| An/To:  **XX**  Zur Kenntnis/For attention  Rücksprache/Consultation | Von/From:  **Martin SNETHLAGE** (PTV Group)  Vertraulich/Confidential  Zu erledigen bis/To do by: | Datum/Date:  **01.07.21** |
| --- | --- | --- |

Warum ABM?

Schon seit einigen Jahren wird über aktivitäten-basierte Modelle (ABM) als Alternative zu makroskopischen aggregierten Modellen gesprochen. Mit dem Release 2022 kann auch in Visum ein hochaufgelöstes ABM modelliert werden. Dieser Text soll als Orientierung dienen, welche Vorteile das Visum-ABM gegenüber aggregierten Modellen bietet. Daraus lässt sich dann ableiten, welche Modellform für das eigene Projekt am geeignetsten ist.

Die entscheidende Stärke des Visum-ABM ist seine hohe Auflösung. Dadurch werden typische Vereinfachungen makroskopischer Modelle überwunden und sehr exakte Kenngrößen berechnet, was zu genaueren Modellergebnissen und einer erheblich verbesserten Maßnahmensensitivität führt. Im Vordergrund steht also nicht die hohe Auflösung der Modellergebnisse, sondern die viel genauere Bewertung von Maßnahmen und Szenarien.

Die Disaggregierung betrifft vier Aspekte:

* Die räumliche Auflösung entspricht Standorten und nicht, wie in aggregierten Modellen üblich, Bezirken. Bei der Moduswahl werden Fahrzeiten deshalb nicht durch durchschnittliche Bezirksrelationen angenähert, sondern basieren auf exakten Knoten-zu-Knoten-Kurzwegen.
* Die zeitliche Auflösung in mehrere Tageszeit-Perioden ermöglicht die Berücksichtigung von zeitlich differenziertem ÖV-Angebot sowie unterschiedlichen IV-Auslastungsgraden bei der Ziel- und Moduswahl.
* Die Bevölkerung wird durch individuelle Personen repräsentiert, die in Simulationen konkrete (also diskrete) Entscheidungen fällen. Dadurch können Segmentierungen sehr flexibel gestaltet werden oder Personen- und Haushaltseigenschaften wie z.B. das Einkommen direkt in die Wahlmodelle einfließen.
* Die Ziel- und Moduswahl erfolgt innerhalb einer konkreten Tour und ist vollständig konsistent modelliert. So basiert die Moduswahl z.B. auch auf der Verkehrslage zum Zeitpunkt der Rückfahrt, und die Wahlmodelle von Zwischenzielen sowie Sub-Touren berücksichtigen die Hauptaktivität (durch sogenanntes Rubberbanding) und den Tour-Modus.

Das neu entwickelte Visum-ABM stellt damit insbesondere für die Moduswahl einen Quantensprung dar:

* Da IV-Fahrzeiten je Tagesperiode berücksichtigt werden, können Auswirkungen von überlasteten Straßen auf die Verkehrsmittelwahl modelliert werden.
* Mit der Verwendung einkommensabhängiger Kenngrößen kann eine Spitzenstunden-Maut zusammen mit individuellen Zeitwerten (value of time) modelliert werden.
* Die ÖV-Kenngrößen reflektieren das sich über den Tag ändernde Angebot. Dadurch werden insbesondere Schwachlastzeiten korrekt in der Moduswahl berücksichtigt.
* Die Verkehrsmittelwahl basiert sowohl auf dem Hinweg als auch auf dem Rückweg. Dadurch werden ggf. fehlende ÖV-Verbindungen genauso berücksichtigt wie ggf. überlastete Straßen.
* Die Fahrzeiten zwischen benachbarten Standorten basieren auf dem Kurzweg und stellen nicht mehr durchschnittliche Fahrzeiten zwischen Bezirken dar. Dies führt zu erheblich verbesserten Moduswahlen besonders hinsichtlich der Modi Fuß und Rad, welche immer stärker in den Fokus der Verkehrsplanung rücken.
* Der Länge des Fußweg-Zugangs zum ÖV ist mit-entscheidend für dessen Nutzung. Während diese Größe in makroskopische Modelle durch einen bezirksweiten Durchschnittswert eingeht, wird sie im PTV-ABM für jedes Standort-Paar individuell berücksichtigt.
* Da das Visum-ABM vollständige Touren erzeugt, können Ladezustände von Elektrofahrzeugen modelliert werden. Auf diese Weise könnten Standorte für e-Tankstellen bewertet werden.

Das Ergebnis der Nachfrageberechnung sind je Person eine oder mehrere Touren. Eine Tour besteht aus mehreren Wegen, deren Quellen und Ziele, Modi, Abfahrts- und Ankunftszeiten und aus den Aufenthaltsdauern an den Aktivitätenstandorten. Für Umlegungen wird die Nachfrage aus den Touren in Bezirksmatrizen konvertiert und auf die übliche (makroskopische) Art umgelegt.

Das PTV-ABM beinhaltet alle üblichen Funktionen von aggregierten Modelltypen: Zielkopplung der Pflichtaktivitäten, Rubberbanding von Zwischenaktivitäten, Modus-Logsummen in der Zielwahl. Im Grunde kann man das PTV-ABM auch als eine Erweiterung des tourenbasierten Nachfragemodells (Visem) ansehen.

Der wesentliche Nachteil eines ABM basiert auf seiner Simulationsnatur. Im PTV-ABM agieren diskrete Personen, ihre Entscheidungen werden mit sogenannten Monte-Carlo-Simulationen simuliert. Da Simulationen auf die Erzeugung von Zufallszahlen basieren, ist auch das Modellergebnis zu einem gewissen Grad zufällig.

Auf den ersten Blick scheint hier ein Widerspruch vorzuliegen: Auf der einen Seite dient die hohe Auflösung des ABM dazu, die Wirkung von eher kleinräumigen Veränderungen zu modellieren, auf der anderen Seite werden gerade kleine Wirkungsänderungen vom teilweise zufälligen Charakter der Modellergebnisse verdeckt. Der Widerspruch ist aber nur scheinbar vorhanden. Maßnahmen, deren Wirkungen beim ABM unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen, sind in der Regel auch für den Modellierer uninteressant. Allerdings lässt sich nur mit einem hochaufgelösten Modell überhaupt erst entscheiden, ob eine Wirkung tatsächlich irrelevant klein ist. Außerdem erlaubt erst die hohe Auflösung, ggf. kleinräumige Wirkungen (z.B. Zu-/Abnahme von Passagieren bei einer neuen Bushaltestelle) zu erkennen.

**Wie ist der Daten- und Parameterbedarf im Vergleich zu klassischen makroskopischen Nachfragemodellen?**

Wie oben schon erwähnt, kann man das PTV-ABM auch als Erweiterung des tourenbasierten Nachfragemodelltyps (Visem) ansehen. Die höhere Auflösung führt jedoch nicht zwangsläufig zu einem erhöhten Datenbedarf. In den meisten Fällen werden die gleichen Daten benötigt, die auch für die Modellierung eines makroskopischen Modells zur Verfügung stehen.

Die Ziel- und Moduswahl wird mit üblichen nutzenbasierten Logit-Modellen modelliert, somit können bisher in makroskopischen Modellen verwendete Nutzenfunktionen einfach übertragen werden. Auch die für die Kalibrierung dieser Teilmodelle notwendigen Daten unterscheiden sich meistens nicht von denen makroskopischer Modelle.

Ein unterschiedlicher Parameterbedarf kann, abhängig vom Modell, beim Erzeugungsmodell vorliegen. Bei klassischen makroskopischen Modellen werden jeder Personengruppe statistisch ermittelte Bewegungsmuster zugewiesen. Bei ABM sind zwei Modellierungsansätze zu unterscheiden: entweder analog zu makroskopischen Modellen, wobei in Befragungen ermittelte Bewegungsmuster direkt verwendet werden, oder indem diese Bewegungsmuster in mehreren aufeinander folgenden Entscheidungsmodellen erzeugt werden.

Die meisten ABM verwenden den letzteren Ansatz, um auch solche Szenarien modellieren zu können, die die Erzeugung betreffen. Da die Parametrisierung und Kalibrierung der Kette an Entscheidungsmodellen allerdings sehr aufwendig sein können, empfehlen wir den ersten Ansatz, der eine mit makroskopischen Ansätzen vergleichbare Genauigkeit liefert. Letztlich ist dies eine Frage von Kosten und Nutzen.

Mit dem Visum-ABM können beide Ansätze realisiert werden. Eine genauere Beschreibung des Vorgehens findet sich in der Modelldokumentation.

Der Datenbedarf für die Erzeugung ist sehr ähnlich dem eines makroskopischen Modells, es werden Mobilitätsdaten und Strukturdaten benötigt. Die Mobilitätsdaten entstammen typischerweise einer Mobilitätsbefragung mit Wegetagebuch. Dabei muss die Mobilitätsbefragung nicht unbedingt genau in der Planungsregion durchgeführt worden sein. Es reicht in der Regel eine repräsentative Befragung, bei der die Bewegungsmuster, also die Aktivitätenfolgen, deren Startzeiten und Dauern, mit denen im Planungsgebiet vergleichbar sind.

Die Strukturdaten, also im Wesentlichen Erzeugungs- und Anziehungspotentiale, müssen auf mikroskopischer Ebene vorliegen, häufig Mikrozonen (engl. „micro zones“) genannt. Die Auflösung dieser mikroskopischen Ebene bestimmt die räumliche Genauigkeit des Modells. Denkbar sind Auflösungsgrade vom Wohnquartier über Baublöcke bis hin zu einzelnen Gebäuden.

Zur Kalibrierung sind die üblichen Daten wie Modal Split und Reiseweitenverteilungen erforderlich, die in der Regel aus einer Mobilitätsbefragung abgeleitet werden. Falls das oben angesprochene komplexe Erzeugungsmodell verwendet wird, sind weitere statistische Daten notwendig, die sich aber alle aus Mobilitätsbefragungen ableiten lassen.

**Welcher Mehraufwand entsteht bei einem ABM?**

Im Normalfall ist der Aufwand beim Aufbau und bei der Kalibrierung eines ABM vergleichbar mit dem eines makroskopischen Modells. Die Zielgrößen und deren Auflösung bei der Kalibrierung eines ABM sind die gleichen wie bei makroskopischen Modellen. Dies ändert sich, wenn die Ansprüche an Genauigkeit auf die Mikrozonen ausgeweitet werden. Allerdings ist ein solcher Grad an Genauigkeit in der Regel nicht notwendig.

Der Aufwand wird sich in den meisten praktischen Fällen allerdings dennoch erhöhen, weil sich Modellierer häufig eine gewisse Infrastruktur für eine effiziente Kalibrierung erstellt haben. Solche Hilfsmittel können in der Regel nicht ganz ohne Aufwand für das Visum-ABM übernommen werden, auch wenn sich die Modellstruktur nicht sonderlich von einer makroskopischen unterscheidet.

Ein bisher nicht genannter Aspekt ist der Rechenaufwand. Es ist zu erwarten, dass dieser bei einem Visum-ABM höher ist als bei einem makroskopischen Modell. Das Visum-ABM verwendet allerdings zahlreiche Beschleunigungen, die eine performante Berechnung der Nachfrage von Millionen Personen möglich macht. Außerdem ermöglicht die parallelisierte Berechnung in Kombination mit einem geeigneten Computer eine fast beliebige Skalierung der Rechengeschwindigkeit.