

Senozon Mobilitätsmodell



Modellbeschreibung Deutschland

Dokumentation

1. Oktober 2018

Einleitung

Das Senozon Mobilitätsmodell Deutschland (SMMDE) ist ein detailliertes räumliches und zeitliches Abbild des Landes im Computer, wobei die gesamte Infrastruktur sowie die Bevölkerung in statistisch hoher Auflösung repräsentiert werden. So sind zum Beispiel alle Gebäude/Baublöcke modelliert, ebenso Straßenabschnitte, Haltestellen, Bahnhöfe, Busse, Trams und Züge mitsamt dem gesamten Fahrplan. Alle im Land wohnhaften Personen sind als synthetisches Abbild in hoher räumlicher und demographischer Auflösung repräsentiert und agieren als autonome Individuen (sogenannte «Agenten») in der Simulation, die ihren typischen Werktag bestreiten: Sie gehen zur Arbeit oder zur Ausbildung, gehen Einkaufen oder verbringen ihre Freizeit an unterschiedlichen Orten. Dazu nutzen sie das gegebene Verkehrsangebot (Auto, öffentlicher Verkehr, das Fahrrad oder zu Fuß). Ganz nach dem Motto «Carpe Diem» optimiert jede Person dabei ihren Tag: Sie maximiert ihre Zeit für Aktivitäten (zum Beispiel Einkaufen) und minimiert dabei Zeiten und Kosten für die Wege.

Damit die Simulation das typische Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in hohem Maße widerspiegelt, basiert das Modell auf sehr detaillierten und qualitativ hochwertigen Eingangsdaten. Diese werden teils jährlich nachgeführt, um das Modell auf dem aktuellsten Stand zu halten. Zur Validierung der Simulation werden zudem Drittdaten (z.B. Querschnittszählungen an Straßenabschnitten oder Reisezeitverteilungen nach sozioökonomischen Gruppen) mit den Modellresultaten verglichen. Somit liefert das Senozon Mobilitätsmodell räumlich, zeitlich, demografisch und soziodemografisch hoch aufgelöste Mobilitäts- und Aktivitätsinformationen für die Standortanalyse und -bewertung sowie für die Verkehrs- und Standortplanung.

Methoden der Modellierung

Die Modellierung der aktivitätenbasierten Nachfrage geschieht in 4 grundlegenden Schritten und wird anschließend mit der «Relaxierung» der Mobilitätsnachfrage im Sinne einer Rückkopplung von Nachfrage und Angebot abgeschlossen.

Angebotsmodellierung

Zum ersten wird das Angebot des Untersuchungsgebiets erstellt:

- **Aktivitäten-angebot:**
Die Grundlage bilden die Microm-Geodaten zu Arbeitsplätzen, Zentrentypologie und POI/POS auf Haus-, Straßenabschnitts- und PLZ8-Ebene. Ausbildungsstandorte basieren auf Openstreetmap. Die Daten werden auf 20,5 Mio Gebäude detailliert abgebildet.
- **Straße:**
Im Modell wird das gesamte Straßennetz (Navigationsnetz) abgebildet inkl. den entsprechenden Verkehrskenngrößen (max. Geschwindigkeit, Anzahl Fahrspuren etc.)
- **ÖV:**
Der gesamte Fahrplan wird fahrtenfein im Modell abgebildet (Züge, Busse, Trams, Schiffe).

Modellierung der Bevölkerung

Im nächsten Schritt wird die Bevölkerung am Wohnort auf Basis von Register- und Strukturhebung (Microm-Daten) als einzelne Individuen (so genannte «Agenten») modelliert mit der entsprechenden Vielfalt an demographischen und sozio-demographischen Attributen. Diese «synthetische Bevölkerung» ist ein statistisch repräsentatives Abbild der realen Wohnbevölkerung eines Untersuchungsgebiets. Die Randsummen von demographischen Merkmalen (z.B. Altersverteilung) pro Raumeinheit (PLZ8) der Region entsprechen bestmöglich den realen Randsummen. Das Synthetisieren der Bevölkerung innerhalb der Raumeinheit geschieht durch Minimierung des Fehlerterms der Randsummen im n-dimensionalen Merkmalsraum. Typische Methoden hierzu sind IPF («Iterative Proportional Fitting»), «Bayesian networks» u.a. Ergänzend können so generierte synthetische Personen durch weitere Erhebungsmerkmale angereichert werden (räumlich und/oder nach Merkmalsklassen), für die es typischerweise keine vollumfängliche Randsummenstatistiken gibt (z.B. Nutzungstypisierungen).

Aktivitäten-basierte Nachfrage

Folgend wird für jede verhaltenshomogene Gruppe eine Aktivitätenkette (die Abfolge der Aktivitäten eines Werktages) aus den Aktivitätenketten-Verteilungen von Mobilitätsbefragungen zugewiesen. Diese Zuweisung geschieht gewichtet nach den Gruppen und der räumlichen Nähe.

Wahl der Aktivitäten-Standorte («Zielwahl»)

Zur Ermittlung der Orte der primären Aktivitäten (Arbeit und Ausbildung) wird das Zielwahlverfahren nach Horni, A. (2013) angewendet. Dies besteht im Kern aus der Kombination eines «doppelt beschränktem Gravitationsmodell» mit der Minimierung des Fehlerterms der Distanzverteilungen. Als weitere Randbedingung fließen hier Daten zu Pendlerbeziehungen der Bundesagentur für Arbeit ein. Folgend werden die Orte der sekundären Aktivitäten (Einkaufen, Freizeit) ermittelt. Hierbei wird ebenfalls das Verfahren nach Andreas Horni. (2013) verwendet, ergänzt durch Zeitbudgetbeschränkung (Ram M. Pendyala et al., 2002)

Relaxierung: Ermittlung des Nash-Equilibrium (u.a. Wardrop-Equilibrium)

Diese ersten vier Schritte bilden den Rahmen der Relaxierung der Verkehrsnachfrage in MATSim (Horni et al., 2016). Auf der Grundlage einer co-evolutionären Optimierung werden Zeit-, Verkehrsmittel- und Routenwahl integrativ und synchron für die gesamte aktivitätenbasierte Nachfrage berechnet. Diese Nutzenoptimierung basiert grundsätzlich auf dem Vickery Modell (William S. Vickrey, 1963), erweitert für die aktivitätenbasierte Nachfrage durch Charypar und Nagel (2005) mit zusätzlichen Erweiterungen für monetäre und sonstige (nicht-monetäre und nicht-zeitliche) Nutzenanteile.

Das Modell wird in diesen drei Dimensionen unter Verwendung von Verkehrs- und Fahrgastzählungen, Reisedistanz- und -zeitverteilungen pro Verkehrsmittel kalibriert und validiert, wobei zur Berechnung 25% der gesamten Agentenpopulation genutzt wird. Dazu wird eine Versuchsplanung im Parameterraum der Nutzenfunktion definiert und durch 50 bis 200 Modellläufe umgesetzt (je nach Modellkomplexität).

Das relaxierte und kalibrierte Modell bildet somit die Basis für die Auswertungen.

Rahmenbedingungen und Grenzen des Modells

- Das Modell bildet derzeit ausschließlich den mittleren Werktag des Jahres ab. Saisonale Unterschiede, Aussagen zu Samstagen und Sonntagen, sowie zu speziellen Events können aktuell noch nicht gemacht werden.
- Es wird ausschließlich die in Deutschland wohnhafte Bevölkerung ab 14 Jahre abgebildet. Aussagen zu Besucher-, Grenz- und Tourismusverkehren können keine gemacht werden.

Referenzen

Andreas Horni (2013) Destination choice modeling of discretionary activities in transport microsimulation, PhD Dissertation, IVT, ETH Zürich, Zürich.

Ram M. Pendyala et al. (2002) On the formulation of time-space prisms to model constraints on personal activity-travel engagement, *Transportation*, Volume 29, Issue 1, pp 73-94

William S. Vickrey (1963) Pricing in Urban and Suburban Transport, *The American Economic Review*, Vol. 53, No. 2

David Charypar und Kai Nagel (2005) Generating complete all-day activity plans with genetic algorithms, *Transportation*, Volume 32, Issue 4, pp 369-397

Horni, A., Nagel, K. and Axhausen, K.W. (eds.) 2016 *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/baw>. License: CC-BY 4.0

Informationsgehalt des SMMDE

Grundlagedaten

- Straßen: Openstreetmap (Aktualisierung, 1 Mal pro Jahr)
- ÖV: Fahrplandaten Deutschland (Aktualisierung, 1 Mal pro Jahr)
- Gebäude: microm, auf Hausebene und Straßenabschnitt (Aktualisierung, 1 Mal pro Jahr)
- Bevölkerung: microm, Soziodemografie und -ökonomie (Aktualisierung, 1 Mal pro Jahr)
- Mobilitätshebung: Topologie der Wünsche (TdW) (Aktualisierung, 1 Mal pro Jahr)

Merkmalsklassen

Nach Demographie und Soziodemographie:

- Alter
- Geschlecht
- Fahrzeugführerscheinbesitz
- Arbeitsstatus: Unterschieden nach „arbeitstätig“, „nicht arbeitstätig“
- In Ausbildung: Ja/Nein
- Fahrzeugverfügbarkeit Ja/Nein
- Haushaltskenngrößen:
 - Einkommensklassen
 - Haushaltsgröße (Anzahl Personen wohnhaft im gleichen Haushalt)

Zusätzlich:

- Klassifizierung nach Attributen der Best4Planning (B4P), z.B. «Discounteraffinität», «Fast-Food-Affinität» etc.
- microm Standard Attribute, z.B. «durchschnittliche Beschäftigungsquote im PLZ8», «Ausbildungsgrad» etc.

Diese ergänzenden Attribute werden nach Kundenbedarf zusätzlich von microm und Senozon erzeugt im Zusammenhang mit dem Produktangebot «Modul 3».

Nach Standorten:

- Wohnort
- Arbeitsort
- Ausbildungsort
- Einkaufsorte
- Freizeitorte

Nach Mobilität (am mittleren Werktag):

- Wegetabelle (X/Y Koordinaten aller Ortsveränderungen je Weg und je Person), resp. räumlich beliebig aggregiert (Quell-Ziel-Matrizen)
- Aktivitätenketten
- Standorte der Aktivitäten
- zeitliche Aufenthaltsdauer pro Aktivität
- Kenngrößen pro Weg:
 - Abfahrts-/Ankunftszeit, resp. Dauer
 - Verkehrsmittel
 - Route (Straßen, resp. ÖV-Linien und Haltestellen)