

# ENTWICKLUNG EINER QUELLE-ZIEL-ZEIT-MATRIX AUF BASIS FREIER DATENQUELLEN ALS PLANUNGSGRUNDLAGE FÜR EINE ENERGIEEFFIZIENTERE MOBILITÄT

Marius MADSEN<sup>1</sup>, Lukas SPENGLER<sup>2</sup>, Marc GENNAT<sup>3</sup>

## Einleitung

Der Straßenverkehr war im Jahr 2018 in der Europäischen Union für 26 % aller CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich [3]. Energieeffiziente und umweltfreundliche Mobilität wirkt sich daher unmittelbar positiv und signifikant auf die Klimabilanz aus. Für eine Simulation und Optimierung von Verkehrssystemen, wie Straßenverkehr oder ÖPNV, ist die Kenntnis der Wege von Verkehrserzeugern zu Senken in Abhängigkeit von der Uhrzeit notwendig [1]. Im Folgenden wird eine Methode vorgestellt, um eine solche dreidimensionale Quelle-Ziel-Zeit-Matrix komplett auf Basis frei zugänglicher Datenquellen abschätzen zu können.

## 400-Meter-Rasterung

Die Methode wird am Beispiel der Stadt Krefeld (NRW, Deutschland) vorgestellt. Um das Stadtgebiet numerisch abzubilden, wird dieses in 400x400 Meter-Zellen diskretisiert. Damit ergibt sich eine Rasterung mit 794 Zellen. Jeder tatsächliche Start- und Zielpunkt eines Weges kann einer Zelle zugeordnet werden. Daraus resultieren 630.436 mögliche innerstädtische Wegverbindungen zwischen diesen Zellen.

## Datenquellen

In Deutschland sind seit 2015 die Liegenschaftskataster aller Bundesländer frei nutzbar [6]. Im Liegenschaftskataster der Stadt Krefeld sind 145.143 Gebäude mit Angaben zur Grundfläche, Etagenanzahl und 253 unterschiedlichen Gebäudefunktionen, wie zum Beispiel „Bürogebäude“ oder „Wohnhaus“, enthalten [5].

Außerdem, müssen Daten vorliegen, aus denen hervorgeht, wie viele Wege zwischen einzelnen Stadtteilen oder Bezirken stattfinden, wie sich Wege zeitlich über den Tag verteilen und welche Reisezwecke (Heimweg, Arbeiten, Einkaufen, etc.) dabei zugeordnet sind. Für die Stadt Krefeld liegen diese Daten in Form einer Mobilitätsbefragung vor [1].

Für den Reisezweck „Wohnen“ lässt sich die Methode erweitern, indem statistische Informationen über die Bevölkerung eingearbeitet werden. Für Krefeld liegen diese Daten als „Bezirksatlas“ vor [4].

## Methode

### *Erste Näherung durch Vorwärtsrechnung*

Zur Verknüpfung des Liegenschaftskatasters mit der Mobilitätsbefragung werden die 253 Gebäudefunktionen in zehn Kategorien zusammengefasst. Gebäude mit hybriden Gebäudefunktionen werden anteilig zugeordnet.

Im Folgenden wird näherungsweise angenommen, dass ein Weg immer von einem Gebäude zu einem anderen stattfindet. Zum Beispiel muss ein „Arbeitsweg“ nicht bei einem „Wohnen“-Gebäude beginnen, wenn vor der Arbeit z. B. noch ein Arztbesuch („Besorgungen“) stattfindet. Ein Weg mit dem Zweck

---

<sup>1</sup> Hochschule Niederrhein, SWK E<sup>2</sup> - Institut für Energietechnik und Energiemanagement, Reinarzstr. 49, 47805 Krefeld, Germany, +49 2151822 6697, marius.madsen@hs-niederrhein.de, www.hs-niederrhein.de/swk-e2

<sup>2</sup> Hochschule Niederrhein, SWK E<sup>2</sup> - Institut für Energietechnik und Energiemanagement, Reinarzstr. 49, 47805 Krefeld, Germany, +49 2151822 5122, lukas.spengler@hs-niederrhein.de, www.hs-niederrhein.de/swk-e2

<sup>3</sup> Hochschule Niederrhein, SWK E<sup>2</sup> - Institut für Energietechnik und Energiemanagement, Reinarzstr. 49, 47805 Krefeld, Germany, +49 2151822 5112, marc.gennat@hs-niederrhein.de, www.hs-niederrhein.de/swk-e2

„geschäftlich unterwegs“ beginnt und endet in dieser Modellierung immer bei einem Gebäude mit der Kategorie „Arbeiten“.

Es werden die kumulierten Nutzflächen einer Gebäudekategorie der jeweiligen Zellen in derer die Gebäude stehen zugeordnet. Durch eine einfache Vorwärtsrechnung ist es nun möglich, die Anzahl aller Wege einer Uhrzeit mit einem Reisezweck (z. B. „Einkaufen“) den zugeordneten Flächen („Einkaufen“) und damit den einzelnen Zelle-zu-Zelle-Relationen der Stadt zuzuweisen.

Durch den Bezirksatlas der Stadt Krefeld ist bekannt, in welchem statistischen Bezirk wie viele Menschen wohnen [4]. Es wird angenommen, dass damit Wege die in Wohngebäuden beginnen oder enden, genauer abgeschätzt werden können.

### ***Nebenbedingungen und Parameterschätzverfahren***

Durch die Daten der Mobilitätsbefragung ist ebenfalls bekannt, wie viele Wege eines Tages in jeden Stadtteil führen. Diese Nebenbedingung wird durch die einfache Vorwärtsrechnung teilweise verletzt. Dies wurde erwartet, da die ideelle Verteilung der Wege auf die Gebäudeflächen nur eine Näherung darstellt. Um ein Ergebnis zu erhalten, welches diese Nebenbedingung einhält, wurde ein Parameterschätzverfahren mit dieser und weiteren Nebenbedingungen (u.a. gibt es keine negativen Wege) angewendet.

### **Ergebnis und Ausblick**

Es steht eine Quelle-Ziel-Zeit-Matrix zur Verfügung, mit derer die energieeffiziente Mobilität der Zukunft geplant werden kann. Durch eine Erweiterung der Methode könnte zukünftig für jede Zelle-zu-Zelle-Relation der Modal-Split für jede Zeiteinheit abgeschätzt werden. Dies könnte z. B. mit den Ergebnissen der Mobilitätsbefragung oder mit der Bestimmung von verkehrsmittelspezifischen Reisewiderständen jeder einzelnen Zelle-zu-Zelle Relation erfolgen.

Die vorgestellte Methode ist übertragbar auf alle Städte, für die eine Mobilitätsbefragung erstellt wurde und welche ein digitales Liegenschaftskataster bereitstellen. Durch die Quelle-Ziel-Zeit-Matrix könnten ÖPNV-Angebote optimiert beziehungsweise in weiterer Zukunft der Einsatz von autonomen Kleinbussen organisiert werden.

### **Referenzen**

- [1] M. Alesić, „Dynamische Umlegung von Quelle-Ziel-Matrizen mit einem makroskopischen Verkehrsflussmodell“. Stuttgart: Springer Vieweg, 2012.
- [2] C. Helmert und H. Henninger, „Mobilitätsbefragung zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung in der Stadt Krefeld“. Aachen: Ingenieurbüro Helmert, 2017.
- [3] Statistisches Bundesamt, „Straßenverkehr: EU-weite CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1990 um 24 % gestiegen“. Destatis, [https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Umwelt-Energie/CO2\\_Strassenverkehr.html](https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Umwelt-Energie/CO2_Strassenverkehr.html) (Aufgerufen 30.November, 2021).
- [4] Stadt Krefeld, „Bezirksatlas 2018“. Krefeld: Stadt Krefeld - Abteilung Statistik und Wahlen, 2019.
- [5] Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, „Liegenschaftskataster Stadt Krefeld“. Stadt Krefeld, <https://open.nrw/dataset/liegenschaftskataster-stadt-krefeld-odp> (Aufgerufen 12.Februar, 2021).
- [6] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, „Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®)“. AdV, <https://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/> (Aufgerufen 30.November, 2021).