

Aktualisierung der Modal Split-Ansätze für Personenverkehrs-Modelle

**Actualisation des formulations de répartition modale
pour les modèles de transport de personnes**

Zusammenfassung d, f, e

**Ingenieur- und Planungsbüro
Paul Widmer, Frauenfeld
Paul Widmer, dipl. Ing. ETH**

**Forschungsauftrag 43/97 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)**

Juli 1999

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgangspunkt der Studie sind anfangs der 70er-Jahre durchgeführte Untersuchungen, in welchen eine SVI-Arbeitsgruppe den damaligen Stand der Forschung zum Thema der Behandlung des Modal Splits im Rahmen von Personenverkehrsmodellen darstellte und geeignete Modal Split-Ansätze für Anwendungen in der Schweiz suchte. Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die seitherige Entwicklung in Forschung und Praxis aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurden eine Literaturrecherche sowie eine Umfrage bei Forschungsstellen, Ämtern und privaten Verkehrsplanungsbüros durchgeführt.

In den 60er- und frühen 70er-Jahren lag das Schwergewicht auf der Entwicklung von aggregierten Regressionsmodellen, mit welchen versucht wurde, den Einfluss von Attributen des Verkehrsangebotes und von Zonendaten auf den Modal Split zu beschreiben. Mit der Verlagerung der Hauptstossrichtung der Verkehrspolitik eher weg von der Erstellung neuer Verkehrsinfrastrukturen und hin zum besseren Management der vorhandenen Mittel ergab sich der Bedarf nach Modellen, welche das Verhalten bei der Verkehrsmittelwahl besser zu erklären vermochten (verhaltensorientierte Modelle). Es wurden disaggregierte Modelle auf der Stufe individueller Verkehrsteilnehmer oder auf der Stufe verhaltensähnlicher Personengruppen mit dem aus der Nachfragetheorie bekannten Ansatz der Nutzenmaximierung entwickelt. Als am zweckmässigsten erwiesen sich Logit-Ansätze, welche heute als Standard gelten. Auf die multinomialen Logit-Ansätze folgten die geschachtelten Logit-Modelle, welche sich in komplexen Anwendungsfällen bewährt haben.

Neben den Ansätzen hat sich auch die Stellung der Nachbildung der Verkehrsmittelwahl innerhalb der Verkehrsmodelle geändert. Die bei traditionellen sequentiellen Modellen übliche statische Behandlung des Modal Splits als isolierter Teilschritt ist abgelöst worden durch eine dynamische Behandlung, welche die Abhängigkeiten zwischen den Teilschritten (Verkehrsgeneration, Verkehrsverteilung, Verkehrsteilung, Routenwahl) iterativ durch Rückkopplungen berücksichtigt resp. durch eine simultane Behandlung mehrerer Dimensionen des Mobilitätsentscheides. Häufig wird beispielsweise die Ziel- und die Verkehrsmittelwahl simultan in einem Modellschritt nachgebildet.

Mit Wegekettensmodellen wird der Erkenntnis Rechnung getragen, dass das Verkehrsmittel nicht für jeden Einzelweg frei gewählt werden kann. Viele der durchgeführten Wege sind Teil von Wegekettensmodellen, welche die zeitlich und örtlich positionierten Aktivitäten der Verkehrsteilnehmer verbinden. Die Verkehrsmittelwahl für einen bestimmten Weg ist abhängig von der Verkehrsmittelwahl für den vorangegangenen und/oder nachfolgenden Weg.

Die heutigen Wegekettensmodelle verwenden für verhaltensähnliche Personengruppen empirisch ermittelte Häufigkeitsverteilungen typischer Aktivitätenketten als exogene, fixe Grössen. In der Realität sind die Aktivitätenketten eines Individuums abhängig von dessen Gesamtsituation, zu der auch die antizipierte und die tatsächliche Verkehrssituation gehören. Aktuelle Forschungsprojekte im Ausland versuchen, diese Zusammenhänge modellmässig zu erfassen. Als erste Resultate sind entsprechende Modell-Prototypen vorhanden. Bis aber dynamische aktivitätenorientierte Verkehrsmodelle die Praxistauglichkeit erreicht haben, bedarf es noch grosser Forschungsanstrengungen.

Aus theoretischer Sicht kommt das Prinzip dieser aktivitätenorientierten Modelle der Idealvorstellung eines Ansatzes für eine möglichst zutreffende Beschreibung des Verkehrsverhaltens am nächsten. Die Modelle sind zwar noch nicht anwendbar, können uns aber dazu dienen, mindestens qualitativ zu überlegen, wie sich die für praktische Anwendungen unerlässlichen Vereinfachungen auf die Modellresultate auswirken dürften.

Die durchgeführte Umfrage zum Stand der Praxis in der Schweiz hat gezeigt, dass das Thema "Modal Split" in vielen Fällen mit Richt- und Erfahrungswerten "pragmatisch" angepackt wird. Oft werden nur die Auswirkungen von Angebotsänderungen bei bestimmten öffentlichen Verkehrsmitteln auf deren Benutzung abgeschätzt. Für komplexere Fragestellungen kommen in- und ausländische, dem "state of the art" entsprechende Verkehrsmodell-Softwarepakete zum Einsatz, wobei teilweise die Modellierung der Verkehrsmittelwahl mit Logit-Ansätzen ausserhalb dieser Softwarepakete erfolgt. Es kann festgestellt werden, dass auch in der Schweiz vermehrt sowohl

aggregierte als auch disaggregierte Logit-Modelle sowie Wegekettenmodelle zum Einsatz gelangen.

Der Forschungsbericht schliesst mit Empfehlungen für die Behandlung des Modal Splits resp. der Verkehrsmittelwahl im Rahmen von Verkehrsplanungen. Dabei wird klar zum Ausdruck gebracht, dass die Zweckmässigkeit eines Modal Split-Ansatzes resp. eines Verkehrsmittelwahl-Modelles immer im Kontext der zu behandelnden Fragestellung und der zur Verfügung stehenden Mittel, insbesondere auch der Datenlage, beurteilt werden muss.

Für Grobabschätzungen der Auswirkungen von Angebotsänderungen bei bestehenden Verkehrssystemen eignen sich aggregierte inkrementweise Logit-Ansätze, welche sich "von Hand" unter Verwendung üblicher Tabellenkalkulationsprogramme berechnen lassen. Sind zuverlässigere Schätzungen erforderlich, empfiehlt sich der Einsatz von Wegekettenmodellen oder disaggregierten geschachtelten Logit-Ansätzen. Bei letzteren sollte simultan mit der Verkehrsmittelwahl die Zielwahl, evtl. auch die Routenwahl, modelliert werden.

Die Abschätzung des Einflusses von Verkehrsmanagement-Massnahmen auf die Verkehrsmittelwahl stellt hohe Anforderungen an das Modellinstrumentarium. Am ehesten eignen sich disaggregierte Logit-Modelle. Wenn möglich sollten neben den üblichen Variablen auch subjektiv empfundene Attribute und insbesondere die Interaktionen innerhalb der Haushalte (z.B. Autoverfügbarkeit) sowie die Wegeketten berücksichtigt werden.

Sind die Modal Split-Verschiebungen infolge der Einführung eines völlig neuen Verkehrssystems (z.B. Swissmetro) abzuschätzen, müssen die erforderlichen Daten in der Regel mit speziellen Panelbefragungen (Stated Preference Daten) erhoben werden. Entsprechend dem so gewonnenen disaggregierten Datensatz ist der Einsatz disaggregierter Logit-Modelle naheliegend.

Die Berücksichtigung von Fussgängern und Radfahrern im Rahmen von Modal Split-Untersuchungen erfordert ausreichend detaillierte Angaben über die Angebotsattribute. Aggregierte Ansätze sind höchstens bei sehr feiner Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Verkehrszonen geeignet. Bessere Resultate sind aber in jedem Fall mit disaggregierten Ansätzen zu erwarten, weil mit diesen neben den individuellen sozioökonomischen Daten auch die Angebotsattribute, wie sie der einzelne Verkehrsteilnehmer effektiv erlebt, vom Ausgangs- bis zum Zielort der Wegetappen, berücksichtigt werden können.

Für die Erstellung und Beurteilung von Modal Split-Prognosen enthält der Bericht u.a. die folgenden generellen Hinweise:

- Die Wahl des Wohnortes und der Entscheid bezüglich Autobesitz haben einen starken Einfluss auf die Wahl des "gewohnten" Verkehrsmittels für einen grossen Teil der Wege. Das Potential für kurzfristige Wechsel des Verkehrsmittels ist daher eingeschränkt.
- Der Aspekt des Modal Splits darf nicht isoliert betrachtet werden. Auch bei groben Untersuchungen sind mögliche weitere Auswirkungen, z.B. auf die Verkehrsgeneration, die Verkehrsverteilung, die Routenwahl oder die Wahl der Tageszeit, durch eine Beurteilung der entsprechenden Rückkopplungen (systeminhärente Dynamik), mindestens qualitativ abzuschätzen.
- Auf Einzelwegen basierende Ansätze haben kein "Gedächtnis", die Modellierung der Verkehrsmittelwahl erfolgt also unabhängig vom vorangegangenen und vom nachfolgenden Weg. Dies führt dazu, dass diese Ansätze die Änderungen des Modal Splits in der Regel überschätzen.
- Die Bewertung der Zeit und die Ansprüche in Bezug auf Zuverlässigkeit, Komfort, Transport von Gepäck usw. hängen vom Fahrtzweck ab. Bei Modal Split-Untersuchungen ist daher eine Unterscheidung nach Fahrtzwecken anzustreben.

Die Forschungsarbeit hat gezeigt, dass die Modelle für die eigentliche Verkehrsmittelwahl einen hohen Stand erreicht haben. Es gibt aber keinen Modellansatz, welcher sich für alle Anwendungsfälle gleich gut eignen würde. Es obliegt dem Verkehrsingenieur, die vorhandenen Instrumente für jede zu behandelnde Fragestellung sorgfältig zu beurteilen und unter Abwägung der Vor- und Nachteile (Aussagekraft, Genauigkeit, Ressourcen) den geeigneten Ansatz zu wählen. Die in der Forschungsarbeit vorgenommene Auslegeordnung der heute verfügbaren Instrumente und deren

Eigenschaften bietet dazu eine gute Grundlage. Zu beachten ist auch, dass die Verkehrsmittelwahl nur ein Einzelaspekt innerhalb des Prozesses der mobilitätsrelevanten Entscheidungsfindung ist. Dieser Prozess wiederum ist eingebettet in das dynamische System der Aktivitäten- und Zeitplanung. Es ist vor allem die Modellierung dieser Zusammenhänge, welche noch eines grossen Forschungsaufwandes bedarf.

RÉSUMÉ

Le point de départ de l'étude sont les travaux effectués au début des années 70, dans lesquels un groupe de travail de la SVI a présenté l'état de la recherche sur le thème de la répartition modale dans le cadre des modèles de transport de personnes et a recherché les formulations adéquates pour des applications en Suisse. L'objectif de la présente étude est de montrer les développements intervenus depuis dans la recherche et la pratique. Un examen des publications ainsi qu'une enquête auprès des instituts de recherche, des administrations et des bureaux privés de planification des transports ont été entrepris dans ce but.

Dans les années 60 et au début des années 70, l'intérêt principal a porté sur le développement de modèles agrégés basés sur des régressions par lesquels on s'est efforcé de décrire les effets des caractéristiques de l'offre de transport et des données des zones sur le choix modal. Avec l'évolution de la politique des transports passant de la construction d'infrastructures à la meilleure gestion des moyens à disposition, est apparu le besoin de modèles qui permettent de mieux expliquer le comportement lors du choix modal (modèles d'après le comportement). Des modèles désagrégés au niveau des individus ou de groupes de personnes à comportement analogue ont été développés sur la base de l'approche, bien connue en théorie des marchés, de la maximisation de l'utilité. Les formulations Logit se sont montrées les plus pertinentes et elles sont devenues le standard actuel. Après les formulations Logit multinomes sont apparues les modèles Logit emboîtés qui se sont imposés dans les applications complexes. En Suisse aussi, les modèles Logit sont de plus en plus utilisés.

A côté des formulations, la place de la modélisation du choix modal s'est aussi modifiée au sein des modèles de transport. L'approche statique de la répartition modale comme un pas isolé dans les modèles séquentiels a cédé la place à une approche dynamique qui tient compte des relations entre les pas¹, soit de manière itérative par des boucles, soit par un traitement simultané de plusieurs aspects des décisions relatives à la mobilité. Souvent par exemple, le choix de la destination et du moyen de transport est effectué simultanément dans le même pas du modèle.

Le fait que le moyen de transport ne peut pas être librement choisi pour chaque déplacement est pris en compte par les modèles de chaînes de déplacements. Bien des déplacements font partie d'une chaîne qui relie les activités de l'usager en fonction du temps et de l'espace. Le choix du moyen d'un déplacement particulier est dépendant du choix du moyen du déplacement précédent et/ou suivant.

Les modèles actuels de chaînes de déplacements utilisent, pour des groupes de personnes à comportement analogue, des distributions relatives de chaînes typiques d'activités établies empiriquement comme des grandeurs exogènes fixes. En réalité, les chaînes d'activités d'un individu dépendent de sa situation, laquelle comprend aussi les conditions prévisibles et effectives de déplacement. De récents projets de recherches à l'étranger tentent de modéliser ces interactions. Il existe de premiers résultats sous forme de prototypes de modèles. D'énormes efforts de recherche sont encore nécessaires afin d'arriver à maîtriser pratiquement des modèles dynamiques de transport d'après les activités.

D'un point de vue théorique, le principe de ces modèles d'après les activités est proche de l'idéal pour une formulation décrivant le plus précisément possible le comportement en matière de transports. Les modèles ne sont en fait pas encore applicables, mais ils peuvent servir à apprécier, au moins qualitativement, quels effets sur les résultats de modélisation pourraient avoir les simplifications indispensables aux applications pratiques.

L'enquête effectuée sur l'état de la pratique en Suisse a montré que le thème de la répartition modale était abordé dans bien des cas de manière "pragmatique" avec des valeurs de référence ou d'expérience. Souvent, seuls les effets de modifications de l'offre de certains services de transports publics sont estimés sur leur fréquentation. Pour des questions complexes, des logiciels suisses ou étrangers spécifiques aux modèles de transport sont utilisés. La modélisation du choix

¹ Génération, Distribution, Répartition modale, Affectation

modal intervient cependant en partie à l'aide de formulation Logit en dehors de ces logiciels spécifiques. Il est apparu qu'en Suisse aussi le recours aussi bien à des modèles Logit agrégés ou désagrégés qu'à des modèle de chaînes de déplacements est de plus en plus fréquent.

Le rapport de recherche se termine par des recommandations pour l'approche des questions de répartition modale lors de planification des transports. Il apparaît clairement que la pertinence d'une formulation de choix modal doit toujours être examinée en fonction des questions à aborder et des ressources disponibles, en particulier des données de base.

Pour des estimations sommaires des effets de modifications de l'offre dans des systèmes de transport existant, les formulations agrégées Logit incrémentales conviennent. Elles sont calculables "à la main" à l'aide des tableurs usuels. Si des estimations plus sûres sont nécessaires, le recours à des modèles de chaînes de déplacements ou à des formulations désagrégées de Logit emboîté sont recommandées. Dans ce dernier cas, le choix de la destination voire aussi de l'itinéraire devrait être modélisé avec celui du moyen de transport.

L'estimation de l'influence de mesures de gestion du trafic sur le choix modal impose des exigences élevées aux instruments de modélisation. Les modèles Logit désagrégés conviennent le mieux. Dans la mesure du possible et en plus des variables usuelles, il faudrait tenir compte de caractéristiques subjectives avec, en particulier, les interactions à l'intérieur des ménages (p. ex. disponibilité d'un véhicule) et les chaînes de déplacements.

Si des évolutions de choix modal sont étudiées en raison de l'introduction d'un nouveau moyen de transport (p. ex. Swissmetro), les données nécessaires doivent être en général établies par des enquêtes (préférences déclarées). En accord avec les données désagrégées ainsi obtenues, le recours à des modèles désagrégés Logit est évident.

La prise en compte des piétons et des deux-roues dans des études de répartition modale exige des données suffisamment détaillées sur les caractéristiques de l'offre. Des formulations agrégées sont appropriées seulement lors d'un découpage en zones très détaillé du périmètre d'étude. De toute façon, de meilleurs résultats seront obtenus avec des formulations désagrégées parce qu'elles permettent de tenir compte, à côté des données socio-économiques individuelles, des caractéristiques de l'offre telles que l'usager individuel les perçoit effectivement entre l'origine et la destination de son déplacement.

Pour l'établissement et l'évaluation de prévisions de choix modal, le rapport contient entre autres les indications générales suivantes:

- Le choix du domicile et la décision d'avoir une voiture ont une influence importante sur le choix du moyen "habituel" de transport pour une grande partie des déplacements. Le potentiel de changement à court terme du moyen de transport est de ce fait limité.
- La répartition modale ne doit pas être traitée isolément. Même dans un examen superficiel, il s'agit d'apprécier au moins qualitativement les autres effets possibles, par exemple sur la génération de trafic, sur la distribution, sur le choix de l'itinéraire ou le choix du moment de la journée, à l'aide d'une évaluation des influences par des boucles correspondantes (dynamique interne au système).
- Les approches se basant sur les déplacements unitaires (point à point) n'ont pas de "mémoire". La modélisation du choix modal intervient ainsi indépendamment du déplacement précédent ou suivant. Cela mène à des formulations qui surestiment en général les évolutions modales.
- L'importance du temps et les attentes en matière de ponctualité, de confort, de transport des bagages etc. dépendent du motif de déplacement. Il faut ainsi s'efforcer de distinguer les motifs lors d'un examen de la répartition modale.

La recherche a montré que les modèle de choix modal ont atteint un haut niveau. Le choix modal n'est cependant qu'un aspect isolé dans le processus de décision en matière de mobilité. Ce processus est lui aussi inclus dans le système du planning des activités et des journées. C'est avant tout la modélisation de ces interactions qui exige encore un important effort de recherche.

SUMMARY

In the early seventies the SVI (Swiss Association of Transportation Engineers) commissioned a work group with the research in relation to the Modal Split. This group reviewed the state of the art of mode choice modeling and tried to establish the most suitable applications for Switzerland. Based on the results of these investigations the present study describes the evolution of both theory and practical applications of mode choice modeling up to today. The results of an extensive literature review and of a survey of institutions involved in transportation modeling, such as research institutes, governmental agencies and consulting firms, are presented.

In the sixties and seventies most efforts were devoted to the development of aggregated regression models in order to describe the dependence of mode choice on attributes of transportation supply and zonal structure. In the mean time, the focus of transportation planning has largely shifted away from new infrastructural constructions toward improved transportation system management. This called for models better suited to explain the mode-choice-behavior (behavioral models). Disaggregated models were developed to explain the behavior of individuals or homogenous (in terms of travel behavior) groups or categories. These models are based on the theorem of utility maximization known from econometric consumption theory. Logit models became the standard approach for mode choice modeling. Following the multinomial models, nested logit models were developed for applications in more complex situations. In Switzerland, too, logit models are being used more and more extensively.

Not only the theoretical foundation but also the position of mode choice models within the modeling framework has changed. The previous static treatment of modal split within the early sequential 4-step-models has been replaced by a more dynamic approach involving the introduction of feedback loops between each or some of the steps, and by models treating several dimensions of mobility decisions simultaneously, such as the choice of destination and mode.

Tour-based models take into account that travelers combine trips to tours which connect their activities allocated in space and time. The mode-choice for a specific trip is dependant on the characteristics of both the preceding and the following trip.

Today's tour based models use empirically obtained frequency distributions of typical activity-chains for each category of persons as an exogenous information. In reality, though, an individual's activity-chains are not fixed, but rather conditioned by the actual situation, including the prevailing transportation characteristics he or she experiences. Current research outside Switzerland tries to build models capturing these interrelationships. As first results, prototype models have been developed, but it will require many more research efforts before these types of transportation models can be used by transportation planners on an everyday basis.

From a theoretical point of view, activity-based transportation models come closest to the ideal approach for describing travel behavior. Although these models are not yet ready for use in practice, the underlying ideas can help us in considering how the simplifications one has to make in the modeling approach will influence the results.

The survey of the state-of-the-art practice in Switzerland revealed that in many cases mode choice modeling is done quite "pragmatically". The analysis of supply changes often considers the patronage of the directly effected mode only, without e.g. taking into consideration mode shifts or shifts in total demand. For more complex studies, transportation model packages are used which represent the international state-of-the-art. Disaggregated logit models and tour-based models are increasingly being used in Switzerland too.

The study concludes with recommendations on the use of mode-choice models. It has become evident that the choice of the most appropriate approach has to take into account the questions to be answered and the resources available.

For sketch-planning the use of ordinary spreadsheets (e.g. NCHRP Report 365) is recommended. Where more accurate results are required, tour-based or disaggregated nested logit models should

be used. With nested logit models at least choice of destination and mode, if possible also choice of route, should be modeled simultaneously.

The analysis of transportation system management measures requires more sophisticated model tools such as disaggregated multinomial logit models. These models should be tour-based. Whenever possible, traveler attitudes and perceptions as well as household attributes, such as car availability, should be included within the modeling framework.

To obtain the data needed for the estimation of mode shifts that may be caused by the introduction of entirely new modes (such as the "Swissmetro"), stated preference experiments are necessary. According to the data obtained, the use of disaggregated logit models is evident.

The inclusion of walking and bicycling as feasible alternatives in mode choice modeling requires that supply data is available at a detailed level. For aggregated models the analysis zones have to be so small that the intrazonal trips can be safely ignored. However, better results will be obtained by the use of disaggregated models, since they reflect the supply attributes and the characteristics of the travelers in a much more realistic way.

The study results in the following recommendations for the preparation and analysis of mode-choice forecasts:

- The choice of the location of residence and decisions concerning car ownership strongly influence mode-choice behavior. The potential for short term mode-switching is limited.
- Mode-choice must not be considered by its own. Even when doing sketch planning, one should be aware of the dynamics inherent within the transportation system. Possible further effects, e.g. on trip generation, trip distribution, route choice or choice of the time of day, should be taken care of by an – at least coarse – analysis of feedback loops.
- Models based on trips have no "memory". These models assume that travelers choose the mode for a specific trip independent on the characteristics of the preceding or following trip. This assumption may lead to an overestimation of the expected mode shifts.
- The value of time and the expectations in terms of reliability of service, comfort, luggage transportation etc. depend on the trip purpose. Mode-choice modeling should therefore distinguish between the different trip purposes.

As the study has evidenced, a high standard has been achieved in mode-choice modeling. However, there is not a single type of model which is equally well suited for all types of possible applications. The analyst has to choose the optimal approach by taking into account the characteristics of the problem to be tackled and by weighing the advantages and disadvantages (desired accuracy of the results on the one hand, and availability of resources in terms on money, time and data on the other hand). For this task, the overview of the different approaches presented in this study is a valuable help. It is important for the analyst to always remember that mode-choice is just one of many aspects of the decision making process of travelers. This process itself is embedded in the dynamic time and activity planning process of individuals. It is foremost the modeling of this dynamic time and activity planning process which still requires a considerable amount of future research.