



Gutachten
über die Dissertation von
Herrn Dipl.-Ing. Jonas Harz
zum Thema
„Modellierung der touristischen Verkehrsnachfrage von
Tages- und Übernachtungsgästen in Großstädten“

Einordnung des Themas

Seit Jahrzehnten nimmt der Tourismus weltweit zu, lediglich unterbrochen durch die COVID-19-Pandemie. Dies gilt insbesondere für Städtereisen, deren Marktanteil im Jahr 2019 bei etwa 30 % an allen Urlaubsreisen lag. Mit steigendem Tourismus wachsen auch die touristische Verkehrsnachfrage und damit ebenfalls die negativen Wirkungen des Verkehrs, vor allem auf Umwelt, Klima sowie Aufenthalts- und Raumqualität. Trotz der steigenden Bedeutung des Tourismusverkehrs spielt dieser sowohl in der Mobilitätsforschung als auch in der Verkehrsplanungspraxis nur eine untergeordnete Rolle.

Die in der Verkehrsplanung etablierten Befragungen zum Mobilitätsverhalten legen den Fokus auf die Alltagsmobilität. Dementsprechend werden touristische Verkehre bislang auch bei Verkehrsnachfragemodellen als Modellierungsgegenstand in der Regel nicht berücksichtigt. Verkehrsnachfragemodelle sind ein wichtiges Instrument, um die Wirkungen zukünftiger Entwicklungen und geplanter Maßnahmen abzuschätzen. Ohne eine maßnahmensensitive Abbildung des touristischen Verkehrs kann die Wirksamkeit von Maßnahmen, die das Verhalten der Urlaubsreisenden beeinflussen, nicht ermittelt werden.

In diesem Kontext steht die Dissertation von Herrn Harz. In der vorliegenden Arbeit werden Modellansätze vorgestellt und exemplarisch angewendet, mit denen die touristische Verkehrsnachfrage in Großstädten abgebildet werden kann. Als wesentliche Datengrundlage der Modellierung diente eine zweiphasige Gästebefragung an touristischen Zielen, die der Bearbeiter selbstständig konzipiert und durchgeführt hat. Anwendungsbeispiel für seine Arbeit war die Stadt Kassel, die vor allem aufgrund des Bergparks Wilhelmshöhe (UNESCO-Weltkulturerbe) Ziel vieler Tages- und Kurzurlaubsgäste ist.

Die Dissertation entstand im Rahmen des von der DFG geförderten Forschungsprojektes „Modellierung der Verkehrsnachfrage von Tagesgästen, Kurzurlaubern und Urlaubern in Großstädten“, bei dem Herrn Harz für die inhaltliche Arbeit verantwortlich war.



Inhaltliche Auseinandersetzung

Das **Einführungskapitel** der Arbeit widmet sich der Problemdarstellung und leitet daraus die Motivation für die Forschungsarbeit ab. Basierend auf einem Einstieg zur Problemstellung stellt Herr Harz zunächst die Ziele seiner Dissertation vor. Zum Abschluss des ersten Kapitels wird der Aufbau der Arbeit kurz dargestellt.

In **Kapitel 2** werden die inhaltlich-methodischen Grundlagen beschrieben, die die theoretische Basis für die Entwicklung der Modellansätze sind. Dies umfasst auch die Darstellung des aktuellen Stands der Forschung hinsichtlich der für die Arbeit relevanten Themenfelder. Basierend auf den relevanten Literaturquellen definiert Herr Harz zunächst zentrale Begriffe seiner Dissertation und arbeitet vorhandene Unterschiede und Unschärfen bei der Begriffsverwendung verständlich und nachvollziehbar heraus (z. B. beim Begriff „gewohnte Umgebung“). Nach einer Beschreibung des Anwendungsbeispiels (Stadt Kassel) wird der Entscheidungsprozess bei der Planung von Urlaubsreisen kurz skizziert. Darauf aufbauend stellt Herr Harz den aktuellen Stand der Forschung zur Erhebung und Modellierung der touristischen Verkehrsnachfrage bzw. des Mobilitätsverhaltens der Gäste vor. Positiv hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass Herr Harz neben Erkenntnissen aus einer internationalen Literaturrecherche auch Gespräche mit Fachleuten aus der Modellierungspraxis berücksichtigt hat. Etwas knapp sind dagegen seine Zusammenfassungen am Ende der Kapitel 2.5 (S. 35) und 2.6 (S. 41). Hier hätte der Bearbeiter die Erkenntnisse und Forschungslücken noch prägnanter herausarbeiten können.

Die Qualität von Modellergebnissen hängt neben der Modellspezifikation vor allem von den Eingangsdaten eines Modells ab. In **Kapitel 3** werden die Gästebefragungen vorgestellt, die die wesentlichen Eingangs- bzw. Kalibrierungsdaten für seine Modellansätze liefern. Anknüpfend an die Erkenntnisse aus Kap. 2.4 beschreibt Herr Harz zunächst sehr systematisch Ziele und Zweck, methodisches Konzept inkl. Befragungsinhalte, Durchführung sowie Plausibilitätsprüfung und Datenaufbereitung für beide Befragungen. Er setzt sich selbstkritisch mit möglichen Erhebungsfehlern und Besonderheiten der Erhebung (Erhebungszeitraum während der Pandemie) auseinander und ordnet Selektivitäten der Stichprobe kompetent und plausibel ein. Um einen Überblick zum erfassten Verhalten der Gäste zu erhalten, werden zentrale Ergebnisse beider Befragungen wie z. B. der Modal-Split des Anreiseverkehrsmittels und die Verteilung der häufigsten Aktivitätsketten der Gäste deskriptiv ausgewertet, zum größten Teil durch Abbildungen visualisiert und insgesamt verständlich dokumentiert.

Das **Kapitel 4** stellt neben der eigenen Empirie den methodischen Schwerpunkt der Arbeit dar. In diesem Kapitel werden die einzelnen Teilmodelle hinsichtlich der Modellspezifikation und Schätzung der Modellparameter detailliert beschrieben. Sein Modellansatz besteht aus insgesamt fünf aufeinander aufbauenden Teilmodellen: Nach einer Abschätzung der Gästeanzahl (Teilmodell 1) wird der Anreiseverkehrsmodus für jeden Gast auf Basis eines diskreten Wahlmodells ermittelt (Teilmodell 2). Basierend auf dem gewählten Anreiseverkehrsmodus wird in den folgenden drei Teilmodellen das Mobilitätsverhalten der Gäste am Urlaubsort abgebildet, so dass im Ergebnis für jeden Gast Wegeketten mit einer Zuordnung von Quelle, Ziel und Verkehrsmodus je Weg vorliegen. Der Modellüberblick am Anfang des Kapitels inkl. der Abbildung 4.1 gibt den Lesenden einen sehr guten Einstieg in die Thematik.



Das erste Teilmodell dient der Abschätzung der Tages- und Übernachtungsgäste an einem mittleren Wochenendtag. Nach einer Beschreibung der vorliegenden Datenquellen werden die einzelnen Verfahrensschritte beschrieben und anhand konkreter Daten für Kassel angewendet. Dabei können leider nicht alle berechneten Werte nachvollzogen werden. Dies trifft insbesondere auf die auf S. 78 genannten 5.765 Übernachtungsgäste pro Tag zu. Die Beschreibung des ersten Teilmodells endet mit einer sehr guten und reflektierten Einschätzung des Bearbeiters zu den Einschränkungen des Verfahrens.

Für das Mobilitätsverhalten der Gäste am Urlaubsort, insbesondere für die Verkehrsmittelwahl, hat die Verkehrsmittelverfügbarkeit eine hohe Bedeutung. Diese wird durch den Anreiseverkehrsmodus determiniert: Gäste, die ohne Pkw anreisen, sind in der Regel auf andere Verkehrsmodi am Urlaubsort angewiesen. Im zweiten Teilmodell wird daher ein Verkehrsmoduswahlmodell vorgestellt, das auf Basis eines binominalen Logit-Ansatzes und der in den Befragungen erfassten Daten die Auswahlwahrscheinlichkeiten für die Anreisemodi Pkw und Bahn berechnet. Herr Harz stellt zunächst detailliert die möglichen Einflussfaktoren und deren Datenquellen vor. Dabei wird deutlich, dass er sich intensiv und sehr sorgfältig mit der Qualität der Modelleingangsdaten, insbesondere der Reisezeitdaten, beschäftigt hat. Nachvollziehbar und plausibel begründet, verzichtet der Bearbeiter auf die Reisekosten als Modelleingangsgröße. Darauf aufbauend werden aus den möglichen Einflussfaktoren die Modellparameter durch Parameterschätzungen nach der Maximum-Likelihood-Methode bestimmt. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Einflussfaktoren, die erwartungsgemäß mehr oder weniger korrelieren, hat Herr Harz ein systematisches, plausibles und nachvollziehbares Vorgehen entwickelt, mit dem er das Modell schrittweise erstellt. Aufbauend auf einem Grundmodell, das durch die Berücksichtigung der Reisezeit bereits einen Großteil der Varianz erklärt, werden anschließend Merkmale der Urlaubsreise, der Person und des Haushalts in die Modellschätzung eingebunden. Wie bei allen Schätzungen zuvor wird auch das finale Modell anhand aussagekräftiger statistischer Größen hinsichtlich Modellqualität bewertet. Die insgesamt sowohl inhaltlich als auch hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit hervorragenden Ausarbeitungen schließen mit einer exemplarischen Anwendung des Modells für zwei hypothetische Reisende. Dieses Beispiel inkl. der Visualisierung in den Abbildungen 4.2 und 4.3 zeigt nochmals sehr anschaulich die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge der Einflussparameter auf die Moduswahl.

Das dritte Teilmodell erzeugt Aktivitätenketten für jeden Gast und bildet damit die Grundlage für die Modellierung der Wege am Urlaubsort. Herr Harz nutzt dafür den Markov-Ketten-Ansatz mit Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den unterschiedlichen Aktivitätentypen, die er aus seiner Empirie abgeleitet hat. Neben der nachvollziehbaren theoretischen Ableitung zeigt auch die hohe Übereinstimmung zwischen modellierten und beobachteten Aktivitätenketten (Abbildung 4.5) die Korrektheit seines Ansatzes.

Im vierten Teilmodell werden den Aktivitäten der zuvor generierten Aktivitätenketten Verkehrszellen zugeordnet, so dass im Ergebnis Wegeketten bzw. Einzelwege mit jeweils Quelle und Ziel vorliegen. Angelehnt an die makroskopische Modellierung der Verkehrsnachfrage bezeichnet Herr Harz diesen Modellschritt als Verkehrserzeugung und Zielwahl. Prinzipiell erfolgt die Wahl der Quellen und Ziele auf Basis eines multinominalen Logit-Ansatzes, wobei bei den



sogenannten primären Aktivitäten lediglich die Attraktivität der Verkehrszellen ohne einen Widerstand berücksichtigt wird. Wesentliche Eingangsgrößen des Modells sind Strukturdaten, die auf Verkehrszellen aggregiert werden. Im Gegensatz zu üblichen Raummodellen nutzt Herr Harz Rasterzellen mit einer Größe von 100 x 100 m als Verkehrszellen, da dadurch die Anzahl der Aktivitäten je Zelle immer der Dichte entspricht und kleinräumige Strukturen erhalten bleiben. Die gewählte Differenzierung in primäre und sekundäre Aktivitäten und deren Berücksichtigung bei der Zielwahl über einen definierten Suchraum sind ebenso überzeugend und verständlich dargestellt wie die Ermittlung der Auswahlwahrscheinlichkeiten für die einzelnen Aktivitätentypen. Die getroffenen Annahmen und Vereinfachungen sind in der Regel plausibel und gut begründet.

Im letzten Teilmodell wird den einzelnen Wegen der zuvor modellierten Aktivitätenketten ein Verkehrsmodus zugeordnet. Dazu hat Herr Harz ein Verkehrsmoduswahlmodell entwickelt, das auf Basis eines multinominalen Logit-Ansatzes die Wahrscheinlichkeiten für die Wahl der drei Modi MIV, ÖPNV und Fußverkehr berechnet. Für die Parameterschätzung der Nutzenfunktionen wendet er dasselbe systematische und sehr gut nachvollziehbare Vorgehen an wie bei der Modellierung des Anreiseverkehrsmodus (Maximum-Likelihood-Methode auf Basis der selbst erhobenen Daten). Die mathematisch korrekt abgeleiteten Ergebnisse der Parameterschätzung sind inhaltlich nicht in jedem Fall plausibel. Herr Harz greift die unplausiblen Ergebnisse auf und gibt in der Regel stichhaltige und nachvollziehbare Begründungen dafür (z. B. bei dem Faktor Anzahl Pkw im Haushalt). Wie bereits bei den anderen Teilmodellen überzeugt er auch hier durch seine kritische Selbstreflexion und seine mathematisch-statistische Kompetenz.

In **Kapitel 5** wird das gesamte Modell exemplarisch für die Stadt Kassel angewendet. Auf Basis einer synthetischen Population ermittelt das Modell modusspezifische Quelle-Ziel-Matrizen für einen mittleren Wochenendtag von Übernachtungs- und Tagesgästen, die mit dem Pkw anreisen. Basierend auf der im ersten Teilmodell abgeschätzten Gästeanzahl wird eine synthetische Population erzeugt, die jedem Gast die für die weiteren Modellschritte erforderlichen Merkmale zuordnet. Dabei wird die in den Gästebefragungen erfasste Verteilung dieser Merkmale berücksichtigt. Die Ergebnisse der Modellanwendung wie z. B. die Verkehrsströme auf den einzelnen Relationen werden sehr anschaulich auf Karten dargestellt. Die modellierte Verkehrsnachfrage der beiden Gästegruppen ist vor dem Hintergrund des Verkehrsangebots, der touristischen Ziele und Übernachtungsstandorte in Kassel sehr plausibel. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels befasst sich Herr Harz mit Grenzen und Sensitivitäten der Teilmodelle. Dabei variiert er sachgerecht die Eingangsgrößen, bei denen aufgrund fehlender oder unzureichender Daten Annahmen getroffen werden mussten. Dies betrifft einerseits das Teilmodell der Abschätzung der täglichen Gästeanzahl und andererseits die Zielwahl. Während die Ergebnisse der Sensitivitätsuntersuchung bei der Zielwahl verständlich und nachvollziehbar aufbereitet sind, können die Ergebnisse zur Abschätzung der Gästezahl nicht geprüft und nur teilweise nachvollzogen werden.



In **Kapitel 6** werden die Ergebnisse und Einsatzmöglichkeiten des Modells diskutiert. Zunächst zeigt Herr Harz Möglichkeiten und Grenzen einer Validierung und Kalibrierung des Modells auf. Dabei weist es zurecht daraufhin, dass die mangelnde Datenverfügbarkeit im Tourismusverkehr eine Modellprüfung erschwert. Anschließend stellt er mehrere Möglichkeiten der Integration seiner Modellansätze mit makros- und mikroskopischen Verkehrsnachfragemodellen vor. Seine Ausführungen überzeugen und zeigen, dass sein Modellansatz mit beiden Modelltypen verknüpft werden kann; aufgrund der realisierten Einzelpersonensimulation fällt insbesondere eine Integration in mikroskopische Modelle wie MATSim leicht. Zum Abschluss diskutiert Herr Harz die Übertragbarkeit seines Modellansatzes. Er arbeitet nachvollziehbar heraus, welche Modellbausteine inkl. der zugehörigen Empirie auf andere Städte übertragbar sind bzw. angepasst werden müssen.

Das abschließende **Kapitel 7** fasst die Ergebnisse der Arbeit sehr gut zusammen und gibt auf der Grundlage einer kritischen Analyse des Erreichten einen kurzen Ausblick auf mögliche Einsatzbereiche des Verfahrens und dem zukünftigen Forschungsbedarf.

Bewertung der Arbeit

Herr Harz hat mit der vorliegenden Dissertation ein sehr anspruchsvolles Thema aufgegriffen und äußerst erfolgreich bearbeitet. Damit hat er seine Befähigung zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit umfassend nachgewiesen. Seine Forschungsarbeit liefert einen originären und bedeutenden methodischen Beitrag zur Modellierung der Verkehrsnachfrage. In der methodisch fundierten Arbeit kam er zu wichtigen Erkenntnissen, die nicht nur für die Verkehrswissenschaft, sondern gleichermaßen für die Planungspraxis, insbesondere im Bereich der modellgestützten Verkehrsplanung, von Bedeutung sind. Die von Herrn Harz entwickelten Modelle inkl. der zugehörigen Empirie können als Pionierarbeit im Bereich der Modellierung der touristischen Verkehrsnachfrage angesehen werden. Der Autor hat bei der Konzeption, Entwicklung und Anwendung der Modelle seine Kompetenzen der Verkehrswissenschaften mit seinen methodischen Kenntnissen aus der Statistik und empirischen Sozialforschung hervorragend verknüpft und dabei zusätzlich die Anforderungen an die praktische Anwendung berücksichtigt. Bei der Modellentwicklung ist Herr Harz sehr strukturiert und systematisch vorgegangen und hat seine Ergebnisse stets reflektiert und auf Plausibilität geprüft.

Herr Harz hat sich umfassend in das Forschungsthema eingearbeitet, wie die Vielzahl der Quellen zeigt (ca. 150 nationale und internationale Quellen). Er hat sich als Verkehrsingenieur Fach- und Methodenwissen aus dem eher fachfremden Bereich der Tourismuswissenschaften angeeignet und dieses vorbildlich, zielgerichtet und sachgerecht auf sein Forschungsthema übertragen. Die Dissertation entstand zum Großteil während der Corona-Pandemie in den Jahren 2020, 2021 und 2022. Herr Harz musste nicht nur mit den coronabedingten Arbeitsbedingungen umgehen, sondern insbesondere die Durchführung seiner empirischen Studien an die wechselnden Corona-Regelungen anpassen.

Die vorgelegte Dissertation folgt einer klaren und übersichtlichen Struktur. Die Arbeit ist verständlich formuliert, der rote Faden ist jederzeit erkennbar. In Form und Sprache weist die



Arbeit kleinere Mängel auf, die im Rahmen einer redaktionellen Überarbeitung vor der Drucklegung korrigiert werden können. Ich empfehle daher die Annahme der vorgelegten Arbeit und die Fortsetzung des Promotionsverfahrens. Die Dissertation von Herrn Harz wird von mir mit der Note

„magna cum laude“ (1,0)

bewertet.

Kassel, 27. März 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'CSommer', written over a horizontal dotted line.

(Prof. Dr.-Ing. Carsten Sommer)