Routen R (Verkehrsstärke $q > 0$) muss also folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{w_i}{w_j} = 1, \forall j = 1 \dots R \text{ und } q_i > 0 \text{ bzw. } q_j > 0$$

- **Stochastisches Nutzergleichgewicht:** Der Ansatz des deterministischen Nutzergleichgewichts kann auf ein stochastisches Nutzergleichgewicht (Stochastic User Equilibrium SUE) erweitert werden, bei dem die Verkehrsteilnehmer über keine vollständigen Informationen verfügen und ihre subjektive empfundene Fahrdauer optimieren. Beim stochastischen Nutzergleichgewicht wird die Nachfrage abhängig vom Widerstand der Routen mit einem ökonomischen Entscheidungsmodell auf die Alternativen verteilt.

Offensichtlich ist die Annahme perfekter Information im deterministischen Nutzergleichgewicht in der Realität angesichts der stochastischen Prozesse im Straßenverkehr nicht wirklichkeitsnah. Aufgrund seiner mathematischen Eigenschaften bietet sich dieses Modell trotzdem für die Analyse und Bewertung konkurrierender Maßnahmen im Rahmen der Straßennetzplanung an. Für die kurzfristige Prognose der Routenwahl im Rahmen der Verkehrssteuerung ist dagegen das stochastische Nutzergleichgewicht ein geeignetes Modell. In diesem Modell kann auch das Verhalten unterschiedlicher Nutzerklassen mit spezifischer Informationsverfügbarkeit nachgebildet werden. Neben diesen beiden Gleichgewichtszuständen gibt es einen



05

Wirkung eines Lkw-Durchfahrtsverbots durch Stuttgart in Verbindung mit einem Tempolimit auf der B 10.

dritten Zustand, der als Systemoptimum bezeichnet wird:

$$\sum_i^R q_i \cdot w_i \stackrel{!}{=} \min$$

- Im Fall des Systemoptimums (SO) werden die Fahrten so auf die Menge der Routen R aufgeteilt, dass das Produkt aus Widerstand w und Verkehrsstärke q über alle Routen minimal ist.

Damit wird ein Zustand erreicht, bei dem der Aufwand im gesamten Netz in der Summe über alle Verkehrsteilnehmer am kleinsten ist. Um diesen systemoptimalen Zustand zu erreichen, müssen einzelne Verkehrsteilnehmer bereit sein, zugunsten anderer eine für sie ungünstigere Route zu wählen. Das Systemoptimum ist insbesondere in Verbindung mit der Abfahrtszeitwahl ein interessanter Zustand für ein zukünftiges Verkehrsmanagement. In den meisten Fällen verfügt das Straßennetz außerhalb der Hauptverkehrszeit über freie Kapazitäten. Im Sinne eines Systemoptimums wäre es also wünschenswert, Fahrten aus der Hauptverkehrszeit in benachbarte Zeiträume geringerer Nachfrage zu verlagern. Im Gesamtergebnis würde das zu höheren Geschwindigkeiten im Netz führen. Ein derartiges altruistisches Verhalten ist im Straßenverkehr jedoch von den Verkehrsteilnehmern kaum zu erwarten. Um sich trotzdem dem Zustand eines Systemoptimums zu nähern, bieten sich tageszeit- bzw. nachfrageabhängige Straßenbenutzungsgebühren an. Die Gebühren müssten auf Strecken und zu Zeiten hoher Nach-

DER AUTOR


**PROF. DR.-ING.
MARKUS FRIEDRICH**

leitet seit Juli 2003 den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik an der Universität Stuttgart. Von 1995 bis 2003 war er bei der PTV AG in Karlsruhe verantwortlich für den Bereich Planungssysteme Verkehr. Er studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München und promovierte hier über Entwurfsverfahren für den öffentlichen Verkehr.

Kontakt

Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart
Tel. 0711/685-82480, Fax 0711/685-82484
E-Mail: vuv@isv.uni-stuttgart.de, <http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/>

frage teuer und in der Nebenverkehrszeit vergleichsweise preiswert sein. Die so erzielten Erlöse können entweder zur Finanzierung des Verkehrsangebots verwendet werden oder direkt an die Bürger – nicht an die Autofahrer – ausgezahlt werden.

Routenwahl- bzw. Umlegungsmodelle werden derzeit in Deutschland auch zur Analyse der Wirkungen von Lkw-Durchfahrtsverboten herangezogen. Mit diesen Durchfahrtsverboten soll der Transitverkehr durch dicht besiedelte Gebiete vermieden und die Lärm- und Luftverschmutzung reduziert werden. **os** zeigt Ergebnisse einer Verkehrsmodellierung für den Lkw-Verkehr in einer Differenzdarstellung.

Grundlage sind zwei Verkehrsumlegungen: eine Umlegung für den Zustand ohne Durchfahrtsverbot und eine Umlegung für den Zustand mit Verkehrsumlegung. Auch wenn nur die Verkehrsstärken im Lkw-Verkehr dargestellt sind, berücksichtigt das Modell sowohl Pkw- als auch Lkw-Fahrten. Da Pkw und Lkw das gleiche Straßennetz benutzen, beeinflussen Maßnahmen im Lkw-Verkehr auch die Routenwahl im Pkw-Verkehr. • Markus Friedrich

Literatur

- [1] Mandir, E., Pillat, J., Friedrich, M., Schiller, C. (2010): Choice Set Generation and Model Identification for Route Choice Using GPS-Data from Smart Phones, Proceedings of the Conference on Innovations in Travel Modeling of the Transportation Research Board, Tempe, Arizona.
- [2] Schlaich, J., Otterstätter, T., Friedrich, M. (2010): Generating Trajectories from Mobile Phone Data, Compendium of Papers DVD of 89th Annual TRB Meeting, Transport Research Board, Washington D.C.
- [3] Schlaich, J. (2010): Analyses of Route Choice Behavior using Mobile Phone Trajectories, Compendium of Papers DVD of 89th Annual TRB Meeting, Transport Research Board, Washington D.C.
- [4] Wardrop, J.G.: Some theoretical aspects of road traffic research. Proceedings, Institute of Civil Engineers, PART II, Vol.1, pp. 325-378., London, 1952.