

# Aktivitätenbasierte Verkehrsmodelle: Methoden, Anwendungen, Vor- und Nachteile

Aktivitätenbasierte Verkehrsmodelle (ABM) sind ein vielversprechender Ansatz der Verkehrsmodellierung. Gegenüber den in der Praxis mehrheitlich eingesetzten aggregierten Modellansätzen bieten ABM verschiedene Vorteile. ABM erlauben vielseitigere Auswertungsmöglichkeiten und flexiblere, methodisch konsistentere Abbildungen von intermodalen Wegeketten – zum Beispiel für ÖV- oder Langsamverkehrsstudien – und zeitlich dynamischen Massnahmen, zum Beispiel Mobility Pricing. Gleichzeitig sind ABM in der Praxis bisher noch weniger etabliert und stellen höhere Anforderungen bei der Modellierung. Im Rahmen eines SVI-Forschungsprojekts wurden Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile des Einsatzes von ABM untersucht, um Modellbetreibern eine Entscheidungshilfe zu bieten.



VON  
**DR. BASIL VITINS**  
Teamleiter Modellierung und Simulation,  
ASE AG



VON  
**PROF. DR. MARTIN FELLENDORF**  
Vorstand des Instituts für Strassen-  
und Verkehrswesen, TU Graz



VON  
**PROF. ALEXANDER ERATH**  
Leiter Fachbereich Verkehr und Mobilität,  
Fachhochschule Nordwestschweiz



VON  
**MICHAEL ARENDT**  
Inhaber und Geschäftsführer  
Arendt Consulting

## Modèles de trafic basés sur les activités: méthodes, applications, avantages et inconvénients

Les modèles de trafic basés sur les activités sont une approche prometteuse de modélisation du trafic. Ils présentent différents avantages par rapport aux modèles agrégés majoritairement utilisés dans la pratique. Les modèles de trafic basés sur les activités offrent des possibilités d'analyse plus diversifiées, des représentations plus cohérentes du point de vue méthodique et plus flexibles des itinéraires intermodaux, par exemple pour des études sur les TP ou la mobilité douce, et des mesures dynamiques dans le temps, par exemple la tarification de la mobilité. Les modèles de trafic basés sur les activités sont encore peu utilisés dans la pratique et posent des exigences plus élevées en matière de modélisation. Dans le cadre d'un projet de recherche de la SVI, les conditions requises ainsi que les avantages et inconvénients des modèles de trafic basés sur les activités ont été examinés afin de proposer une aide à la décision aux exploitants de modèles.

## Hintergründe und Zielsetzung des Forschungsprojekts

Aktivitätenbasierten Verkehrsmodellen (ABM) wird seit längerem das Potenzial zugesprochen, die klassischen wegebasierten, makroskopischen Verkehrsmodelle zu ergänzen und langfristig sogar zu ersetzen. Die hochaufgelöste zeitliche und räumliche Granularität der Modelle und die Rückverfolgbarkeit einzelner Personen über den ganzen Tagesverlauf ermöglicht, verkehrliche Fragestellungen detaillierter anzugehen als das bei aggregierten Modellen der Fall ist.

Gleichzeitig gibt es auch erschwerende Aspekte beim Einsatz von ABM in der Planungspraxis. Die erforderlichen Modellierungskennnisse und der Aufwand bei der Modellerstellung sind für ein ABM höher als für ein klassisches wegebasiertes Modell. Zudem bieten die Hersteller von kommerzieller, im Markt etablierter Verkehrsmodellsoftware erst seit Kurzem Erweiterungen an, welche die Datenhaltung und Modellierung mit dem aktivitätenbasierten Ansatz unterstützen. Trotzdem konnten sich vor allem in den USA einige ABM erfolgreich im praktischen Einsatz etablieren. Vereinzelt sind auch einige ABM in Europa bereits im Einsatz.

Das Ziel dieser Studie war es, den Betreibern von Verkehrsmodellen eine Entscheidungshilfe zu bieten, welche sowohl Aspekte der Modellerstellung als auch der Anwendungen und des Betriebs betrachtet. Basierend auf einer Literaturrecherche, Experteninterviews und einem umfangreichen Modellvergleich anhand der Untersuchungsregion Basel wurden im Projekt die

Vor- und Nachteile eines ABM gegenüber einem wegebasierten makroskopischen Modell herausgearbeitet. In die Anwendungsempfehlungen für Betreiber von Verkehrsmodellen sind auch die unterschiedlichen Anwendungstypen eingeflossen.

## Funktionsweise von aktivitätenbasierten Verkehrsmodellen

Die Grundlage für ein ABM bildet eine synthetische Bevölkerung. Im Gegensatz zu den soziodemografischen Strukturdaten eines makroskopischen Nachfragemodells basierend auf Verkehrszellen wird bei der synthetischen Bevölkerung eine statistisch repräsentative Wohnbevölkerung im Haushaltskontext gebäudescharf abgebildet. Das ARE verfügt über eine synthetische Population der Schweiz, die für eine ABM-Anwendung geeignet ist (Bodenmann et al., 2019). Statistische Modelle zum Mobilitätswerkzeugbesitz ermöglichen zusätzlich, dass der Auto- und ÖV-Abonnementsbesitz der synthetischen Bevölkerung in Prognosezuständen sensitiv auf Veränderungen der Erreichbarkeit und Raumtypen reagiert.

In einem ABM wird die Verkehrsnachfrage auf Personenebene mittels Aktivitätenketten beschrieben (siehe Abb. 1). Aufgrund der verfügbaren Personen- und Haushaltsinformationen wird dabei in mehreren Modellschritten für jede Person der synthetischen Bevölkerung eine Aktivitätenkette für einen typischen Wochentag generiert. In der Aktivitätenkette sind Ort, Art und Dauer der Aktivitäten abgelegt. Wie bei aggregierten Modellen werden diese Informationen aus bestehenden Wegetagebuchbefragungen abgeleitet.

Anzeige

# Der Spezialist für Graffitischutz

[www.desax.ch](http://www.desax.ch)

**DESAX AG**  
Ernetschwilerstr. 25  
8737 Gommiswald  
T 055 285 30 85

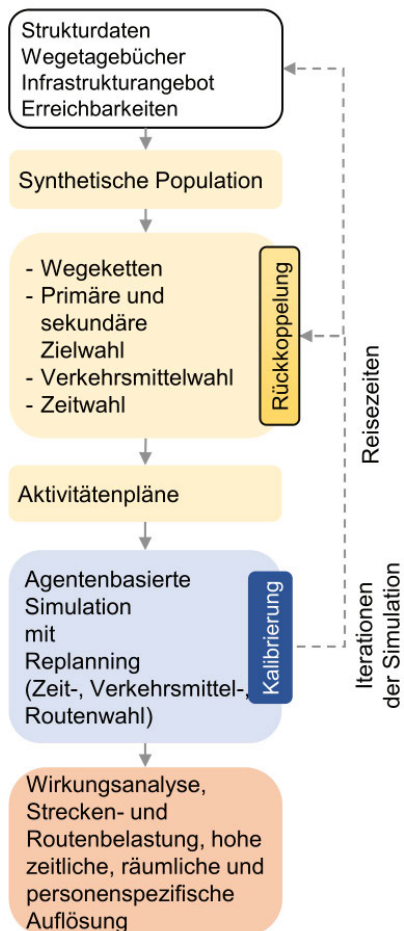
**DESAX AG**  
Felsenaustr. 17  
3004 Bern  
T 031 552 04 55

**DESAX SA**  
Ch. des Larges-Pièces 4  
1024 Ecublens  
T 021 635 95 55

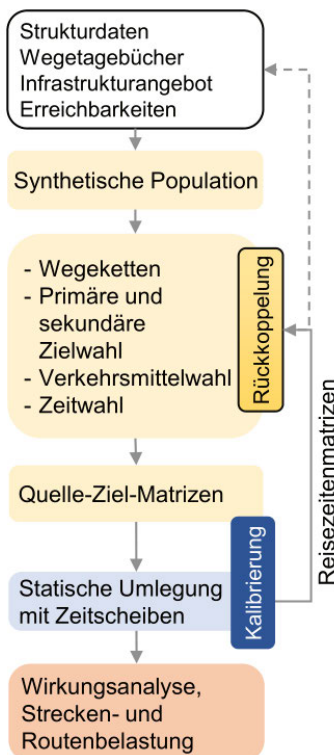
Graffitischutz  
Betonschutz  
Desax-Betonkosmetik  
Betongestaltung  
Betonreinigung

  
**DESAX**  
Schöne Betonflächen

**ABM mit Simulation gekoppelt**  
(vorliegendes ABVM Basel)



**ABM mit Umlegung gekoppelt**  
(vereinfachtes alternatives Vorgehen)



1 | Aufbau eines aktivitätenbasierten Verkehrsmodells: Links mit Kopplung an eine agentenbasierte Simulation (vorliegendes ABVM Basel), rechts alternativ mit Kopplung an eine Umlegung.

Die verschiedenen Teilmodelle bauen aufeinander auf und unterscheiden in der Regel zwischen Aktivitäten mit fest zugewiesenem Standort (Wohnen, Arbeit und Ausbildung) und flexiblen Standorten (Einkaufen, Freizeit, Nutzfahrten etc.). Mit geeigneten Zielwahlmodellen können dabei auch harte Randsummen abgebildet werden, wie zum Beispiel die Anzahl der an einem Standort verfügbaren Arbeits- und Ausbildungsplätze. Die Zielwahlmodelle lassen sich erweitern, um zum Beispiel den grenzüberschreitenden Pendelverkehr abzubilden; speziell in der Region Basel mit den grenzquerenden Nachfrageströmen ist diese Erweiterung relevant (Vitins and Erath, 2019).

Die auf Aktivitätenketten basierende Beschreibung der Verkehrsnachfrage ermöglicht auch, Entscheidungen der Verkehrsmittelwahl auf der Ebene von Ausgängen (Rückkehr zum Wohnort) und Touren (Rückkehr zum Startort) abzubilden. Die sekundäre Zielwahl von Aktivitäten mit flexiblen Standorten

berücksichtigt die Standorte der jeweils vorher und nachher geplanten Aktivitäten mit fest zugewiesenem Standort. Die dafür zur Anwendung kommenden Modellansätze gewährleisten eine Reproduzierbarkeit der empirisch erhobenen Distanzverteilungen durch die modellierten Wegekette.

Die Berechnung der Streckenbelastungen erfolgt im aktivitätenbasierten Verkehrsmodell, welches für dieses Forschungsprojekt verwendet wurde, mit der Open Source Software MATSim, eine agentenbasierte Simulation (Horni et al., 2016). Über Rückkopplungen werden in MATSim neben der zeitlich dynamischen Routenwahl auch die Wechselwirkung zwischen Verkehrsmittel- und Abfahrtszeitwahl abgebildet (Abb. 1, linke Seite). In aktivitätenbasierten Modellen in den USA wird die Verkehrsnachfrage häufig zu Quelle-/Ziel-Matrizen aggregiert und dann mittels kommerzieller Verkehrsplanungssoftware auf das Netz umgelegt; ein Verfahren, welches geringeren Aufwand

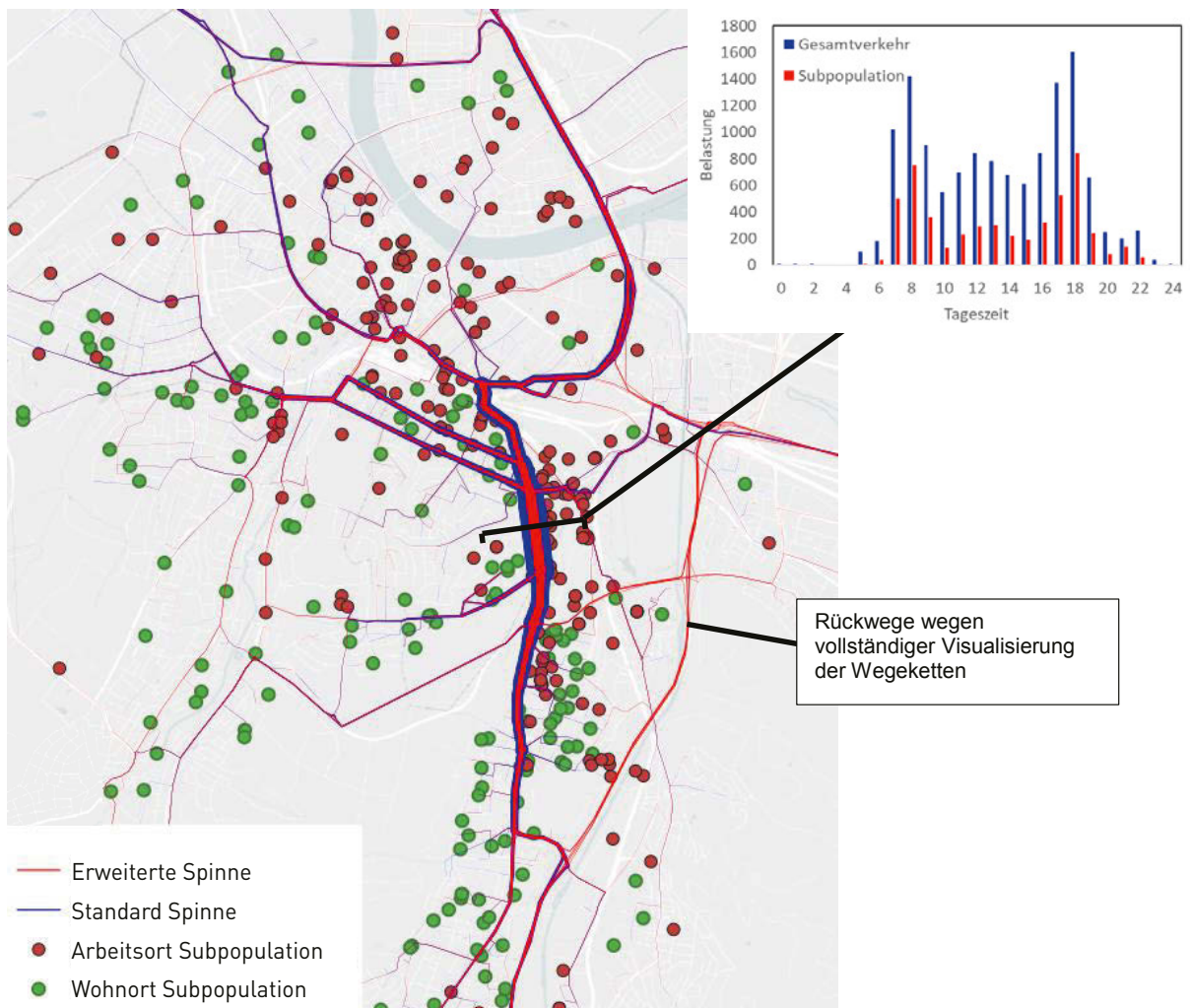
jedoch auch Informationsverlust nach der Umlegung zur Folge hat (Abb. 1, rechte Seite).

Die Validierung und Kalibrierung aktivitätenbasierter Nachfragemodelle erfolgt zunächst auf Ebene der Teilmodelle. Dabei werden auch die Ausprägungen der Zeitwerte und Verkehrsmittelwahlanteile mit den Auswertungen aus der Empirie überprüft. Der Vergleich der Streckenbelastungen mit stundengenauen Zählwerten aller Verkehrsmittel (MIV, ÖV-Linienbelastungen sowie Ein- und Aussteiger, Fuss- und Veloverkehr) ermöglicht eine gesamthafte Überprüfung der Modellgüte über den Tagesverlauf.

Aufgrund des disaggregierten, aktivitätenbasierten Ansatzes eines ABM kann bei der Formulierung aller Teilmodelle auf alle personen- und standortspezifischen Daten zurückgegriffen werden. Somit wird die bei aggregierten Modellen gängige A-priori-Einteilung

in verhaltenshomogene Gruppen hinfällig. Demgemäss unterliegen die verschiedenen Teilmodelle bei einem ABM auch nicht dem «aggregation bias», der auftritt, wenn auf Personenebene geschätzte Verhaltensmodelle auf verhaltenshomogene, aggregierte Gruppen und deren Durchschnittswerte angewendet werden, wie dies bei aggregierten Nachfragemodellen der Fall ist.

Abbildung 2 visualisiert beispielhaft die zeitlich und räumlich hohe Auflösung eines aktivitätenbasierten Verkehrsmodells anhand einer streckenbasierten Spinnenanalyse; die Spinne basiert dabei auf den vollständigen Wegeketten aller Verkehrsteilnehmenden, die diese Strecke einmal im Tagesverlauf befahren. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit der personenspezifischen Auswertung. So zeigt Abbildung 2 beispielhaft die Wohn- und Arbeitsorte bestimmter Personen, die diesen Streckenabschnitt benutzen, als Subpopulation.



2 | Erweiterte streckenbasierte Verkehrsspinne, bei welcher die vollständigen tagesbasierten Wegeketten zugrunde liegen, inklusive Auswertung einer Subpopulation der Verkehrsteilnehmenden (Alter 25–64 Jahre, männlich) und dazugehöriger Tagesganglinien.

## Welche Erfahrungen mit aktivitätenbasierten Modellen wurden in der Praxis gemacht?

Aktivitätenbasierte Modelle wurden bisher in der Praxis primär in den USA eingesetzt. Rund ein Dutzend Behörden, die mit dem Betrieb von Verkehrsmodellen beauftragt sind, verwenden dort aktivitätenbasierte Nachfragemodelle in Kombination mit kommerzieller Verkehrsplanungssoftware zur Berechnung der Streckenbelastungen und Ergebnisvisualisierung. In Europa und anderen Kontinenten wird seit ein paar Jahren bei Ausschreibungen für die Entwicklung neuer Verkehrsmodelle auch nach aktivitätenbasierten Ansätze gefragt.

In der Schweiz hat die SBB mit SIMBA MOBi ein eigenes aktivitätenbasiertes Verkehrsmodell entwickelt und dieses mit MATSim gekoppelt (Bützberger and Scherr, 2020). SIMBA MOBi ergänzt das bei der SBB bereits vorhandene, aggregierte Verkehrsmodell und wird für praktische Fragestellungen eingesetzt, bei denen der aktivitätenbasierte, multimodale Modellansatz Vorteile bietet. Das vorliegende SVI-Forschungsprojekt verwendete für den praktischen Modellvergleich das aktivitätenbasierte Verkehrsmodell Basel (ABVM), welches die Region Basel mit grenzüberschreitenden Strömen abdeckt.

Die im Projekt durchgeführten Experteninterviews zeigten auf, dass das wichtigste Kriterium für den Wechsel von einem aggregierten zu einem aktivitätenbasierten Modell dessen bessere Eignung für bestimmte verkehrsplanerische Fragestellungen ist. Die Erfahrungen in den USA, aber auch in der Schweiz, legen dar, dass bei einem aktivitätenbasierten Ansatz die einzelnen Teilmodelle flexibel kalibrierbar sind und so auch die in der Praxis gestellten Ansprüche bezüglich Modellgenauigkeit erfüllt werden können. Bezüglich der Massnahmensensitivität bieten aktivitätenbasierte Modelle Vorteile, wenn differenzierte Verhaltensreaktionen in den einzelnen Teilmodellen abgebildet werden sollen.

Fehlende Softwarewerkzeuge mit einer einfachen Datenhaltung und einer grafischen Benutzeroberfläche im Umgang mit ABM haben bisher den Einsatz von ABM in der Praxis eingeschränkt. Mittlerweile bieten die Verkehrsplanungsprodukte PTV Visum (ab 2020), TransCAD (ab 9.0) und EMME Module zur Integration aktivitätenbasierter Verkehrsnachfragemodelle an. Diese Entwicklungen werden von Betreibern und Modellentwicklern in der Praxis sehr positiv aufgenommen.

In den USA haben sich verschiedene Behörden, die aktivitätenbasierte Modelle einsetzen, zum Konsor-

tium ActivitySim (Association of Metropolitan Planning Organizations Research Foundation, 2022) zusammengeschlossen. In dem Konsortium wird eine gemeinsame, frei verfügbare Softwareumgebung für aktivitätenbasierte Nachfragemodellierung etabliert und der Erfahrungsaustausch bei der Softwareentwicklung und Modellanwendung institutionalisiert.

Der Modellentwicklungsaufwand und das erforderliche Wissen bei den Anwendern sind bei einem ABM höher als bei einem aggregierten Nachfragemodell. Der Aufwand für die Datenbeschaffung und Aufbereitung ist für aktivitätenbasierte und aggregierte Modellansätze vergleichbar. Die Erfahrung zeigt aber, dass der Aufwand für die Erstellung eines aktivitätenbasierten Modells aufgrund der Generierung einer synthetischen Population und der grösseren Anzahl der Teilmodelle sowie deren Kalibration rund 30 % bis 50 % höher liegt. Ebenso stellen aktivitätenbasierte Modelle höhere Anforderungen an die Recheninfrastruktur. Dank parallelisierter Prozesse und der Verwendung von bestehender Software für die Umlegung werden aber Rechenzeiten erreicht, die mit jenen von komplexen, aggregierten Modellen vergleichbar sind.

Eine weitere Herausforderung stellt die Kalibrierung auf Zählwerte dar, da bei einem aktivitätenbasierten Modell mehr Parameter hergeleitet werden müssen. Die Experteninterviews zeigten, dass bei aktivitätenbasierten Ansätzen mehr Wert auf die Überprüfung der Sensitivität des Modells gelegt wird als auf die Reproduktion der Zählwerte, da Massnahmensensitivität für die Beurteilung verschiedener verkehrlicher Massnahmen eine hohe Relevanz besitzt.

Aus den Experteninterviews wurde auch klar, dass die Bereitschaft zur Weiterbildung sowie die erfolgreiche Rekrutierung von Personal mit Programmierkenntnissen zentrale Voraussetzungen für einen Wechsel von aggregierten zu aktivitätenbasierten Modellen darstellen. Schulungen und der kontinuierliche Wissensaustausch bilden somit eine wichtige Grundlage für den erfolgreichen Einsatz von aktivitätenbasierten Verkehrsmodellen in der Praxis.

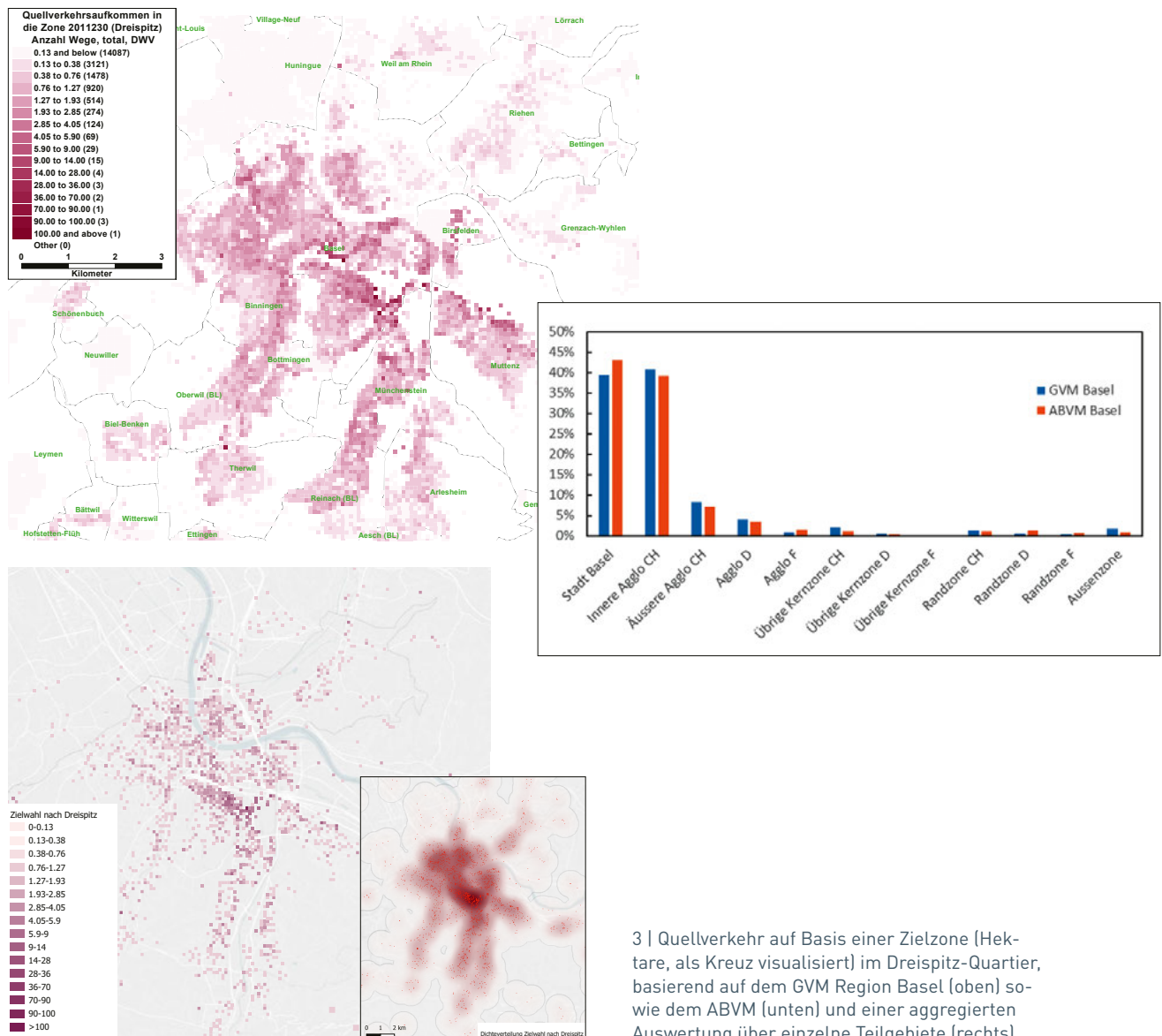
## Modellvergleich am Beispiel der Region Basel

Für den umfangreichen praktischen Modellvergleich am Beispiel der Region Basel wurden das Gesamtverkehrsmodell (GVM) Region Basel und das aktivitätenbasierte Verkehrsmodell Basel (ABVM) verwendet. Das GVM Region Basel ist ein aggregiertes Verkehrsmodell, das von den Trägerkantonen Basel-Stadt und Basel-Land betrieben und für praktische Fragestellungen eingesetzt wird. Das ABVM Basel wurde im

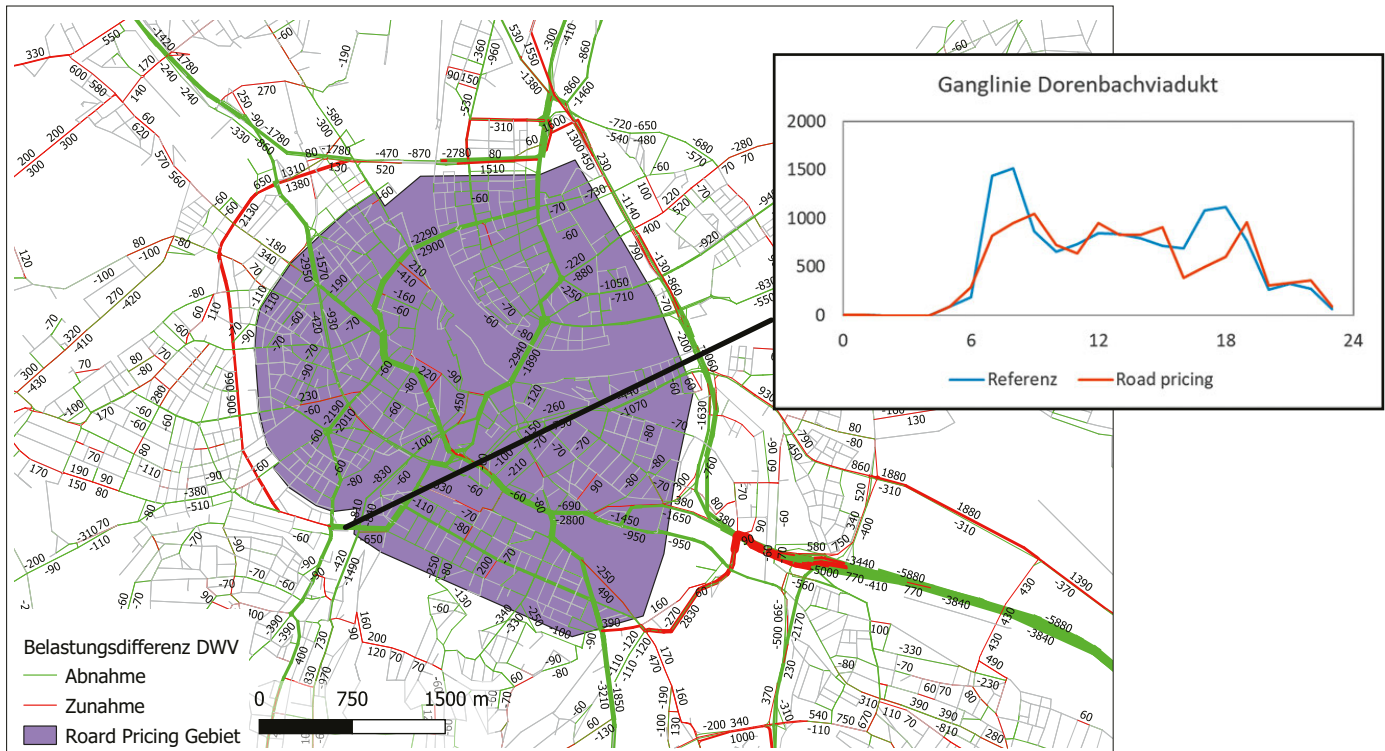
Rahmen eines Innovationsprojektes erstellt. Weil das ABVM Basel mit geringerem Ressourcenaufwand entwickelt wurde, gab es bezüglich der Kalibrierung und Validierung etwas grössere, jedoch im Vergleich mit den Richtlinien vertretbare Abweichungen zu den Referenzwerten.

Der Modellvergleich zeigte, dass alle wesentlichen Schritte der Nachfragemodellierung mit beiden Ansätzen abgebildet werden können und beide Modelle eine funktionierende, massnahsensitive Methodik aufweisen. Beim Vergleich wurden alle Modellschritte der Nachfrageberechnung und Umlegung respektive Simulation untersucht. Zusätzlich wurden verschiedene Szenarien berechnet und verglichen: Streckensperrung MIV, Takterhöhung ÖV, Änderung der Flächennutzung mit Auswertungen der Zielwahl, Road Pricing sowie das Vorgehen bei der Ermittlung der Homeoffice-Auswirkungen.

Beispielhaft für den Modellvergleich zeigt Abbildung 3 die räumliche Verteilung aller Startpunkte (Quellen) von Fahrten mit Ziel im Areal Dreispitz als eine bestimmte Zielzone (Hektare). Die Zuweisung erfolgte vorgängig aufgrund der jeweiligen Zielwahlmodelle. Abbildung 3 zeigt visuell, dass die räumliche Verteilung grundsätzlich ähnlich ist. Aufgrund des disaggregierten, personenbasierten Ansatzes erfolgt die Zuweisung beim ABM diskret, beim GVM Region Basel hingegen werden die Nachfrageströme mit Gleitkommazahlen beschrieben. Dieser Unterschied äussert sich in der Abbildung darin, dass die räumliche Verteilung im Fall des ABVM granularer ist. Im Balkendiagramm ist ersichtlich, dass sich die räumliche Verteilung bei einer auf einzelne Teilgebiete aggregierten Betrachtung sehr ähnlich ist.



3 | Quellverkehr auf Basis einer Zielzone [Hektare, als Kreuz visualisiert] im Dreispitz-Quartier, basierend auf dem GVM Region Basel (oben) sowie dem ABVM (unten) und einer aggregierten Auswertung über einzelne Teilgebiete (rechts).



4 | Belastungsdifferenzen «Streckenbelastungen mit Road Pricing zu Spitzenzeiten» minus «Streckenbelastungen ohne Roadpricing» inklusive Verkehrsmittelwahl, mit einer beispielhaften Darstellung der Ganglinien eines Strassenquerschnitts.

Das GVM Region Basel ist seit Langem in der Praxis etabliert und wird für viele planerischen Fragestellungen erfolgreich verwendet. Das ABVM Basel ermöglicht mit der zeitlich hochaufgelösten MATSim Simulation und aufgrund des auf Wegeketten basierenden, aktivitätenbasierten Ansatzes erweiterte Möglichkeiten bei den Auswertungen. Zudem bietet ein ABM mehr Flexibilität bei der Modellierung, beispielsweise bei der Formulierung der Verkehrsnachfrage- und Zielwahlmodelle. Um das volle Potenzial und die Vorteile der Simulation nutzen zu können, bedarf es aber noch der Weiterentwicklung entsprechender Verhaltensmodelle – insbesondere bei der Zeitwahl und konkreten Anwendung der verschiedenen Kalibrierungsmethoden. Zudem hat der Modellvergleich eine wichtige Erkenntnis der Experteninterviews bestätigt: Derzeit führt der Einsatz von ABM insgesamt zu einem höheren Aufwand bei der Modellerstellung und -anwendung.

Bei gewissen Anwendungen bieten ABM aber bezüglich des Umsetzungsaufwands auch Vorteile. Ein Beispiel dafür ist die Wirkungsabschätzung von Mobility Pricing. Abbildung 4 zeigt die Resultate einer Road-Pricing-Anwendung. In der Modellanwendung werden MIV-Fahrten in einen Kordon während der Spitzenstunden (7–9 Uhr und 16–19 Uhr) mit einer

Gebühr belegt. Das ABVM Basel erlaubt es, den Fahrzeugeinsatz über die ganze Aktivitätskette konsistent und zeitlich dynamisch abzubilden. Somit wird die Wirkung einer Fahrkostenerhöhung aufgrund der Road Pricings zur Abendspitze auch bei der Beschreibung der Verkehrsmittelwahl weiterer Fahrten dieser Tour mitberücksichtigt, sodass es zu Verlagerungen bei den Ganglinien kommt.

### Eignung der verschiedenen Modellansätze

Gestiegene Erwartungshaltungen an die Anwendungsmöglichkeiten von Verkehrsmodellen haben dazu geführt, dass deren Erstellung – unabhängig vom Modelltyp – eine komplexe Aufgabe ist und hohe Anforderungen an die Erstellenden und Betreibenden des Modells stellen. Aggregierte und aktivitätenbasierte Modellansätze haben beide Vor- und Nachteile. Es kann keine generelle Überlegenheit eines Modelltyps abgeleitet werden. Modellbetreibern wird geraten, zunächst die wichtigsten Modellanwendungen zu definieren. Dazu wurden im Projekt die Modellanwendungen diskutiert und in Tabelle 1 zusammengefasst. Aufgrund des daraus abgeleiteten Anforderungsprofils und der zur Verfügung stehenden Ressourcen kann dann der «richtige» Modellansatz gewählt werden.

Tabelle 1: Vergleich der Einsatzbereiche von ABM und aggregierten Nachfragemodellen

Modellierbarkeit im Nachfragemodell	<input type="checkbox"/> gar nicht oder kaum abbildbar <input checked="" type="checkbox"/> eingeschränkt oder nur sehr aufwendig abbildbar <input checked="" type="checkbox"/> gut abbildbar
Bedeutung für die verkehrsplanerische Praxis in Mitteleuropa	<b>+</b> hohe Bedeutung mit regelmässigen Anwendungen <b>0</b> mittlere Bedeutung mit gelegentlicher Praxisanwendung <b>-</b> geringe Bedeutung mit seltener Praxisanwendung

Nr.	Entwicklungen und Massnahmen	ABM	Aggregiertes Modell	Bedeutung
<b>Projekte mit Angebotsanpassung</b>				
1a	Verkehrsuntersuchungen zu Neubau oder Kapazitätsausweitung wichtiger Strassenachsen (Werktagsmodell)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>+</b>
1b	Neubau oder Kapazitätsausweitung wichtiger Strassenachsen mit Leistungsfähigkeitsanalyse (Spitzenstundenmodell)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
2a	Liniennetzplanung im ÖV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>+</b>
2b	ÖV-Studien mit Dimensionierung des Fahrzeugeinsatzes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
2c	Liniennetzplanung im ÖV unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tarifmodelle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
<b>Projekte mit Angebotsanpassung</b>				
3	Bau von Park & Ride-Anlagen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
4	Bau von Verkehrsanlagen für Veloverkehr oder Fussgänger	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
<b>Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen</b>				
5	Kosten-Nutzen-Analysen (aktuell)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>+</b>
6	Kosten-Nutzen-Analysen differenziert nach Personengruppen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>-</b>
7	Mobility Pricing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
<b>Projekte mit Nachfrageanpassung</b>				
8	Raumplanung und Siedlungsentwicklung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>+</b>
9	Homeoffice	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
<b>Zukunftsthemen</b>				
10	Vehiclesharing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>0</b>
11	Ridesharing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>-</b>
12	Elektromobilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>-</b>

Die Vorteile eines aggregierten Modellansatzes überwiegen, wenn das Verkehrsmodell primär für Standardanwendungen wie zum Beispiel die Planung von Umfahrungsoptionen bei Grossbaustellen oder die Beurteilung von Infrastrukturmassnahmen mittels Kosten-Nutzen-Analyse genutzt wird. Die Entwicklung und der Einsatz solcher Modelle sind in der Praxis hinlänglich erprobt.

Die Vorteile aktivitätenbasierter Modelle kommen dann zum Tragen, wenn personenbezogene Verhaltensmodelle, oder durchgehend über alle Modell-

schritte abgebildete Wegeketten und deren Informationen, oder auch die Abbildung der tageszeitlichen Dynamiken für die Modellanwendungen einen Mehrwert bieten. Zum Beispiel können die Startzeiten von Wegen und Aktivitäten ausgewertet und daraus auch die zeitliche Flexibilität der Fahrten abgeleitet werden wie auch speziell die kurzfristigen Belastungen eines (Takt-)Fahrplans. Diese Auswertungen sind für die Dimensionierung der Angebotskapazitäten wie auch die Wirkungsabschätzung von Mobility Pricing, Park & Ride oder Ridesharing sehr hilfreich. Zusätzlich kann zum Beispiel die Herleitung von Homeoffice

oder Aktivitätenketten nichtberufstätiger Personen deutlich feingliedriger erfolgen als bei einem aggregierten Ansatz.

Die grössere Flexibilität eines aktivitätenbasierten Modells erfordert jedoch einen erheblichen Mehraufwand in der Modellerstellung und der Kalibrierung der zahlreichen Teilmodelle wegen der zusätzlichen Modellschritte und der Kalibrierung. Falls der Entscheid für ein ABM ausfällt, lohnt es sich aufgrund des hohen Implementationsaufwands schrittweise vorzugehen. Zum Beispiel empfiehlt es sich, basierend auf der synthetischen Population (für die Schweiz durch das ARE schon erstellt) die aktivitätenbasierte Nachfrageberechnung zu erstellen. Die Berechnung der Verkehrsmittel- und Routenwahl kann mit bestehender Modellsoftware erfolgen, die mittlerweile auch Datenformate, Schnittstellen und Funktionalitäten für den Umgang mit aktivitätenbasierten Modellen bieten. Falls der Informationsverlust durch eine Umlegung bei den initialen Anwendungen vorerst vertretbar ist, kann der Einsatz einer agentenbasierten Simulation für die Wegewahl für spezifische Fragestellungen in späteren Entwicklungsschritten vorgesehen werden.

## Fazit

Es zeigte sich, dass die Nachfragemodellierung mit aktivitätenbasierten wie auch aggregierten Modellen abgebildet werden kann und beide Modellansätze eine funktionierende, massnahmensensitive Methodik aufweisen. Aktivitätenbasierte Modellansätze bieten Vorteile, wenn Wegekettens- und tageszeitliche Dynamiken im Vordergrund stehen sowie bei verkehrsplanerischen Fragestellungen, die in Zukunft eine höhere Relevanz haben dürften. Der Mehrauf-

wand, der eine Neuentwicklung eines aktivitätenbasierten Verkehrsmodells aufwirft, wird sich bei solchen Fragestellungen auszahlen.

Damit die Potenziale des flexibleren Modellansatzes vollständig zum Tragen kommen, bedarf es aber auch der weiteren Verbesserung von Verhaltensmodellen. Hier sei zum Beispiel die Weiterentwicklung der Zielwahlmodelle in Abhängigkeit der personenspezifischen Eigenschaften sowie der Verkehrsmittelwahl auf Ebene von Touren statt auf Ebene einzelner Wege genannt, um die Fahrzeugverfügbarkeit im Haushaltskontext abbilden zu können. Die tourbasierte Verkehrsmittelwahl berücksichtigt die Wahl der Aktivitätsdauern und Abfahrtszeiten im Haushaltskontext und ist auf den wegekettensbasierten Ansatz abgestimmt. Zudem sollte unabhängig von der gewählten Methodik künftig mehr Augenmerk auf die vielfältige Wirkung räumlicher Variablen gelegt werden, um Einflüsse wie Fussläufigkeit und multimodale Erreichbarkeiten besser abbilden zu können.

Die Erfahrung bei der Entwicklung und Anwendung der ersten in der Praxis eingesetzten, aktivitätenbasierten Modelle zeigt, dass die offene Zusammenarbeit zwischen Modellentwicklern, -betreibern, Forschenden sowie Softwareanbietern ein zentrales Kriterium für den Erfolg und den effizienten Miteinsatz darstellt. Dabei spielen insbesondere Pilotprojekte eine wichtige Rolle, da diese der Branche durch das gemeinsame Lernen ein Weiterentwickeln des Know-how ermöglichen.

---

Das Forschungsprojekt «Aktivitätenbasierte Verkehrsmodelle» (SVI 2018/004) wurde im Auftrag des Bundesamts für Strasse (ASTRA) realisiert.  
Forschungsberichtsnummer: 1714.

## Literatur

- Association of Metropolitan Planning Organizations Research Foundation (2022) ActivitySim, available from: <https://activitysim.github.io/>, accessed 10. March 2022.
- Bodenmann, B., P. Bürki, C. Philipp, N. Bernhard and K. Müller (2019) Synthetische Population 2017 – Modellierung mit dem Flächennutzungsmodell FaLC, im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) und der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), Bern.
- Bützberger, P. and W. Scherr (2020) Simulation der Mobilität der Zukunft mit dem Verkehrsmodell SIMBA der SBB, Schweizer Eisenbahn-Revue, 1 30-33.
- Horni, A., K. Nagel and K. Axhausen (2016) The Multi-Agent Transport Simulation MATSim, Ubiquity Press.
- Vitins, B.J. and A. Erath (2019) Destination choice modeling with spatially distributed constraints, STRC, paper presented at 19th Swiss Transport Research Conference (STRC 2019), 2019.