



Flächennutzungsmonitoring X Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren

IÖR Schriften Band 76 · 2018

ISBN: 978-3-944101-76-7

Infrastrukturplanung mit verkehrsbezogenen Flächennutzungsindikatoren

Sujit Kumar Sikder, Hendrik Herold, Gotthard Meinel

Sikder, S. K.; Herold, H.; Meinel, G. (2018): Infrastrukturplanung mit verkehrsbezogenen Flächennutzungsindikatoren. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 76, S. 261-269.

Infrastrukturplanung mit verkehrsbezogenen Flächennutzungsindikatoren

Sujit Kumar Sikder, Hendrik Herold, Gotthard Meinel

Zusammenfassung

Die Geodatendienste des IÖR-Monitors stellten bundesweit Indikatoren zur Flächennutzungsstruktur sowie der verkehrsbezogenen Infrastruktur bereit. Diese Daten können unter anderem für die Infrastrukturplanung genutzt werden. Ziel dieses Beitrages ist es, die räumliche Variabilität der aktuellen Ladestationspunkte (Electric Vehicle Charging Points: ECP) als Teil der zukünftigen Elektromobilitätsinfrastruktur bundesweit zu analysieren. Die explorative Analyse wird auf Kreisebene mithilfe eines hybriden Datensatzes, d. h. einer Kombination von offenen, amtlichen und nutzergenerierten (VGI) Datenquellen durchgeführt. Sie umfasst die Analyse der Datenqualität, die Extraktion räumlicher Muster sowie die Erstellung deskriptiver Statistiken. Die höchste Konzentration von ECP gibt es erwartungsgemäß in den Großstädten, davon am meisten in den großen Ballungsräumen. Die bivariate Korrelationsanalyse zeigt, dass der Anteil Verkehrsfläche an Gebietsfläche eine robuste Prädiktorvariable des IÖR-Monitors ist. Zur Erstellung deskriptiver Statistiken, zur Extraktion räumlicher Muster und deren Darstellung in Karten und Grafiken wurden ausschließlich offene und frei verfügbare analytische Softwarewerkzeuge eingesetzt.

1 Einführung

Elektrofahrzeuge (Electric Vehicles, EV) sind ein Schlüsselfaktor zur Bewältigung globaler Umweltherausforderungen und der Sicherung einer ökologisch orientierten Entwicklung von Städten und Regionen (Wirges et al. 2012; Wagner et al. 2014). Im Jahre 2009 hat sich die Bundesregierung die Einführung von einer Million EV auf deutschen Straßen bis 2020 zum Ziel gesetzt (Bundesregierung 2009). So entstehen in größeren Städten und Kommunen immer mehr Public-Private-Partnership-Initiativen (PPP) zur EV-Integration in die Gesellschaft, wie aktuell zum Beispiel in Dresden (Gläserne Manufaktur 2018). Allerdings wird für die Elektrofahrzeugnutzung auch eine leistungsfähige Ladeinfrastruktur benötigt. So ist die Standortwahl für die ECP eine neue Herausforderung für die Planung (Wirges et al. 2012). Tatsächlich bleibt die optimale Standortwahl, wo die höchste Auslastung der Ladestation erwartet wird, ein Schwerpunkt in der Raumordnung (NPE 2015; GRCC 2016). Die Raumtheorie, die sich mit den räumlichen Konzepten Ort, Entfernung und Nachbarschaftsbeziehungen beschäftigt, hat in ihrer langjährigen Forschungsgeschichte eine hohe Erklärungskraft gezeigt (Bunge 1966; Christaller 1966; Warntz 1989). Dabei spielen geographische Daten und Methoden eine zentrale Rolle. Während in der

„traditionellen Geographie“ als Input nur amtliche Geodaten genutzt werden, erfolgt in der „NeoGeography“ die Datenerfassung mit Hilfe geographischer Methoden und Werkzeuge durch Nicht-Experten jenseits traditioneller Grenzen (Goodchild 2009). So ergänzen offene Daten (z. B. VGI) zunehmend amtliche Datenquellen in der räumlichen Analyse und Informationsbereitstellung (Hecht et al. 2013; Bill et al. 2018; Sikder et al. 2018b). Herausforderungen bei der Verwendung von VGI sind Diversität, Heterogenität, Widersprüchlichkeit sowie Unsicherheiten und Bedenken hinsichtlich der Genauigkeit und Verifikation der Daten (Elwood 2008).

Der Beitrag fokussiert zunächst nur auf den Ortsbezug (Geolocation) der Ladestationspunkte. Die räumlichen Kontexte der Ladestationsstandorte werden mithilfe verschiedener Verkehrsindikatoren des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) analysiert. In einer ersten Studie (Sikder et al. 2018a) wurde gezeigt, dass die Kreise eine optimale administrative Ebene darstellen, um räumliche Muster der ECP-Entwicklung in Deutschland zu untersuchen. Die explorative Analyse erfolgt als hybrider Ansatz, d. h. in Kombination von offenen, amtlichen und nutzergenerierten Datenquellen.

2 Datenverfügbarkeit und Datenaufbereitung

Dieser Beitrag fokussiert auf die physischen Faktoren der Verkehrsinfrastruktur am Beispiel der EV-Ladeinfrastruktur. Dafür werden zwei Datensätze verwendet: EV-Ladestationspunktdaten und die verkehrsbezogenen Indikatoren.

2.1 Verkehrsbezogene Indikatoren des IÖR-Monitor

Physische Faktoren sind Grundelemente für die Verkehrsinfrastrukturplanung. Der IÖR-Monitor (bundesweite GDI in Deutschland seit 2010) bietet insgesamt 86 Indikatoren im Themenbereich Siedlungs- und Freiraumentwicklung, davon 9 Indikatoren im Themenfeld Verkehr (verkehrsbezogene Flächennutzungsindikatoren). Die Indikatoren des IÖR-Monitors sind frei verfügbar (IÖR-Monitor 2018). Mit Hilfe der angebotenen WebGIS-Dienste der GDI können die auf Basis amtlicher Datensätze (z. B. ATKIS Basis-DLM, DESTATIS) auf verschiedenen räumlichen Verwaltungsebenen berechneten Indikatoren problemlos in GIS-Umgebungen integriert werden (Krüger et al. 2013). In diesem Beitrag werden WFS-Dienste der Kreisebene in einer QGIS-Umgebung verarbeitet. Zuerst werden alle verkehrsbezogenen Indikatoren der Kreisebene und ihrer zeitlichen Verfügbarkeit (2000-2017) abgerufen. Die Daten umfassen geometrische Merkmale, Attribute, den ID-Schlüssel und die Indikatorwerte.

2.2 EV-Ladestationspunktdaten

Ein wichtiger Baustein der E-Mobilität sind optimal zugängliche Ladestationen. Derzeit gibt es verschiedene Anbieter, Stationsarten und Informationsplattformen. So gibt es verschiedene Anbieter von ECP-Daten in Deutschland, die sich nach Anzahl und Art deutlich unterscheiden. Die Datenangebote OpenChargerMap (OCM) und OpenStreet-Map (OSM) werden fast ausschließlich von EV-Nutzern erhoben und können damit als frei verfügbare VGI betrachtet werden. Nach ECP-Anzahl ist OCM mit 10 476 ECP in Deutschland (Stand 16.03.2018) die am schnellsten wachsende Informationsplattform.

In dieser Studie werden nur die Geolokalisierungen (GeoJSON) der ECP verwendet. Diese Punktdaten wurden mit den Indikatoren aus dem IÖR-Monitor kombiniert (Abb. 1). Eine landesweite Karte der EV-Ladeinfrastruktur (NPE 2015, 8) unterstützt die visuelle Validierung der Ergebnisse.

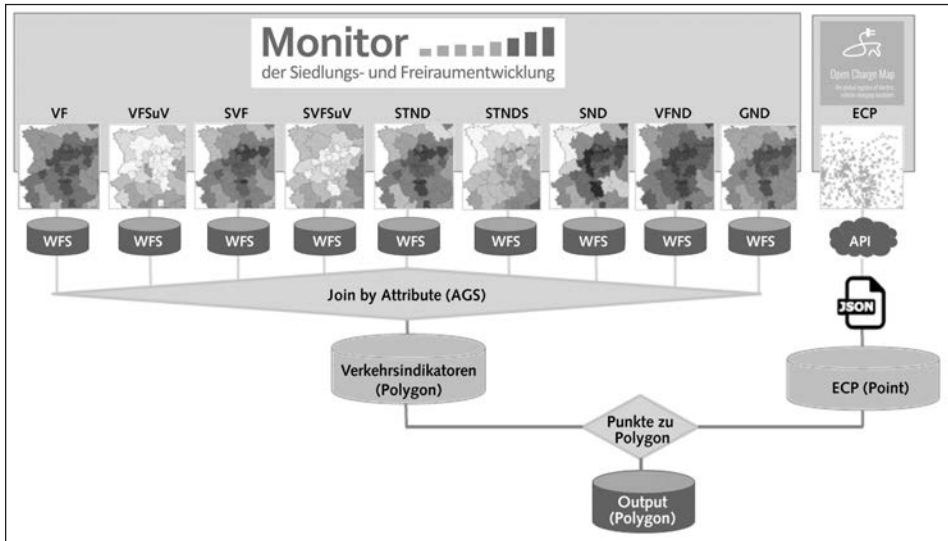


Abb. 1: Schritte der Datenvorbereitung und Berechnung (Quelle: eigene Abbildung, IÖR-Monitor, OCM); * Abkürzungen: Sikder et al. 2018a

3 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 2 ist das räumliche Verteilungsmuster der aggregierten Ladestationsdichte (d. h. als ECD) in einer thematischen Karte auf Ebene der Kreistypen dargestellt. Die Landkreise/Kreise haben eine deutlich niedrigere ECD als die Stadtkreise/kreisfreien Städte.

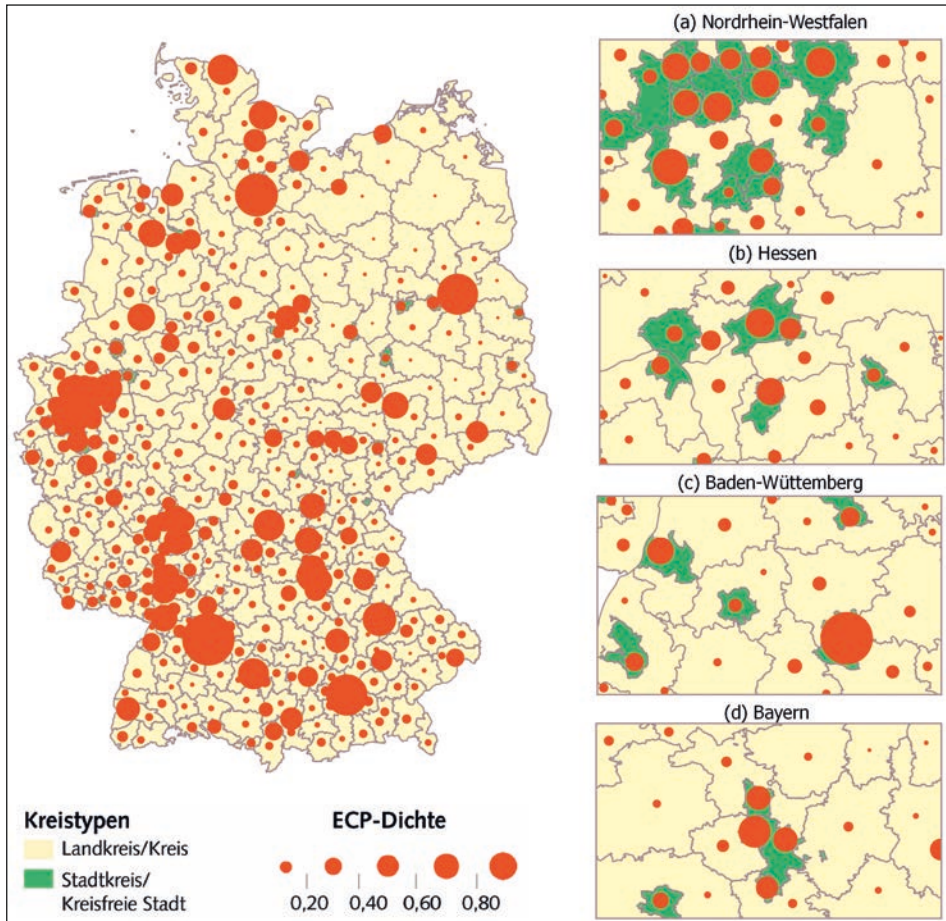


Abb. 2: Karte der Ladestationsdichte (ECD) nach Kreistypen sowie Detailkarten ausgewählter Regionen. (Quelle: Geodaten: VG25 © GeoBasis-DE/BKG, 2015, OSM, OCM 2018; Statistik: IÖR-Monitor, OCM, Karte: Sikder © IÖR 2018)

Die höchste Konzentration von ECP gibt es erwartungsgemäß in den Großstädten, davon am meisten in den großen Ballungsräumen (Berlin: 509 und Hamburg: 471). In den Bundesländern besitzen Nordrhein-Westfalen, Hessen, Baden-Württemberg und Bayern die meisten ECP.

Das explorative, analytische Ziel ist es nun, die Variabilität zwischen den ECP und den neun verkehrsbezogenen Variablen des IÖR-Monitors darzustellen. Die bivariaten Korrelationskoeffizienten und Regressionen sind in Abbildung 3 für alle Indikatoren paarweise zusammengefasst. Die bivariaten Korrelationen sind alle positiv, mit Ausnahme des Anteils Verkehrsfläche an Siedlungs- und Verkehrsfläche (VFSuV). Robuste Prädiktorvariablen sind die Indikatoren Straßennetzdichte in Gebietsfläche (STND), Anteil

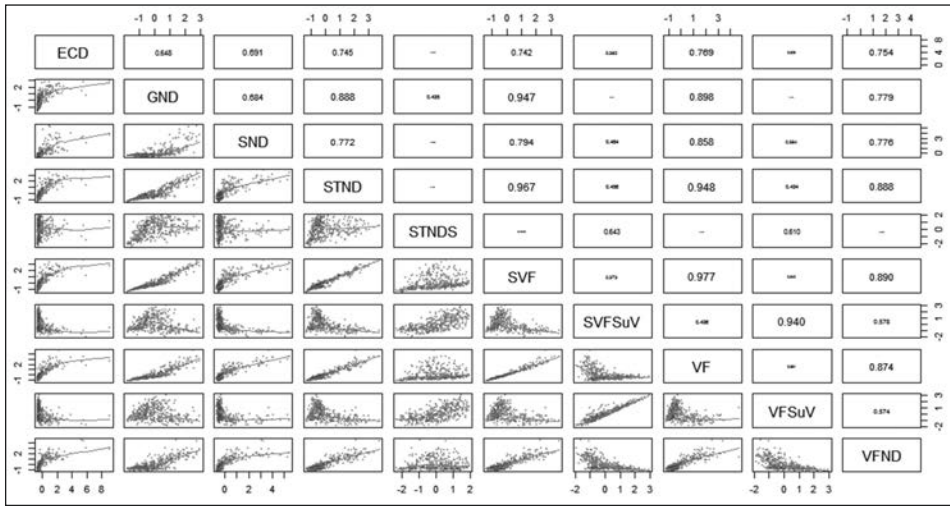


Abb. 3: Paarvergleich aller Indikatoren (Quelle: eigene Berechnung)

Straßenverkehrsfläche an Gebietsfläche (SVF), die Verkehrsflächennutzungsichte (VFND) und der Anteil Verkehrsfläche an Gebietsfläche (VF), jeweils mit ca. 75 %. Bei hochkorrelierten Variablen wurden diejenigen mit dem höheren Koeffizienten ausgewählt. Der „Anteil der Verkehrsfläche an der Gebietsfläche“ ist von allen neun Indikatoren des IÖR-Monitors am stärksten korreliert (Pearsonkoeffizient: $R = 76,7$) und kann damit als ein robuster Prädiktor der räumlichen Variabilität der aktuellen ECP Entwicklung in Deutschland dienen.

Abbildung 4 zeigt die statistische Verteilung der ECD und der verkehrsbezogenen Flächennutzungsindikatoren mit Verwaltungsfunktion (Stadt und Umland). Beide Boxplots zeigen im oberen Bereich Ausreißer, wobei diese im ländlichen Raum stärker vertreten sind. Die Landkreise weisen, wie auch einige der großen Städte, eine gewisse Variabilität in der ECD auf.

Abbildung 5 zeigt die statistische Verteilung der ECD und Verkehrsindikatoren, differenziert nach den siedlungsstrukturellen Kreisregionen des BBSR (2015).

Die ECD ist überall unterdurchschnittlich, was bedeutet, dass sie stark von den Ausreißern bestimmt wird (d. h., einige wenige Orte dominieren). Insgesamt betrachtet zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den siedlungsstrukturellen Typen. Dies deutet zum einen auf eine sehr homogene ECP-Verteilung hin. Zum anderen können daher die infrastrukturbezogenen Verkehrsindikatoren als guter Prädiktor für die Verteilung von ECP verwendet werden.

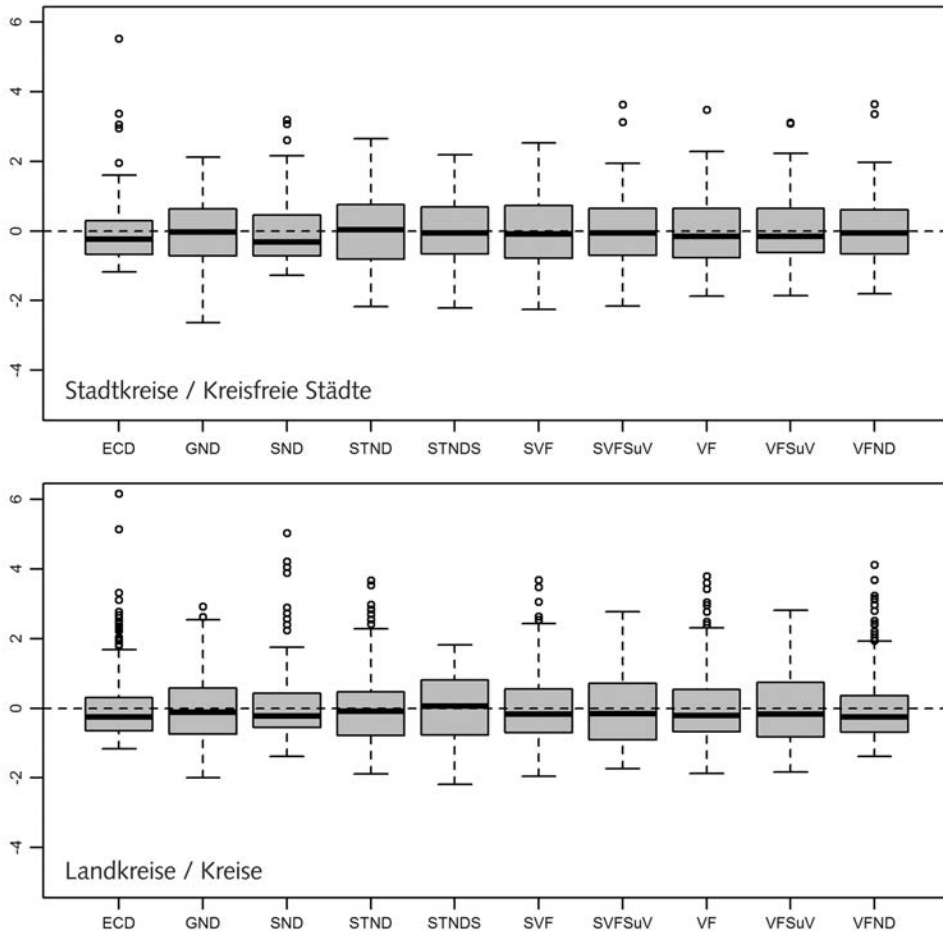


Abb. 4: Deskriptive Statistik mit Boxplots auf Basis der Kreistypen (Quelle: eigene Darstellung)

Deutlich wird, dass die Siedlungsdichte in einer Gebietseinheit einen starken Einfluss auf das räumliche Muster hat. In diesem Kontext muss der Zusammenhang zwischen den physischen Verkehrsindikatoren des IÖR-Monitor und der ECD betrachtet werden. Nach dem Vergleich mit Bundesländer und Raumordnungsebene, wobei die Fläche eine nur schwache Beziehung zur ECP-Anzahl auf der Kreisebene zeigen.

Die räumliche Assoziation zeigt das Potenzial für weitere Optimierungen hinsichtlich der Variablenauswahl, der Modellwahl oder auch der Prüfung auf Stationarität. Die OCM-API bietet demgegenüber eine tagesaktuelle Datenquelle, allerdings muss hier die Datenqualität noch genauer untersucht werden. Dafür existiert bereits ein Datenqualitätschlüssel, der sich derzeit aber noch in der Erprobungsphase befindet.

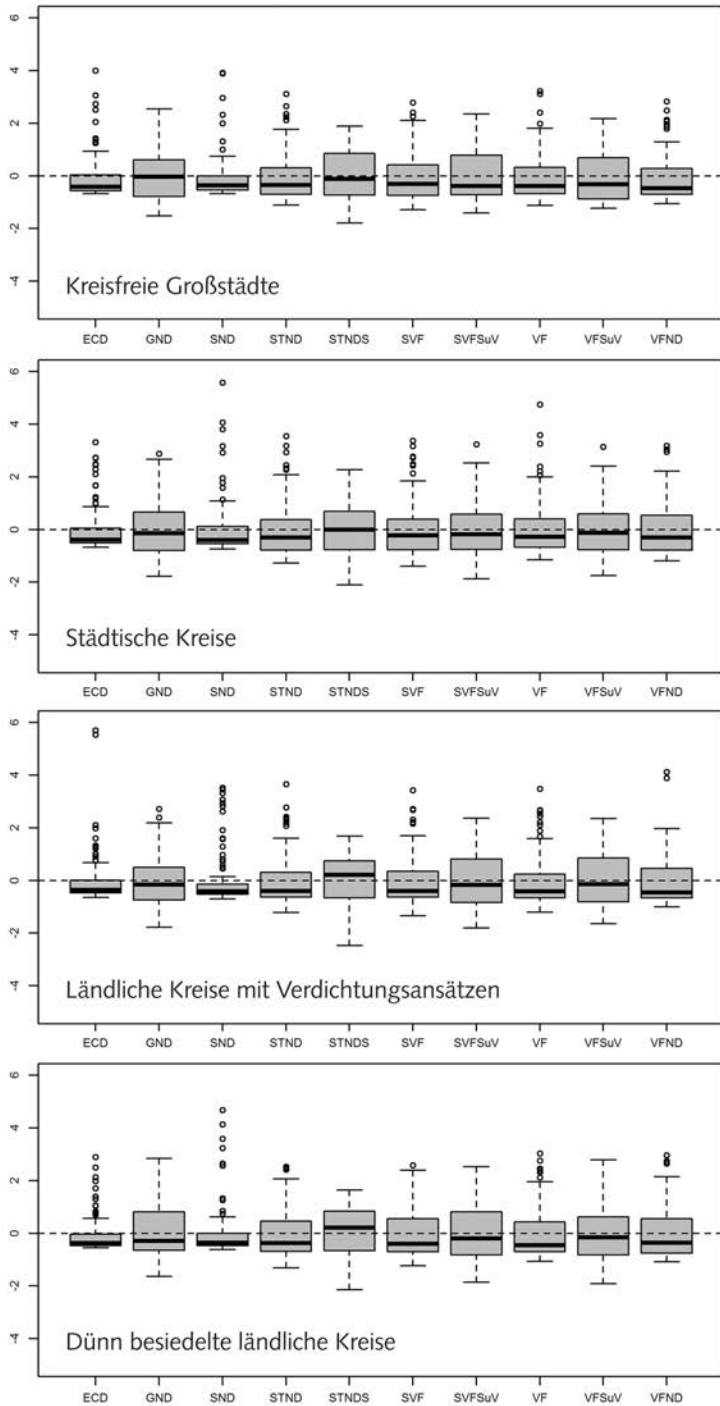


Abb. 5: Deskriptive Statistik mit Boxplots auf Basis der Kreisregionen des BBSR (Quelle: eigene Darstellung)

4 Fazit

Infrastrukturplanung ist ein wichtiges Thema im Rahmen einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. In dieser Studie wurde eine räumliche Analyse zur Ladeinfrastruktur mithilfe von offenen Daten durchgeführt und diskutiert. Die Analyse erfolgte dabei auf Ebene der Kreise, zum einen in der Unterscheidung zwischen Stadt- und Landkreisen und zum anderen anhand der siedlungsstrukturellen Kreistypologie des BBSR. Dabei zeigt sich eine insgesamt relativ homogene Verteilung der ECP. In der Korrelationsanalyse mit den verkehrsbezogenen Indikatoren des IÖR-Monitors zeigte sich überraschenderweise eine hohe Korrelation der Ladestations- mit der Schienennetzdichte. Dies könnte auf eine Konzentration von Ladestationen an Bahnhöfen hindeuten. Die Ergebnisse zeigen das Potenzial der Kombination von offenen nutzergenerierten und amtlichen Daten für die Anwendung in der Raumplanungspraxis und -wissenschaft. OCM als VGI ist eine schnell wachsende, flexible, gut dokumentierte, aktive Plattform; allerdings muss die Datenqualität noch tiefer geprüft werden (ggf. inkorrekte Geolokalisierung und Unvollständigkeit).

Der Beitrag fokussiert dabei auf die statischen Indikatoren. Weiterführende Untersuchungen sollten auch die dynamischen Indikatoren der Elektromobilität, wie zum Beispiel Ladefrequenz oder auch sozioökonomische Indikatoren, einbeziehen. Räumliche Assoziationen sollten jedoch stets unter Berücksichtigung der Herausforderungen (Unsicherheiten) bei der Verwendung von VGI betrachtet werden.

5 Literatur

- Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 05.04.2018).
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Laufende Raumb Beobachtung – Raumabgrenzungen: Siedlungsstrukturelle Kreistypen. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/Kreistypen4/kreistypen_node.html (Zugriff: 14.08.2018).
- Bill, R.; Lorenzen-Zabel, A.; Hinz, M. (2018): Offene Daten für Lehre und Forschung in raumbezogenen Studiengängen – OpenGeoEdu. *gis.Science* 1/2018.
- Elwood, S. (2008): Volunteered geographic information: future research directions motivated by critical, participatory, and feminist GIS. *GeoJournal* 72/2008 (3-4).
- Gläserne Manufaktur (2018): Volkswagen Sachsen und Landeshauptstadt Dresden vereinbaren Partnerschaft zu Elektromobilität und Digitalisierung. (Pressemitteilungen). <https://www.glaesernemanufaktur.de/de/manufaktur/kooperation-mit-der-stadt-dresden/dresden-wird-modellstadt-fuer-elektromobilitaet.html> (Zugriff: 25.08.2018).

- Goodchild, M. (2009): NeoGeography and the nature of geographic expertise. *Journal of location based services* 3/2009 (2): 82-96.
- GRCC – Greater Rochester Clean Cities (2016): Genesee Region Electric Vehicle Charging Station Plan.
<https://on.ny.gov/2Mzlu2C> (Zugriff: 15.05.2018).
- Hecht, R.; Kunze, C.; Hahmann, S. (2013): Measuring Completeness of Building Footprints in OpenStreetMap over Space and Time. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2/2013 (4): 1066-1091.
- IÖR-Monitor (2018): Die Beschreibung von Indikatoren des IÖR-Monitors.
<http://www.ioer-monitor.de/indikatoren/verkehr/> (Zugriff: 26.07.2018).
- NPE – Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Germany.
http://nationale-plattform-elektromobili-taet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/AG3_Statusbericht_LIS_2015_engl_klein_bf.pdf (Zugriff: 12.05.2018).
- OCM – Open Charger Map (2018): The Open Charger Map API (OCM).
<https://openchargemap.org/site/develop/api> (Zugriff: 16.03.2018).
- Sikder, S. K.; Herold, H.; Meinel, G. (2018a): Halten Sie die Augen nach einer Ladestation offen! – Die E-Ladestations-Infrastruktur in Deutschland: eine räumliche Analyse. *AGIT Journal für Angewandte Geoinformatik* 4/2018: 218-227.
- Sikder, S. K.; Nagarajan, M.; Kar, S.; Koetter, T. (2018b): A geospatial approach of downscaling urban energy consumption density in mega-city Dhaka, Bangladesh. *Urban Climate* 26: 10-30.
- Wagner, S.; Brandt, T.; Neumann, D. (2014): Smart city planning-developing an urban charging infrastructure for electric vehicles.
- Wirges, J.; Linder, S.; Kessler, A (2012): Modelling the development of a regional charging infrastructure for electric vehicles in time and space. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 12/2012 (12): 391-416.