

**Computer-Simulation des (durch geplante Eingriffe beeinflussten) Verkehrsgeschehens:**

# Kantonales Verkehrsmodell Zürich – ein modernes neues Arbeitsinstrument

*Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich ist einsatzbereit – in der zur Verfügung stehenden ersten Realisierungsphase für den Werktagspersonenverkehr mit Einbezug des Güterverkehrs in Form prozentualer Anteile an der Strassenverkehrsbelastung. Für weitergehende Auskünfte und Beratung wenden sich potentielle Anwender an das Tiefbauamt des Kantons Zürich bzw. an das mit der Bearbeitung betraute Ingenieurbüro Jenni + Gottardi AG, Zürich. Das Verkehrsmodell ist zwar in erster Linie als modernes Arbeitsinstrument für eine Reihe von Ämtern innerhalb der kantonalen Verwaltung geschaffen worden. Doch können sich auch für Dritte (etwa Gemeindebehörden, Unternehmen, die eine längerfristig angelegte Grossüberbauung planen, Ingenieur- und Planungsbüros usw.) Fragen ergeben, auf die mit dem Verkehrsmodell einfacher, schneller und auch detaillierter als bisher praxisbezogene Antworten zu finden sind.*

Welche Auswirkungen hat eine Strassenspernung auf das Verkehrsgeschehen im betreffenden Gebiet? Lohnt sich die Einführung einer bestimmten neuen Buslinie? Wie wird sich der Verkehr bei Realisierung einer grösseren Neuüberbauung entwickeln?

## Verkehrsmodelle früher und heute

Antworten auf solche und ähnliche, aber auch auf Fragen im Zusammenhang mit verkehrsabhängigen Lärm- oder Luft-Emissionen liessen sich früher bloss abschätzen und aufgrund von Erfahrungen hochrechnen, oder es mussten ausgedehnte fallspezifische Untersuchungen durchgeführt werden. Zwar gab es auch in der Vergangenheit bereits Verkehrsmodelle, doch wurden diese früher fast ausschliesslich zur Prognose zukünftiger Verkehrsbelastungen und damit als Grundlage für Entscheide eingesetzt, wie neue oder auszubauende Strassen zu dimensionieren seien.

Solche einfache Fragestellungen genügen indes nicht mehr. Moderne Verkehrsplanung muss sich heute mit Problemen der ausgewo-

genen Nutzung von Verkehrssystemen, mit der Umweltverträglichkeit und der Kosten-Nutzen-Optimierung von Verkehrsanlagen und ähnlich komplexen Forderungen auseinandersetzen – Fragen, denen mit Verkehrsmodellen alter Schule nicht mehr beizukommen ist. Denn diese gingen meist davon aus, dass in einem Teilgebiet erhobene Stichproben generell das Verkehrsverhalten aller Personen im ganzen bzw. in einem andern, von den Strukturen her vergleichbaren Gebiet praxisnah abbilden würden; das Verkehrsverhalten wurde somit bloss räumlich, nicht aber personenbezogen betrachtet. Ein modernes Verkehrsmodell muss hingegen auch die Reaktionen im Verkehrsverhalten – etwa auf Massnahmen baulicher oder verkehrstechnischer Art – sowohl qualitativ als auch quantitativ folgerichtig wiedergeben können.

## Menschliches Verhalten als Basis

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich ist deshalb, der heute in der Wissenschaft vorherrschenden Lehre entsprechend, als sogenannte disaggregiertes, verhaltensorientiertes Verkehrsmodell ausgelegt.

Um zu verstehen, was sich hinter dieser Bezeichnung versteckt, muss man sich über die Grundlagen, auf die sich das Modell stützt, im klaren sein. Die Ingenieure gehen davon aus, dass der Verkehr nicht einfach eine mehr oder weniger zufällig entstehende, zählbare Grösse darstellt; vielmehr wird er seinem Wesen nach einerseits durch Bedürfnisse, Wünsche und Notwendigkeiten von Menschen im Zusammenhang mit räumlichen Veränderungen bestimmt (Erreichen von Arbeits- oder Bildungsplätzen, Einkaufen usw.) und andererseits durch rationale Überlegungen der gleichen Menschen, wenn es darum geht, die individuell optimal scheinende Wahl von Zeitpunkt, Mittel und Weg für die räumliche Veränderung zu treffen. Ein weiteres wesentliches Merkmal bildet zudem

## Redaktionelle Verantwortung

für diesen Beitrag:

Tiefbauamt

Markus Kuonen

Chef Zentrale Dienste

Telefon 01 259 30 70

VERKEHR

die durch Beobachtung (Befragungen) gefestigte Annahme, dass das Verkehrsgeschehen von verhaltenshomogenen Gruppen geprägt wird.

### Grundlagen des Verkehrsmodells für den Kanton Zürich

Wie andere moderne Verkehrsmodelle besteht darum auch das für den Kanton Zürich jetzt vorliegende aus einem Angebots- und einem Nachfrageteil. Das Angebot wird beschrieben durch die Eigenschaften der vorgegebenen Verkehrsinfrastruktur (z.B. Verkehrsnetze, Fahrplanangebot, Reisezeiten) und der Attraktivität möglicher Zielorte (z. B. für das Einkaufen). Der Nachfrageteil beschreibt die Häufigkeit von Ortswechseln, die Zielwahl, die Wahl des geeigneten Verkehrsmittels und der Fahrroute.

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich, das in seiner ersten Realisierungsphase für den Personenverkehr an Werktagen vorliegt, unterscheidet im Nachfrageteil die folgenden Fahrtzwecke bzw. Verkehrsmittelkategorien:

- Fahrtzwecke – Berufspendler  
 – Ausbildungspendler  
 – Einkauf, Besorgungen  
 – Nutzverkehr  
 – Freizeitverkehr

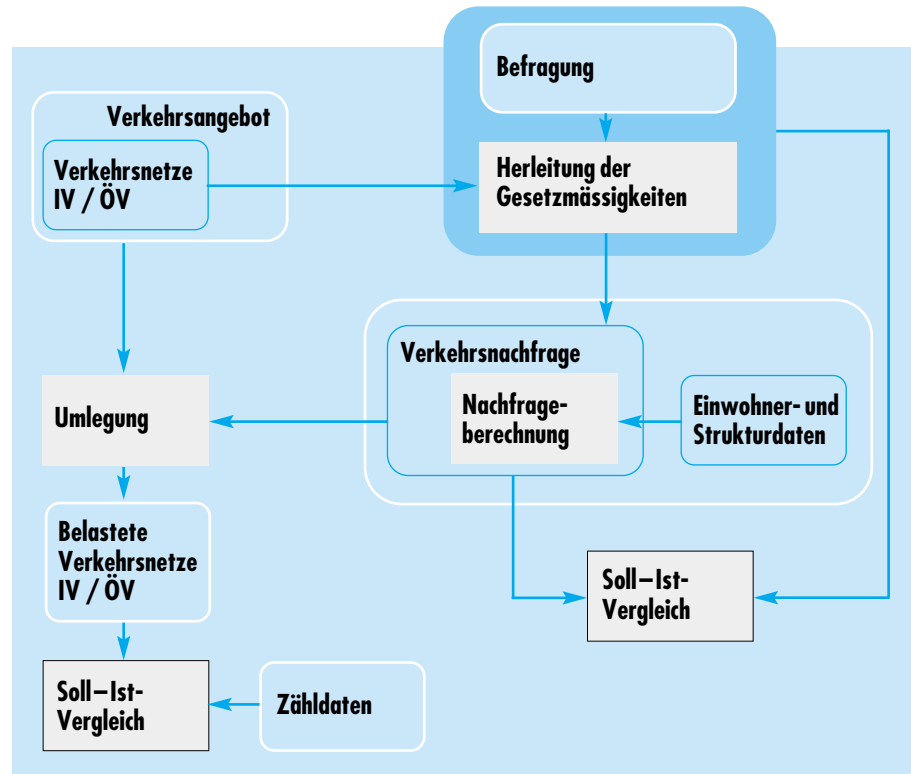
#### Verkehrsmittel

- Individualverkehr (IV)
  - Selbstfahrer (Auto, Motorrad)
  - Mitfahrer (Auto, Motorrad)
  - Velos/Mofas
  - Fussgänger
- Öffentlicher Verkehr (ÖV)
  - Bahn, Tram, Bus

In einer nächsten Phase ist eine Ausweitung des vorliegenden Modells auf den Personenverkehr an Wochenenden und auf den Güterverkehr vorgesehen.

### Konzeptionelle Vorgaben für das Funktionieren des Verkehrsmodells

Als *disaggregiert* wird das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich deshalb bezeichnet, weil im Nachfrageteil die Bevölkerung in verhaltenshomogene Gruppen gliedert ist. *Verhaltensorientiert* ist das Modell, weil es die ursächlichen Zusammenhänge einbezieht, nach denen Menschen eine Ortsveränderung vornehmen; beide konzeptionellen Vorgaben zusammen bewirken bei konkreten Anwen-



Die schematische Darstellung des Arbeitsablaufs bei der Erstellung des Verkehrsmodells für den Kanton Zürich kann dessen charakteristische Funktionsweise besser verständlich machen. Die Konzeption des Verkehrsmodells basiert auf zwei systematisch voneinander trennbaren Teilen. Der erste Block (mit dunklerem Blauton unterlegt) ist auf eine umfangreiche Befragung abgestützt; in diesem Teil wurden das Verkehrsverhalten erfragt und die Gesetzmässigkeiten des verhaltensorientierten, disaggregierten (gruppenspezifische Verhaltensmuster) Modellansatzes hergeleitet. Im zweiten Block (mit hellerem Blauton unterlegt) erfolgte die Umsetzung dieser Ergebnisse im Rahmen der Realisierung des Modells für den Kanton Zürich mit seinen eigenen strukturellen Gegebenheiten.

dungen (z. B. Veränderung der Verkehrsinfrastruktur), dass das Modell die unterschiedlichen Reaktionen der einzelnen Personengruppen auf Veränderungen des Verkehrsangebots verhaltenstypisch widerspiegelt. Grundlage für die Herleitung der dabei auftretenden Gesetzmässigkeiten bei der Verkehrsnachfrage ist eine im Herbst 1992 für das vorliegende Verkehrsmodell eigens durchgeführte Befragung zum Verkehrsverhalten in den Kantonen Zürich und Zug.

### Details, die individuelle Entscheidungsprozesse bestimmen

Die spezifische Verkehrserzeugung ist durch die folgenden Fragen charakterisiert:

- Wie häufig gehen Personen der unterschiedlichen Gruppen aus dem Haus (Anzahl Ausgänge)?
- Wieviele und welche Aktivitäten reihen diese Personen dann jeweils bei einem Ausgang aneinander (Anzahl Wege pro Ausgang und Reihenfolge der Aktivitäten)?
- Wann beginnen diese einzelnen Aktivitäten im Tagesverlauf?

Im vorliegenden Modell wird angenommen, dass die Entscheide für Wohn- und Arbeitsstandorte und über den PW-Besitz beim Entschluss für konkrete Ortsveränderungen bereits getroffen sind. Die Grundlage dieser Annahme bildet die Tatsache, dass die Wahl von Wohn- und Arbeitsort sowie der Entscheid über den PW-Besitz nur über längere Zeitabschnitte betrachtet revidiert werden können, während die Entschlüsse im Zusammenhang mit der Durchführung einer Fahrt (Zielwahl, Verkehrsmittelbenutzung usw.) relativ kurzfristig verändert werden können.

Die Durchführung einer Ortsveränderung setzt sich aus den vier einzelnen Entscheiden für die Ausübung einer bestimmten Tätigkeit, für ein Ziel, ein Verkehrsmittel und eine Route zusammen. Die Entscheide zur Ziel- und Verkehrsmittelwahl werden durch das Modell simultan abgebildet, d. h., Zielentscheide werden abhängig vom Nutzen des gewählten Verkehrsmittels getroffen. Haben sich die Personen für ein Ziel und ein Verkehrsmittel entschieden, wird mit Hilfe der

Umlegungsmodelle für den Individualverkehr und den öffentlichen Verkehr die Routenwahl bestimmt.

### Dreistufige Modellabgrenzung – Inhaltliche Abgrenzung

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich ist als sogenanntes *Basismodell* für den Personenverkehr realisiert und bildet damit einen Kern für die verschiedensten Anwendungen, für die z.T. Verfeinerungen und/oder Ergänzungen erforderlich sind. So lassen sich mit dem vorliegenden Basismodell alle Massnahmen, die kurzfristig umsetzbar sind und auf überregionaler und regionaler Ebene wirksam werden, untersuchen.

Für Untersuchungen auf lokaler Ebene innerhalb der Gemeinden sind Verfeinerungen der Verkehrsnetze und der Zonierung erforderlich. Gemeinden sind je nach Grösse in drei bis neun Zonen unterteilt (im Durchschnitt rund drei Quadratkilometer pro Zone) und das abgebildete Strassennetz enthält in der Regel keine Gemeindestrassen mit lokaler Bedeutung (z. B. keine Erschliessungsstrassen). Eine Ausnahme bildet die Stadt Zürich, die bereits im Basismodell verfeinert vorliegt (etwa 0.3 Quadratkilometer pro Zone) und für die auch ein lokales Strassennetz kodiert ist (Erschliessungsstrassen). Die Verkehrsnachfrage mit dem motorisierten Individualverkehr und dem öffentlichen Verkehr wird auf das jeweilige Netz umgelegt, d. h., es werden die Fahrrouten bestimmt.

### – Zeitliche Abgrenzung

Unterschieden werden die Tageszeiten:

- Morgenspitze (07.00 bis 08.00 Uhr)
- Zwischenstunde (10.00 bis 11.00 Uhr)
- Abendspitze (17.00 bis 18.00 Uhr)
- Randstunde (21.00 bis 22.00 Uhr)

Der Tagesverkehr (als durchschnittlicher Werktagsverkehr) wird aus den einzelnen Tageszeiten hochgerechnet. Der Schwerverkehr wird im Rahmen der ersten Phase auf den einzelnen Strecken im Strassennetz als Belastungsanteil ausgewiesen.

### – Räumliche Abgrenzung

Das Modell ist in ein Untersuchungsgebiet (Kanton Zürich), ein Einflussgebiet (Kantone Schaffhausen und Zug, Teile der Kantone Aargau, Schwyz und Thurgau) und ein Ausengebiet (restliche Schweiz und Ausland) unterteilt. Die höchste Genauigkeit wird im Untersuchungsgebiet erreicht, die Genauig-

keit des Aussenverkehrs wird durch das gesamtschweizerische Verkehrsmodell bestimmt, aus welchem es nach einer Plausibilisierung übernommen wurde.

### Wie gut sind die Resultate?

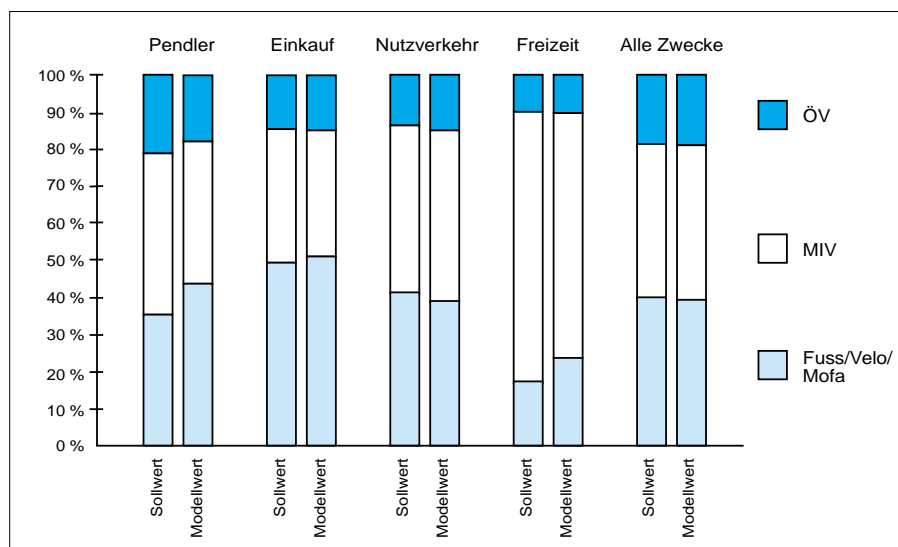
Die Qualität der modellmässigen Abbildung wird durch eine Gegenüberstellung von Kalibrationsdaten (Verkehrszählungen, Befragungen usw.) mit den Modellergebnissen beurteilt (siehe untenstehende Grafik). Die Kalibration auf der Ebene der Verkehrsbeziehungen ergibt im Vergleich zu den in der Befragung erhobenen Daten ein gutes Bild, ebenso im Vergleich mit den (auf Wege umgerechneten) Pendlerbeziehungen aus der Volkszählung 1990.

Die Resultate der Netzkalibration hingegen müssen unterschiedlich beurteilt werden:

- Die Netzkalibration im *motorisierten*

*Individualverkehr (MIV)* kann als gut bezeichnet werden, da hier sowohl von der Anzahl Messstellen als auch von der Menge an Zählraten pro Zählstelle her ausreichend Material zur Verfügung stand, um Aussagen über den Gültigkeitsbereich und die Genauigkeit der Zählraten machen und somit auch das Modellresultat in seiner Qualität einordnen zu können.

- Beim *öffentlichen Verkehr (ÖV)* können aufgrund der sehr geringen Anzahl verfügbarer Zählquerschnitte und des jeweils geringen Zählumfangs (pro Zählstelle ein Tag), keine abschliessenden Aussagen über die Güte der Kalibration gemacht werden. Die geringe Dichte der Zählstellen lässt grosse Lücken für eine flächenhafte Beurteilung offen. Der geringe Zählumfang lässt keine Rückschlüsse auf die Repräsentativität und Güte der Zählungen zu.



Resultat der Modellkalibration für die Verkehrsmittelwahl: Dargestellt sind die Soll-Werte im Vergleich zu den entsprechenden Modell-Werten.

### Anwendungen

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich kann vielfältige Aussagen über Auswirkungen von geplanten Einzelmassnahmen innerhalb des gesamten Verkehrsgeschehens im Modellraum liefern. Eine grobe Gliederung ergibt drei Bereiche möglicher Auswertungen, die selbstverständlich auch ganz oder teilweise untereinander kombinierbar sind:

#### – Streckenbezogene Auswertungen (Beispiele)

- Belastungen
- Differenzbelastungen (Unterschiede zwischen Varianten)
- Geschwindigkeiten

- Auslastungen
- und andere Problemstellungen

#### – Routenbezogene Auswertungen (Beispiele)

- Reisezeiten (Von Zone A nach Zone B)
- Wegewahl (Welche Wege wurden von Zone A nach Zone B benutzt?)
- Streckenbezogene Wegewahl (Welche Beziehungen führen über eine bestimmte Strecke?)

#### – Flächenbezogene Auswertungen (Beispiele)

- Verkehrsleistung in einem bestimmten Gebiet
- Emissionen innerhalb eines Gebietes

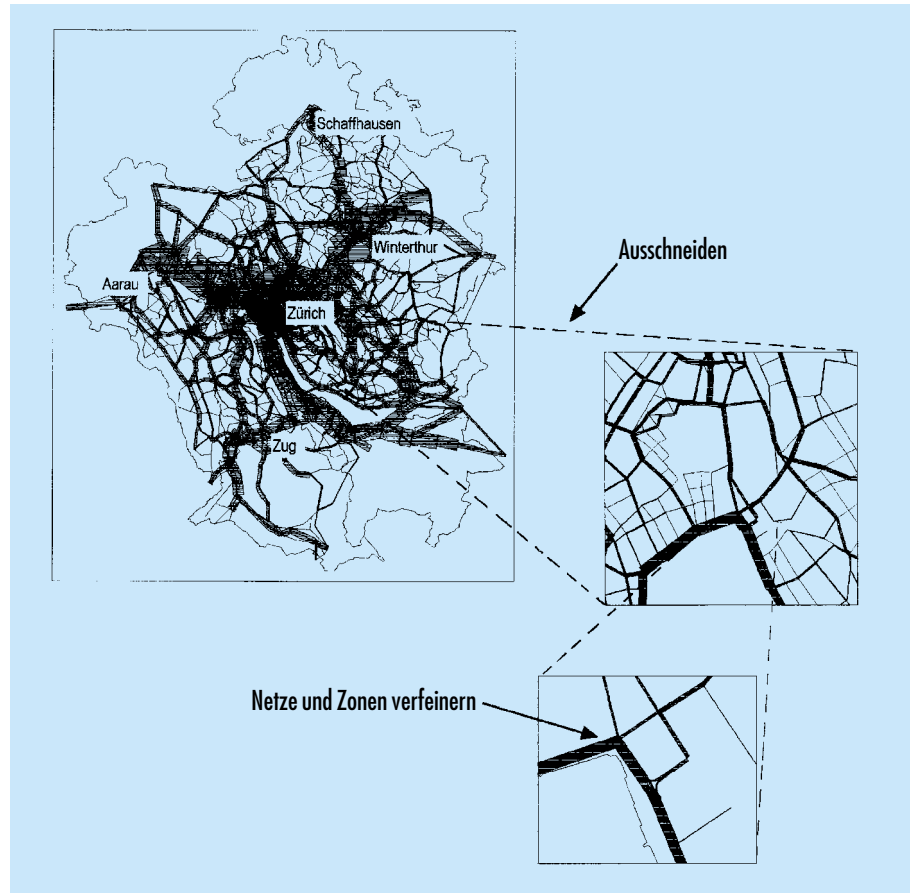
Die lokale Untersuchung bestimmter Massnahmen erfordert in aller Regel die Unterteilung der Zonen und die Verfeinerung der Verkehrsnetze. Hiefür bietet sich die sogenannte Window-Technik an. Damit kann am Computer aus dem umfassenden Basismodell ein gewünschtes Untersuchungsgebiet mit dem entsprechenden Perimeter ausgeschnitten werden, dass mit dem ausgeschnittenen Teilmodell sehr effizient gearbeitet werden kann. Im Teilmodell können beispielsweise Netz- und Zonenverfeinerungen vorgenommen werden.

### Wie ist bei einem konkreten Einsatz des Verkehrsmodells vorzugehen?

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich ist als Basismodell etabliert und somit im Rahmen der vorgängig beschriebenen integrierten Daten ab sofort einsatzbereit. Für konkrete Anwendungen gibt es die drei Möglichkeiten, dem Ingenieurbüro, welches das Modell etabliert hat, einen entsprechenden Auftrag zu erteilen, bei regelmässigem Einsatzbedarf ein System direkt beim Anwender zu installieren oder die Abgabe von Grundlagendaten zur Weiterverarbeitung ausserhalb des Verkehrsmodells für einen bestimmten Auftrag. Im ersten Fall dürfte der Ablauf keinerlei Probleme stellen: Der Anwender formuliert die Aufgabenstellung möglichst genau; darauf abgestützt erfolgt durch das Ingenieurbüro die Beratung zum Modelleinsatz, worauf die Modellrechnungen durchgeführt, die Ergebnisse dargestellt und eine erste Grobinterpretation vorgenommen werden. Mit diesen Ergebnissen wird dann der Auftraggeber im Sinne vertiefter Interpretation weiterarbeiten und seine Entscheide treffen können und gegebenenfalls einen Folgeauftrag für eine spezifische Zusatzabfrage an das Ingenieurbüro erteilen.

Die Installation des kompletten Systems direkt beim Anwender (vornehmlich käme dazu eine Verwaltungsstelle in Frage), ist mit erheblichem Aufwand verbunden und wird daher vorgängig in allen Einzelheiten abgeklärt werden müssen. Benötigt werden nebst fachkundigem Bedienungspersonal die geeignete Hardware und die erforderliche Softwarelizenz. Sicherzustellen wären zudem eine Hot-Line für Bedienungsfragen an das Ingenieurbüro und die Koordination der Aktualisierungen durch das Tiefbauamt.

Aufgrund eines schriftlichen Gesuchs an das Tiefbauamt werden Interessenten gegen



Die schematische Darstellung zeigt das Arbeitsprinzip mit der Window-Technik: Aus dem umfassenden Basismodell können am Computer Teilmodelle mit dem gewünschten Perimeter ausgeschnitten werden. Mit diesen Teilmodellen lässt sich anschliessend sehr effizient arbeiten. So können hier beispielsweise Zonen- und Netzverfeinerungen vorgenommen werden.

Entschädigung sachlich und/oder räumlich auf eine Problemstellung hin zugeschnittene Daten zur Weiterverarbeitung ausserhalb des Verkehrsmodells abgeben.

### Vorgesehene Aktualisierungen

Um seiner Aufgabe laufend optimal gerecht werden zu können, muss das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich, das zunächst für das Jahr 1992 etabliert wurde, in regelmässigen Abständen sinnvoll aktualisiert werden. Dies ist denn auch vorgesehen, wobei grob drei Aktualisierungsstufen unterschieden werden:

1. Die jährliche Anpassung des Strassennetzes, des Verkehrsregimes, der Linienführungen im öffentlichen Verkehr, des Angebots des öffentlichen Verkehrs sowie der Zählraten.
2. Die Anpassung der Strukturdaten (Wohn- und Arbeitsplätze usw.) etwa alle fünf Jahre, soweit dies die Datenlage gestattet (Betriebszählung, Volkszählung, Einwohnerkontrolldatei).
3. Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Verhaltensparameter in den

Nachfragefunktionen (Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsmittelwahl) etwa alle zehn Jahre.

Das Verkehrsmodell für den Kanton Zürich ist wohl ein modernes und weiter ausbaufähiges Arbeitsinstrument, das in vielen konkreten Fragestellungen das Fällen der am besten geeigneten planerischen Entscheide wesentlich erleichtern kann; doch dürfen seine Komplexität und daraus abgeleitet die hohen Anforderungen für einen effizienten Umgang mit dem Modell nicht unterschätzt werden. Für Interessenten seien deshalb die beiden folgenden Kontaktadressen als erste Anlaufstellen empfohlen:

**Tiefbauamt des Kantons Zürich**  
 Markus Kuonen, Chef Zentrale Dienste  
 Walcheter, 8090 Zürich  
 Telefon 01 259 30 70 / Telefax 01 259 31 29

Jenni + Gottardi AG, Beratende Ingenieure  
 Mutschellenstrasse 2, 8059 Zürich  
 Telefon 01 201 24 22 / Telefax 01 201 23 42