



RUNDER TISCH GIS E.V.



Technische Universität München

Kolbe / Bill / Donaubauer (Hrsg.)

Geoinformations- systeme 2022

Beiträge zur 9. Münchner GI-Runde



München, März 2022

Titelgrafik:

siehe Beitrag *Der Digitaler Zwilling München als digitale Infrastruktur der klimaneutralen Stadt* von Markus Mohl (Abb. 2): Visualisierung von aktueller Situation (links) und Planungsszenario (rechts) auf Grundlage der 3D-Daten im Digitalen Zwilling München

Alle in diesem Werk enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse, usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und mit größtmöglicher Sorgfalt geprüft. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen die Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren. Sie übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

© 2022 Runder Tisch GIS e.V.

Erscheinungsweise

Digital als PDF unter www.rundertischgis.de/veranstaltungen/muENCHNER-GI-RUNDE.html

Urheberrecht

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Runden Tisches GIS e.V. unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Inhaltsverzeichnis	
Vorwort	5
Keynote	
<i>Tegtmeyer, Sascha:</i> Die Urbane Datenplattform Hamburg - von der Smart City zum Digitalen Zwilling der Stadt	6
Förderpreis	
<i>Engelhardt, Leena:</i> Konzeption und Entwicklung eines Dashboards zum Vergleich von europäischen Green Cities	8
<i>Eilers, Marco:</i> Untersuchung zum Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens auf Fernerkundungsdaten in Flurbereinigungsverfahren.....	11
<i>Vogt, Matthias:</i> Räumliche Lärmanalyse anhand von Extended Floating Car Data (xFCD)	15
<i>Chaturvedi, Kanishk:</i> Integration and Management of Time-dependent Properties with Semantic 3D City Models	20
<i>Graser, Anita:</i> Große Bewegungsdatensätze verstehen.....	24
<i>Traun, Christoph:</i> Wertegeneralisierung von statischen und dynamischen Choroplethenkarten unter Berücksichtigung globaler Autokorrelation und lokaler Ausreißer	26
3D-Modellierung des oberflächennahen Untergrunds	
<i>Weil, Jonas:</i> Digitale Baugrundmodelle und BIM – Einblick ins „IFC-Tunnel“ Projekt.....	30
<i>Zosseder, Kai:</i> Entwicklung eines nutzungsbezogenen geologischen 3D-Modells für das Untergrundmanagement der Stadt.....	32
<i>Kolditz, Olaf:</i> 3D Informationssysteme in Hydro- und Geowissenschaften.....	35
Spatial Intelligence	
<i>Ziemer, Gesa:</i> Datenbasierte Multistakeholder Kollaboration in der Stadtentwicklung	38
<i>Schwering, Angela:</i> Wie kognitiv motivierte Methoden zur verbesserten Nutzung von Geoinformationen beitragen	41
<i>Raubal, Martin:</i> Geodatenanalyse für nachhaltige Mobilität: Evaluierung und Prädiktion von individuellem Mobilitätsverhalten	44
GI Forschungsinfrastrukturen	
<i>Bernard, Lars:</i> NFDI4Earth – Aufbau der nationalen Forschungsdateninfrastruktur für die Erdsystemwissenschaften.....	47
<i>Elger, Kirsten:</i> Die Rolle von Forschungsdatenrepositorien für Open Science am Beispiel von GFZ Data Services	50
Monitoring und Zeitreihenanalyse mittels Fernerkundung	
<i>Bamler, Richard:</i> Satellitenfernerkundung: Missionen und Methoden zur Gewinnung von Geoinformation.....	53
<i>Michael, Schultz:</i> OpenStreetMap for Earth Observation (OSM4EO) osmlanduse.org.....	55
Geodateninfrastrukturen	
<i>Stockwald, Michael:</i> Neue Entwicklungen bei der Bereitstellung der amtlichen Geobasisdaten.....	57
<i>Grams, Gerhard:</i> Open Data bei Geobasisdaten	61

Bovier, Raphaël:

Open Government Data in der Schweiz Umsetzung und erste Erfahrungswerte beim Bundesamt für Landestopografie, swisstopo 65

3D

Coors, Volker:

Einfache dienstbasierte Nutzung von 3D-Daten 68

Ott, Thomas:

Bauwerke erweitern den amtlichen 3D Gebäudedatenbestand – Realisierung in Baden-Württemberg 71

Casagrande, Luca und Nagel, Claus:

Bericht zu den Arbeiten an der 3DCityDB 5.0 mit CityGML 3.0 Unterstützung 75

Mobilität

Mohl, Markus:

Der Digitaler Zwilling München als digitale Infrastruktur der klimaneutralen Stadt 77

Kaup, Stefan:

Verkehrsdaten im Fluss – Mobilitätsinformationen zielgerichtet an den Nutzer bringen 80

Behrens, Ralf:

Herausforderungen und Datenvielfalt im Radwegemanagement – Von der Fahrrad-Abstellanlage bis zur touristischen Veloroute 83

Vorwort

Der vorliegende Tagungsband ist eine Sammlung der erweiterten Abstracts zur *Münchener Geoinformatik-Runde 2022*, die vom *Runden Tisch GIS e.V.* am 28. und 29. März 2022 als virtuelle Konferenz ausgerichtet wurde.

Das Vortragsprogramm der *Münchener GI-Runde 2022* war gegliedert in fünf Wissenschaftsforen mit eingeladenen Vorträgen aus der Forschung, drei Sitzungen mit Beiträgen aus der Praxis sowie dem *Innovationsforum* des *Runden Tisch GIS e.V.*, für das sich Unternehmen mit kreativen, neuartigen Anwendungen und Lösungen rund um die Verwendung von Geoinformation bewerben konnten.

Die Beiträge in diesem Tagungsband entstammen den Wissenschafts- und Praxisforen, für die hochkarätige Vortragende aus der Geoinformatik und benachbarten Disziplinen wie Bauingenieurwesen und Geotechnik gewonnen werden konnten. Die erweiterten Abstracts geben einen Überblick über aktuelle Arbeiten und Projekte aus den Bereichen *3D-Modellierung des oberflächennahen Untergrunds*, *Spatial Intelligence*, *GI Forschungsinfrastrukturen*, *Monitoring und Zeitreihenanalyse mittels Fernerkundung*, *Geodateninfrastrukturen*, *3D-Geodaten und –Methoden* sowie *Mobilität*.

Traditionell war eines der Wissenschaftsforen den Finalisten des *Münchener Förderpreises Geoinformatik* gewidmet, sodass wir Ihnen auch Kurzfassungen der ausgewählten Abschlussarbeiten und Dissertationen in diesem Tagungsband präsentieren können.

Wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre und hoffen, dass Sie zahlreiche Anknüpfungspunkte und Ideen für Ihre eigenen Arbeiten in den Beiträgen zur *Münchener GI-Runde* finden.

Unser Dank gilt *Frau Dr. Gabriele Aumann* für die Koordination und Erstellung dieses Tagungsbands, allen Autorinnen und Autoren, der Jury des *Münchener Förderpreises Geoinformatik*, den Leitern der *Kompetenzpools* am *Runden Tisch GIS e.V.*, die für die Programmgestaltung der Praxisforen verantwortlich waren und nicht zuletzt den Sponsoren sowie allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der *Münchener GI-Runde 2022*.

München, im März 2022

Thomas H. Kolbe, Ralf Bill und Andreas Donaubaue

Die Urbane Datenplattform Hamburg - von der Smart City zum Digitalen Zwilling der Stadt

Sascha TEGTMEYER

Freie und Hansestadt Hamburg · Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung · Neuenfelder Straße 19 · 21109 Hamburg
E-Mail: sascha.tegtmeyer@gv.hamburg.de

1 Urban Data Platform Hamburg

Urbane Datenplattformen als zentrale Datendrehscheiben von Städten und Regionen stehen heute im Fokus vieler Smart City Entwicklungen. Dabei ist das Hauptziel, die separat voneinander entstandenen urbanen Daten aus den verschiedensten Anwendungsbereichen über standardisierte Schnittstellen einfach zugänglich zu machen und zu vernetzen. Das Öffnen sogenannter Datensilos und die Vernetzung dieser Daten aus Bereichen wie beispielsweise Mobilität, Gesundheit oder Stadtplanung eröffnen neue Möglichkeiten in der Analyse und sind Grundlagen für nachhaltigere Entscheidungen und neue Arten von Bürgerservices. Auch Zielgruppen außerhalb der Verwaltung wie die Zivilgesellschaft, die Wirtschaft und die Wissenschaft sind Beitragende und Zielgruppen dieser Datenplattformen. Diesem Konzept einer interdisziplinären Datennutzung liegt eine gesamtgesellschaftliche Mehrwertgenerierung zugrunde (VAN OOSTERHOUT et al. 2020).

Am Beispiel der Urban Data Platform Hamburg wird der Auf- und Ausbau einer urbanen Datenplattform auf der Grundlage einer Geodateninfrastruktur aufgezeigt. Die Nutzung bestehender Geodateninfrastrukturen als Kern einer urbanen Datenplattform und die Etablierung neuer Kooperationsformen in einer Stadt sind dabei entscheidende Erfolgsfaktoren (WELZEL et al. 2019).

2 Der Weg zum Digitalen Zwilling der Stadt

2.1 Wann ist die City smart?

Erst vernetzen sich Menschen, dann die Daten. Damit eine intelligent vernetzte Stadt mit einer urbanen Datenplattform effizienter, klimaschonender und lebenswerter wird, braucht es viele Rahmenbedingungen. Im vorliegenden Beitrag werden diese Rahmenbedingungen in Hamburg in Verbindung mit den größten Herausforderungen für den Aufbau der Urban Data Platform im Sinn eines Werkstattberichts erläutert.

Die Gründung des Urban Data Hub Hamburg ist dabei sicherlich eine der wichtigsten Fundamente. Die Kooperation des Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung mit dem City Science Lab der HafenCity Universität ist eine von vielen neuen Kooperationsformen und ist die zentrale Anlaufstelle für das urbane Datenmanagement. Der konsequente Einsatz und die Weiterentwicklung standardisierter Schnittstellen und Datenmodelle sind weitere technische Grundlagen, für die Umsetzung innovativer Projekte.

Neben der Organisation und Technik sind Daten-Governance Aspekte unabdingbar und ermöglichen so eine Kultur des Datenteilens und die weitreichende Nutzung von urbanen Daten. Neben der Nutzung einer urbanen Datenplattform in Leuchtturmprojekten wie z.B. in einem Cockpit für die städtische Infrastrukturplanung oder in digitalen Bürgerbeteiligungsformaten ist die dauerhafte Integration in alle alltäglichen Aspekte einer intelligent vernetzten Stadt das große Ziel.

2.2 Wo geht es zum Digitalen Zwilling?

Der in der Industrie 4.0 geprägte Begriff des Digitalen Zwillings hält schon lange Einzug in den Sprachgebrauch von Dateninfrastrukturen. Heruntergebrochen auf den betroffenen Raum und Fachdomäne spricht man im Kontext vom Smart City und Smart Region oft von einem digitalen und ganzheitlichen Abbild einer Stadt oder einer Region.

Bezogen auf die Stadt Hamburg ist hier ebenfalls die bereits vorhandene Geodateninfrastruktur als Kern der Urban Data Platform die Basis für den Einsatz neuer Technologien für die Entwicklung und die Nutzung von digitalen städtischen Zwillingen. Neue Schnittstellen für die Nutzung urbaner Daten auf verschiedenen Skalen der Zeitachse bis hin zur Echtzeitdatenbereitstellung sind herausfordernde Schritte, die bereits erfolgt sind. Auch die Übertragung dieser Daten in eine 3-dimensionale, geometrische und semantische Form ist ein weiterer Schritt auf diesem Weg. Dies ebnet den Weg für eine vorausschauende und nachhaltige Stadtplanung.

Konzeption und Entwicklung eines Dashboards zum Vergleich von europäischen Green Cities

Leena ENGELHARDT

E-Mail: leena.engelhardt@gmail.com

1 Einführung ins Thema

Mit Green City-Konzepten wollen viele Städte die Natur wieder zurückholen und Mehrwerte für Menschen, Tiere und Natur schaffen. Zurzeit gibt es keine allgemein gültige Definition einer Green City. Die Entscheidung über Indikatoren zur Messung grüner Räume wird häufig direkt auf der kommunalen Ebene getroffen oder durch nationale Richtlinien bestimmt. Die städte- und länderübergreifende Heterogenität bei den verwendeten Methoden und Indikatoren zur Messung grüner Räume und die fehlende Definition einer Green City, machen die eindeutige Bestimmung schwierig (BRILHANTE & KLAAS 2018). Besonders mit dem Hintergrund, dass grüne Räume einen hohen Beitrag zur Lebensqualität und Gesundheit der Bevölkerung leisten (WHO 2017) ist es wichtig, Transparenz über die Grünraumsituation in Städten herzustellen.

Die zunehmende Open Data-Bewegung in Europa hat das Potenzial die Transparenz bezüglich der Grünraumsituation in Städten zu erhöhen (EUROPEAN DATA PORTAL 2020). Bürger:innen haben durch Open Data die Möglichkeit Veränderungen in ihrer direkten Umwelt zu beobachten. Mit der Öffnung von Daten und der Smart-City Entwicklung entstehen immer mehr urbane und geographische Dashboards, um Bewohner:innen unterschiedliche Themen, Informationen oder Daten im räumlichen Zusammenhang zu präsentieren (BARRON et al. 2019). Dashboards haben den Vorteil, dass sie auch komplizierte Daten mit Grafiken und Diagrammen verständlich darstellen können, ohne dass sich die Nutzer:innen selbst mit den Daten oder technischen Funktionen auseinandersetzen müssen. Aus diesem Grund eignen sie sich auch besonders als Informationsplattform für die Bevölkerung.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Indikatorensystems mit dem europäische Green Cities ermittelt und vergleichbar gemacht werden können. Zur Darstellung wurde ein Dashboard entwickelt, das Informationen zur urbanen Begrünung für Stadtbewohner:innen verständlich visualisiert. Dabei wurde zudem untersucht welche Open Data sich für ein europäisches Grünraummonitoring eignen und was die Möglichkeiten und Grenzen der Dashboard-Technologien sind.

2 Green Cities

Grüne Städte oder im Allgemeinen der Begriff „Grün“ hat in der Gesellschaft eine positive Bedeutung und Städte werben damit, eine Green City zu sein (GULSRUD 2015). Welche grünen Eigenschaften einer Stadt dabei beworben werden, ist häufig nicht ersichtlich. Während einige Definitionen hauptsächlich die physische Begrünung, wie Grünanlagen, Parks oder Gärten einbeziehen, gehen andere Definitionen darüber hinaus und untersuchen auch Faktoren, wie Abfallwirtschaft, Wasserwirtschaft, Mobilität, erneuerbare Energien und soziales Wohlbefinden (BMUB – GRÜNBUCH 2015, EBRD 2016). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der physischen Begrünung in Städten. Die Forschung zeigt, dass grüne Räume sich direkt oder indirekt positiv auf die mentale und körperliche Gesundheit der städtischen Bevölkerung auswirken (WHO 2017). Durch grüne Wohnviertel und urbane Ausflugsziele steigt die Attraktivität der Stadt und damit auch der ökonomische Wert (TERKENLI et al. 2017, TROJANEK et al. 2018). Der wichtigste Mehrwert grüner, urbaner Räume sind die positiven Effekte auf das Klima. Grüne Räume erhöhen die Biodiversität, bieten Raum für Ökosystemdienstleistungen und mildern die negativen Folgen des Klimawandels, Hitzeinseleffekten und der Luftverschmutzung ab (DIMOUDI et al. 2013, COHEN et al. 2014).

Green Cities werden in dieser Arbeit somit definiert als Städte, die grüne Räume und Stadtnatur einsetzen, um Mehrwerte für Bewohner:innen zu erzielen und den Klimawandel zu bekämpfen (GRUNEWALD 2018). Wichtig dabei ist, dass der Zugang zu grünen und urbanen Räumen für alle Stadtbewohner gewährleistet ist.

3 Indikatorensystem

Im weiteren Vorgehen wurde ein Indikatorensystem zur Ermittlung einer Green City erstellt. Aus der Literatur geht bereits hervor, dass keine einheitliche Definition oder Messmethoden für Green Cities existieren. Aus diesem Grund wird das Vorgehen in Frankfurt am Main als Referenz für ein europäisches Grünraummonitoring verwendet. Mit Hilfe eines Experteninterviews mit dem Grünflächenamt der Stadt Frankfurt und einer Literaturanalyse konnten Ergebnisse aus der praktischen Anwendung und der Forschung gewonnen werden. Es hat sich gezeigt, dass Mehrwerte und Ökosystemdienstleistungen, die den Stadtbewohner:innen zugutekommen, abhängig sind von der Qualität, Quantität und

räumlichen Verteilung grüner Räume in einer Stadt (BANZHAF & LA BARRERA 2017, GRUNEWALD et al. 2019, YAO et al. 2014).

Mit diesen Ergebnissen wurde ein Indikatorensystem (Abb. 1) entwickelt, das auf europäische Städte übertragen werden kann und dessen Datenbasis aus europäischen Open Data besteht. Wichtige europäische Quellen für Begrünungsdaten, die zur Berechnung der Indikatoren verwendet wurden, sind hierbei die Landbedeckungsdaten des Urban Atlas oder die Satellitenbilder von Sentinel 2 aus dem Copernicus Programm der ESA.

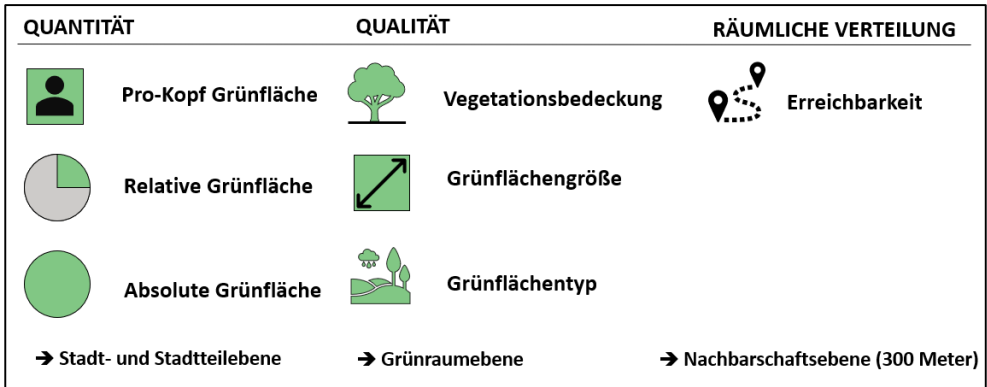


Abb. 1: Indikatorensystem zur Ermittlung einer europäischen Green City. Ergebnisse aus der Befragung des Grünflächenamtes Frankfurt und einer Literaturanalyse in Abhängigkeit zur Open Data-Verfügbarkeit auf europäischer Ebene

4 Konzeption eines Green City Dashboards

Im nächsten Schritt wurde ein Dashboard konzipiert, das die zuvor ermittelten Grünraumindikatoren abbildet und europäische Städte damit vergleichbar macht. Zur Veranschaulichung wurden drei Dashboards für die Städte Frankfurt, Stockholm und Lissabon erstellt. Zur Darstellung wurde das ArcGIS operational Dashboard verwendet. Die Datenhaltung und Konfiguration, findet dabei über ArcGIS online statt. Das Dashboard besteht aus unterschiedlichen Visualisierungselementen, wie Karten, Diagrammen und Graphen, die als Widgets benutzerdefiniert platziert werden können. Die Interaktivität im Dashboard wird ermöglicht durch Ziel- und Quellelemente. Wird ein Ereignis (z. B. Selektion eines Features in einer Karte) in einem Quellelement getätigt, wird eine Aktion im Zielelement (z. B. Filtern des Balkendiagramms) ausgelöst. Die Beziehung zwischen Quell- und Zielelement müssen im Voraus festgelegt werden und können räumliche oder attributierte Beziehungen sein.

Das fertige Dashboard (vgl. Abb. 2) präsentiert die Grünraumsituation auf unterschiedlichen Ebenen. Auf diese Weise können europäische Städte miteinander verglichen werden, aber auch die räumlichen Unterschiede der Begrünung innerhalb einer Stadt untersucht werden.

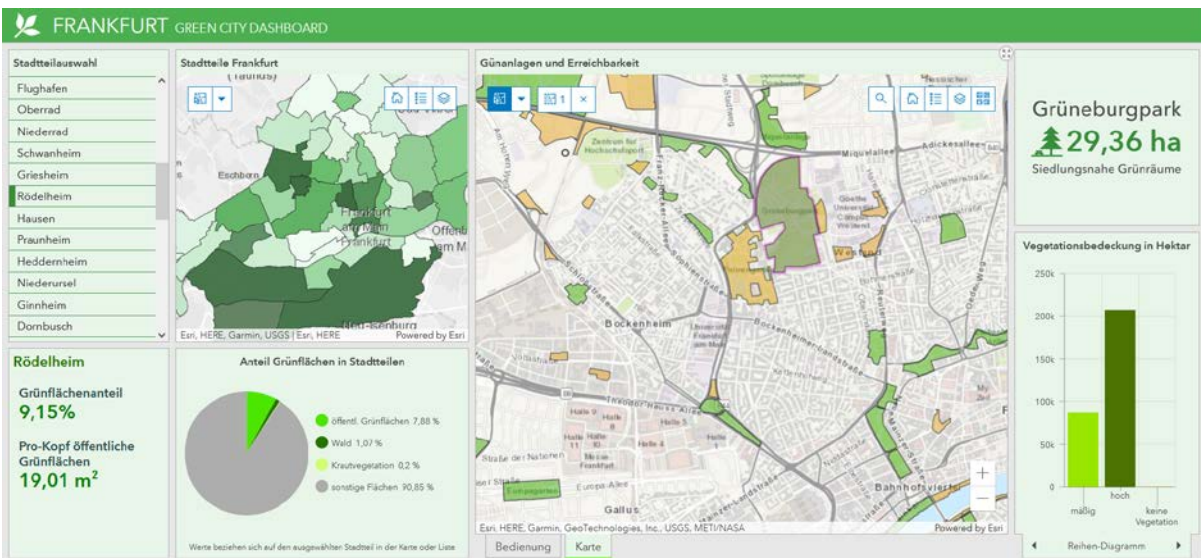


Abb. 2: Green City Dashboard Frankfurt. Erstellt mit ArcGIS operational Dashboards.

5 Auswertung und Fazit

In dieser Arbeit wurde die Dashboard-Technologie eingesetzt, um eine Informationsplattform über die Grünraumsituation in europäischen Städten zu erschaffen. Es wurde ein Indikatorsystem entwickelt, das auf Open Data basiert und damit auf einen großen Teil europäischer Städte anwendbar ist. Dabei konnte herausgefunden werden, dass die Eigenschaften grüner urbaner Räume in Dashboards dargestellt werden können, eine objektive Bewertung der städtischen Begrünung aber schwierig ist. Als limitierender Faktor wurde die Datenverfügbarkeit auf europäischer Ebene identifiziert. Damit alle Städte in Europa miteinander vergleichbar sind, müssen sie auf denselben Datengrundlagen basieren. Die Genauigkeit der Informationen und die Menge an Indikatoren hängt dabei davon ab, welche Datensätze für Europa verfügbar sind. Insgesamt konnte ein Dashboard mit sieben unterschiedlichen Indikatoren realisiert werden, die qualitativ, quantitative und räumliche Eigenschaften grüner Räume auf unterschiedlichen Ebenen abbilden. Die Arbeit hat gezeigt, dass Technologien, wie Dashboards sich dafür eignen, Daten und Sachverhalte anschaulich und verständlich darzustellen. Mit der zunehmenden Öffnung amtlicher und öffentlicher Daten haben geographische Dashboards das Potenzial, als Informationsplattform die Transparenz über bestimmte Vorgänge und Entwicklungen in der Stadt, zwischen Stadtbewohner:innen und Regierung zu erhöhen.

Literatur

- BANZHAF, E. & LA BARRERA, F. (2017), Evaluating public green spaces for the quality of life in cities by integrating RS mapping tools and social science techniques, 1–4.
- BARRON, S., NITOSLAWSKI, S., WOLF, K. L., WOO, A., DESAUTELS, E. & SHEPPARD, S. R. J. (2019), Greening Blocks: A Conceptual Typology of Practical Design Interventions to Integrate Health and Climate Resilience Co-Benefits. *International journal of environmental research and public health*, 16(21).
- BMUB - GRÜNBUCH (2015), Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft.
- BRILHANTE, O. & KLAAS, J. (2018), Green City Concept and a Method to Measure Green City Performance over Time Applied to Fifty Cities Globally: Influence of GDP, Population Size and Energy Efficiency. *Sustainability*, 10(6), 2031.
- COHEN, P., POTCHTER, O. & SCHNELL, I. (2014), The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987), 195, 73–83.
- DIMOUDI, A., KANTZIOURA, A., ZORAS, S., PALLAS, C. & KOSMOPOULOS, P. (2013), Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. *Energy and Buildings*, 64, 1–9.
- EBRD. (2016), Green Cities Methodology.
- EUROPEAN DATA PORTAL. (2020), The benefits and value of open data. <https://data.europa.eu/en/high-lights/benefits-and-value-open-data>.
- GRUNEWALD, K., RICHTER, B. & BEHNISCH, M. (2019), Multi-Indicator Approach for Characterising Urban Green Space Provision at City and City-District Level in Germany. *International journal of environmental research and public health*, 16(13).
- GRUNEWALD, K., LI, J., XIE, G. & KÜMPER-SCHLAKE, L. (Hg.). (2018), *Cities and Nature. Towards Green Cities: Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany*. Springer.
- GULSRUD, N. (2015), *The Role of Green Space in City Branding: An Urban Governance Perspective*. University of Copenhagen, Copenhagen.
- TERKENLI, T. S., BELL, S., ŽIVOJINOVIĆ, I., TOMIĆEVIĆ-DUBLJEVIĆ, J., PANAGOPOULOS, T., STRAUPE, I., TOS-KOVIC, O., KRISTIANOVA, K., STRAIGYTE & O'BRIEN, L. (2017), Recreational Use of Urban Green Infrastructure: The Tourist's Perspective. In D. Pearlmutter (g.), *Future City: volume 7. The urban forest: Cultivating green infrastructures for people and the environment* (Bd. 7, S. 191–216). Springer.
- TROJANEK, R., GLUSZAK, M. & TANAS, J. (2018), The effect of urban green spaces on house prices in Warsaw. *International Journal of Strategic Property Management*, 22(5), 358–371.
- WHO (2017), *Urban Green Space Interventions and Health*.
- YAO, L., LIU, J., WANG, R., YIN, K. & HAN, B. (2014), Effective green equivalent—A measure of public green spaces for cities. *Ecological Indicators*, 47, 123–127.

Untersuchung zum Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens auf Fernerkundungsdaten in Flurbereinigungsverfahren

Marco EILERS¹²

¹Jade Hochschule Oldenburg · Ofener Straße 16/19 · 26121 Oldenburg

²Amt für regionale Landesentwicklung Weser-Ems · Markt 15/16 · 26122 Oldenburg

1 Einleitung

Flurbereinigungsverfahren sind Bodenordnungsverfahren, die den ländlichen Grundbesitz neu ordnen. Dieses Instrument wird nach § 1 des Flurbereinigungsgesetzes in der Regel dazu verwendet, die Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft zu verbessern sowie die allgemeine Landeskultur zu fördern. Aus diesem Regelflurbereinigungsverfahren abgeleitete Verfahrensarten können aber auch Nebenziele, wie beispielsweise Naturschutzmaßnahmen, oder flächenbeanspruchende Unternehmen, wie die Flächenbereitstellung für den Bau von Autobahnen, umsetzen. Diese Ziele werden unter anderem durch den Tausch von Eigentumsflächen erreicht. Damit der Tausch von Eigentumsflächen objektiv und gerecht (wertgleich) umgesetzt werden kann, müssen die Flächen im Vorfeld bewertet werden. Die Hauptgrundlage für diese Bewertung bildet in vielen Fällen die Bodenschätzung der Finanzverwaltung. Diese kann um weitere wertbeeinflussende Faktoren (z. B. Schattenwurf von Gehölzen oder schlechte Kulturzustände) durch die Flurbereinigungsbehörde ergänzt werden. Daneben sind auch vom Liegenschaftskataster abweichende topographische Elemente, wie Gräben oder Gehölze, zu erfassen. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands zur Erfassung dieser Objekte besteht die Überlegung, die genannten Sachverhalte automatisch aus Fernerkundungsdaten abzuleiten. Da auf abgeschlossene Wertermittlungsverfahren als Trainingsdaten zurückgegriffen werden kann, bieten sich die Methoden des überwachten maschinellen Lernens für diese Aufgabenstellung an.

2 Methodik

Eine Gegenüberstellung der gängigen überwachten maschinellen Lernverfahren zeigt, dass sich die einzelnen Methoden vor allem im Punkt der automatischen Ableitung von Merkmalen und in der Komplexität der Modellierung unterscheiden. Die klassischen maschinellen Lernverfahren, wie Entscheidungsbäume bzw. daraus abgeleitete Random Forest sowie die einfachen neuronalen Netze, sind auf die Existenz von vordefinierten, eindimensionalen Merkmalsvektoren angewiesen. Diese Methoden sind im eigentlichen Lernprozess schnell und die Modellkomplexität ist durch die wenigen bestimmbaren Parameter vergleichsweise gering. Da die Methoden aber auf aussagekräftige Merkmale zur Beschreibung der Datenpunkte angewiesen sind, ist dem maschinellen Lernprozess eine händische Merkmalsextraktion durch Expertenwissen voranzustellen. Bei dieser Zusammenfassung der Rohdaten zu Merkmalen besteht die Gefahr des Informationsverlusts (RICHTER 2019, S. 222; GONZALEZ 2018, S. 80). Aus diesem Grund wurde zur Ableitung von wertmindernden Elementen und Topographieobjekten auf die relativ neue Methode der Faltungsnetzwerke zurückgegriffen.

Faltungsnetzwerke erlauben – bei einer korrekten Verwendung – eine automatische Merkmalsextraktion aus räumlich angeordneten Informationen. Diese räumlich angeordneten Informationen können beispielsweise Bildausschnitte von digitalen Orthophotos oder digitalen Geländemodellen sein. Auch ein dreidimensionales Stapeln einzelner Informationsquellen ist möglich. Zur Klassifikation von Bildausschnitten aus Fernerkundungsdaten haben sich verschiedene Netzarchitekturen entwickelt. PAISITKRIANGKRAI et al. (2016) zeigen einen Ansatz, der das zentrale Pixel eines Bildausschnittes klassifiziert. Daneben bestehen Architekturen, die zu Eingabebildausschnitten flächenhafte Klassifikationskarten in einem Rechenschritt erzeugen (LONG et al. 2014; NOH et al. 2015). In der vorgestellten Masterarbeit wurde eine Architektur entwickelt, die sich an den zuerst genannten Ansatz anlehnt. Die Klassenzugehörigkeit des zentralen Pixels wird aus einer Kombination verschiedener Fernerkundungsprodukte abgeleitet (vgl. Abbildung 1).

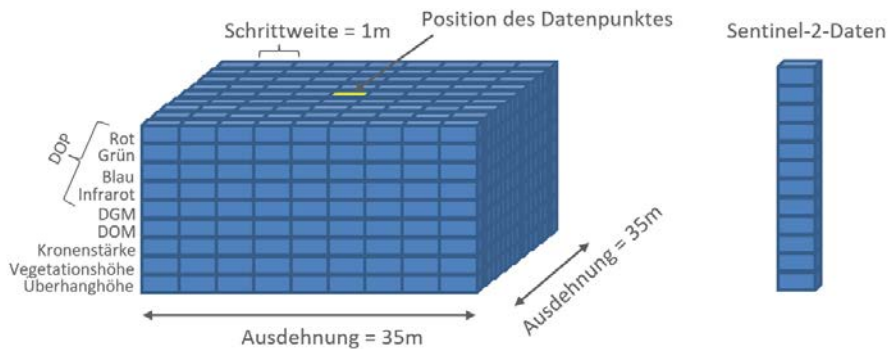


Abb. 1: Aufbau eines Datenpakets zu einem Datenpunkt (eigene Darstellung)

Digitale Orthophotos, digitale Geländemodelle, digitale Oberflächenmodelle sowie aus Laserscanpunktewolken berechnete Vegetationsinformationen bilden als neunkanaliges Eingangsbild den Hauptinput. Deutlich gröber aufgelöste Sentinel-2-Daten fließen separat als eindimensionaler Vektor in das Faltungsnetzwerk mit ein. Die Architektur des in der Masterarbeit entwickelten Faltungsnetzwerkes wird in Abbildung 2 dargestellt. Das Netz ist mit 46.193 erlernbaren Parametern relativ komplex und bedarf zur Vermeidung einer Überanpassung einer entsprechend großen Trainingsdatenmenge. Zusätzlich wurden das Early Stopping (GÉRON & ROTHER 2018, S. 305) und die Drop-out-Regularisierung (CHOLLET & ALLAIRE 2018, S. 148 f) während des Trainings zur Steuerung des Lernprozesses eingesetzt.

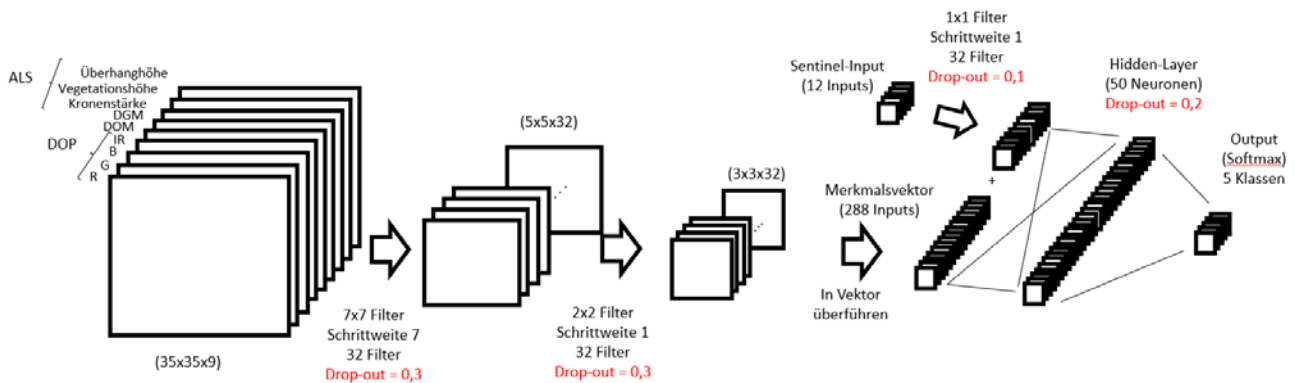


Abb. 2: Aufbau des entwickelten Faltungsnetzwerkes (eigene Darstellung)

3 Umsetzung

Zur Ableitung von Trainingsdaten standen zwei bereits abgeschlossene Wertermittlungsverfahren zur Verfügung. Diese Wertermittlungsverfahren entstammen den Flurbereinigungsverfahren Schwei und Findlandsmoor, welche sich in der Nähe von Oldenburg befinden. Das Verfahrensgebiet von Schwei liegt in der Wesermarsch und ist durch wenig Gehölz und viele Entwässerungsgräben geprägt. Das Verfahrensgebiet von Findlandsmoor besitzt mit einem deutlich höheren Gehölzanteil in Form von Windschutzstreifen und Wäldern und vergleichsweise wenigen Gräben eine andere Topographie. Aus den Wertermittlungsergebnissen konnten folgende fünf Klassen in einem ausreichenden Umfang abgeleitet werden: „kein Abschlag“, „schlechter Kulturzustand“, „Schattenstreifen“, „Graben“ und „Gehölz“. Da die Flächenanteile der einzelnen Klassen sehr unausgewogen sind und eine stark ungleichmäßige Klassenverteilung in der Trainingsdatenmenge das Anlernen eines Faltungsnetzwerkes erschweren kann (RAMYACHITRA & MANIKANDAN 2014, S. 1), wurden zu jeder Klasse gleichviele Zufallspunkte als Trainingsdatenpunkte abgeleitet. Untersuchungen der Masterarbeit zeigten, dass ein Hervorheben von Randbereichen einzelner Klassen durch zusätzliche Trainingsdatenpunkte die Qualität der Modellierung verbessern kann. Daher wurden in den Randbereichen der Klassen „kein Abschlag“ und „Gehölz“ zusätzliche Trainingsdatenpunkte erzeugt und dem Gesamtdatensatz zugefügt.

Der aus den genannten Schritten resultierende Trainingsdatensatz umfasst 62.000 Datenpunkte aus beiden zur Verfügung stehenden Flurbereinigungsgebieten. Zum Training wurde die Gesamtdatenmenge in 80 % Trainings- und 20 % Validierungsdaten aufgeteilt (GÉRON & ROTHER 2018, S. 30). Neben diesem Trainingsdatensatz, der aus den Daten beider Flurbereinigungsgebiete besteht, wurden weitere Trainingsdatensätze aus jeweils nur einem Verfahrensgebiet, Trainingsdatensätze mit unterschiedlich vielen Datenpunkten und Trainingsdatensätze mit Orthophotos verschiedener Erhebungszeitpunkte erstellt, um die Ableitung weiterer Schlussfolgerungen zu ermöglichen. Anhand der Trainingsdatensätze, die neben den Fernerkundungsdaten auch die Solllösungen der Klassifikationsaufgabe enthalten,

können die Zusammenhänge zwischen den Fernerkundungsdaten und den Zielkategorien im Rahmen eines Trainingsprozesses durch das Faltungsnetzwerk modelliert werden.

4 Ergebnisse

Die trainierten Modelle wurden anhand von unabhängigen Testgebieten und unabhängigen Testdatensätzen evaluiert. Die Testgebiete sind Ausschnitte aus den Flurbereinigungsverfahren, aus denen keine Trainingsdatenpunkte abgeleitet wurden. Somit können diese als „neue Anwendungsgebiete“ im tatsächlichen Anwendungsfall verstanden werden. Die Testdatensätze bestehen aus jeweils 2000 neu abgeleiteten Testdatenpunkten zu jeder Klasse. Wird das Modell, welches aus den Trainingsdaten beider Flurbereinigungsgebiete mit zusätzlichen Datenpunkten in Randbereichen trainiert wurde, zur Prädiktion eingesetzt, kann der Testdatensatz zu 81,9 % korrekt klassifiziert werden. Die Ergebnisse von flächenhaften Prädiktionen in den Testgebieten sind in Abbildung 3 dargestellt.

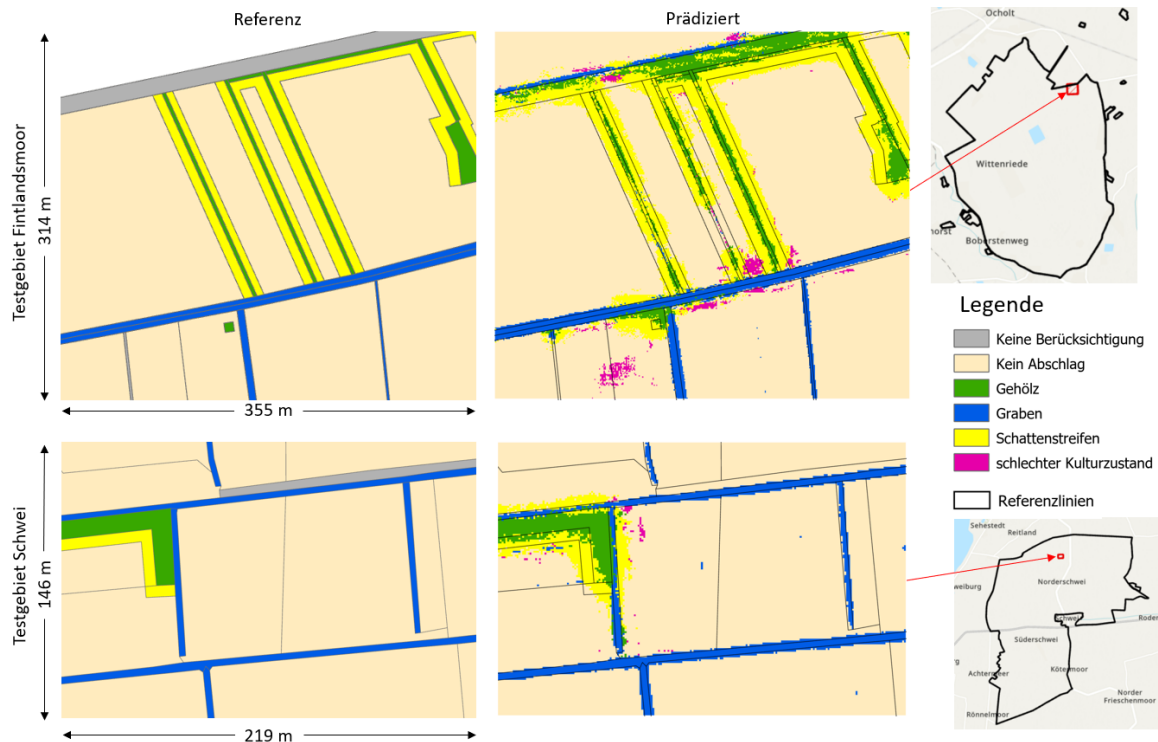


Abb. 3: Prädiktionsergebnis des Modells, welches aus Trainingsdaten beider zur Verfügung stehenden Flurbereinigungsgebiete angelernt wurde, auf den unabhängigen Testgebieten (eigene Darstellung)

Da die Trainingsdaten aufgrund der räumlichen Nähe den Testgebieten ähneln, werden entsprechend gute Klassifikationsergebnisse erzielt. Untersuchungen, bei denen die Modelle über Trainingsdaten aus jeweils nur einem Flurbereinigungsgebiet trainiert und zur Prädiktion auf Testdaten des jeweils anderen Gebietes eingesetzt werden, sind mit Gesamtgenauigkeiten zwischen 67 % und 70 % entsprechend schlechter. Dieser Unterschied resultiert aus den topographischen Unterschieden zwischen den Trainings- und Anwendungsgebieten. Zudem konnte beobachtet werden, dass regionale Besonderheiten, die sich in den Trainingsdaten einzelner Gebiete befinden, mit modelliert werden und in den Prädiktionsergebnissen der Testgebiete anderer Regionen wiederzufinden sind. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass die Anwendbarkeit des Verfahrens vor allem davon abhängt, wie umfangreich die Trainingsdaten die zu klassifizierenden Sachverhalte beinhalten und wie ähnlich die Trainingsdaten den späteren Anwendungsgebieten sind. Weitere Untersuchungen zeigten, dass zum Anlernen der entwickelten Netzarchitektur mindestens 50.000 Datenpunkte verwendet werden sollten. Zudem sollten auch die verwendeten Fernerkundungsdaten möglichst einheitlich sein. Diese Erkenntnis wurde in Untersuchungen gewonnen, bei denen Modelle aus Orthophotos unterschiedlicher Erhebungszeitpunkte (Frühjahr und Sommer) trainiert und eingesetzt wurden.

5 Fazit

In der Masterarbeit wurde ein Faltungsnetzwerk entwickelt, welches die Zusammenhänge zwischen Fernerkundungsdaten und den zu ermittelnden Zielkategorien anhand von Trainingsdaten erkennt und modelliert. Die angelernteten Modelle können zur Klassifikation von wertmindernden Sachverhalten und topographischen Objekten eingesetzt werden. Die

Qualität der Klassifikation ist dabei von der Trennbarkeit der zu ermittelnden Klassen, der Qualität der Trainingsdaten und der Ähnlichkeit zwischen Trainingsdaten und späterem Anwendungsgebiet abhängig.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Unterscheidung der Klassen „kein Abschlag“ und „schlechter Kulturzustand“, da diese in allen Untersuchungen nur schwer voneinander getrennt werden konnten. Um die Leistungsfähigkeit des entwickelten Ansatzes für den tatsächlichen Einsatz abschätzen zu können, erscheinen weitere Untersuchungen mit mehreren topographisch unterschiedlichen Gebieten sinnvoll. Auch die Netzarchitektur ist kritisch zu hinterfragen. So könnten verbesserte Architekturen oder Ansätze, die nicht nur das zentrale Pixel sondern gesamte Bildausschnitte klassifizieren, ggf. die Qualität der Modellierung verbessern. Generell sei angemerkt, dass das entwickelte Verfahren nicht allein auf den Einsatz in der Flurbereinigung beschränkt ist. Eine Übertragung des Verfahrens auf andere Aufgabenstellungen, wie beispielsweise eine Klassifikation der Landbedeckung aus Fernerkundungsdaten, erscheint denkbar.

Literatur

- CHOLLET, F. & ALLAIRE, J., 2018, Deep Learning mit R und Keras. Das Praxis-Handbuch; von den Entwicklern von Keras und RStudio: Deep learning with R. 1. Auflage. Frechen: mitp. ISBN: 978-3-95845-894-9.
- GÉRON, A. & ROTHER, K., 2018, Praxiseinstieg Machine Learning mit Scikit-Learn und TensorFlow. Konzepte, Tools und Techniken für intelligente Systeme. 1. Auflage. Heidelberg: O'Reilly (Animals). ISBN: 978-3-96009-061-8.
- GONZALES, R., 2018, Deep Convolutional Neural Networks [Lecture Notes]. In: *IEEE Signal Process. Mag. Jg.35* (6), 79–87. DOI: 10.1109/MSP.2018.2842646.
- LONG, J., SHELHAMER, E. & DARRELL, T., 2014, Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. In: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 3431-3440. <http://arxiv.org/pdf/1411.4038v2>.
- NOH, H., HONG, S. & HAN, B., 2015, Learning Deconvolution Network for Semantic Segmentation. In: *IEEE International Conference on Computer Vision*, 1520-1528. <http://arxiv.org/pdf/1505.04366v1>.
- PAISITKRIANGKRAI, S., SHERRAH, J., JANNEY, P. & VAN DEN HENGEL, A., 2016, Semantic Labeling of Aerial and Satellite Imagery. In: *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Observations Remote Sensing Jg.9* (7), 2868–2881. DOI: 10.1109/JSTARS.2016.2582921.
- RAMYACHITRA, D. & MANIKANDAN, P., 2014, Imbalanced dataset classification and solutions: a review. In: *International Journal of Computing and Business Research (IJCBR) Jg.5* (4), 1-29.
- RICHTER, STEFAN, 2019, Statistisches und maschinelles Lernen. Gängige Verfahren im Überblick. 1st ed. 2019. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Spektrum. 89. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59354-7>. ISBN: 978-3-662-59354-7.

Räumliche Lärmanalyse anhand von Extended Floating Car Data (xFCD)

Matthias VOGT

Institut für Geographie · Universität Augsburg · Alter Postweg 118 · 86159 Augsburg

1 Einführung in das Thema

Der motorisierte Individualverkehr stellt eine Lärmbelastung für die Bewohner der Städte dar, die an den gesundheitsschädigenden Auswirkungen des Lärms leiden. Lärm ist allgegenwärtig und doch eine oft übersehene Form der Umweltverschmutzung. Die negativen Folgen erscheinen nicht so offensichtlich wie bei anderen Formen von Umweltemissionen, da sie schleichend und subtil erfolgen. Dennoch wirken sie sich bei kontinuierlicher Lärmaussetzung negativ auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden sowie die Umweltqualität aus (ALUKO & NNA 2015). Bereits ein relativ niedriges Lärmlevel kann die Gesundheit nachteilig beeinflussen. Die möglichen Folgen reichen von Bluthochdruck über Schlafstörungen bis zur Behinderung der kognitiven Entwicklung von Kindern. Die Effekte von übermäßigem Lärm können sogar gravierende Schäden wie permanenten Gedächtnisverlust oder psychische Störungen auslösen (SINGH & DAVAR 2004).

In der EU-Umgebungslärmrichtlinie¹, welche am 18. Juli 2002 in Kraft trat, wurden drei Maßnahmen festgelegt, um die schädlichen Auswirkungen und Belästigungen des Umgebungslärms zu verhindern, vorzubeugen oder abzumildern. Als Erstes müssen die Belastungen des Umgebungslärms anhand von Lärmkarten nach einheitlichen Bewertungsmethoden ermittelt werden. Zweitens soll sichergestellt werden, dass die Öffentlichkeit über Umgebungslärm und dessen Auswirkungen informiert wird. Die dritte Maßnahme verpflichtet die Mitgliedsstaaten, Aktionspläne auf Basis der Lärmkarten zu erstellen.

Vor diesem Hintergrund erscheint das Überwachen der Lärmemissionen mithilfe von Lärmkarten besonders im Verkehrsbereich als wichtiges Instrument, da dieser einen Großteil des Umgebungslärms ausmacht. Dafür werden, unabhängig von der Methodik der Untersuchung, Eingangsdaten zur Erstellung der Lärmkarten benötigt.

Die meisten bisherigen Ansätze zur Erstellung von Lärmkarten bzw. Lärmanalysen von Verkehrslärm untersuchten jedoch noch nicht das Potential alternativer Datenquellen wie z. B. Floating Car Data (FCD) oder erweiterten Floating Car Data (xFCD). Diese Art der Verwendung von xFCD für Lärmanalysen ist unter anderem Gegenstand der Untersuchung in dieser Arbeit.

2 FCD, xFCD und Lärmanalyse

Floating Car Data (FCD) wird mittels im Verkehr „mitschwimmenden“ Fahrzeugen, die mit Positionierungshardware ausgestattet sind (meistens GNSS-Geräte), generiert. Die Positionsgeräte zeichnen die Bewegung und räumliche Verortung sowie die dazugehörige Zeitkomponente auf. Dabei besteht jeder aufgezeichnete Datenpunkt aus einer Positionskomponente mit dem entsprechenden Zeitstempel und verweist dadurch auf die räumlich-zeitliche Position des Sensors (RANACHER et al. 2016). Eine Erweiterung zu den soeben erläuterten FCD stellen sogenannte Extended Floating Car Data (xFCD) dar. Um diese zu erzeugen, werden die originalen FCD mit internen Fahrzeuginformationen oder Informationen über äußerliche Phänomene der Umgebung angereichert (RÖGER & KRISP 2019).

Diese xFCD können für die Analyse räumlicher und umweltbezogener Fragestellungen wie bspw. CO₂ Emissionen des Verkehrs genutzt werden (HÄUBLER et al. 2018, RÖGER et al. 2018). BRÖRING et al. (2015) stellen in ihrer Arbeit ebenso den Nutzen und die Verwendungsmöglichkeiten dieser Daten dar. Sie eignen sich zur Überwachung verschiedener Parameter mit Umweltauswirkung, z. B. der Berechnung von Treibstoffverbrauch, resultierenden CO₂ Emissionen, Standzeiten oder auch Lärmemissionen der Fahrzeuge.

Im Gegensatz zu klassischen Lärmmodellen und Lärmkarten für den Straßenverkehr werden in dieser Arbeit andere Eingangsdaten gewählt. Als wichtigste Daten dienen xFCD sowie weiteren Daten zur Witterung (Lufttemperatur, Niederschlag). Für jeden Datenpunkt werden basierend auf dem Fahrverhalten des Fahrzeugs (beschleunigend oder nicht beschleunigend), der Drehzahl des Motors, der aktuellen Geschwindigkeit sowie unter Einflussnahme des derzeitigen Wettergeschehens individuelle, approximative Lärmemissionswerte berechnet, die das Fahrzeug zum Zeitpunkt der Aufnahme des Datenpunkts emittierte. Diese Berechnungen werden in einem ersten Schritt durchgeführt, wobei weitere

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/umgebungslaermrichtlinie> (letzter Zugriff: 27.02.2022)

Parameter bezüglich der Straßenoberfläche und dem Alter der Straßen eingestellt werden können. Die Berechnungen werden in drei neuen Feldern der xFCD gespeichert. Diese sind das Rollgeräusch, das Antriebsgeräusch und das kombinierte Gesamtgeräusch. Somit werden ähnlich der berechneten CO₂ Emissionen aus Sensorinformationen der xFCD (ORTENZI & COSTAGLIOLA 2010) zusätzliche Informationen generiert und die bestehenden xFCD damit angereichert.

Die Einheit der berechneten Lärmwerte bezieht sich gemäß HAMET et al (2010) auf maximale Vorbeifahrtswerte L_{Amax} in dB(A) in 7,5 Meter horizontaler Entfernung von der Fahrbahn und in 1,2 m Höhe. Somit handelt es sich um einen aus den Daten berechneten aktuellen Maximalpegel, der während der Messung bzw. Vorbeifahrt aufgetreten ist und um keinen Mittelungspegel, wie es bei klassischen Lärmkarten der Fall ist. Dieser Unterschied der Einheiten der berechneten Lärmwerte muss daher bei den nachfolgenden Analysen stets bedacht werden.

Da es sich in der Lärmberechnung aus xFCD um aktuelle Lärmwerte eines vorbeifahrenden Autos handelt, bietet es sich an, die Daten räumlich und zeitlich zu filtern und Hotspots der aktuellen Lärmbelastung im Untersuchungsgebiet zu suchen. Somit können auch einzelne Ausreißer bzw. Lärmspitzen potenziell entdeckt werden, da die Lärmwerte zum Zeitpunkt der Datenaufnahme untersucht werden und nicht, wie bei klassischen Lärmkarten, über das Jahr gemittelte Pegel. Durch die separate Berechnung von Rollgeräusch und Antriebsgeräusch bietet sich zudem die Möglichkeit, die Verkehrslärsituation exemplarisch bei einem simulierten Anteil an Elektrofahrzeugen zu betrachten. Da diese jedoch im Datensatz nicht repräsentiert sind, wird vereinfacht aufgrund des bei Elektroautos fehlenden Verbrennungsmotors das Antriebsgeräusch gleich null gesetzt und das Gesamtgeräusch lediglich aus dem Rollgeräusch angenommen.

Aus den neu berechneten, mit aktuellen Lärmmissionen erweiterten Daten können weitere Visualisierungsschritte folgen, um die Hotspots der Lärmmissionen sichtbar zu machen und z. B. kartographisch darzustellen. Unterschiede und weitere Möglichkeiten in Bezug auf Lärmanalysen aus xFCD und weiteren Daten werden so untersucht.

3 Exemplarische Fallstudie: Lärmanalyse in Mönchengladbach

Die in der Fallstudie verwendeten Daten sind offen zugänglich und werden durch das enviroCar-Projekt über eine API² bereitgestellt. Nach dem Zuschneiden der Daten auf die Region Mönchengladbach besteht der Datensatz aus 2.365.956 Datenpunkten, welche sich über eine Zeitspanne von Anfang Januar 2012 bis Mitte Juli 2018 erstrecken. Da die in den xFCD gemessene Eingangslufttemperatur am Motor nicht auf die Umgebungslufttemperatur übertragbar ist, werden Temperaturmessdaten des Deutschen Wetterdienstes hinzugezogen.

Der gesamte auf die Region Mönchengladbach zugeschnittene xFCD-Datensatz wird für die weitere Analyse aufbereitet und von fehlenden, fehlerhaften oder doppelten Dateneinträgen bereinigt. Es werden nur Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit zwischen 1 km/h und 140 km/h berücksichtigt, da die bei höheren Geschwindigkeiten dominierenden Umströmungsgeräusche nicht in der Berechnungsmethode enthalten sind. Daraufhin werden die Wetterdaten zu Niederschlag und Temperatur von den nächstgelegenen Messstationen des Deutschen Wetterdienstes, welche stündlich aufgelöst sind, mit den jeweiligen Zeit- und Datumswerten des Zeitstempels der xFCD zusammengeführt. Somit weist jeder Eintrag im Datensatz neben den fahrzeugspezifischen Informationen auch Werte zum Wetter in der damaligen Stunde auf, die in der Lärmberechnung miteinbezogen werden können. Ein weiterer Aufbereitungsschritt der erweiterten, angereicherten xFCD ist die Klassifikation aller Datenpunkte in eine beschleunigende Kategorie 1 bzw. eine nicht beschleunigende Kategorie 0. Dabei wird je nach vergangenem Zeitintervall geprüft, ob die Geschwindigkeit entsprechend einer durchschnittlichen Beschleunigung von mindestens 1 m/s² zugenommen hat. Ist dies der Fall, wird der erste der zwei Datenpunkte in die Kategorie 1 zugewiesen, anderenfalls in die Kategorie 0. Der Grenzwert der durchschnittlichen Beschleunigung von 1 m/s², ab der ein Fahrzeug als „beschleunigend“ eingestuft wird, beruht auf eigenen Annahmen. HAMET et al. (2010), welche die Berechnungsgrundlagen der Lärmmissionen bereitstellen, nennen keinen festen Grenzwert für die Anwendung der Beschleunigungsformeln.

Die Lärmanalyse in der Region Mönchengladbach wird aus den bereits beschriebenen, angereicherten und aufbereiteten xFCD mithilfe von zwei eigens dafür entwickelten Skripttools durchgeführt. Die Lärmwerte werden anhand der Eingabeparameter und xFCD für jeden Datenpunkt berechnet. Daraufhin werden die Daten mit den Lärmwerten in zwei unterschiedliche Rasterlayer klassifiziert, die zur Visualisierung und Analyse des Lärms bzw. Lärmhotspots herangezogen werden können. Die Berechnung der Lärmwerte für Antriebs-, Roll- und Gesamtgeräusch findet unter Berücksichtigung der Parameter wie Alter der Straße und Straßenbeschaffenheit statt. Die flexible Berechnung der Werte ermöglicht es, u. a. Werte für den Fall zu erstellen, dass durch entsprechend angepasster Parameter ausschließlich Elektrofahrzeuge berücksichtigt werden. Dafür werden vereinfacht die Antriebsgeräusche vernachlässigt und lediglich das Rollgeräusch als Gesamtgeräusch angenommen. Die Ergebnisse der Tools zeigen eine Übersicht der durchschnittlichen Lärmmission und räumliche Verkehrslärm-Hotspots, an denen die Dichte der lautesten 10 % der Datenpunkte besonders hoch ist.

² <https://envirocar.org/api/stable> (letzter Zugriff: 27.02.2022)

Abbildung 1 zeigt die Gesamtregion mit den als lärmspezifisch gut angenommenen Straßenverhältnissen der Kategorie R1 (neue und junge Straßen mit einem Alter unter 2 Jahren). Die Daten beinhalten den Zeitraum vom 01.01.2012 bis 01.01.2018 und es wird kein voll elektrifizierter Verkehr angenommen. Die farblichen Abstufungen gemäß der Legende klassifizieren die Werte in unterschiedlich laute Bereiche. Absolute Zahlen und Grenzen in dB(A) werden aufgrund der Unsicherheiten und getroffenen Annahmen nicht angegeben. In Abbildung 1 ist der Lärmschwerpunkt der Autobahnen als roter Bereich gut zu erkennen. Größere Verbindungs- und Zubringerstraßen, auch teilweise in Stadtgebieten, sind ebenfalls in eher laute oder sehr laute Klassen eingeordnet. Ansonsten dominieren in Stadtzentren gelbe und grüne Farben, die als normale bzw. eher ruhige Zonen einzuordnen sind. Besonders Wohngebiete, kleinere Nebenstraßen oder verkehrsberuhigte Bereiche, wie das Zentrum von Rheydt, in denen geringere Geschwindigkeiten vorherrschen, sind in grün dargestellt. Größere Straßen in urbanen Räumen sind meist als normal und eher laut klassifiziert. Die Abstufungen der Lärmkategorien in Hinblick auf die Bedeutung der zugrundeliegenden Daten müssen berücksichtigt werden: Es werden durchschnittliche Gesamtlärmemissionen in der direkten Umgebung anhand der zeitlich und räumlich selektierten xFCD berechnet und dargestellt. Somit kann annäherungsweise bestimmt werden, in welchen Bereichen und Straßen die Fahrzeuge durchschnittlich lauter unterwegs waren als in anderen Bereichen. Durch die Mittelung fallen allerdings einzelne besonders laute oder leise Datenpunkte nicht ins Gewicht und sind dadurch nicht erkennbar. Die gesamte, reale Lärmsituation an der jeweiligen Straße wird insofern nicht angegeben, da etwa Schallreflexionseffekte von Fassaden oder die Summierung von Lärm durch hohe Verkehrsdichten und Schwerlastverkehr nicht berücksichtigt werden.

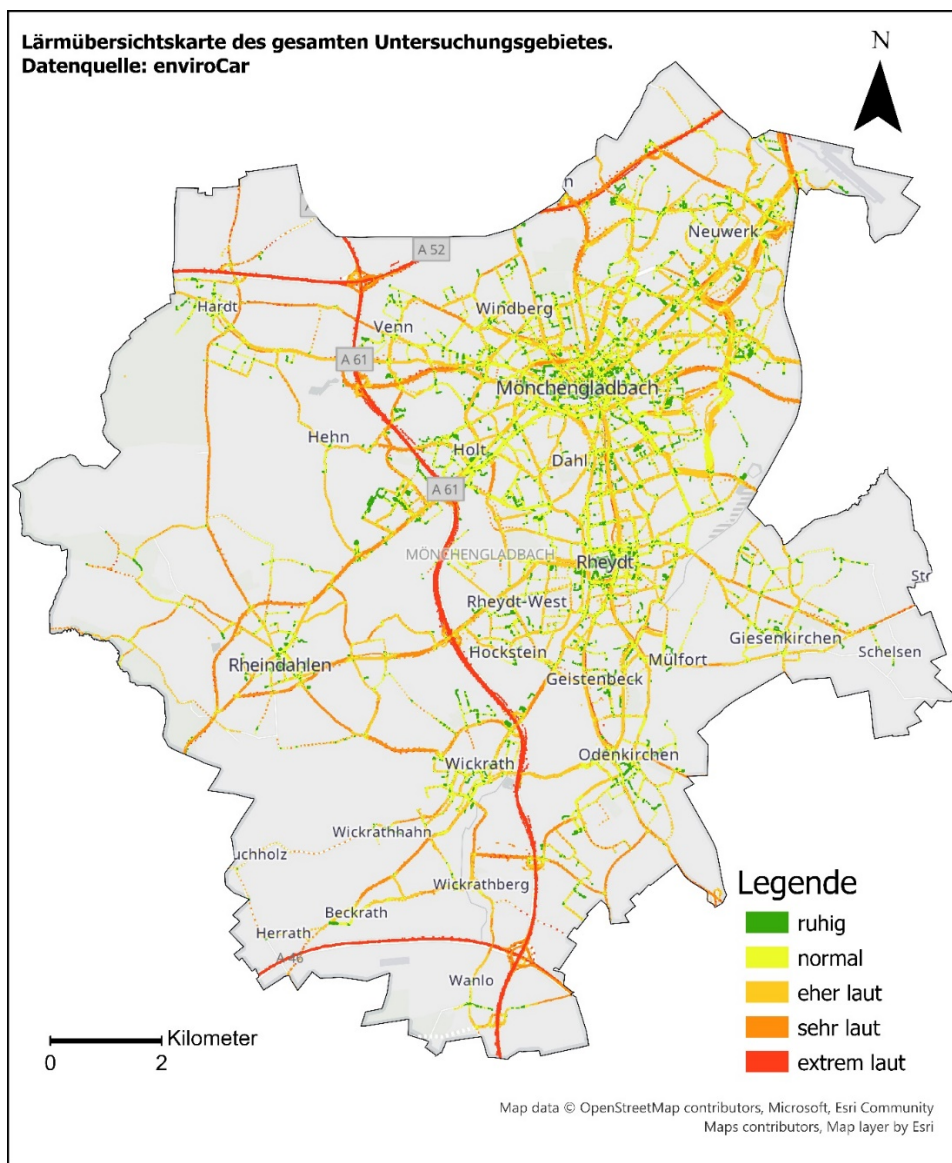


Abb. 1: Lärmübersichtskarte des gesamten Untersuchungsgebietes; Datensatz: Straßenverhältnisse R1, < 2 a; Daten von 01.01.2012 bis 01.01.2018; kein angenommener elektrifizierter Verkehr.

Um Gemeinsamkeiten zwischen der klassischen Lärmkartierung und der Lärmanalyse aus xFCD zu untersuchen, werden in Abbildung 2 detailliertere Kartenansichten vom Zentrum Mönchengladbachs verglichen. Die Ergebnisse der

Lärmschwerpunkte in Gladbach (nördlich verlaufende B57 bzw. größere Kreuzungen) werden teilweise durch die klassische Lärmkarte bestätigt. Die Gemeinsamkeiten der anhand der Dichteanalyse hoher Lärmemissionspunkte ermittelten lauten Bereiche und lautesten Bereiche gemäß der klassischen Lärmkarte (blau) werden durch rote Kreise hervorgehoben. Abbildung 2 zeigt die klassische Lärmkartierung (oben) und die Dichteanalyse der lautesten Datenpunkte (unten) in Gladbach. Während die lauteste Lärmklassifizierung (blau) an vielen Orten mit den Schwerpunkten der lautesten Emissionspunkte (orange, rot) übereinstimmt, sind im inneren Bereich des Kartenausschnitts die Schwerpunkte an Kreuzungen nicht in der höchsten, aber in der zweithöchsten Lärmkategorie der klassischen Lärmkarte eingeordnet. Die gelben Bereiche in der unteren Teilabbildung, welche erhöhtes Vorkommen lauter Emissionspunkte offenbaren, bilden ebenfalls die meisten in der klassischen Lärmkarte kartierten Straßen über 55 dB(A) ab. Da bei klassischen Lärmkarten teilweise andere Faktoren wie Lkw-Anteil oder tägliche Fahrzeugfrequenz hinzugezogen werden, die in der Lärmanalyse aus xFCD fehlen, können sich entsprechende Unterschiede ergeben.

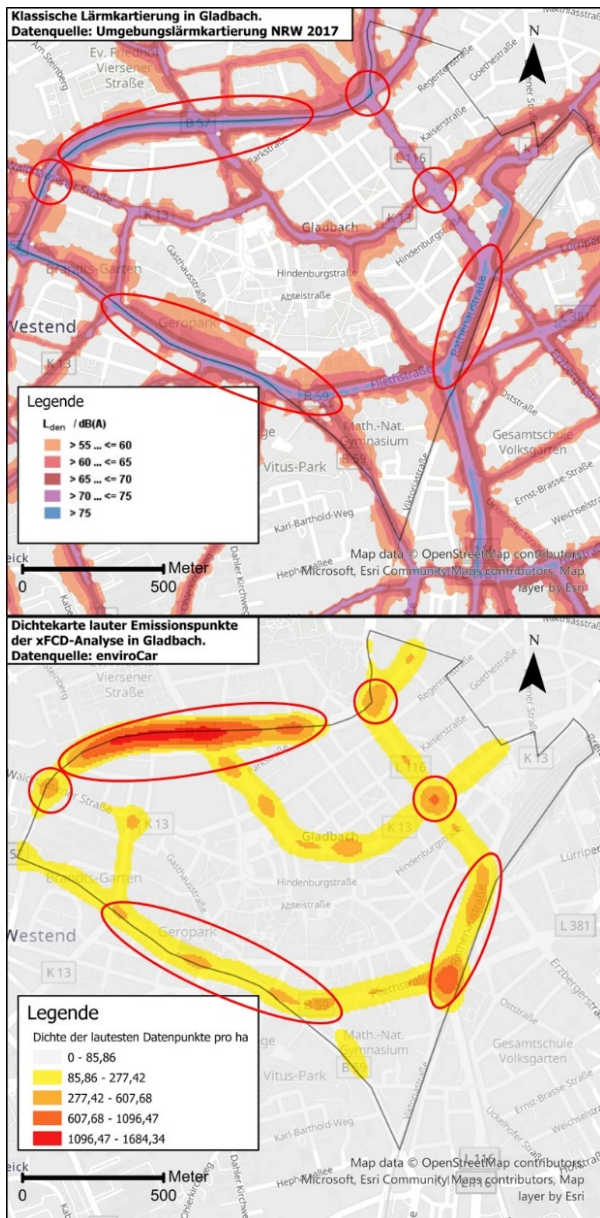


Abb. 2: Vergleich der Gemeinsamkeiten der klassischen Lärmkarte (oben) mit der Dichtekarte lauter Emissionspunkte der xFCD-Analyse (unten) in Gladbach. Signifikante Bereiche sind mit roten Kreisen / Ellipsen markiert. Quelle: Umgebungslärmkartierung NRW³

Zusammenfassend zeigt sich anhand der Fallstudie, dass es möglich ist, räumliche Lärmanalysen und die Erstellung von Lärmkarten basierend auf xFCD als Hauptdatenquelle durchzuführen, wengleich sich Unterschiede zu klassischen

³ https://www.wms.nrw.de/umwelt/laerm_stufe3? (letzter Zugriff: 27.02.2022)

Lärmkarten ergeben. Der Hauptunterschied der räumlichen Lärmanalysen mit xFCD verglichen mit normalen Lärmkarten liegt zunächst in den verwendeten Methoden und Daten, mit denen die Ergebnisse erzielt werden. Vorteile der Lärmanalysen aus xFCD sind die Möglichkeiten, Lärmspitzen im Raum herauszufiltern und zu untersuchen. Klassische Lärmkarten zeigen lediglich gemittelte Jahreswerte, beachten aber dabei die physikalische Schallausbreitung. Der Ansatz, Lärm aus xFCD zu berechnen, schafft zahlreiche neue Analysemöglichkeiten dieser Daten.

Mögliche Auswertungen werden in dieser Studie durch eine visuelle Analyse aufgezeigt, jedoch besteht großes Forschungspotential für weitere Visualisierungs- und Verarbeitungsmethoden von xFCD in Bezug auf Lärmanalysen. Interessant wäre außerdem ein Ansatz, bei dem die Vorteile und Eigenschaften von klassischen Lärmkarten, z. B. die Berücksichtigung der physikalischen Schallausbreitung, mit den Vorteilen der xFCD-Lärmkarten erweitert und kombiniert werden könnten.

Literatur

- ALUKO E., NNA V. (2015), Impact of Noise Pollution on Human Cardiovascular System. In: *International Journal of TROPICAL DISEASE & Health* 6 (2), 35–43.
- BRÖRING A., REMKE A., STASCH C., AUTERMANN C., RIEKE M., MÖLLERS J. (2015), enviroCar. A Citizen Science Platform for Analyzing and Mapping Crowd-Sourced Car Sensor Data. In: *Transactions in GIS* 19 (3), 362–376.
- HAMET J.-F., BESNARD F., DOISY S., LELONG J., LE DUC E. (2010), New vehicle noise emission for French traffic noise prediction. In: *Applied Acoustics* 71 (9), 861–869.
- HÄUBLER J., STEIN M., SEEBACHER D., JANETZKO H., SCHRECK T., KEIM D. (2018), Visual Analysis of Urban Traffic Data based on High-Resolution and High-Dimensional Environmental Sensor Data. In: Rink K., Zeckzer D., Bujack R. et al. (Hg.). *Workshop on Visualisation in Environmental Sciences (EnvirVis)*. The Eurographics Association.
- ORTENZI F., COSTAGLIOLA M. A. (2010), A New Method to Calculate Instantaneous Vehicle Emissions using OBD Data. In: *SAE Technical Paper Series, SAE 2010 World Congress & Exhibition*, 13.04. 2010. SAE International.
- RANACHER P., BRUNAUER R., VAN DER SPEK S., REICH S. (2016), What is an Appropriate Temporal Sampling Rate to Record Floating Car Data with a GPS? In: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 5 (1), 1.
- RÖGER C., KELER A., KRISP J. M. (2018), Examining the Influence of Road Slope on Carbon Dioxide Emission using Extended Floating Car Data. In: *Adjunct Proceedings of the 14th International Conference on Location Based Services*. ETH Zurich, 135–140.
- RÖGER C., KRISP J. M. (2019), Using Cartograms for Visualizing extended Floating Car Data (xFCD). In: *Proceedings of the ICA 2*, 1–7.
- SINGH N., DAVAR S. C. (2004), Noise Pollution-Sources, Effects and Control. In: *Journal of Human Ecology* 16 (3), 181–187.

Integration and Management of Time-dependent Properties with Semantic 3D City Models

Kanishk CHATURVEDI

(Former) Chair of Geoinformatics · Technical University of Munich · Arcisstraße 21 · 80333 Munich

(Current) CGI Deutschland B.V. & Co. KG · Spixstraße 59 · 81539 Munich

E-Mail: kanishk.chaturvedi@cgi.com

1 Motivation and Problem Statement

Semantic 3D city models describe spatial, graphical and thematic aspects of the cityscapes by decomposing and classifying the occupied physical space according to a semantic data model. The relevant real-world entities are represented by the ontological structure, including thematic classes, attributes, and their interrelationships. The main advantage of such semantic data models is that they make it possible for applications and simulation tools to distinguish urban objects (like buildings and streets) and use their rich thematic and geometric information for queries, statistical computations, simulations, and visualisations (KOLBE 2009). For this reason, many cities worldwide such as Berlin, Singapore, Munich, New York, London, and Helsinki, have already developed semantic 3D city models for different use cases and application domains ranging from Smart Cities, Digital Twins, Simulations, Planning to History and Archaeology. There are also international standards such as OGC CityGML (GRÖGER et al. 2012), which provide not only well-defined data models for describing spatial, graphical and semantic information of physical objects but also an exchange format for exchanging entire city models among different software systems and applications.

There are many application and simulation scenarios, which highly benefit from the use of semantic 3D city models such as energy demand estimations, solar potential simulations, traffic simulators, autonomous driving and indoor navigation. An extensive review of different applications of 3D city models is provided by (BILJECKI et al. 2015). Many of the applications also involve scenarios where city objects and their properties are not static and change with time; however, the semantic 3D city modelling standards, available at the beginning of this research, did not support such changes explicitly. In general, these changes can be associated with different properties of city objects. For example, a construction event leads to the change in geometry of a building (i.e. addition of a new building floor or demolition of an existing door). The geometry of an object can be further classified according to its shape, location, and extent, which can also be changed with time. A moving car object involves varying only the position and orientation of the car; however, a flood incident involves variations in location and shape of water. There are other properties which result in changes in the semantics of city objects over time, e.g., hourly variations in energy or gas consumption of a building or changing the building's type from residential to commercial. Some properties involve changes in appearances over time, such as building textures changing over years or traffic cameras recording videos of moving traffic over definite intervals. Semantic 3D city models comprise relevant real-world entities and also represent interrelationships between objects. Such interrelationships may also change over time. Besides, the city objects may be decomposed into parts based on deeply nested structures that can be observed in the real world. For example, a building may be decomposed into different (main) building parts like walls, stairs, etc. and these may again consist of parts like windows or doors. The changes may also be related to such semantic decompositions. Hence, the main objective of the thesis is to extend semantic 3D city models by providing explicit support of time-dependent properties.

2 Research Summary

The thesis, first of all, reviews multiple application domains of semantic 3D city models, including Smart Cities, Digital Twins, different types of urban simulations like solar potential simulation and energy demand estimation, mobility, and urban development including planning and history. Based on the comprehensive review of numerous use cases, seven key requirements are gathered for semantic 3D city models for supporting different types of time-dependent properties. These requirements include (i) establishing direct links of city object properties with external sensors and IoT platforms, (ii) enabling city object properties to link with alerts and event management systems, (iii) integration and overlay of static city objects with the dynamics of moving objects, (iv) representing and exchanging time-series and its metadata in-line with city objects, (v) representing and exchanging complex patterns based on statistics and general rules, (vi) managing and exchanging alternative versions, and (vii) managing and exchanging historic versions. The identified requirements with several use cases are further categorised to determine (i) whether they are slower changes or highly dynamic changes, and (ii) which city object property gets affected by such changes.

The categorisation of changes into slower and highly dynamic changes is essential to develop the extensions for semantic 3D city models in a more systematic way as both slower and highly dynamic changes are fundamentally different from each other. Slower changes involve features that begin or cease to exist over different time intervals. For example, if a

new building is added in the city model at a certain point or period in time, it is not possible to query it before that specified time as there was no existence of the feature. Similarly, the planning scenarios involve a comparison of multiple versions of the same city model by different planners. Hence, such changes require different versions of the city models having completely new or modified features. On the other hand, highly dynamic changes are mostly associated with city object properties and can be defined as a function of time. In this case, only some of the properties of otherwise static objects need to represent such time-varying values. For example, the energy consumption of a building determined by a Smart Meter installed in the same building requires only one specific property (e.g. "energy_consumption") of the building to be dynamic, while other properties (e.g. "building_roof_type") remain static. Hence, this thesis considers both slower and highly dynamic changes separately and proposes different extensions to represent and manage them.

2.1 Integration of Time-dependent Properties

Based on the classification of slower and highly dynamic changes, this thesis recommends extending semantic 3D city models for dealing with both types of changes by using two new concepts: (i) the Versioning concept, and (ii) the Dynamizer concept. The Versioning concept deals with changes that are slower such as history or evolution of cities. For managing such gradual changes, the Versioning concept allows representing and exchanging different versions and version transitions within one dataset. In this way, a complete history or evolution of the city model is supported by version transitions having bi-temporal attributes. The concept also allows managing parallel alternative versions of the objects at the same time (Fig. 1). The Versioning concept includes a new identifier approach allowing users to refer to a specific historic or parallel version in the dataset in an efficient way.

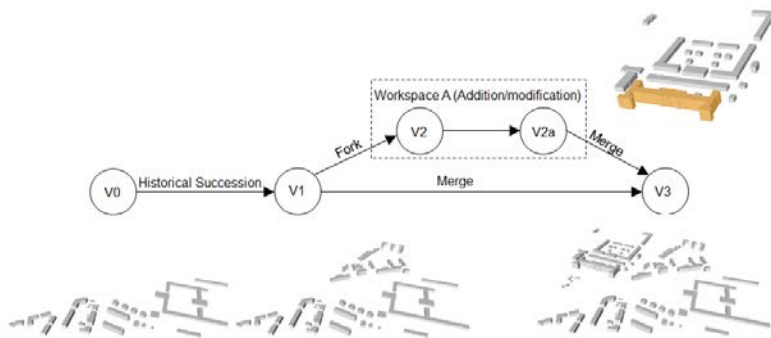


Fig. 1: Management of historic and parallel versions within semantic 3D city models using the Versioning Concept.

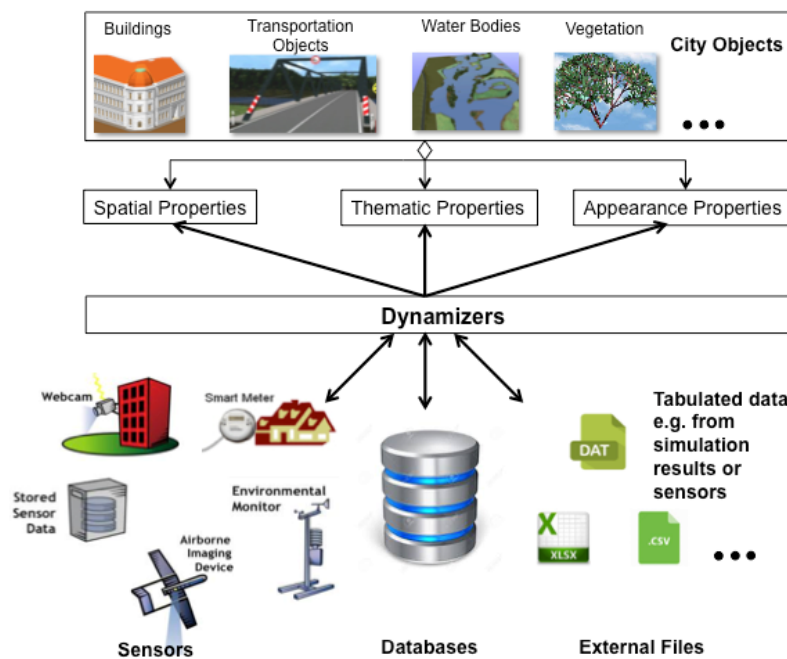


Fig. 2: Illustration of the Dynamizer Concept. This concept allows (i) the representation of time-variant values from sensors, simulation specific databases, and external files, and (ii) enhancing the properties of city objects by overriding their static values.

The Dynamizer concept, on the other hand, deals with changes that represent high frequent or dynamic variations of the object properties. For example, such variations are related to (i) thematic attributes such as changes of physical quantities (energy demands, temperature, solar irradiation levels), (ii) spatial properties such as changing feature's position (moving objects), and (iii) appearances such as changing building's textures or colours. In these cases, only some of the properties of otherwise static objects need to represent such time-varying values. The Dynamizer concept allows integrating different kinds of dynamic data such as time-series obtained from sensor and IoT devices, simulation databases and external files in standardised ways. At the same time, it also provides a method for injecting dynamic variations of city object properties into the static representation making city objects truly dynamic (Fig. 2).

Both the Versioning and Dynamizer concepts, introduced in this thesis, are realised as extensions of the international OGC standard CityGML. However, they can also be applied to other GML-based application schemas including the European INSPIRE data themes and national standards for topography and cadastres like the British Ordnance Survey Mastermap or the German cadastre standard ALKIS.

2.2 Management of Time-dependent Properties

Furthermore, the thesis also proposes ways to manage static and dynamic properties of the extended 3D city models. The approaches are provided for managing the Versioning and Dynamizer concepts in the database management systems for performing queries and analysis. Also, a new relational databases model is introduced for managing time-series and its metadata values associated with Dynamizers. This functionality allows performing queries based on the time-series related to a specific city object.

Although the proposed extensions to database management systems allow managing and storing such dynamic information, their access and retrieval can be a significant issue. In many scenarios (especially in distributed applications), the dynamic and time-series data may belong to different stakeholders and companies. These stakeholders may be owners, sensor operators, solution providers, citizens, and visitors. The data may also belong to numerous data sources such as databases, sensor web services, IoT platforms, and simple tabulated files. To make well-informed decisions using such distributed and heterogeneous dynamic data, it is crucial to achieving a proper data integration strategy. This strategy must allow working with heterogeneous data sources and platforms in a common operational framework, which requires interoperability. Such interoperability can be achieved by using international open standards. These standards allow modelling and representing the data using well-defined information models. At the same time, such standards allow interfacing the distributed components using well-defined interface models (web services). In such complex distributed systems, the concept of Spatial Data Infrastructures (SDIs) is often utilised. With the help of such infrastructures, it is possible to retrieve the time-varying information from remote and distributed resources such as external databases, Application programming interfaces (APIs) or files using web services in unified ways. This approach avoids data to be stored in centralised databases together with the 3D city models. It is also beneficial, especially in the cases of sensors and IoT data, when the frequency of time-series data is very high (e.g. up to milliseconds).

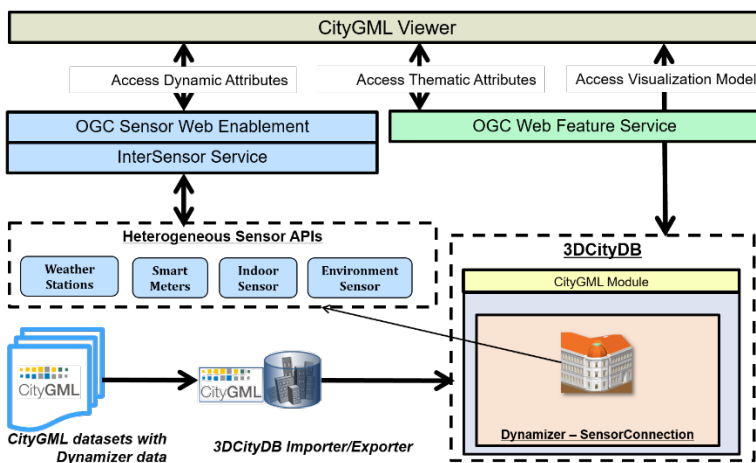


Fig. 3: Unified Access and retrieval of heterogeneous sensor APIs from Dynamizers using the InterSensor Service.

Hence, the thesis emphasises on the hypothesis that it is not always required to store such time-series and dynamic data in the 3D city modelling database management systems. Utilising the concept of SDI, the research work introduces a new concept called "InterSensor Service" allowing to establish interoperability over different types of time-dependent properties. The service allows retrieving time-series data from CityGML Dynamizers and translates them "on-the-fly" according to the international standards such as OGC Sensor Observation Service and OGC SensorThings API. Besides, the service can also retrieve time-series data from the arbitrary sensor and IoT platforms, simulation-specific data,

databases, and external tabulated files and perform such translations. In this way, time-series data from heterogeneous data sources can very easily be retrieved and accessed in a common and unified way (Fig. 3).

3 Conclusions

The work described in this thesis successfully extends semantic 3D city models by providing explicit support of various kinds of time-dependent properties. Considering the practical requirements, the thesis provides a complete "ecosystem", which not only allows extending semantic 3D city models using the conceptual data models, but also offers ways to (i) implement, (ii) manage, and (iii) use them in various applications. The successful demonstrations of the CityGML Dynamizers and the InterSensor Service are applied in real-world Smart City projects such as OGC Future City Pilot Phase 1 and the Smart District Data Infrastructure (SDDI) Demonstrator in Queen Elizabeth Olympic Park, London. Besides, the newly introduced Versioning and Dynamizer concepts have already become a part of the latest version of CityGML version 3.0 (KOLBE et al. 2021). However, for applicability with the previous version of the CityGML standard version 2.0 (GRÖGER et al. 2012), these concepts can also be implemented and used as Application Domain Extensions. In addition, the research work carried out within this thesis has made a significant contribution to 15 Scientific Publications including Journal Articles, Book Chapters, Conference Papers, and Engineering Reports. The full version of the thesis is publicly available at <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1542959>.

Literature

- BILJECKI, F., STOTER, J., LEDOUX, H., ZLATANOVA, S. AND ÇÖLTEKIN, A. (2015), Applications of 3D city models: State of the art review. In: ISPRS International Journal of Geo-Information 4.4, pp. 2842–2889. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>
- GRÖGER, G., KOLBE, T. H., NAGEL, C. AND HÄFELE, K.-H. (2012), City Geography Markup Language (CityGML) v 2.0 Encoding Standard, OGC Doc. No. 12-019. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>
- KOLBE, T. H. (2009), Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: 3D Geo-Information Sciences. Ed. by Lee, J. and Zlatanova, S. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 15–31. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-87395-2_2.
- KOLBE, T. H., KUTZNER T., SMYTH C.S., NAGEL, C., ROENSDORF C. AND HEAZEL, C. (2021), City Geography Markup Language (CityGML) v 3.0 Part 1: Conceptual Data Model, OGC Doc. No. 20-010. URL: <http://www.opengis.net/doc/IS/CityGML-1/3.0>

Große Bewegungsdatensätze verstehen

Anita GRASER^{1,2}

¹Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS · Universität Salzburg · Kapitelgasse 4-6 · 5020 Salzburg

²AIT Austrian Institute of Technology GmbH · Giefinggasse 4 · 1210 Wien

E-Mail: anita.graser@ait.ac.at

1 Einführung ins Thema

Die meisten Datensätze – vor allem jene, die unter den Begriffen „Big“ oder „Extreme“ Data laufen – sind unsauber, verzerrt und unzureichend dokumentiert. Bewegungsdaten sind keine Ausnahme. Anstelle sauberer Daten aus sorgfältig konzipierten Experimenten sind Forschende für Mobilitätsanalysen häufig auf Datensätze angewiesen, die für völlig andere Zwecke gesammelt wurden (GRASER, DRAGASCHNIG & KOLLER 2021). Es ist daher nicht überraschend, dass die Qualität – oder Eignung für wissenschaftliche Analysen – dieser Datensätze nicht optimal ist. Um korrekte Schlussfolgerungen ziehen zu können, müssen Forschenden und AnalystInnen die Grenzen ihrer Datensätze verstehen. Explorative Datenanalyse (EDA) ist ein wesentlicher Schritt, um dieses Verständnis zu erreichen.

Im vorliegenden Beitrag werden Methoden und Werkzeugen, die die explorative Analyse großer Bewegungsdatensätze unterstützen, vorgestellt. Die vorgestellten Forschungsergebnisse sollen Forschenden in den Bereichen Geographic Data Science, Computational Movement Analytics und ihren benachbarten Disziplinen helfen, ihre Bewegungsdatensätze besser zu verstehen, um das Analysepotential sowie die Verzerrungen und Limitationen richtig einschätzen zu können.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Aggregationsmethoden für große Bewegungsdatensätze

Eine zentrale Herausforderung bei der explorativen Analyse von Bewegungsdaten ist die Geschwindigkeit und Leistungsfähigkeit des EDA-Prozesses. Dabei fließen sowohl die Geschwindigkeit bei der Erstellung der Visualisierungen, als auch die Geschwindigkeit bei der Erkennung von Mustern und die Reaktionsgeschwindigkeit und Flexibilität von interaktiven Visualisierungen ein. Visualisierungen von Bewegungsdaten werden schnell unübersichtlich. Darum sind passende Aggregationsmethoden notwendig, die oftmals sehr rechenintensiv sind. Im Rahmen der hier präsentierten Arbeit wurden daher Methoden entwickelt, die auf große Datensätze angewandt werden können, da sie in verteilten Systemen berechnet und inkrementell aktualisiert werden können (vgl. Abb. 1).

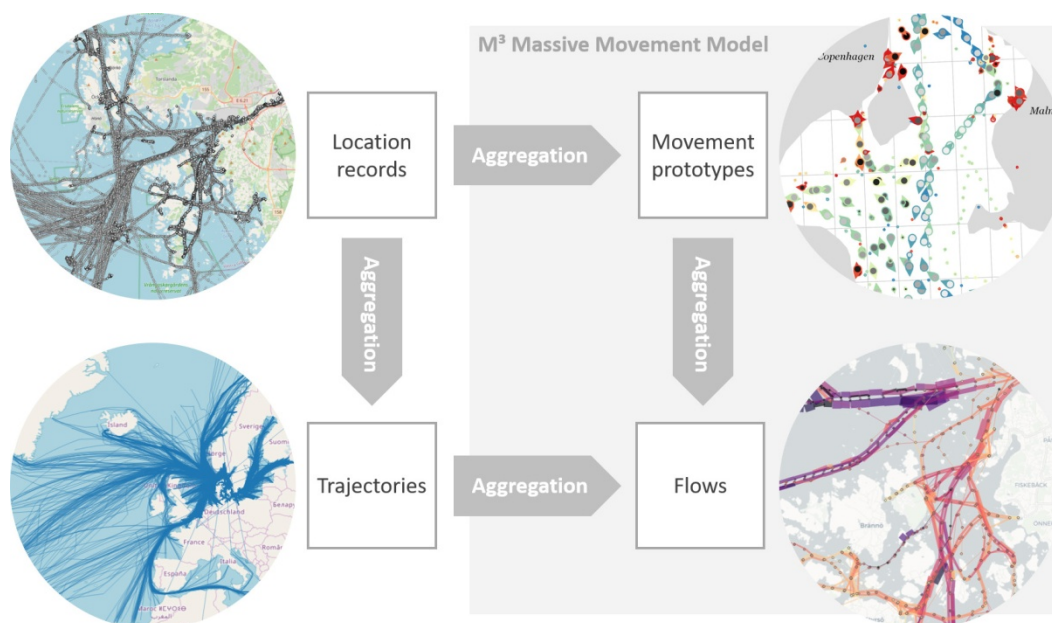


Abb. 1: Ausgehend von rohen Bewegungsdaten (Location records) wurden effiziente Aggregationsmethoden entwickelt, die sowohl objektbasierte (Trajectories) als auch lokale (M³ Movement prototypes) Aussagen ermöglichen und schließlich kombinieren (M³ Flows) (GRASER, WIDHALM & DRAGASCHNIG 2020A&B).

Das entwickelte M³ Massive Movement Model umfasst lokale Prototypen und Flüsse zwischen diesen Prototypen. M³-Prototypen beschreiben lokale Bewegungsmuster anhand der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Datenpunkten und dazugehöriger Eigenschaften wie Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung. Neben explorativer Analyse ermöglichen M³-Prototypen auch weiterführende Anwendungen wie die Detektion von Anomalien oder die Vorhersage von Trajektorien anhand der gelernten Verbindungen (oder Flüsse) zwischen M³-Prototypen.

Während die bisher vorgestellten Ansätze wesentliche Innovationen für die Analyse großer Bewegungsdatensätze darstellen, erfordert ihre Implementierung und Nutzung umfangreiche Kenntnisse verteilter Rechensystemen wie des Hadoop Distributed File Systems (HDFS) und Apache Spark. Der zweite Teil dieses Beitrages geht deshalb auf Methoden und Werkzeuge zur EDA von Bewegungsdaten ein, die für eine breitere Masse von AnwenderInnen zugänglich sind.

2.2 Massentaugliche Werkzeuge zur explorativen Bewegungsdatenanalyse

Die zwei zentralen breitenwirksamen Komponenten dieses Beitrages bilden die Opensource-Bibliothek MovingPandas (GRASER 2019 und movingpandas.org) aufbauend auf den populären Python-Bibliotheken Pandas und GeoPandas, sowie das erste systematische Protokoll zur Exploration von Bewegungsdaten, zu dem es ebenfalls eine Referenzimplementierung in Python gibt. Dieses Protokoll präsentiert die unterschiedlichen Qualitätsaspekte, die bei der Exploration von Bewegungsdatensätzen berücksichtigt werden sollten, und zeigt passende Visualisierungsansätze auf (vgl. Abb. 2). Das Protokoll deckt dabei systematisch die unterschiedlichen Aufbereitungsstufen von elementaren Einzelpositionsmeldungen, über Segmente aus zwei aufeinanderfolgenden Meldungen bis hin zu Gesamttrajektorien ab. Damit adressiert werden Probleme fehlender Daten, sowie unzureichender Präzision, Genauigkeit und Konsistenz.

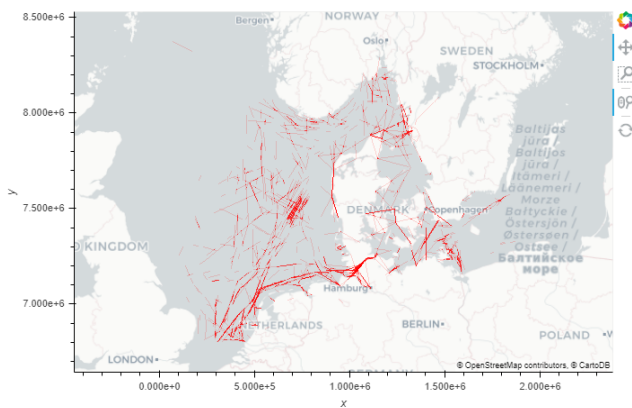


Abb. 2: Interaktive Visualisierung von Datenlücken in Form einer Liniendichtekarte; erstellt in Jupyter Notebooks mithilfe der Bibliotheken Pandas und Holoviz Datashader (GRASER, 2021)

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung im Kontext unterschiedlicher Forschungsprojekte konnten diese Werkzeuge neben den hier gezeigten Schiffsdaten auch schon zur Analyse von GPS-Trajektorien von Zügen und Tieren (wie Zugvögeln und Walen), videobasierten Trajektorien von FußballspielerInnen und Kraftfahrzeugen, sowie Aufzeichnungen von Mausbewegungen und Eyetracking auf Computerbildschirmen eingesetzt werden.

Literatur

- GRASER, A. (2021), An exploratory data analysis protocol for identifying problems in continuous movement data. In: *Journal of Location Based Services*, 15(2), 89–117. <https://doi.org/10.1080/17489725.2021.1900612>
- GRASER, A. (2019), MovingPandas: Efficient Structures for Movement Data in Python. In: *GI_Forum – Journal of Geographic Information Science*, 2019(1), 54–68. https://doi.org/10.1553/giscience2019_01_s54
- GRASER, A., DRAGASCHNIG, M., & KOLLER, H. (2021), Exploratory Analysis of Massive Movement Data. In: M. Werner & Y.-Y. Chiang (Eds.), *Handbook of Big Geospatial Data*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55462-0>
- GRASER, A., WIDHALM, P., & DRAGASCHNIG, M. (2020A), The M³ massive movement model: A distributed incrementally updatable solution for big movement data exploration. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(12), 2517–2540. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1776293>
- GRASER, A., WIDHALM, P., & DRAGASCHNIG, M. (2020B), Extracting Patterns from Large Movement Datasets. *GI_Forum – Journal of Geographic Information Science*, 8, 153–163. https://doi.org/10.1553/giscience2020_01_s153

Wertegeneralisierung von statischen und dynamischen Choroplethenkarten unter Berücksichtigung globaler Autokorrelation und lokaler Ausreißer

Christoph TRAUN

Fachbereich Geoinformatik - Z_GIS · Universität Salzburg · Schillerstraße 30 · A-5020 Salzburg

E-Mail: christoph.traun@plus.ac.at

1 Einführung

Choroplethenkarten (Flächenkartogramme) werden verwendet, um die Werte statistischer Variablen für vordefinierte Gebietseinheiten darzustellen. Flächenkartogramme sind weit verbreitet, werden von Nutzern gegenüber anderen themakartographischen Darstellungsverfahren bevorzugt (MENDONÇA & DELAZARI 2014) und sind technisch einfach zu erstellen. Während statische Choroplethenkarten besonders nützlich sind, um die räumliche Variation einer Variablen darzustellen, liegen die Vorzüge zeitanimierter Choroplethenkarten darin, die dynamische Veränderung der sich ergebenden räumlichen Muster zu zeigen.

Um visuelle Komplexität zu reduzieren und/oder relevante räumliche Muster in statischen und dynamischen Choroplethenkarten hervorzuheben, hat die Kartografie eine Reihe von Ansätzen entwickelt um die flächenbezogenen Werte bzw. deren farbliche Repräsentation zu generalisieren. Eine derartige Wertegeneralisierung kann entweder durch Anwendung lokaler Glättungsverfahren oder aber durch die Reduzierung der Fülle von Einzelwerten bzw. -farben auf einige wenige ordinale Klassen erfolgen. Klassifikationsverfahren basierend auf gleicher Intervallbreite, gleicher Elementzahl oder minimaler Wertestreuung innerhalb der Klassen sind weithin etabliert und in nahezu jeder GI-Software implementiert.

2 Wertegeneralisierung unter Berücksichtigung der räumlichen Struktur

2.1 Problemstellung

Obwohl der Zweck und Mehrwert von Choroplethenkarten in der Darstellung der räumlichen Struktur einer Variable (bzw. des dahinterstehenden Phänomens) liegt, ist es bemerkenswert, dass alle gängigen Klassifikationsverfahren diese räumliche Struktur ignorieren. Die Bestimmung der Klassengrenzen erfolgt in der Regel allein auf der Grundlage der Verteilung der Werte entlang des Zahlenstrahls (FOSTER 2019). In Kombination mit der strikten Einhaltung des Paradigmas scharfer Klassengrenzen führen gängige Klassifikationsroutinen damit selbst wiederum "visuelles Rauschen" bzw. sachlich ungerechtfertigte „visuelle Inseln“ in die resultierende Regionalisierung ein (Abb.1) und konterkarieren damit den Zweck visuelle Komplexität zu reduzieren. Das gilt auch für Daten, die räumlich und - im Fall von animierten Zeitreihen - zeitlich stark autokorreliert sind, bei denen also nahegelegene bzw. benachbarte Flächen in Raum bzw. Zeit tendenziell ähnliche Werte aufweisen.

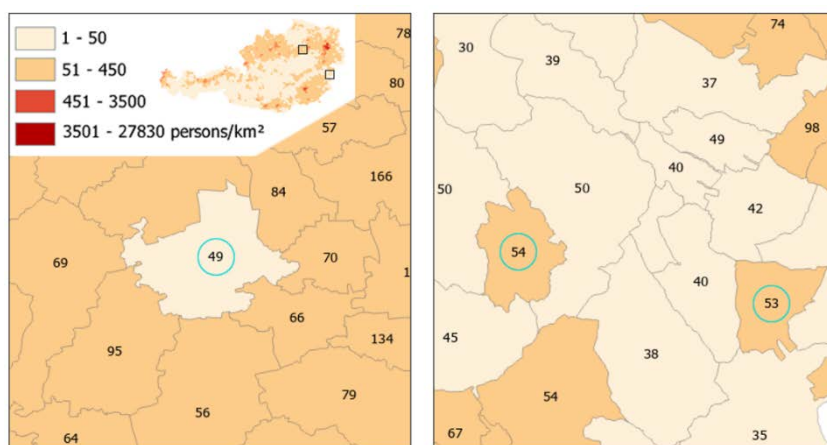


Abb. 1: Drei „visuelle Inseln“ in einer konventionell klassifizierten Choroplethenkarte zur Bevölkerungsdichte Österreichs (Gemeinden mit Dichtewert als Beschriftung). Aufgrund der ähnlichen Werte zur Nachbarschaft scheint die hohe visuelle Salienz also das „Hervorstechen“ der entsprechenden Gemeinden unangemessen.

2.2 Klassifikation unter Berücksichtigung der räumlichen Struktur

Die artikelbasierte Dissertation greift dieses Problem auf und entwickelt einen neuen Klassifikationsansatz, der die räumliche Struktur der Daten integriert und die üblichen, konventionellen Klassifikationsverfahren um diesen Aspekt erweitert (TRAUN & LOIDL 2012). Aufbauend auf der Überlegung, dass die Berücksichtigung des Raumes im Klassifikationsprozess umso sinnvoller ist, je größer die Rolle ist, die der räumliche Aspekt in den Daten spielt, passt sich der Einfluss der räumlichen Komponente bei der Klassifikation an den Grad der in den Daten vorhandenen räumlichen Autokorrelation an. Damit unterscheidet sich das Klassifikationsergebnis räumlich zufällig angeordneter Daten nicht von einer konventionellen, rein attributiven Klassifikation. Bei den üblichen, positiv autokorrelierten Daten führt die Methode hingegen zur weitgehenden Vermeidung der oben beschriebenen visuellen Inseln, zu klareren räumlichen Strukturen und einer Verringerung visueller Komplexität. Der Preis dafür ist eine (in der Regel geringfügige) Überlappung im Wertebereich der Klassen, die damit einer unscharfen „Alltagskategorisierung“ im Sinne von „gering, mittel, hoch“ (bei 3 Klassen) entsprechen. Tests an realen Datensätzen zeigen, dass die klasseninterne Streuung der Werte trotz überlappender Klassengrenzen nur geringfügig zunimmt. Eine konventionelle Quantilenklassifikation wies etwa in allen untersuchten Fällen eine schlechtere Klassenhomogenität auf, als eine räumlich erweiterte Jenks-Klassifikation (LOIDL & TRAUN 2013).

2.3 Identifikation und Erhalt lokaler Ausreißer

Ein Nachteil des eben skizzierten, ursprünglichen Ansatzes besteht in der Verringerung des Kontrasts lokaler Ausreißer, also sachlich gerechtfertigter „visueller Inseln“ die in der endgültigen Karte prominent erhalten bleiben sollen. Da übliche Verfahren zur Identifikation lokaler Ausreißer wie etwa LISA–Statistik (ANSELIN 1995) für den gegenständlichen Zweck einige Nachteile aufweisen, wurde ein heuristischer Ansatz entwickelt, der lokale Ausreißer nicht nur auf Basis ihrer Wertedifferenz zur Nachbarschaft sondern auch unter Berücksichtigung der globalen Autokorrelation identifiziert (TRAUN & MAYRHOFER 2018). Dahinter steht die die Prämisse, dass dieselbe lokale Abweichung in einer generell glatten Werteoberfläche bereits als lokaler Ausreißer betrachtet werden kann, während sie in einer wenig autokorrelierten, raueren Werteoberfläche noch als „normale Fluktuation“ durchgeht. Lokale Ausreißer werden identifiziert und von der räumlichen Wertegeneralisierung bzw. der damit verbundenen visuellen Glättung ausgeschlossen (Abb. 2a). Die visuelle Salienz der Ausreißer wird im Kontext des insgesamt geringer fragmentierten Kartenbildes damit noch gesteigert (s. u.).

2.4 Erweiterung auf die zeitliche Dimension

Die visuelle Komplexität einer Karte ist besonders bei beschränkter Betrachtungszeit relevant. Insbesondere Kartenanimationen übersteigen dabei schnell unsere kognitive Kapazität (HARROWER 2007a). Bisherige Ansätze zur Wertegeneralisierung animierter Choroplethenkarten konzentrierten sich vorrangig auf die Glättung der Werte über die Zeit hinweg, um etwa durch gleitende Mittelung zeitlicher Nachbarwerte visuelles Rauschen zu reduzieren. Dieser Tradition folgend, wurde der Ansatz um die zeitliche Dimension erweitert (Abb. 2b), wobei deren Einfluss auf die Wertegeneralisierung wiederum an die Stärke der – in diesem Fall zeitlichen – Autokorrelation der Daten geknüpft ist. Eine eigens entwickelte Erweiterung zu ArcGIS erlaubt dabei die explorative Untersuchung der autokorrelativen Strukturen der entsprechenden Zeitreihen in Raum, Zeit und einer frei gewichtbaren Kombination beider Dimensionen (TRAUN & MAYRHOFER 2018).

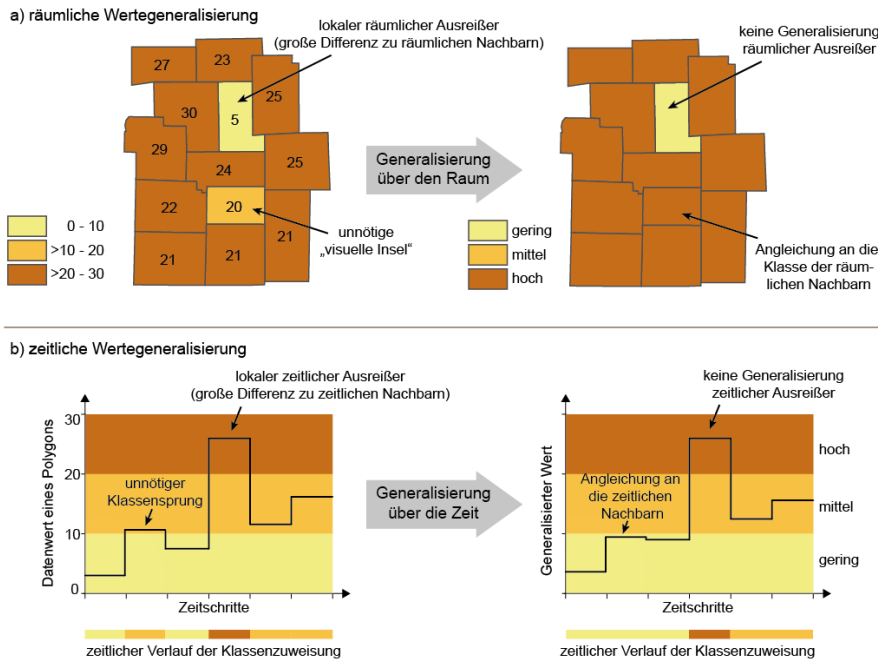


Abb. 2: Wertegeneralisierung unter Berücksichtigung lokaler Ausreißer (a) in Raum bzw. (b) in Zeit

2.5 Empirische Untersuchung

Obwohl die Methodik ursprünglich zur kartografischen Klassifikation entwickelt wurde, kann sie auch zur räumlichen und/oder zeitlichen Wertegeneralisierung unklassifizierter Choroplethenkarten eingesetzt werden. Letztere weisen speziell bei Kartenanimationen Vorteile gegenüber ihren klassifizierten Schwestern auf (HARROWER 2007b). Um festzustellen, inwieweit Nutzer von der Generalisierung unklassifizierter, zeitanimierter Flächenkartogramme profitieren, wurde eine Studie mit 220 Probandinnen und 220 Probanden durchgeführt. Unter Verwendung hoch autokorrelierter, synthetischer Zeitreihendaten wurde die Auswirkung von drei Generalisierungsvarianten (räumlich, zeitlich, raumzeitlich) auf die Wahrnehmung globaler Trends sowie lokaler Ausreißer untersucht. Ein spezielles Studiendesign ermöglichte dabei quasi „nebenbei“ die Teststärke von zwei, in der kognitiven Kartographie häufig verwendeten Studiendesigns zu vergleichen (TRAUN et al. 2021b).

2.6. Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung der Wahrnehmung lokaler Ausreißer bei der räumlichen und in geringerem Ausmaß auch bei der raumzeitlichen Generalisierungsvariante (TRAUN et al. 2021a). Darüber hinaus werden solcherart räumlich geglättete, animierte Choroplethenkarten von KartennutzerInnen bevorzugt. Eine vermutete Verbesserung in der Wahrnehmung großräumiger Muster und Trends konnte bei keiner Variante bestätigt werden. Was diesbezüglich jedoch signifikant positive Wirkung zeigt, sind intuitiv angewandte Strategien zur Fokussierung der visuellen Aufmerksamkeit auf niedrige visuelle Frequenzen (z.B. Zusammenkneifen der Augen zur Filterung hochfrequenter Detailinformation). Die Verknüpfung der empirischen Ergebnisse mit Konzepten der Wahrnehmungspsychologie ermöglichte eine plausible Interpretation unserer (wohl primär räumlichen und sekundär zeitlichen) Wahrnehmung animierter Choroplethenkarten.

Abgesehen von praktischen Erkenntnissen wie der in allen untersuchten Aspekten mangelnden Sinnhaftigkeit einer rein zeitlichen Generalisierung individueller Polygone wird in der Arbeit deutlich, dass es an adäquaten Maßen zur Charakterisierung raumzeitlicher Komplexität in Kartenanimationen fehlt. Eingesetzt als Proxy für die tatsächliche Wahrnehmbarkeit einer raumzeitlichen Datenkonstellation könnten derartige Maße helfen, jeweils adäquate Visualisierungsvarianten zu bestimmen.

Literatur

- ANSELIN, L. (1995), Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis* Nr. 27(2), p. 93-115.
- FOSTER, M. (2019), Statistical mapping (enumeration, normalization, classification). *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, 2nd ed.; Wilson, JP, Ed.
- HARROWER, M. (2007a), The Cognitive Limits of Animated Maps. *Cartographica* Nr. 42(4), p. 349-357, 10.3138/cart0.42.4.349.

- HARROWER, M. (2007b), Unclassed animated choropleth maps. *The Cartographic Journal* Nr. 44(4), p. 313-320.
- LOIDL, M. & C. TRAUN (2013), The Effect of ACRC on the Results of Cartographic Classification Depending on Spatial Autocorrelation. *International Journal of Geoinformatics* Nr. 9(2), p. 29-36.
- MENDONÇA, A. & L. DELAZARI (2014), Testing subjective preference and map use performance: Use of web maps for decision making in the public health sector. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* Nr. 49(2), p. 114-126.
- TRAUN, C. & M. LOIDL (2012), Autocorrelation-Based Regioclassification – a self-calibrating classification approach for choropleth maps explicitly considering spatial autocorrelation. *International Journal of Geographical Information Science* Nr. 26(5), p. 923-939, 10.1080/13658816.2011.614246.
- TRAUN, C. & C. MAYRHOFER (2018), Complexity reduction in choropleth map animations by autocorrelation weighted generalization of time-series data. *Cartography and Geographic Information Science* Nr. 45(3), p. 221-237, 10.1080/15230406.2017.1308836.
- TRAUN, C., M. L. SCHREYER & G. WALLENTIN (2021a), Empirical Insights from a Study on Outlier Preserving Value Generalization in Animated Choropleth Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information* Nr. 10(4), 10.3390/ijgi10040208.
- TRAUN, C., G. WALLENTIN & M. L. SCHREYER (2021b), Design of an Experiment to Evaluate Modes of Value Generalization in Animated Choropleth Maps. *GI_Forum-Journal for Geographic Information Science* Nr. 2021(2), p. 174-192.

Digitale Baugrundmodelle und BIM – Einblick ins „IFC-Tunnel“ Projekt

Jonas WEIL

iC consulenten ZT GmbH · Schönbrunnerstraße 297 · 1120 Wien, Österreich
E-Mail: j.weil@ic-group.org

1 Einführung

Digitale Baugrundmodelle haben sich im letzten Jahrzehnt im Infrastrukturbereich gut etabliert und können mittlerweile speziell für große Tunnelprojekte als „Stand der Technik“ angesehen werden (WEIL 2020). Dabei werden herkömmlich ausgetauschte Dokumente teilweise durch (maschinenlesbare) digitale Formate ersetzt oder ergänzt.

Insbesondere geologische und geotechnische Grundlagendaten, also dokumentierte Beobachtungen und Messergebnisse, werden zunehmend in mehr oder weniger standardisierten Datenbanken gespeichert und abgestimmten Formaten ausgetauscht. In einigen Ländern haben sich dazu bereits auf die jeweiligen Normen, die gängigen Erkundungsmethoden und die übliche Art der Zusammenarbeit abgestimmte Formate etabliert (AGS, DIGGS).

Auch für weiter aufbereitete interpretierte Daten wie geologische Karten und Modelle gibt es vor allem im GIS-Bereich bereits gut erprobte und häufig verwendete Datenmodelle und Konzepte, wie z. B. die von OGC entwickelten GeoSciML oder GroundWater ML, die vor allem in großen Organisationen verwendet werden, welche große Datensätze verwalten.

Building Information Modelling (BIM) als Methode zur Planung, Bau und Betrieb wurde in den letzten Jahren im DACH-Raum von den großen öffentlichen Auftraggebern, Bauherren und Betreibern von Infrastruktur mit ambitionierten Programmen forciert (z. B. BMVI 2015) und mittlerweile in zahlreichen Projekten eingesetzt. Auch digitale Baugrundmodelle werden dabei vermehrt dezidiert gefordert und bzgl. Ausschreibung, Modellierung und Anwendungsfällen in den BIM-Prozess integriert.

Dies führt zu einem Übergangsprozess: Bisher wurden solche Modelle häufig als Einzellösungen im Fachbereich Baugrund entwickelt und dabei mit den Empfängern der Modelle abgestimmt, basierend auf den jeweils verfügbaren Softwarelösungen und Randbedingungen. Bei Anwendung der Open-BIM-Methode müssen hingegen klare Vorgaben (Auftraggeber-Information-Anforderung, AIA) bzgl. Modellinhalt erfüllt werden, und die Schnittstellen, verwendete Software und Übergabeformate werden systematischer definiert. Daraus ergibt sich ein erhöhter Bedarf an Standardisierung von Datenmodellen und Austauschformaten, damit Modelle effizient erstellt und verwendet werden können.

Das von buildingSmart international entwickelte IFC-Format stellt den wichtigsten Standard zum Austausch von Modellen im Open BIM dar und wird aktuell auf den Infrastrukturbereich erweitert.

2 Baugrundmodelle für IFC Tunnel

2.1 Die Arbeitsgruppe

Die internationale Arbeitsgruppe „IFC Tunnel“ besteht aus Fachleuten unterschiedlicher Bereiche wie z. B. Tunnelbau, Softwareentwicklung und Datenmodellierung, Geotechnik und Geowissenschaften. Der Baugrund spielt im Tunnelbau eine besonders wichtige Rolle, da er 1. Teil des Bauwerkes ist und 2. einen Unsicherheitsfaktor darstellt, der großen Einfluss auf Bauzeit, Kosten und die Umgebung hat. Daher wurde Baugrundmodellen eine hohe Aufmerksamkeit gewidmet bei der Ausformulierung der Modellanforderungen (Requirement Analysis) und der Erstellung des konzeptuellen Modells. Ein Ziel der Arbeitsgruppe ist die Erweiterung des IFC-Schemas in Hinblick auf dieses erarbeiteten Konzeptes für Baugrundmodelle.

2.2 Modellanforderungen

Baugrundmodelle für den Tunnelbau spielen im gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes eine Rolle, von Variantenstudien und Planung über Bau bis in Betrieb und Instandhaltung. Es wurden sechs Baugrund-bezogene Anwendungsfälle beschrieben, die vom Austausch und der Darstellung von geologischen und geotechnischen Grundlagendaten über spezielle Anforderungen bzgl. geotechnischer Planung, Ausschreibung und Massenermittlung bis zur geologischer Dokumentation und Soll-Ist-Vergleichen während der Bauausführung reichen.

2.2 Konzeptionelles Modell

Es wurde ein konzeptionelles Modell entwickelt das die Semantik und Taxonomie der Modelleinheiten (modellierte Objekte, Typen und Gruppen) beschreibt. Das „Fachmodell Baugrund“ gliedert sich dementsprechend in mehrere Submodelle: Ein „Factual Data Model“ und darauf basierend mehrere „GeoScience Models“, welche Interpretationen entsprechend verschiedener Disziplinen darstellen. Ein geologisches, ein hydrogeologisches und ein geotechnisches Modell können demnach den Modellbereich unterschiedlich klassifizieren und sich überlagern.

Für verschiedene Quellen und Arten von Unsicherheiten und den Umgang damit im Modell wurden spezielle Ansätze entwickelt, die z.B. beinhalten:

- Verschiedene Arten zur Definition von geotechnischen Einheiten mit geomechanischen Kennwerten
- Ein „Parameter Distribution Model“, dass z.B. verschiedene Typen von Unsicherheit räumlich bewerten oder quantifizieren kann
- Beschreibung der Unsicherheit in der Definition von Eigenschaften (z.B. Wertebereiche von Kennwerten)
- Ein bauwerksbezogenes Prognosemodell, welches eine zusammenfassende Interpretation und Bandbreiten der zu erwartenden Bedingungen darstellt

Das zuletzt erwähnte bauwerksbezogene Modell, bezeichnet als „Geotech Synthesis Model“, stellt ein wichtiges Werkzeug im Tunnelbau dar, da es ähnlich von bisher verwendeten Längenschnitten die relevanten Aspekte des Baugrundmodells zusammenfasst und die Basis für die Planung der Vortriebsmethoden, Sicherungsmaßnahmen und Massenermittlung liefert (siehe Abb. 1).

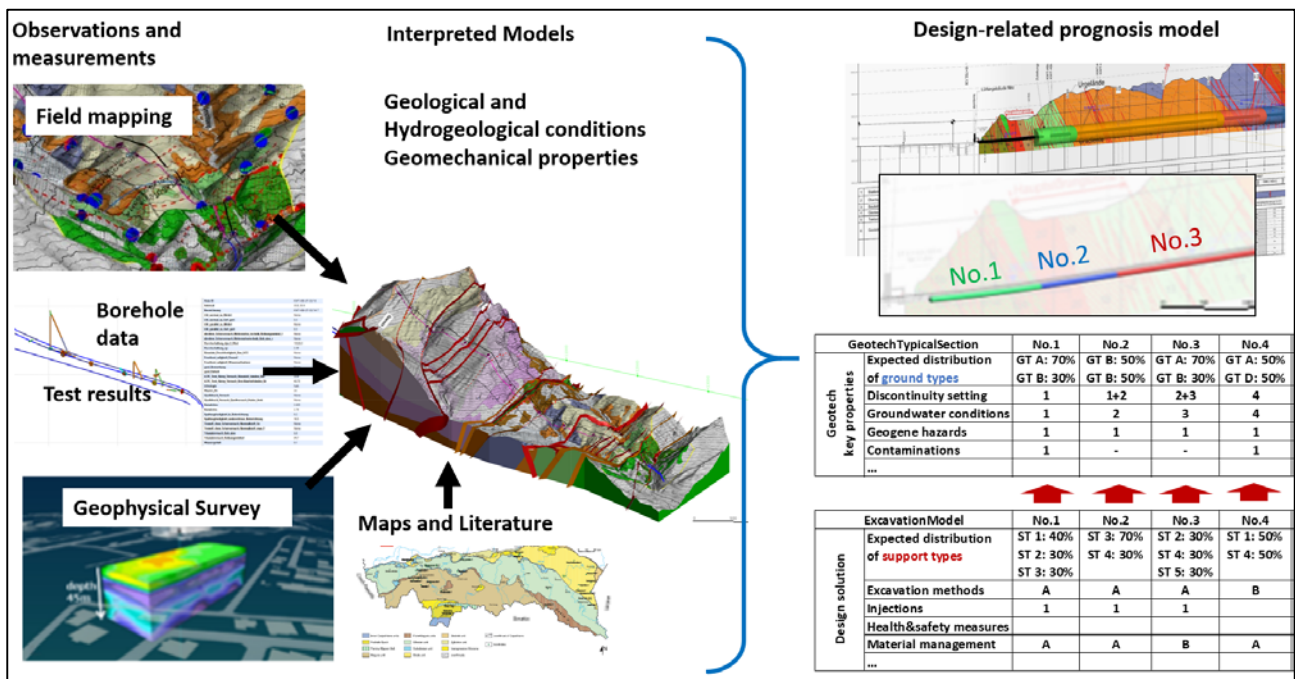


Abb. 1: Herleitung und Anwendung des Bauwerksbezogenen Prognosemodells

Literatur

WEIL, J. (2020), Digitale Baugrundmodelle im Tunnelbau – Status, Chancen und Risiken. Geomechanics and Tunnelling 13, 221–236.

BLAND, J., WALTHALL, S., TOLL, D. (2014), The Development and Governance of the AGS Format for Geotechnical Data. In: Toll, D. et al. (Eds.) Information Technology in Geo-Engineering, pp. 67-74. IOS Press.

CADDE, A., KEELOR, B. (2017), Implementation and Transition of Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists (DIGGS v2.0), State Job Number 26047,

BMVI (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR) (2015), [Stufenplan Digitales Planen und Bauen](#). Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL (2015), [IFC-Tunnel Project - Report WP2: Requirement analysis report](#), 176 pp.

Entwicklung eines nutzungsbezogenen geologischen 3D-Modells für das Untergrundmanagement der Stadt

Kai ZOSEDER, Alberto ALBARRAN und Manuel GOSSLER

Lehrstuhl für Hydrogeologie · Technische Universität München · Arcisstraße 21 · 80333 München

E-Mail: kai.zossedertum.de

E-Mail: alberto.albarrantum.de

E-Mail: manuel.gossler@tum.de

1 Untergrundmanagement als Aufgabe für Städte

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt bereits jetzt in Städten und die Prognosen zeigen, dass es bis zum Jahre 2050 über 70 Prozents sein werden. Zusätzlich wird im Jahr 2050 das Bevölkerungswachstum in den Städten ca. 90 Prozent betragen, was bedeutet, dass die Städte zwangsweise immer stärker wachsen werden. Dabei benötigen sie eine Vielzahl mehr an Energie, an Ressourcen und an Infrastruktur. Der urbane Raum nimmt aber nicht nur immer größere Flächen in Anspruch, sondern wächst auch in die Höhe, sowie in die Tiefe. Der Ruf nach autofreien Städten erhöht den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, wie beispielsweise U-Bahnen, und den Bedarf an mehr Tiefgaragen für Park & Ride Optionen. Dadurch entsteht ein höherer Nutzungsanspruch des Untergrundes der Stadt. Der Untergrund stellt aber wiederum wichtige Ressourcen für die Stadt zur Verfügung, wie Grundwasser, das als Brauch- und Trinkwasser benötigt wird oder die Erdwärme als erneuerbare Energie, die wichtig für eine nötige Wende in der städtischen Energieversorgung sein kann. In diesem Kontext bietet der Untergrund zusätzlich ein Speicherpotenzial für Wärme, das dringend zur Flexibilisierung der Wärmebereitstellung benötigt wird. Durch die anwachsenden Nutzungsoptionen für den Untergrund erhöhen sich auch die raumbezogenen Nutzungskonflikte. Diese Geopotenziale können an einem Standort in Konkurrenz zueinanderstehen, horizontal oder vertikal nebeneinander bestehen oder sich bestenfalls ergänzen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt werden diese Potenziale auf einer Bewirtschaftungsfläche meist ausschließlich durch eine einzelne Nutzungsform erschlossen, ohne größere Berücksichtigung der Potenzialverteilung in der Tiefe. Um aber die bestehenden Potenziale optimal und effizient zu nutzen, was für die energie- und klimapolitischen Aufgaben dringend erforderlich ist, und gleichzeitig die Ressourcen - in erster Linie das Grundwasser - auch für kommende Generationen zu erhalten, wird eine nachhaltige und zukunftsorientierte Raumplanung für den Untergrund notwendig sein (SCHOKKER et al. 2017; CAMPBELL et al. 2010). Das Interesse an detaillierten Untergrundinformationen wird in den nächsten Jahren auch noch stark zunehmen, da die Integration des geologischen Untergrundes in Building Information Models (BIM) in der Praxis immer mehr eingefordert wird (z. B. WEHRENS & VOLKEN, 2019).

Das Management des urbanen Wachstums erfolgt an der Oberfläche über die städtische Raumplanung. Für die vermehrte Nutzung des Untergrundes fehlt es derzeit allerdings an weitreichenden Planungswerkzeugen, da die Verteilung der Potenziale und Ressourcen im Untergrund meist nur unzureichend bekannt ist. Um diese Lücke in der Stadt München zu füllen, erstellte der Lehrstuhl Hydrogeologie der TU München, im vom „Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (STMUV)“ finanzierten Projekt „GeoPot“, ein 3D-Untergrundmodell mit neu entwickelten Methoden, welches die Potenziale im Untergrund detailliert erfasst. Dieses nutzerorientierte Modell verbessert die infrastrukturelle, energetische und ressourcenbezogene Planung im Untergrund und wird derzeit bereits in die städtische Planung in München mit einbezogen. Auch für andere Städte, wie Augsburg und Berlin, werden die entwickelte Methodik nun für geologische 3D-Untergrundmodelle von der TU München angewandt, um auch dort den Untergrund mehr in die Stadtplanung zu integrieren.

2 Entwicklung nutzerspezifischer 3D geologischer Modelle als Basis für ein Untergrundmanagement

Die Notwendigkeit für die genaue Beschreibung der geologischen Variation im Untergrund ist besonders für detritische Ablagerungen gegeben, die aus Sedimentgemisch variierender Korngrößen bestehen, da dies der Untergrund sehr vieler Städte weltweit ist. Die dabei in der Praxis am häufigsten benötigte Information für Bautätigkeiten wie Tiefbau- oder Tunnelbauwerke oder grundwasserrechtliche Fragestellungen, sowie auch für die energetische Nutzung des Untergrundes ist die lithofazielle Verteilung, also z.B. die Ausbreitung von Ton, Schluff, Sand oder Kies im Untergrund. Darauf basieren die Planungen für Konstruktions- und Bauweisen oder Wasserrechtsgenehmigungen.

Die Datenbasis für die Beschreibung des Untergrundes liefern klassischerweise Bohrungsdaten, die gerade in Städten reichlich vorhanden sind und durch ihre fortschreitende Digitalisierung, meist von den geologischen Diensten der Länder, als „Big Data“-Datensätze zur Verfügung stehen, wie etwa im Bodeninformationssystem Bayern (BIS). Trotz dieser Datenbasis stellt die genaue Darstellung des Untergrundaufbaus durch die inhärente Heterogenität der Sedimentablagerungen eine Herausforderung dar. Diese räumliche Heterogenität genau zu beschreiben sowie die

multifunktionale Nutzung des Untergrundes erfordert einen flexiblen nutzerorientierten Modellierungsansatz (Volchko et al. 2020). Der hier entwickelte Daher wurde im Projekt „GeoPot“ ein Modellierungsansatz entwickelt, der die Lithoklassen-Verteilung bestmöglich über ein Wahrscheinlichkeitsmodell beschreibt, dass aber auch die Unsicherheiten in der räumlichen Interpolation für nutzerorientierte Anwendungen beinhaltet. Diese Methodik benutzt die lithologische Beschreibung der Bohrdatenbasis, die als DIN-Bohransprachen die Massenanteile der Lithofazies beschreibt. Diese werden in einem ersten Arbeitsschritt einer automatisierten Plausibilitätskontrolle und Korrekturverfahren unterzogen, um für die Modellierung hochqualitative Eingangsdaten zu erzeugen. Die lithologischen Beschreibungen werden dann in virtuelle Kornverteilungskurven übersetzt, bei der man die lithofazielle Ausprägung in den einzelnen Bohrabschnitten in Perzentil-Schritten (D_i -Werte) differenziert erfassen kann. Das bedeute das beispielsweise beschrieben wird, welcher Faziesausprägung (z.B. Ton, Sand, Kies) bei einem bestimmten Perzentil (z.B. 10%) im Bohrabschnitt vorliegt. Für jedes Perzentil (D_i -Wert) wird nun über eine „Sequential Indicator Simulation“ ein räumliches geostatistisches Modell für die lithofazielle Verteilung erstellt. Die einzelnen Modelle stellen wiederum eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der einzelnen Lithofaziesklassen im 3D-Raum (in jedem Voxel des 3D-Modells) dar. Über die Verschneidung der Modelle lässt sich dann eine wahrscheinlichste Lithoklassen-Verteilung für jeden Raumpunkt (Voxel) bestimmen, dass dann das finale geologische 3D-Untergrundmodell repräsentiert und wiederum eine Kornverteilungskurve in jedem Raumpunkt beschreibt. Über diese Information lassen sich dem 3D-geologischen auch Parameter wie etwa die hydraulische Durchlässigkeit zuweisen und Geopotentiale lassen sich voneinander abgrenzen. Die beschriebene Methode wurde in München auf Basis der Auswertung von 20.000 Bohrungen umgesetzt. Dort lassen sich die Untergrundverhältnisse genau beschreiben und z.B. Grundwasserkörper detailliert erfassen und voneinander trennen. Dies ermöglicht nun die genauere Nutzung des Untergrundes und beugt Nutzungskonflikten vor (Abb.1).

Über diesen Ansatz lässt sich auch die Unsicherheit der Bestimmung einer definierten Lithoklasse im 3D-Raum beschrieben, welches eine wichtige Information in der Praxis darstellt, um zum Beispiel neue Bohrkampagnen zu planen zur optimalen Verbesserung der Rauminformation. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der geologischen Information lässt sich aber auch dafür verwenden nutzerspezifische Verteilungen der Lithoklassen zur Verfügung zu stellen. So ist es beispielweise von Relevanz bei Untergrundbauwerken den Wasserandrang für Wasserhaltungsmaßnahmen abzuschätzen. Dafür benötigt man die Ausbreitung von Sedimenten mit guter hydraulischer Durchlässigkeit, wie Sand oder Kies durch die das Grundwasser zum Bauwerk strömt. Da diese Verteilung im Raum immer mit einer Unsicherheit behaftet ist, kann mit dem vorgestellten Ansatz auch neben der wahrscheinlichsten Raumverteilung konservativere Verbreitung berechnen und zur Verfügung stellen, indem man der Verteilung der relevanten Sedimente eine höhere Gewichtung in der Wahrscheinlichkeitsverteilung zuweist. Für die mit diesem Ansatz erzeugten 3D geologischen Untergrundmodelle wurden zudem automatisierte Anwendungen wie Profilschnitterzeugung über html-Plots für eine einfachere praxisbezogene Nutzung entwickelt. Derzeit wird an der Einbindung dieser Modelle in Digitale Stadt-Zwillinge und BIM-Anwendungen gearbeitet.

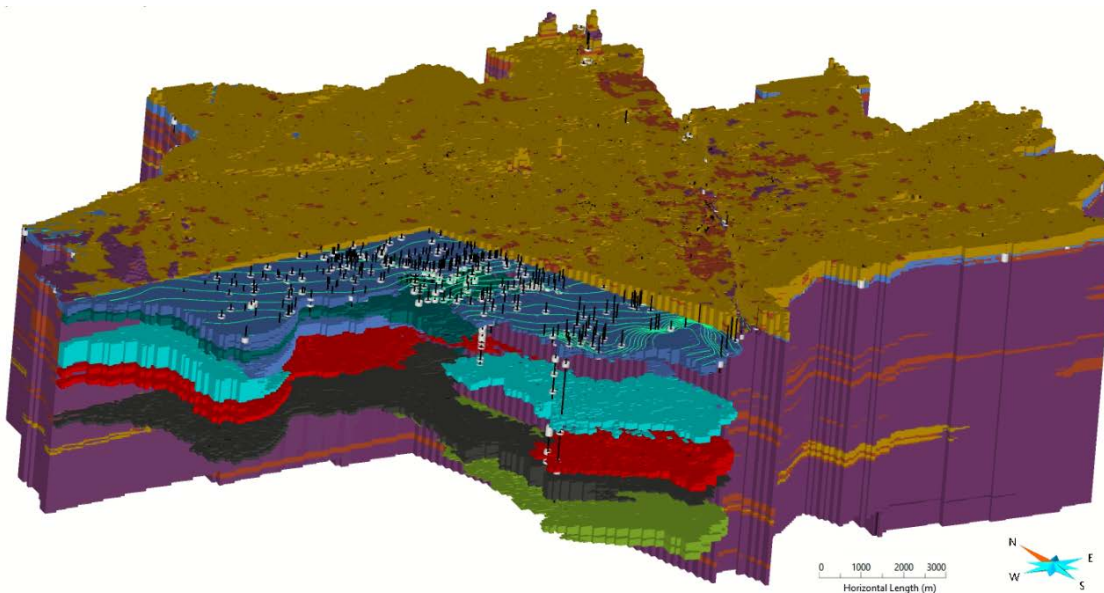


Abb. 1: Ausschnitt des 3D-geologischen Untergrundmodells von München mit verschiedenen Geopotenzialen. Farblich abgestuft sind einmal die lithofaziellen Unterschiede im Untergrund (Ton:lila, Sand: orange, Kies: dunkelgelb) und zum andern die daraus abgeleitete Verteilung der verschiedenen Grundwasserhorizonte (gün, dunkelgrün, rot, hellblau, mittelblau), mit den jeweiligen dortigen Nutzungen (z. B. Brunnen: schwarze Linien; die weißen Markierungen symbolisieren Brunnenfilterstrecken).

Literatur

- ALBARRÁN-ORDÁS, A., ZOSSEDER, K. (2022), The Di models method: geological 3-D modeling of detrital systems consisting of varying grain fractions to predict the relative lithological variability for a multipurpose usability. *Bull Eng Geol Environ* 81, 34 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10064-021-02538-2>
- CAMPBELL, S.D.G., MERRITT, J.E., DOCHARTAIGH, Ó.B.É., MANSOUR, M., HUGHES, A.G., FORDYCE, F.M., ENTWISLE, D.C., MONAGHAN, A.A., LOUGHLIN, S.C., (2010), 3D geological models and their hydrogeological applications: supporting urban development – a case study in Glasgow- Clyde. *UK ZDGG* 161(2):251–262. <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2010/0161-0251>
- SCHOKKER., J, SANDERSEN, P., DE BEER, H., ERIKSSON, I., KALLIO, H., KEARSEY, T., PFLEIDERER, S., SEITHER, A. (2017), 3D urban subsurface modelling and visualisation - a review of good practices and techniques to ensure optimal use of geological information in urban planning. TU1206 COST Sub-Urban WG2 Report.
- VOLCHKO, Y., NORRMAN, J., ERICSSON, L.O., NILSSON, K.L., MARKSTEDT, A., ÖBERG, M., MOSSMARK, F., BOBYLEV, N., TENGBORG, P. (2020), Subsurface planning: towards a common understanding of the subsurface as a multifunctional resource. *Land Use Policy* 90:104316. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104316>
- WEHRENS, P., VOLKEN, S. (2019), BIM and geological data at the Swiss Geological Survey, status and outlook. 5th European Meeting on 3D Geological Modelling, Bern, Switzerland.

3D Informationssysteme in Hydro- und Geowissenschaften

Karsten RINK, Lars BILKE, Nico GRAEBLING, Uwe-Jens GÖRKE, Olaf KOLDITZ, Erik NIXDORF¹, Özgür Ozan ŞEN, Haibing SHAO, Thomas KALBACHER

Department für Umweltinformatik · Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ · Permoserstr. 15 · 04315 Leipzig
E-Mail: olaf.kolditz@ufz.de

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR · Stilleweg 2 · 30655 Hannover
E-Mail: erik.nixdorf@bgr.de

1 Einführung ins Thema

Geoinformationssysteme (GIS) spielen seit mehreren Dekaden eine entscheidende Rolle als Grundlage für Raumplanungen und Flächennutzungen in den verschiedensten Branchen (ZITAT). Insbesondere Web-GIS Anwendungen werden immer beliebter, wenn es darum geht, Informationen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Für unterirdische Raumplanungen müssen darüber hinaus entsprechende Boden- und geologische Strukturmodelle eingebunden, die oft auf anderen Standards/Datenformaten basieren und oft erst in einer 3D Darstellung sinnvoll interpretiert werden können. Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick in ein Workflow-Konzept für eine Verknüpfung von GIS mit Datenintegration und Prozesssimulation sowie einer entsprechenden Einbettung in virtuelle Umgebungen (VGE Virtual Geographic Environment, CHEN et al. 2015, RINK et al. 2020). Dabei stehen GIS am Beginn eines komplexen Workflows, indem sie helfen, sich einen ersten Eindruck über ein Projekt zu verschaffen. Mit ihrem breiten Funktionsumfang sind sie unerlässlich für die Vorverarbeitung von Daten, die dann als Basis für die Darstellung Messdaten oder Simulationsergebnissen in einem geographischen Kontext dienen auch (Abb. 1). Als Beispiel für die Integration von Simulationsplattformen dient exemplarisch OpenGeoSys, welches die Modellierung von hydrologischen, geothermischen und geotechnischen Systemen ermöglicht (BILKE et al. 2019). Damit wird die Übertragbarkeit des generischen Workflow-Konzepts für hydro- und geowissenschaftliche Fragestellung demonstriert (KOLDITZ et al. 2018). Eine besondere Herausforderung besteht in der Generalisierung und Modularisierung des Workflows für verschiedene Anwendung und die Einbindung von Daten auf unterschiedlichen Skalen, etwa von Landschaften (z.B. Flusseinzugsgebieten) auf urbane Räume (z.B. für das lokale Wassermanagement) bis hin zu geotechnischen Anlagen (z.B. Aquiferwärmespeicher oder Erdwärmesonden).

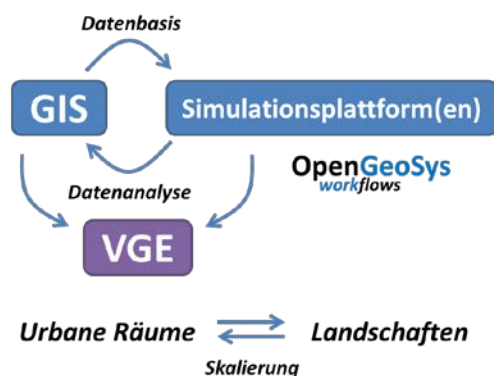


Abb. 3: Generisches Workflow-Konzept für die Verknüpfung von GIS mit Simulationsplattformen im VR Kontext

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

Das grundlegende methodische Konzept ist die Entwicklung von flexiblen Workflows für Umwelt- und technische Systemanalysen. Für die dafür notwendige Daten- und Modellintegration spielen GIS eine wesentliche Rolle, um einen raumbezogenen Kontext für die Darstellung der Anwendungsdaten bereitzustellen. Für die Datenanalysen werden auch Methoden des Maschinellen Lernens und der Datenvisualisierung eingesetzt, deren Ergebnisse in Virtuellen Realitäten dargestellt werden. Eigene Softwarekomponenten des Workflows werden strikt als open-source Projekte entwickelt (BILKE et al. 2018, NIXDORF et al. 2022). Ein wichtiges Grundprinzip für Datenprodukte aus den Forschungsprojekten bildet das FAIR Konzept (www.go-fair.org, WILKINSON ET AL. 2016, KOEDEL ET AL. 2022). Die Leistungsfähigkeit des Workflow-Konzepts wird mit Beispielen für die Modellierung von Hydro- und Energiesystemen demonstriert.

Mit Grundwassermodellen werden dabei hydrologische Prozesse auf größeren Raum- und Zeitskalen betrachtet – wie wirken sich längere Trockenperioden auf die regionale Verfügbarkeit von Grundwasserreserven aus (Abb. 1, links oben). In einer Studie in einem Teileinzugsgebiet der Elbe (Müglitz) werden die Auswirkungen von kurzzeitigen Extremwetterereignissen (heftige Regenfälle) auf Bodenfeuchte und oberflächennahe Grundwassersysteme untersucht (Abb. 1, links unten). In einem VGE werden verschiedenste Daten und Modelle für unterschiedlich Aspekte des urbanen

Wassermanagements (z.B. Wasserversorgung, Abwasserentsorgung) verknüpft (Abb. 1, mitte unten). Dabei können virtuelle (Modelle) und reale Daten (Messungen, live-Bilder) verbunden werden (RINK et al. 2018).

Bei der Analyse von Energiesystemen spannt sich das skalenerübergreifende Konzept vom Land Schleswig-Holstein (Abb. 2, oben) bis hin zur Auslegung von geotechnischen Anlagen wie Aquiferwärmespeicher sowie deren mögliche Umweltauswirkungen (Temperaturveränderungen) im urbanen Untergrund der Stadt Kiel (RINK et al. 2022). Dabei werden die Stärken von GIS (verschiedene Layer von Energiesystemdaten werden verschnitten) und der Prozessmodellierung (Modellierung von saisonalen Temperaturregimen) verknüpft. Das VGE bietet nicht nur eine interaktive visuelle Darstellung im geografischen Kontext sondern verbindet auch gemessene Daten und Modelle.

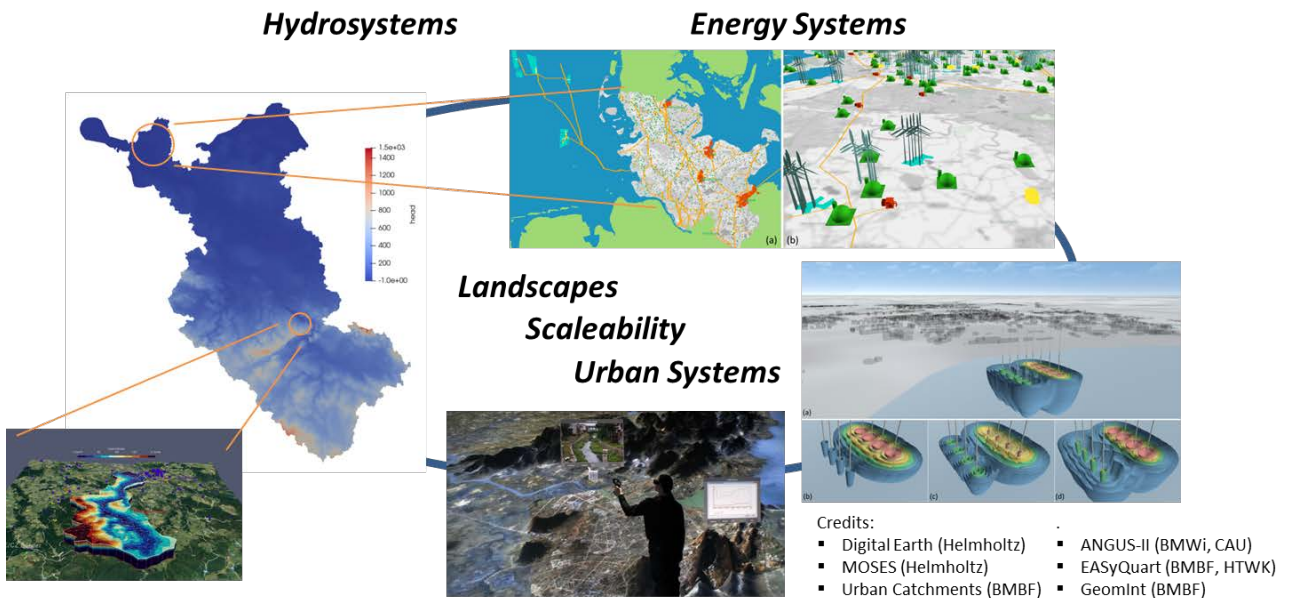


Abb. 2: Anwendungsbeispiele des Workflow-Konzepts für wasser- (links) und energiewirtschaftliche Fragestellungen (rechts). Dabei werden Daten auf unterschiedlichen Skalen im gleichen geografischen Kontext dargestellt von der Landschaftsskala bis hin zu technischen Anlagen für urbane Wasser- und Wärme/Kälteversorgung.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel widmet sich dem Untertageforschungslabor (Underground Research Laboratory, URL) in Mont Terri (Schweiz) in dem Methoden und Technologien für die sichere Verwahrung von Energieabfallstoffen in-situ erprobt werden. Dabei werden Informationen von verschiedenen Datenbanken (Bohrloch- und Sensorinformationen) zusammen mit strukturgeologischen und Prozessmodellen in einem VGE visuell integriert. Die Zugriffe auf Datenbanken erfolgen online und ermöglichen somit die Darstellung aktueller Messwerte. Das Virtuelle URL wird als Grundlage für einen Digitalen Zwilling des realen Labors dienen und wird dazu auch mit entsprechenden Dokumenten (Forschungsberichte, Publikationen) versehen, so dass sukzessive ein visuelles Wissenssystem entsteht, das sowohl für wissenschaftliche Zwecke aber auch für die Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung steht.

Bei den Demonstrationsbeispielen handelt sich zunächst um wissenschaftliche Prototypen, die z.T. in laufenden Projekten in der Praxis erprobt werden und entsprechend weiter verbessert werden müssen. Bedarf solcher Digitalisierungskonzepte besteht insbesondere für sogenannte Reallabore. Dabei geht es um den Transfer von wissenschaftlichen Prototypen in die marktreife Anwendung. Eine große Herausforderung in der Zukunft besteht in der Einführung von Industrie 4.0 Konzepten für wasser- und energiewirtschaftliche Anwendungen (KOLDITZ et al. 2019).

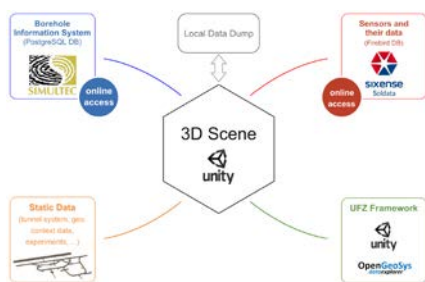


Abb 4: Datenkonzept für das Virtuelle URL im Untertage-Labor Mont Terri

Literatur

- BILKE, L. et al. (2019), Development of open-source porous media simulators: principles and experiences. *Transp. Porous Media* 130 (1), 337 – 361
- CHEN, M. et al. (2015), Developing dynamic virtual geographic environments (VGEs) for geographic research. *Environ. Earth Sci.* 74 (10), 6975 - 6980
- KOEDEL, U. et al. (2022), Challenges in the evaluation of observational data trustworthiness from a data producers viewpoint (FAIR+). *Front. Environ. Sci.*, 9, art. 772666
- KOLDITZ, O. et al. (2018), Workflows in environmental geotechnics: Status-quo and perspectives. *Environmental Science and Engineering*: 119 - 127
- KOLDITZ, O. et al. (2019), Environmental information systems: Paving the path for digitally facilitated water management (Water 4.0). *Engineering* 5 (5), 828 – 832
- NIXDORF, E. et al. (2022), Tocap: a web tool for ad-hoc campaign planning in terrestrial hydrology. *J. Hydroinform.*, <https://doi.org/10.2166/hydro.2022.057>
- RINK, K. et al. (2018), Virtual geographic environments for water pollution control. *Int. J. Digit. Earth* 11 (4), 397 - 407
- RINK, K. et al. (2020), A virtual geographic environment for multi-compartment water and solute dynamics in large catchments. *J. Hydrol.* 582, art. 124507
- RINK, K. et al. (2022), virtual geographic environment for the exploration of hydro-meteorological extremes. *Computers & Graphics* (accepted)
- RINK, K. et al. (2022), An Environmental Information System for the Exploration of Energy Systems. *Geothermal Energy* (in review)
- WILKINSON, M.D. et al. (2016), The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018

Datenbasierte Multistakeholder Kollaboration in der Stadtentwicklung

Gesa ZIEMER

City Science Lab · HafenCity Universität Hamburg · UNITAC · Vereinte Nationen · Henning-Vorscherau-Platz 1 · 20457 Hamburg
E-Mail: gesa.ziemer@hcu-hamburg.de

1 Einführung in das Thema

Städte produzieren heute mehr digitalisierte Daten denn je und die Verknüpfungsmöglichkeiten dieser nehmen konstant zu. Auf urbanen Datenplattformen werden die Daten gesammelt, analysiert und aufbereitet zur Verfügung gestellt. Es stellt sich die Frage, mit welchen Tools die Städte wie arbeiten, um Zusammenarbeit verschiedener Stakeholder zu verbessern und um Planung interdisziplinär und datenbasiert zu ermöglichen. Zusammenarbeit im komplexen Gefüge von Stadt wird eine der zukünftigen Schlüsselkompetenzen sein, über die alle Beteiligten – von den politischen Entscheider_innen und der Administration bis hin zu den Bürger_innen, aber auch Vertreter_innen aus Wissenschaft und Wirtschaft – verfügen müssen. Dies bedeutet aber auch, dass die zumeist statistischen oder sozialräumlichen Daten in verständliche, zugängliche Formate übersetzt und Prozesse um die Anwendungen herum kuratiert werden müssen.

Im CityScienceLab (CSL) an der HafenCity Universität Hamburg werden Anwendungen entwickelt und Prozesse kuratiert, die Kollaboration ermöglichen. Wir nennen unsere Tools auch „Decision Support Systems“, die gemeinsame Entscheidungsfindung nicht nur erleichtern, sondern vor allem auch nachvollziehbar machen. Denn: Wenn nachvollziehbar wird, wie ein Kompromiss entstanden ist und welche Konsequenzen dieser hat, dann ist die Akzeptanz aller Beteiligten wesentlich höher. Anhand konkreter Beispiele wie dem digitalen Partizipationssystem (DIPAS) und dem Cockpit Städtische Infrastrukturen (COSI) wird in diesem Beitrag gezeigt, wie datenbasierte Tools Kollaboration in der Stadtentwicklung ermöglichen und welche Konsequenzen dies hat.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Von der Partizipation zur Kollaboration

Formate und Wirkungsgrade von Bürgerbeteiligung wurden in der Forschung ausführlich beschrieben. So etablierte Sherry R. Arnstein schon 1969 die inzwischen vielzitierte „Leiter der Partizipation“, in der sie mehrere Stufen von Partizipationsintensität unterscheidet (ARNSTEIN 1969, S. 217 ff.), die da sind: „manipulation, therapy, informing, consultation, placation, partnership, delegated power, and finally, citizen control“ (S. 217). Unter die Kategorie „Nicht-Partizipation“ subsumiert sie asymmetrische Verfahren wie Manipulation oder Therapie; eine nächste Abstufung bezeichnet sie als „Alibipolitik“, die Information, Konsultation und Beruhigung enthält, während sie als dritte Kategorie Bürger_innenmacht vorschlägt, die Partnerschaft, Delegation und Bürger_innen Kontrolle einschließt. Mit dieser Arbeit legt Arnstein einen Grundstein für die politikwissenschaftlich angelegte Partizipationsforschung, die 2006 von Archon Fung durch einen ebenfalls grundlegenden Beitrag „Varieties of Participation in Complex Governance“ (2006) auf eine neue, praktikablere Stufe gehoben wird. In kritischer Auseinandersetzung mit Arnsteins „Leiter der Partizipation“, die er als allzu normatives, empirisch nicht validiertes Konzept begreift, das der Komplexität des Regierungshandelns nicht (mehr) gerecht würde (S. 67), stellt er einen dreidimensionalen Partizipationsraum vor. Dabei enthält dieser Raum mit dem Umfang der Beteiligung (scope of participation), der Art der Kommunikation (mode of communication) und dem Ausmaß der Autorität (extent of authority) (S. 66) jene drei Dimensionen, die vor jeder faktischen Einrichtung eines Partizipationssettings analysiert, in Beziehung gesetzt und gegeneinander abgewogen werden müssen. Auf diese Weise verabschiedet sich Fung aber auch von der Vorstellung, dass es *die* einzig richtige Partizipationsform in der Politik gäbe. Darüber hinaus ordnet er diesen Dimensionen Fragen zu, deren Beantwortung das Handling konkreter Partizipationserfordernisse ungemein erleichtern. Sie lauten: „Who participates, how participants communicate with one another and make decisions together, and how discussions are linked with policy or public action.“ (FUNG 2006, S. 66) Und gleichzeitig macht er klar, dass partizipatorische Designs stets drei grundlegenden, wertorientierten Zielen entsprechen müssen, die da sind „legitimacy, justice, and effective administration“ (S. 70), allesamt Zielvorgaben, die auch für Partizipationsprojekte zur Digitalisierung des Städtischen gelten sollten.

2.2 Kollaboration mit dem Ziel der Transformation

Heute sprechen wir in der Stadtentwicklung nicht mehr nur über Partizipation, sondern eher über Kollaboration, (oder sogar Kokreation oder Koproduktion), um den aktiven Part der Mitgestaltung des Städtischen zu betonen. Kollaboration kann in Abgrenzung zur Kooperation definiert werden. Während bei der Kooperation wenig Selbststeuerung der Gruppe im Spiel ist, sondern eher Einzelleistungen additiv nach einem vorgegebenen Schema zusammengeführt werden, verlangt

Kollaboration ein situatives selbstregulierendes Ad-Hoc-Zusammenarbeiten in einem „untrennbar ko-konstruktiven Prozess (BORNEMANN 2012, S. 77). In Bezug auf datenbasierte Kollaborationstools stellt sich hier also die Frage, wie diese einen Prozess aktiv gestaltender Zusammenarbeit ermöglichen können.

Ein zweiter Anspruch, dem hier nachgegangen wird, ist derjenige, dass Zusammenarbeit Transformation ermöglichen sollte. Der Innovationsforscher, Uwe Schneidewind, fordert in diesem Kontext eine “transformative Literacy, die zivilgesellschaftliche, politische und ökonomische Akteure in die Lage versetzt, die Bedingungen für nachhaltigkeitsorientierte Veränderungen zu verbessern (...).” (SCHNEIDEWIND 2014:1). Ein Reallabor, wie ein kollaboratives transformatives Forschungssetting mit vielen Partnern genannt wird, muss dabei sechs Kriterien folgen: Basis muss Co-Design zwischen den Akteuren sein, durch Transdisziplinarität müssen Praxispartner einbezogen werden, es muss langfristig angelegt sein, verschiedene Disziplinen müssen beteiligt werden, die eigenen Methoden müssen immer wieder reflektiert und eine erfahrene Institution beteiligt werden (ebd: 3). Allen diesen Aspekten sind verschiedene Intensitäten und Ausrichtungen von Zusammenarbeit inhärent, was zeigt, dass diese ein zentraler Bestandteil von Transformation sind.

2.3 Best Practice DIPAS, COSI, CUT

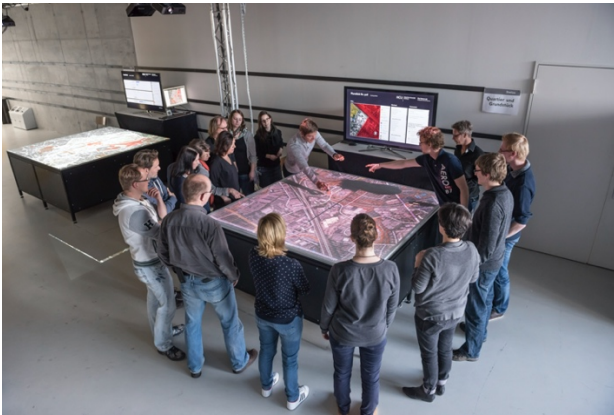
Im CityScienceLab wurden in den letzten Jahren einige Systeme mit entwickelt, die als Best Practice Beispiele vorgestellt werden und anhand derer die Qualität von Zusammenarbeit und den Grad an Transformation bewertet werden kann. Es handelt sich um das Digitale Partizipationssystem (DIPAS), das Cockpit Städtische Infrastrukturen (COSI) und den Connected Urban Twin (CUT), der gerade erst begonnen hat und hier eher als Ausblick dient.

DIPAS ist ein Beispiel einer Beteiligungsplattform, die noch nicht im Bereich Kollaboration angesiedelt ist, die jedoch darauf hin ausgebaut werden kann. In Kooperation mit der „Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen“ (Projektleitung) und dem „Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung“ wurde DIPAS spezifisch für die Bedarfe in Hamburg entwickelt als eine „system solution, designed to fulfil a certain function within a highly developed, digitised and regulated procedure chain. It can also be seen as an interactive interface to an urban platform.“ (Lieven 2017, S 2484). Das System verbindet das bereits bestehende Hamburger Online-Beteiligungsstool mit digitalen Planungstischen zu einem integrierten digitalen System. Der ausführliche Evaluationsbericht hebt die Vorteile dieses Systems hervor: „Internetgestützte Beteiligungsangebote bieten für Bürgerinnen und Bürger den Vorteil, sich jederzeit und komfortabel von zu Hause aus oder von unterwegs in den Dialog zu Planungsvorhaben einbringen zu können.“ (Schwegmann et. al, 2021, S. 9). Es können digitale Karten, Luftbilder, Pläne, 3D-Modelle und Geodaten abgerufen und ein genau lokalisiertes Feedback zu Planungsvorhaben gegeben werden. Die Evaluation des Projektes zeigt auch, dass damit die Chance eröffnet wird, „mehr Menschen zu erreichen und vielfältigere Positionen bei der Planung einzubeziehen.“ (ebd. S. 9) Der Anwendungsraum innerhalb Hamburgs ist frei wählbar und kann sich über die ganze Stadt, aber auch über einzelne Bezirke, Stadtteile, Baublöcke bis hin zu Einzelgrundstücken erstrecken. Das System wird schrittweise in realen Beteiligungsverfahren entwickelt und ist themenoffen, das heisst, es kann damit zu allen Arten der Standort- und Raumplanung gearbeitet werden, seien dies größere Entwicklungsareale, Hochbauvorhaben, Infrastrukturprojekte oder Grün- und Freiraumplanungen. DIPAS liegt noch im Bereich deliberativer Beteiligung, was bedeutet, dass Bürger_innen am öffentlichen Diskurs lediglich beteiligt werden: „Citizens are discussants and deliberate about actions and decisions made by the government – in doing so, they indirectly exert influence on actions and decision making.“ (Thoneick et al, 2021, S. 95).

Das Projekt COSI wird seit 2020 im CityScienceLab in Kooperation mit dem „Landesbetrieb für Geovisualisierungen und Vermessung“ entwickelt und baut auf der Urbanen Datenplattform (UDP) der Stadt Hamburg, für die COSI als plug in konzipiert ist, auf. Die Stadtentwicklung steht heute vor der Aufgabe, die sehr vielen oft dezentral erzeugten Daten einer Stadt abzurufen und sinnvoll zu verwenden, um sogenannte Planning Support Systems (PSS) zu entwickeln. „Die primäre Herausforderung für die Stadtverwaltung besteht darin, aktuelle und künftige Bedarfe zu ermitteln, bzw. zu antizipieren und Mängel in der Versorgung rechtzeitig zu erkennen. Darauf aufbauend muss sie die verfügbaren Ressourcen allokalieren, um möglichst effektiv die erkannten Bedarfe zu bedienen.“ (Schulz 2021, S. 11). COSI integriert verschiedene Datenströme und macht diese auf einer Webplattform leicht zugänglich, das primäres Anwendungsfeld besteht darin, Zusammenhänge zwischen Einrichtungen der Sozialen und Städtischen Infrastruktur und den sozio-demographischen Daten in einem Verwaltungsgebiet herzustellen. Es umfasst aktuell 64 Indikatoren aus den Kategorien Bevölkerung, Fläche, Haushalte, Sozialversicherungspflichtige, Arbeitslose, SGB II, Grundsicherung im Alter, Wohnen und Verkehr. Diese Daten werden in Zeitreihen abgebildet und erlauben so auch die Darstellung von Trends. Somit können Relationen hergestellt werden, wie beispielsweise „m² Spielplatz pro Kind (0-10) im Gebiet x“ oder „Kursplätze pro Woche in Sprachkursen pro Person mit Geflüchteten-Status“ oder Erreichbarkeitsanalysen. Auch können Gebiete miteinander verglichen werden wie beispielsweise „Gib mir alle Gebiete mit einer Einwohner*innen-Dichte über X“. Zudem werden Prognosedaten eingefügt und sogenannte „What-If-Szenarien“ eingebaut, damit Szenarienbildung möglich ist.

Im CUT, gefördert durch das BMI im Rahmen von Modellprojekte Smart Cities in Kooperation mit den Städten München und Leipzig, wird nun weiter an integrativen Datenstrukturen gearbeitet. Es werden bereits vorhandene Tools transferiert (wie aktuell DIPAS) und auch neue entwickelt (wie aktuell ein Data Collection and Story Telling Tool).

Damit wird die Zusammenarbeit nicht nur innerhalb einer Stadt, sondern auch der Städte untereinander gefördert. Anhand der drei Beispiele wird abschließend ausgewertet, wie Kollaboration zu Transformation führt zwischen Behörden, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und auch der Wirtschaft.



Copyright: Walter Schießwohl

Literatur

- ARNSTEIN, S. (1969), Sherry R. A Ladder Of Citizen Participation, *Journal of the American Planning Association*, 35: 4, 216 — 224.
- BORNEMANN, S. (2012), *Kooperation und Kollaboration. Das kreative Feld als Weg zu innovativer Teamarbeit.* Wiesbaden
- FUNG, A. (2006), Varieties of Participation in Complex Governance. In: *Public Administration Review*, S. 66-75.
- LIEVEN, C. (2017), DIPAS. Towards an integrated GIS- based system for civic participation. *Procedia Computer Science* S. 2473-2485.
- SCHEIDEWIND, U. (2014), Urbane Reallabore. Ein Blick in die aktuelle Forschungswerkstatt. *Planung neu denken*, online, III. S. 1-7
- SCHULZ, D. (2020/21), *Cockpit städtische Infrastruktur: Vom Geoportal zum Digital Urban Twin.* Masterarbeit an der TU Berlin
- SCHWEGMANN, R., NIGGEMANN, M., NOENNIG, J.R. (2020) *Wissenschaftlicher Abschlussbericht Digitales Partizipationssystem (DIPAS).* Hamburg
- THONEICK, R., DEGWITZ, T., LIEVEN, C. (2021), Advancing Participatory Democracy through Collaborative Data Platforms. In: *Digital City Science. Perspectives in Metropolitan Research.* Raphael Schwegmann, Gesa Ziemer, Jörg Rainer Noennig (Hrsg). Berlin. S, 93-103, hier S.

Wie kognitiv motivierte Methoden zur verbesserten Nutzung von Geoinformationen beitragen

Angela SCHWERING

Institut für Geoinformatik · Universität Münster · Heisenbergstr. · 48165 Münster
E-Mail: schwering@uni-muenster.de

1 Einführung ins Thema

Für alle möglichen Anwendungen im Alltag stehen detaillierte Geoinformationen zur Verfügung. Schnelle und effiziente Algorithmen erlauben uns die Nutzung und Visualisierung von Geoinformationen (GI) auf Mobilgeräten. Trotz der enormen Fortschritte in diesem Bereich, wurde die Frage, wie GI Tools aussehen müssen, um die menschliche Denkweise bestmöglich zu unterstützen, wenig untersucht. Welche Informationen auf einer Karte helfen Menschen, sich in ihrer Umgebung zu orientieren? Wie müssen Karten aussehen, die solche Informationen übersichtlich darstellen? Wie können wir GI-Technologien nutzen, um Menschen das Kartenlesen zu erleichtern?

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

In diesem Vortrag möchte ich anhand zweier Anwendungsdomänen – der Navigation und dem Bildungsbereich - einen Überblick geben, wie kognitiv motivierte Methoden eingesetzt werden können, um relevante Informationen übersichtlicher auf Karten darzustellen und die Nutzung von Karten zu vereinfachen.

2.1 Kognitive Methoden am Beispiel Navigation

Heutige Navigationssysteme können in sekundenschnelle Routen durch ganz Europa berechnen. Mit erstaunlicher räumlicher Genauigkeit werden dem Nutzer die notwendigen Anweisungen gegeben, um der Route zu folgen, d.h. zum Beispiel an der richtigen Stelle einen Richtungswechsel vorzunehmen und abzubiegen.

Anweisungen von Navigationssystemen bestehen zu nahezu 100% aus sogenannten „Turn-By-Turn“ Anweisungen, also Anweisungen an welchem Ort eine Richtungsveränderung vorgenommen werden soll. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass menschliche Routenbeschreibungen zu gerademal 25% aus „Turn-By-Turn“ Anweisungen bestehen (ANACTA, SCHWERING, LI & MÜNZER 2016). Menschen verweisen häufig auf Landmarken entlang der Route, setzen die Route zu globalen Landmarken und größeren Regionen in der Umgebung in Bezug. Diese Informationen sind zwar nicht notwendig, um einer Route zu folgen, führen jedoch dazu, dass der Nutzer eine Vorstellung von der Beziehung Route – Umgebung erhält und sich auf der Route und in der Umgebung orientieren kann.

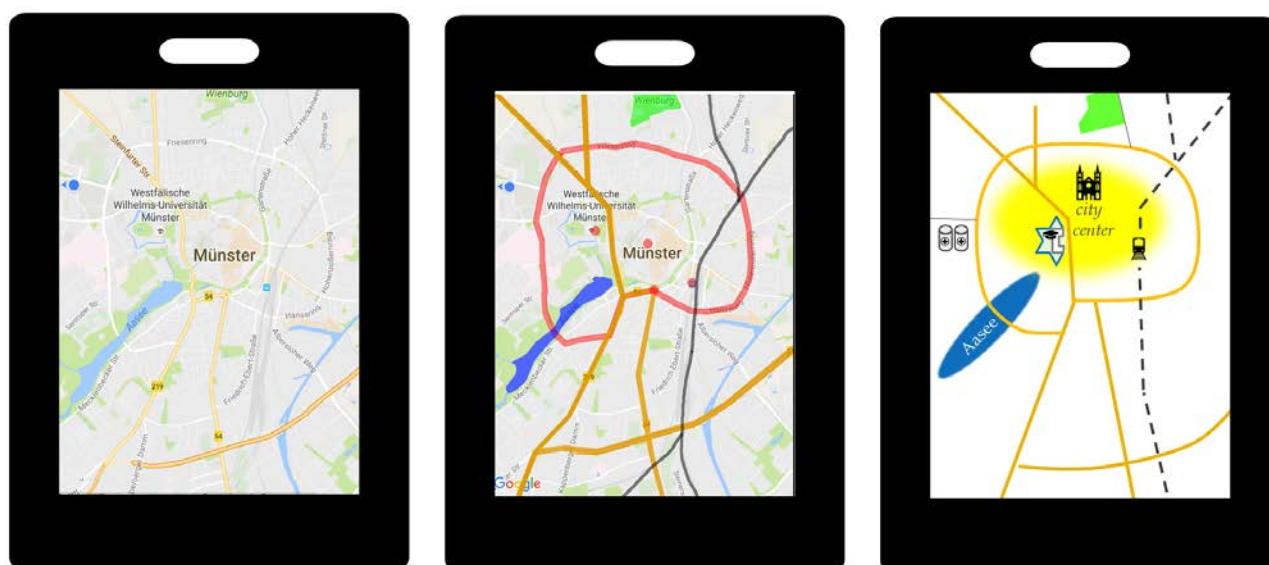


Abb. 1: Durch farbiges Hervorheben (Mitte), sowie durch geschickte Schematisierung (rechts) können prägnante Straßen und Landmarken einer Stadt im Kartenbild hervorgehoben werden, damit Nutzer sich die Struktur besser einprägen und sich innerhalb der Stadt besser orientieren können.

topographische
Darstellung:



schematisierte
Darstellung:

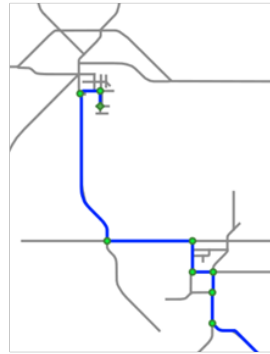


Abb. 2:
Routenabhängige Schematisierung.

Mit dem Ansatz „Wayfinding Through Orientation“ erforschen wir, welche Informationen in Routenanweisungen integriert und in der Kartendarstellung hervorgehoben werden müssen, damit Nutzer nicht nur ihr Ziel erreichen, sondern auch auf dem Weg orientiert sind. Die Abbildung 1 zeigt, wie zentrale Struktur des Straßennetzes sowie wichtige Landmarken visuell hervorgehoben werden können und durch geschickte Schematisierung ihre Funktion – Einfallstraße, Ring, Stadtzentrum – weiter betont werden kann. (LÖWEN & SCHWERING 2020, SCHWERING, KRUKAR, ANACTA & FUEST 2017).

Abbildung 2 zeigt, wie für eine individuelle Route das Straßennetz so schematisiert wird, dass einerseits die Route mit ihren Entscheidungspunkten erkennbar wird, aber gleichzeitig das Straßennetz der Umgebung seine Charakteristika beibehält. Besondere Herausforderung stellt das dichte Straßennetz innerhalb von Stadtzentren dar, das in Abhängigkeit der Route stark vergrößert wird (GALVAO, KRUKAR & SCHWERING, under review).

2.2 Kognitive Methoden im Bereich Bildung

Kartengestützte Orientierungskompetenz ist wichtig für räumliche Problemlösefähigkeit und stellt eine Kernkompetenz in Schulcurricula dar. Während die Forschung sich intensiv mit den negativen Einflüssen der Nutzung von digitalen Navigationssystemen auf räumliches Lernen und Orientierung beschäftigt hat, wurde das Potential von Geoinformationstechnologie (GI Technologie) für das NMR Training nur wenig untersucht.

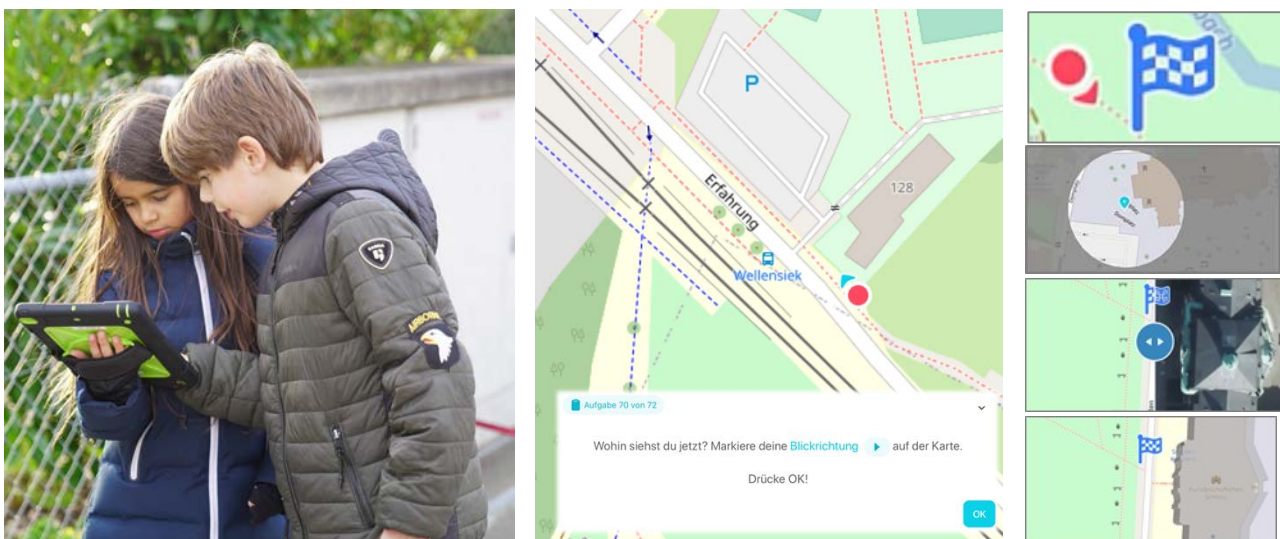


Abb. 2: Features digitaler Karten können gezielt eingesetzt werden, um Kinder schrittweise beim Erlernen von Kartenlesekompetenz zu unterstützen. Links: Kinder spielen GeoGami, ein edukatives Spiel zum Erwerb von Kartenlesekompetenz; Mitte: Screenshot von GeoGami (<https://geogami.org>), Rechts: Verschiedene Features digitaler Karten, die beim Kartenlesen lernen Unterstützung bieten können.

Digitale Karten verfügen über eine Vielzahl von Features, die Kinder beim Erwerb von kartengestützter Orientierungskompetenz individuell auf ihrem Kompetenzlevel unterstützen können. GeoGami ist ein ortsbasiertes

edukatives Spiel, das anhand räumlicher Problemstellungen wie Navigations-, Planungs- und Kartierungsaufgaben diese digitalen Features nutzt, um Kartenlesekompetenz direkt in der Schulumgebung trainieren zu können (BISTRON & SCHWERING 2021).

Literatur

- ANACTA, J., SCHWERING, A., LI, R. & MÜNZER, S. (2017), Orientation information in wayfinding instructions: evidences from human verbal and visual instructions, *GeoJournal* 82, pp. 567–583, doi: 10.1007/s10708-016-9703-5
- BISTRON, J. & SCHWERING, A. (2021), Measuring Navigational Map Reading Competencies: A Pilot Study with a location-based GeoGame (PrePrint), *PsyArXiv*, doi: 10.31234/osf.io/yps2n
- GALVAO, M., KRUKAR, J. & SCHWERING, A. (under review), Schematizing car routes together with their surrounding street network, *Cartography and Geographic Information Science Journal*
- LÖWEN, H. & SCHWERING, A. (2020), An algorithm for the selection of route dependent orientation information, *Journal of Spatial Information Science* 20, doi: 10.5311/JOSIS.2020.20.554
- SCHWERING, A., KRUKAR, J., LI, R., ANACTA, V. & J. FUEST, S. (2017), Wayfinding Through Orientation, *Journal of Spatial Cognition and Computation* 17(4), pp. 273-303, doi: 10.1080/13875868.2017.13225

Geodatenanalyse für nachhaltige Mobilität: Evaluierung und Prädiktion von individuellem Mobilitätsverhalten

Martin RAUBAL

Institut für Kartografie und Geoinformation · ETH Zürich · Stefano-Franscini-Platz 5 · 8093 Zürich
E-Mail: mraubal@ethz.ch

1 Nachhaltige Mobilität

Die Mobilität des Menschen hat in den letzten Jahrzehnten dramatisch zugenommen. Neben vielen Vorteilen und Möglichkeiten, welche uns diese Zunahme bietet, resultierten daraus auch zahlreiche Nachteile, wie etwa die Rolle des Transports als einer der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen. In der Schweiz, zum Beispiel, generiert der Transport 38% der Treibhausgasemissionen und 73% davon werden auf Strassen erzeugt (Schweizerische Gesamtenergie-Statistik 2019, Bundesamt für Energie BFE). Eine nachhaltige Mobilität ist daher essenziell, um für die Menschheit in Zukunft eine lebenswerte Umwelt sicherzustellen. Diese bringt eine schnellere Umsetzung der Reduktion von Treibhausgasemissionen mit sich, basierend auf technischen (z.B. Elektromobilität) und nicht-technischen Maßnahmen (z.B. Verhaltensänderungen wie Tendenzen zu *Shared Mobility*). Geodatenanalysen unterstützen das Verständnis raum-zeitlicher Mobilitätsmuster und dienen sowohl der Evaluierung als auch der Prädiktion von individuellem Mobilitätsverhalten. Dadurch können die Effektivität neuer Mobilitätsoptionen bezüglich Reduktion von Treibhausgasemissionen und die Auswirkungen von menschlichen Verhaltensänderungen beurteilt werden.

Im vorliegenden Beitrag werden drei konkrete Beispiele vorgestellt, die veranschaulichen, wie Geodatenanalysen für eine nachhaltige Mobilität eingesetzt werden. Das erste Fallbeispiel dokumentiert, wie und weshalb neue Mobilitätsoptionen zu einer Reduktion von CO₂-Emissionen führen. Im zweiten Beispiel wird durch eine Integration unterschiedlicher raum-zeitlicher Analysen gezeigt, dass ein grosser Anteil des Energiebedarfs von Elektroautos mittels Solarenergie auf Hausdächern abgedeckt werden kann. Das dritte Beispiel nutzt probabilistische Vorhersagen individueller Mobilität, um das Laden von elektrischen Autos zu optimieren.

2 Evaluierung und Prädiktion von individuellem Mobilitätsverhalten

2.1 Mobility as a Service

Die Integration von neuen Mobilitätsoptionen, wie *Mobility as a Service*, in dem alle Verkehrsmittel integriert angeboten werden, kann ein Pfeiler der Verkehrswende zu nachhaltiger Mobilität sein. In einer wissenschaftlichen Studie wurden die verkehrlichen und ökologischen Wirkungen von *SBB Green Class*, einem der weltweit ersten grossen Pilotprojekte zu einer multimodalen Mobilitäts-Flatrate, untersucht. Dieses Angebot umfasste ein Bahn-Jahresabonnement für die Schweiz, ein BMW i3 Elektrofahrzeug, sowie Parkplatz in Bahnhofsnahe und eine Gutschrift für die Nutzung von Car- und Bikesharing.

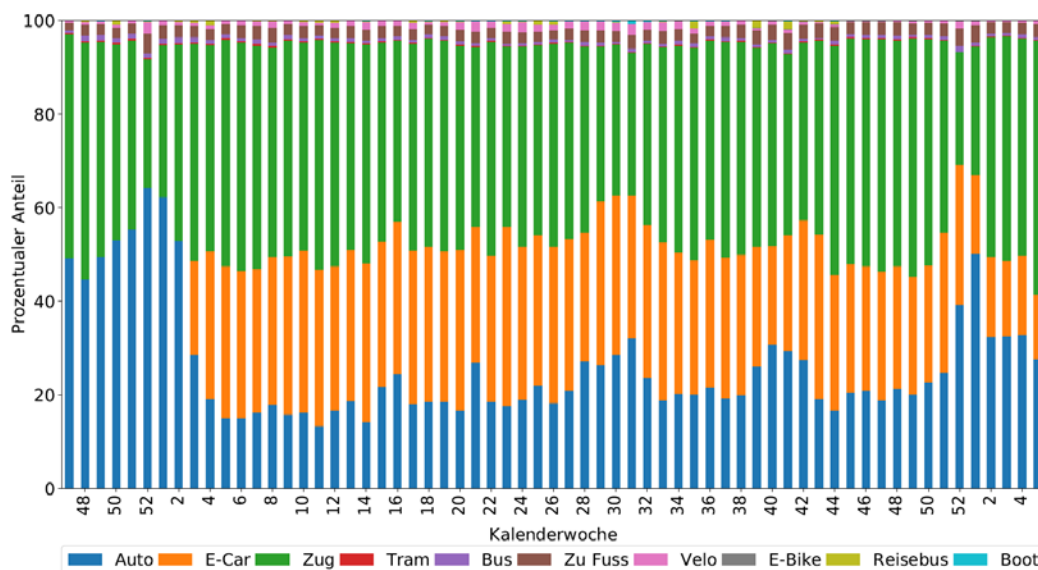


Abb. 1: Entwicklung des entfernungs-basierten Modal Split der Teilnehmer von SBB Green Class.

In dieser Pilotstudie wurde das Bewegungsverhalten von 139 Nutzern, von denen ebenso sozio-demographischen Daten bekannt waren, über die Dauer eines Jahres aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzer die neuen Mobilitätsoptionen langfristig in ihren Mobilitätsmix integrieren und sie in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr verwenden. Vor allem der Ersatz des konventionellen Autos mit einem Elektroauto führte im Schnitt zu deutlich niedrigeren CO₂-Emissionen (vgl. Abb. 1).

2.2 Solarenergie für Elektroautos

Die Elektromobilität wird als ein vielversprechender Weg gesehen, um den CO₂-Ausstoss des Verkehrs zu reduzieren, vor allem, wenn die Elektroautos mittels Strom aus erneuerbaren Energien geladen werden. In einer Studie wurde deshalb untersucht, inwiefern hauseigene Solaranlagen den Strombedarf von Elektroautos decken könnten, ohne dabei das Mobilitätsverhalten der Benutzer einzuschränken. Dazu wurde unter Verwendung unterschiedlicher Geodaten und historischer Wetterdaten der potenzielle Solarstrom-Ertrag der Häuser von 78 E-Mobil-Besitzenden errechnet und 4 unterschiedliche Ladestrategien (von unkontrolliertem Laden bis hin zu intelligenter Steuerung, sogenanntes *Smart Charging*, mit Stromspeicher) evaluiert (vgl. Abb. 2). Die Ergebnisse zeigen, dass Elektromobil-Besitzer ihre Autos ohne besondere Einschränkungen nutzen und gleichzeitig zu einem grossen Teil mit eigenem Solarstrom laden können, dies auch ohne Zwischenspeicher.

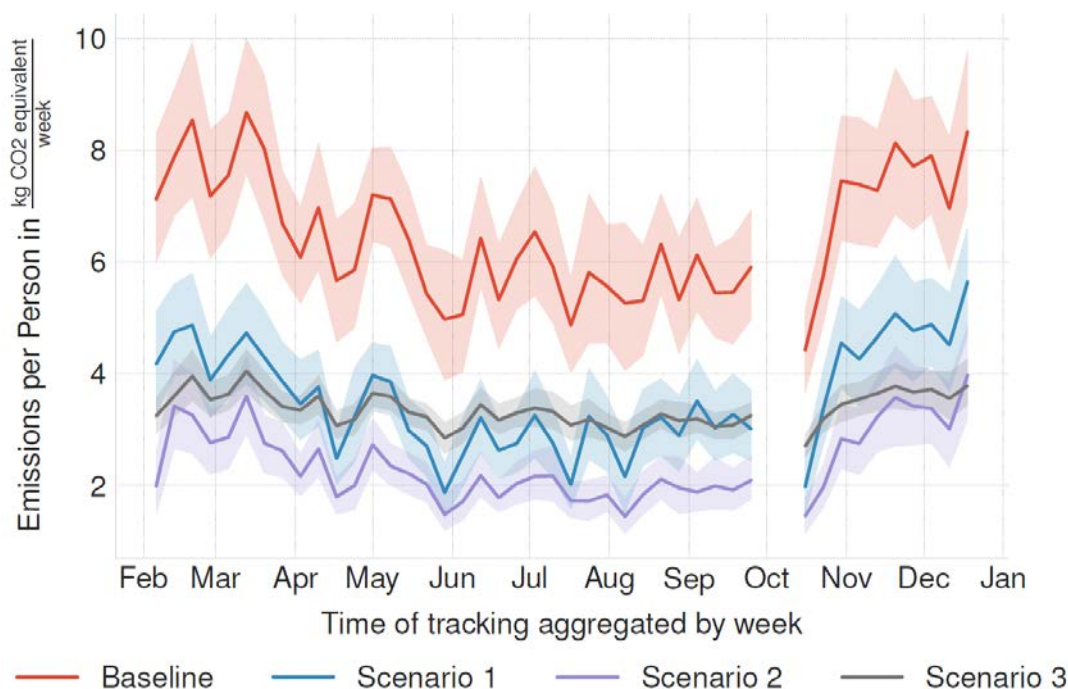


Abb. 2: Durchschnittliche CO₂-Emissionen generiert durch Elektromobilität aller Nutzer (basierend auf Schweizer Strommix). Basis: unkontrolliertes Laden, Szenario 1: einfache intelligente Steuerung, Szenario 2: volloptimierte intelligente Steuerung, Szenario 3: zusätzliche Pufferung von Solarstrom in einem Speicher (MARTIN, H., BUFFAT, R., BUCHER, D., HAMPER, J., & RAUBAL, M. 2022).

2.3 Optimierung des Ladens von elektrischen Autos mittels probabilistischer Vorhersage individueller Mobilität

Der Ausbau der Elektromobilität bringt neben einer Reduktion von Treibhausgasemissionen auch eine signifikante Belastung des Stromnetzes mit sich, falls das Ladeverhalten von Elektroautos unkoordiniert bleibt. Zur Bewältigung dieser Herausforderung ist es notwendig, Vorhersagen zum konkreten Energiebedarf der Elektroautos zu treffen. Bisherige Ansätze sind auf aggregiertes Verhalten fokussiert und berücksichtigen das individuelle Mobilitätsverhalten von Nutzern, welches eine hohe Vorhersagbarkeit aufweist, nur unzureichend. In einer Studie wurden deshalb unterschiedliche Mobilitätsmerkmale individueller Nutzer verwendet, um den nächsttägigen Energiebedarf von Elektroautos abzuschätzen. Drei Arten von Quantil-Regression ermöglichten diese Vorhersage, inklusive der Parkdauer. Diese Ergebnisse führten zum Entwurf von uni- und bidirektionalen *Smart Charging* – Strategien, welche sich einerseits in direkten monetären Vorteilen bemerkbar machten, als auch in einer Verbesserung der Vorhersagen individueller Mobilität und deshalb die Stabilität des Stromnetzes begünstigen.

Literatur

- CAI, H. (2021), Optimizing Electric Vehicle Charging Schedules Based on Probabilistic Forecast of Individual Mobility. Master Thesis, Institute of Cartography and Geoinformation, ETH Zurich.
- MARTIN, H., BECKER, H., BUCHER, D., JONIETZ, D., RAUBAL, M., & AXHAUSEN, K.W. (2019), Begleitstudie SBB Green Class - Abschlussbericht. In: Arbeitsberichte Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, 1439, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich.
- MARTIN, H., BUFFAT, R., BUCHER, D., HAMPER, J., & RAUBAL, M. (2022), Using rooftop photovoltaic generation to cover individual electric vehicle demand - a detailed case study. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 157 (April 2022), 111969.
- RAUBAL, M., BUCHER, D., & MARTIN, H. (2021), Geosmartness for personalized and sustainable future urban mobility. In: Urban Informatics; W. Shi, M. Goodchild, M. Batty, M.-P. Kwan, & A. Zhang (Hrsg.), 59-83. Springer.

NFDI4Earth – Aufbau der nationalen Forschungsdateninfrastruktur für die Erdsystemwissenschaften

Lars BERNARD¹ für das NFDI4Earth Konsortium²

¹ Professur für Geoinformatik · Technische Universität Dresden · 01062 Dresden

E-Mail: lars.bernard@tu-dresden.de

² www.nfdi4earth.de

1 NFDI - Nationale Forschungsdateninfrastruktur

Forschungsprozesse erfolgen zunehmend und immer umfassender digital – damit haben digitale Forschungsdaten, deren Bereitstellung und deren Wiederverwendbarkeit zentrale Bedeutung für neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Innovationen in Forschung und Gesellschaft. Der in 2014 durch die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) eingesetzte Rat für Informationsinfrastrukturen⁴ empfiehlt daher in seinem ersten, 2016 publizierten und viel beachteten Papier *Leistung aus Vielfalt. Empfehlungen zu Strukturen, Prozessen und Finanzierung des Forschungsdatenmanagements in Deutschland* den Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur und skizziert dafür die Randbedingungen (RfII 2016).

Die NFDI soll Forschende aus den wissenschaftlichen Fachdomänen und Anbieter von wissenschaftlichen Infrastrukturen – wie Rechenzentren, Bibliotheken, Archive etc. – für das Forschungsdatenmanagement zusammenbringen. Durch die Forschenden als Nutzende getrieben soll sich die NFDI als vernetzte Struktur für die Disziplinen und über deren Grenzen hinweg entwickeln. Die NFDI soll Grundpfeiler digitaler Souveränität für Forschende und ihre Forschungsdaten sein. Gleichzeitig sollen gemeinsame und abgestimmte Betriebs- und Finanzierungsmodelle für die nachhaltige – nicht nur projektbasierte – Einrichtung der NFDI sorgen.

Diese Empfehlungen wurde in 2018 politisch umgesetzt und es wurde zunächst eine Fördersumme von knapp 1 Mrd. Euro für einen 10-Jahres-Zeitraum bereitgestellt, um Initiierung und Aufbau der NFDI anzugehen. In einem durch die DFG koordinierten Förderverfahren⁵ sollen bis zu 30 Konsortien für den Aufbau der NFDI gefördert werden: Die Fachgemeinschaften sind damit aufgefordert, sich für Ihre Fachdisziplinen gemeinschaftlich und koordiniert mit den für sie relevanten Anbietern von Infrastrukturen für den Aufbau ihrer NFDI zusammenzufinden. In den beiden der drei Ausschreibungsrunden sind nun bereits 19 Konsortien⁶ von einem internationalen Wissenschaftspanel positiv evaluiert worden und haben Zusagen für eine zunächst 5-jährige Förderung erhalten. Parallel haben Bund und Länder gemeinsam den NFDI-Verein gegründet, der alle Konsortien der NFDI zusammenführt und durch das in Karlsruhe angesiedelte NFDI-Direktorat koordiniert und begleitet wird.

2 Aufbau der NFDI4Earth als NFDI für Erdsystemwissenschaften

Bereits in 2018 hat sich eine Initiative in den Erdsystemwissenschaften in einem bottom-up Prozess für den Aufbau der NFDI formiert und in 2021 die Förderzusage für das Konsortium NFDI4Earth erhalten. In 2022 beginnen die gemeinsamen Arbeiten des Konsortiums.

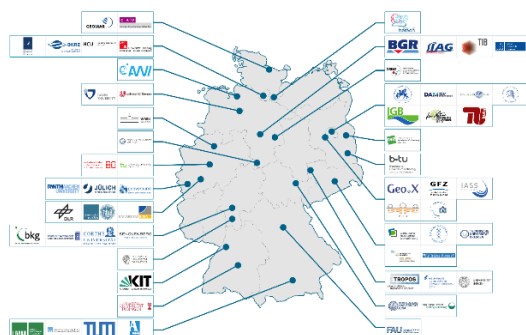


Abb. 1: Partnereinrichtungen des NFDI4Earth Konsortiums (Stand 12/2021). Das Konsortium ist grundsätzlich offen für die Aufnahme weiterer Partnereinrichtungen.

Das Konsortium NFDI4Earth bringt die führenden nationalen Einrichtungen der Erdsystemwissenschaften (ESW) zusammen und umfasst mehr als 50 Einrichtungen (Abb. 1). Diese kooperieren in internationalen und interdisziplinären

⁴ <https://rfii.de/>

⁵ <https://www.dfg.de/nfdi>

⁶ <https://www.nfdi.de/konsortien/>

Netzwerken mit dem übergeordneten Ziel, Funktionsweisen und Wechselwirkungen im Erdsystem (ES) zu verstehen und die vielfältigen Herausforderungen des globalen Wandels anzugehen. NFDI4Earth adressiert die digitalen Bedürfnisse der Forschenden in den Erdsystemwissenschaften. Die Vielzahl von Sensor- und Simulationsdaten in sehr hoher räumlicher, zeitlicher und thematischer Auflösung führen hier zu rasant steigenden Datenmengen. Die Beschreibung und Bewertung von Erdsystemprozessen, ihren Abhängigkeiten und Veränderungen erfordert daher dringend ein effizientes, kohärentes und perspektivisch holistisches Forschungsdatenmanagement (FDM) sowie leistungsfähigere Kollaborationsumgebungen für die gemeinsame, disziplinenübergreifende Datenanalyse. Mit diesem Ziel ist die NFDI4Earth-Entwicklung angelegt als ein Community-gesteuerter Prozess und der Arbeitsplan 2021-26 (NFDI4Earth 2021) umfasst vier Task Areas zur Entwicklung der Kernkomponenten (Abb. 2):

2Participate bindet die ESW-Community allumfassend ein und stellt sicher, dass deren Anforderungen die NFDI4Earth Lösungen bestimmen: Piloten, kleine agile aus der Community vorgeschlagene Projekte etablieren vorhandene Technologien und manifestieren FDM-Bedarfe. Das Incubator Lab identifiziert neue Tools und Trends für innovative ES Data Science. Die EduHubs stellen offene, sofort einsetzbare Bildungsressourcen für die Umsetzung von FAIR (Wilkinson et al. 2016) in den ESW bereit. Die Akademie vernetzt Nachwuchsforschende und deren datengetriebene Forschung mit NFDI4Earth.

2Facilitate realisiert den OneStop4All als webbasierten Einstiegspunkt für FAIRes, offenes und innovatives RDM in den ESW. Dieser unterstützt bei Suche, Zugriff, Nutzung und Publikation von ES-Daten. Anfragen, die über den Rahmen des OneStop4All hinausgehen, bearbeitet ein User Support Network. Die Einbindung behördlicher Dienste ermöglicht auch den umfassenden Zugriff auf öffentliche Daten und gemeinsame Strategien der Datenarchivierung. Die anwendungsgetriebene Entwicklung innovativer Tools ermöglicht neue Ansätze für Datenintegration und -analyse (z. B. Earth Data Cubes).

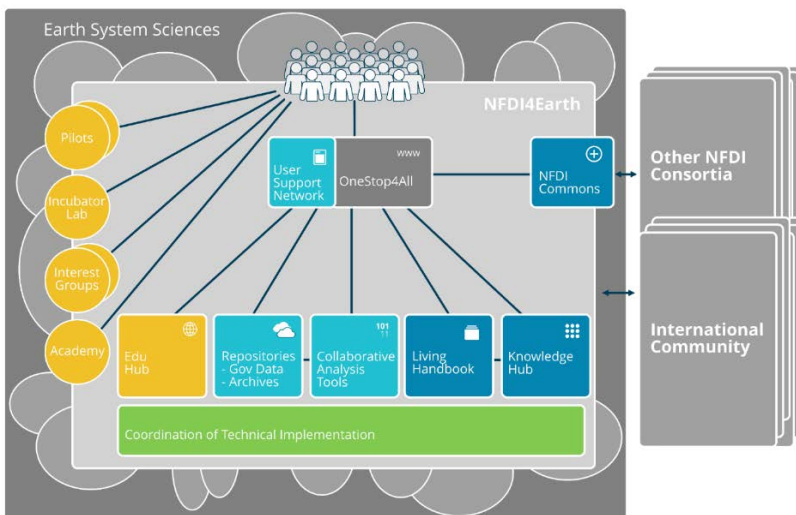


Abb. 2: Kernkomponenten und -aspekte der NFDI4Earth.

2Interoperate zielt auf Interoperabilität und Kohärenz des heterogenen, segmentierten Angebots von Diensten für die ESW und unterstützt Zusammenarbeit mit internationalen FDM-Initiativen und Standardisierungsgremien. Die vielfältigen (Meta-)Daten- und Software-Repositories, Data Science Dienste und Kollaborationsplattformen werden iterativ in der NFDI4Earth-Architektur zusammengeführt und Ergebnisse als Living Handbook zugänglich gemacht. Aubei Bf Basis gemeinsam vereinbarter Standards werden konsistente Methoden zur Selbstevaluierung von RDM-Angeboten realisiert.

2Coordinate umfasst das Gesamtmanagement des NFDI4Earth-Konsortiums. Das NFDI4Earth-Koordinierungsbüro an der TU Dresden unterstützt die NFDI4Earth-Community und fungiert als Kontaktstelle. Es agiert auch als zentrale Unterstützung und Koordination der technischen Implementierungen und stellt initial virtuelle Forschungsumgebungen bereit. Es koordiniert weiterhin ein gemeinsames Modell für den nachhaltigen Betrieb der NFDI4Earth. Ein breit akzeptiertes NFDI4Earth FAIRness and Openness Bekenntnis ist Kernstück zur Förderung eines kulturellen Wandels zu breit genutzten und wertgeschätzten FDM.

Literatur

- RfII (2016), Rat für Informationsinfrastrukturen: Leistung aus Vielfalt. Empfehlungen zu Strukturen, Prozessen und Finanzierung des Forschungsdatenmanagements in Deutschland, Göttingen 2016, 160 S; <https://rfii.de/?p=1998>.
- WILKINSON, M., DUMONTIER, M., AALBERSBERG, I. ET AL. (2016), The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- NFDI4EARTH (2021) NFDI Consortium Earth System Sciences - Proposal. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5718944>

Die Rolle von Forschungsdatenrepositorien für Open Science am Beispiel von GFZ Data Services

Kirsten ELGER und Simone FRENZEL

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

E-Mail: kirsten.elger@gfz-potsdam.de

1 Einführung ins Thema

Die fortschreitende Digitalisierung bietet Forschenden neue Möglichkeiten im Umgang mit digitalen Forschungsdaten, bringt aber auch neue Erwartungen mit sich, bei denen Forschungsdatenrepositorien (FDR) die Forschenden gut unterstützen können.

Seitdem die Wissenschaftsminister der G8 Staaten im Jahr 2013 die Open Data Charter unterzeichnet haben, und somit ein erstes klares Statement von ministerieller Seite für Offene Wissenschaft gegeben haben, wird weltweit verstärkt an Möglichkeiten und Richtlinien gearbeitet, die darauf abzielen, dass die "mit Steuergeldern erhobenen" Daten, die wissenschaftlichen Ergebnissen zugrunde liegen, "dem Steuerzahler" zur Verfügung gestellt werden sollten. Diese Forderung ist mittlerweile zu einem zentralen Bestandteil der Wissenschaftspolitik geworden, der in Europa unter dem Motto „as open as possible, as closed as necessary“⁷ verfolgt wird. Die Aufforderung zur Publikation von Forschungsdaten ist heute fester Bestandteil der Data Policies von Forschungsförderern, wissenschaftlichen Einrichtungen und Zeitschriften, und gewinnt durch die wissenschaftspolitische Verankerung der FAIR-Prinzipien in der europäischen Forschungsförderung weiter an Bedeutung (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

Die FAIR-Prinzipien für das Forschungsdatenmanagement wurden erstmals von WILKINSON et al (2016) beschrieben. FAIR fügt sich zusammen aus Auffindbarkeit (Findable), Zugänglichkeit (Accessible), Interoperabilität (Interoperable) und Wiederverwendbarkeit (Reusable) und definiert so kompakt den angemessenen Umgang mit Forschungsdaten. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Prinzipien die Weitergabe und das Nachnutzen von Daten verbessern sollen, um sowohl reproduzierbare Forschungsergebnisse als auch eine Aufbereitung und ggfs. Neuinterpretation der Daten durch Menschen und Maschinen (Computer) zu ermöglichen. Die FAIR-Prinzipien können auf die Daten selbst und auf die sie beschreibenden Daten (ihre Metadaten) angewendet werden. Metadaten sind der Schlüssel für die Umsetzung der FAIR-Prinzipien. Sie dienen der Auffindbarkeit der Daten (oft über Datenportale) und sie beschreiben deren Zugänglichkeit, Interoperabilität und Nachnutzbarkeit. Nur wenn beispielsweise die vollständige Provenienz eines verfügbaren Datensatzes in den Metadaten beschrieben ist, kann später abgeschätzt werden, welche Datensätze sich für welche Weiterverarbeitungsansätze eignen.

Für geowissenschaftliche Zeitschriften und Verlage ist in diesem Zusammenhang die „Coalition for Publishing Data in the Earth and Space Sciences“ (COPDESS)⁸ wegweisend: In zwei selbstverpflichtenden Statements haben führende wissenschaftliche Verlage (u.a. Springer Nature, Elsevier, Science, AGU, EGU) versprochen, die Bereitstellung/Publikation der Daten, die den wissenschaftlichen Ergebnissen, die in ihren Artikeln beschrieben werden, zugrunde liegen, als Bedingung für die Publikation der Artikel zu machen. Dies soll nicht mehr in Form von den Artikeln beiliegenden Datensupplementen geschehen, sondern als eigenständige Datenpublikation idealerweise über fachspezifische Forschungsdatenrepositorien, die die FAIR Prinzipien umsetzen.

Im Unterschied zu institutionellen oder allgemeinen Repositorien, bieten fachspezifische Repositorien oft die Kuration von Daten und Metadaten durch Fachwissenschaftler an, welche die Forschenden bei der Publikation und Dokumentation ihrer Forschungsdaten unterstützen und sie anleiten. Der fachspezifische Fokus bietet zudem die Möglichkeit, spezifischere Metadatenmodelle zu nutzen als dies bei allgemeinen Repositorien möglich ist.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

Der Vortrag zeigt am Beispiel von GFZ Data Services, dem FDR für geowissenschaftliche Daten, welches am Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ in Potsdam verortet ist, wie das Zusammenspiel zwischen Forschenden und Repositorium zur Publikation von gut beschriebenen und für Menschen und Maschinen nachnutzbaren Forschungsdaten gemäß der FAIR Prinzipien führen kann.

⁷ Council of the European Union 2016, p. 8. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9526-2016-INIT/en/pdf>

⁸ <https://copdess.org/>;

2.1 Steckbrief GFZ Data Services

Über das am GFZ betriebene fachspezifische FDR für geowissenschaftliche Daten GFZ Data Services⁹ werden Daten, Datensammlungen, Datenprodukte und auch wissenschaftliche Software mit „digital object identifier“ (DOI) zitierbar veröffentlicht, ergänzt durch umfangreiche Metadaten und standardisierten Datenbeschreibungen. Der Fokus von GFZ Data Services liegt einerseits auf dem sogenannten „long-tail“ der Forschungsdaten (Heidorn, 2008), den vielen kleinen und sehr unterschiedlichen Datensätzen, die von einzelnen Forschenden oder kleineren Arbeitsgruppen erzeugt werden. Andererseits wurden in den letzten Jahren vermehrt Publikationsservices für internationale Projekte und Dienste entwickelt, z. B. für die World Stress Map¹⁰, verschiedene Services der International Association for Geodesy IAG¹¹, das internationale geomagnetische Konsortium INTERMAGNET¹², das International Continental Scientific Drilling Programme (ICDP¹³), das EU-geförderte Infrastrukturprojekt European Plate Observing System (EPOS¹⁴), Vorbereitungskampagnen für den hyperspektralen Satelliten EnMAP¹⁵, der Gravity Information Service (GravIS) u.v.m. Das Angebot umfasst sowohl statische als auch dynamische Datentypen, mit dem gemeinsamen Nenner, dass die Forschungsdaten als Dateien angeboten werden. Da entsprechend keine direkte Suche in den Datensätzen selbst möglich ist, wird besonderer Wert auf die beschreibenden Metadaten gelegt, um möglichst optimale und schnelle Suchergebnisse zu erreichen. Die Nutzung internationaler Metadatenstandards für Data Discovery (DataCite, ISO19115/INSPIRE) und die Verschlagwortung von Datensätzen mit Hilfe kontrollierter linked-data Vokabularien der Geowissenschaften (wie NASA GCMD Science Keywords, IUGS-CGI, INSPIRE) ermöglicht einerseits eine strukturierte Suche und erhöht andererseits die Auffindbarkeit der Daten. Die Metadaten werden über standardisierte Schnittstellen angeboten und die Implementierung von Schema.org erhöht zusätzlich die Auffindbarkeit unserer Datenpublikationen für Internet Suchmaschinen, wie Google oder Google Dataset Search. Die Daten selbst werden mit offenen Lizenzen (z.B. Creative Commons) per Download Link oder Kontaktformular angeboten (siehe auch ELGER et al. 2018, PAMPEL & ELGER 2021).

2.2 Metadatentools für die Forschenden

Um die Forschenden bei der Erfassung der Metadaten und der Beschreibung/ Dokumentation ihrer Daten zu unterstützen, bietet GFZ Data Services eine Reihe an Hilfsmitteln. Ein Online Metadaten Editor, übersetzt Informationen, die von den Forschenden eingetragen werden in maschinenlesbare XML Metadaten für data discovery, welche direkt in die Datenbank des Repositoriums eingelesen werden kann, wo ein Review durch Datenkuratoren erfolgt. Weil diese standardisierten Metadaten oft nicht ausreichend sind, die Daten vollständig zu beschreiben, haben wir Datenbeschreibungstemplates entwickelt, die in kommentierter und unkommentierter Version angeboten werden. Damit stellen wir sicher, dass die Beschreibungen unseren Anforderungen entsprechen, bieten übersichtliche Datenbeschreibungen und reduzieren sogar die Arbeit der Kuratierenden, weil die Beschreibungen bereits initial auf sehr hohem inhaltlichem Niveau abgegeben werden. Darüber hinaus bieten wir auf der Website umfassendes Beratungsmaterial zu verschiedenen Aspekten rund um das Publizieren von Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software an.

2.3 GFZ Data Services und Open Science

Open Science bedeutet für GFZ Data Services nicht nur Daten zu publizieren, sondern alle Komponenten von Forschungsergebnissen gemeinsam zu betrachten und Verbindungen zwischen ihnen zu schaffen. Hierfür spielen global eindeutige, persistente Identifikatoren (PID), wie DOIs, Open Researcher and Contributor IDs (ORCID), Research Organizations Registry IDs (ROR) oder International Generic Sample Numbers (IGSN: PID für physische Proben) eine wichtige Rolle, weil diese Objekte eindeutig identifizieren, über einen ausführbaren Link erreichbar sind und somit in die maschinenlesbaren Metadaten integriert werden können.

⁹ <https://dataservices.gfz-potsdam.de/>

¹⁰ <http://www.world-stress-map.org/>

¹¹ International Center for Global Earth Models (ICGEM), International Geodynamics and Earth Tide Service (IGETS), International Service for the Geoid (ISG)

¹² <https://intermagnet.github.io/>

¹³ <https://www.icdp-online.org/>

¹⁴ <https://www.epos-eu.org/>

¹⁵ <https://www.enmap.org/>

Literatur

- ELGER, K., BERTELMANN, R., ULBRICHT, D., HABERLAND, C., LAUTERJUNG, J., RADOSAVLJEVIC, B. (2018), FAIR am GFZ. - System Erde, 8, 1, 52-59. <https://doi.org/10.2312/GFZ.syserde.08.01.8>
- EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION. (2018), Turning FAIR into reality: final report and action plan from the European Commission expert group on FAIR data. <https://doi.org/10.2777/1524>
- HEIDORN, P. B. (2008), Shedding Light on the Dark Data in the Long Tail of Science. In Library Trends (Vol. 57, Issue 2, pp. 280–299). Project Muse. <https://doi.org/10.1353/lib.0.0036>
- PAMPEL, H., & ELGER, K. (2021). 5.6 Publikation und Zitierung von digitalen Forschungsdaten. In Praxishandbuch Forschungsdatenmanagement (pp. 521–536). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110657807-02>

Satellitenfernerkundung: Missionen und Methoden zur Gewinnung von Geoinformation

Richard BAMLER

Institut für Methodik der Fernerkundung · Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) · Oberpfaffenhofen · 82234 Weßling

E-Mail: richard.bamler@dlr.de

Lehrstuhl für Methodik der Fernerkundung · Technische Universität München · Arcisstraße 21 · 80333 München

E-Mail: richard.bamler@tum.de

1 Einführung ins Thema

Wir erleben ein goldenes Zeitalter der Erdbeobachtung (EO) durch Fernerkundung aus dem Weltraum. Dies hat einerseits mit der Quantität und Qualität der verfügbaren Daten zu tun und andererseits mit neuen Verfahren zur Extraktion von Geoinformation aus diesen.

Zu den Daten: 1) Mit dem Copernicus-Programm und seiner *Sentinel*-Satellitenflotte ist Europa zum weltweit größten Produzenten von Erdbeobachtungsdaten geworden (Eigeneinschätzung der ESA). Darüber hinaus hat die Entscheidung für eine free-and-open-Datenpolitik die Nutzung von Fernerkundungsdaten massiv befeuert, nicht nur für die Copernicus-Kerndienste (Landoberfläche, Meere, Atmosphäre, Klima, Katastrophen- und Krisenmanagement, Sicherheit (im Aufbau)), sondern auch für Wissenschaft, Behörden, Industrie und Start-ups. 2) Diese breite Proliferation hat einen neuen und überkritischen Markt geschaffen für räumlich und zeitlich höher aufgelöste Daten, der seit wenigen Jahren von NewSpace-Firmen und deren auf off-the-shelf-Komponenten basierten Satelliten bedient wird, die meist weniger auf Qualität, denn auf hohe Abdeckung und schnelle Verfügbarkeit setzen. 3) Schließlich komplementieren nationale Erdbeobachtungsmissionen die – ursprünglich für operationelle Dienste optimierte – Sentinel-Satelliten im räumlich und spektral höher aufgelösten Hochqualitätssegment.

Zur Informationsgewinnung: Aus den Satellitenrohdaten wird die relevante Information, also geo-physikalische oder geobiochemische Variablen, geodätische Objekte oder semantische Bildinformation, erst durch geeignete, oft aufwändige Algorithmen extrahiert. Neben den auf mathematisch-physikalischen Modellen beruhenden Verfahren haben seit einigen Jahren KI-Verfahren, v.a. Machine/Deep Learning, die EO-Datenanalyse umgekrempelt – „AI4EO“ ist das dafür vom ESA Φ-lab geprägte Akronym.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

Dieser Übersichtsvortrag gibt einen Einblick in aktuelle und zukünftige EO-Satelliten des europäischen Copernicus- und des deutschen Raumfahrt-Programms. Anhand dreier Technologien, SAR-Interferometrie, SAR Geodäsie und Hyperspektralfernerkundung, wird verdeutlicht, dass Fernerkundung in erster Linie Messung und nicht nur Bildgebung ist. Schließlich wird das Potenzial von AI4EO diskutiert und anhand von Ergebnissen demonstriert.

2.1 Europäische und deutsche Satellitenmissionen

Die ESA verfolgt drei Satellitenserien: die operationellen meteorologischen MetOp- und Meteosat-Satelliten, die wissenschaftlichen Earth Explorer und die Sentinels, die operationellen Arbeitspferde für Copernicus. Letztere decken eine große Bandbreite von Fernerkundungstechnologien ab: C-Band-SAR, multispektral, Altimeter und Atmosphärenspektrometer. Die räumlichen Auflösungen liegen zwischen 10 und mehreren km. Durch diese moderate Auflösung und eine enorme Aufnahmekapazität, kann die Erde systematisch praktisch ununterbrochen aufgenommen werden. Damit müssen die Satelliten nicht mehr nach Nutzeranforderungen kommandiert werden, sondern Nutzer bedienen sich einfach aus dem Archiv und können sicher sein, dass ihr Untersuchungsgebiet regelmäßig aufgenommen wurde.

Deutschland hat in der EO seit den 1990ern auf Radartechnologie im X-Band (3 cm Wellenlänge) gesetzt, beginnend mit den Space Shuttle Missionen SIC-C/X-SAR (1994), der Shuttle Radar Topography Mission SRTM (2000), TerraSAR-X (2007) und TanDEM-X (2010). Das Konzept für Tandem-L, eine zukünftige auf essentielle Klimavariablen (ECV) ausgerichteten Mission im L-Band (24 cm), ist bereits erarbeitet. Daneben wurde die Hyperspektralfernerkundung gefördert. Das DLR hat für die US-Industrie das Hyperspektralinstrument DESIS auf der ISS entwickelt und nutzt dessen Daten. Der eigene deutsche Hyperspektralsatellit wird im April 2022 gestartet. Für die Atmosphärenfernerkundung entwickelt Deutschland zusammen mit Frankreich die Lidar-Mission MERLIN zur Messung Methan, während der zukünftige Satellit CO2Image ein passives Spektrometer einsetzen wird, um starke Treibhausgas-Quellen zu detektieren.

2.2 Beispiel 1: Geodätisches SAR

Die Position eines Objekts im SAR-Bild hängt nur von der Laufzeit des Mikrowellenimpulses und der Richtung des Bewegungsvektors auf dem Orbit ab. Beides kann sehr genau bestimmt, bzw. korrigiert werden. Daher haben SAR-Bilddaten das Potenzial, Objekte in hoher absoluter Genauigkeit zu lokalisieren. Wenn Satellitenschwerpunkt und Orbit hochgenau bekannt sind, Verzögerungen in der Satellitenelektronik kalibriert sind und Laufzeiten durch Ionosphäre und Troposphäre korrigiert werden, können Geokodierungsgenauigkeiten von 1 – 3 cm bei TerraSAR-X erreicht werden, also ca. 1/100 Pixel. Damit wird SAR zu einem geodätischen Messgerät, das global unabhängig von Bodeninfrastruktur eingesetzt werden kann.

2.3 Beispiel 2: SAR-Interferometrie

SAR-Bilddaten sind für einige Anwendungen wichtig, die Königsdisziplin jedoch ist die SAR-Interferometrie, bei der Phasendifferenzen mehrerer SAR-Aufnahmen ausgewertet werden, um Höhenmodelle oder Bodenbewegungen abzuleiten. Die Persistent Scatterer Interferometry (PSI) z.B. nutzt dabei Zeitserien, die sich typischerweise über ein oder mehrere Jahre erstrecken, wobei Genauigkeiten in der Messung von Bodenbewegungen in der Größenordnung von 1mm/Jahr erreicht werden. Im Vortrag wird dies am Beispiel des Bodenbewegungsdienstes Deutschland illustriert (Abb. 1).

2.4 Beispiel 3: Hyperspektrale Fernerkundung

Während Multispektralinstrumente, wie Sentinel-2, etwas mehr als zehn relativ breite Spektralkanäle aufweisen, decken Hyperspektralsatelliten wie EnMAP das Reflektanzspektrum kontinuierlich (bei EnMAP mit 230) engen Kanälen ab, und dies sowohl im sichtbaren Licht (VIS), nahen (NIR) und kurzwelligen Infrarot (SWIR). Je nach Anwendung werden unterschiedlich spektrale Untergruppen ausgewertet. Wasserinhaltsstoffe sind besonders in den sehr kurzen Wellenlängen erfassbar, während sich der Gesundheitszustand von Pflanzen in den Wasser-Absorptionslinien im SWIR zeigt.

2.5 AI4EO

Methoden des maschinellen Lernens gehören schon lange zum Arsenal der Auswerteverfahren in der Fernerkundung. Der enorme Erfolg tiefer neuronaler Netze in der Computer Vision hat zu einem Boom von Deep Learning auch in der EO geführt. Die spezifischen Anforderungen der EO erforderten jedoch maßgeschneiderte Architekturen. EO-Daten sind im Gegensatz zu normalen Fotos bis zu 5-dimensional (x - y - z - λ - t) und ihre Eigenschaften können geografisch stark variieren, was zum Problem der Übertragbarkeit von einmal trainierten Modellen führt. Andererseits sind EO-Daten unter wohlkontrollierten Aufnahmebedingungen entstanden und sehr genau kalibriert. Ein großes Problem war – und teilweise ist – die mangelnde Verfügbarkeit von annotierten Daten zum Trainieren der Netze. In Anlehnung an die ImageNet-Datenbank mit 15 Millionen hand-gelabelten Bildern wurden sog. EarthNets für verschiedene Anwendungsfälle geschaffen. Im Vortrag werden Deep Learning Klassifizierungsergebnisse aus unterschiedlichen Projekten (Stadtkartierung, Klimaforschung, Erstellung von HD Maps) gezeigt und aktuelle große qualitätskontrollierte Trainingsdatensätze vorgestellt.

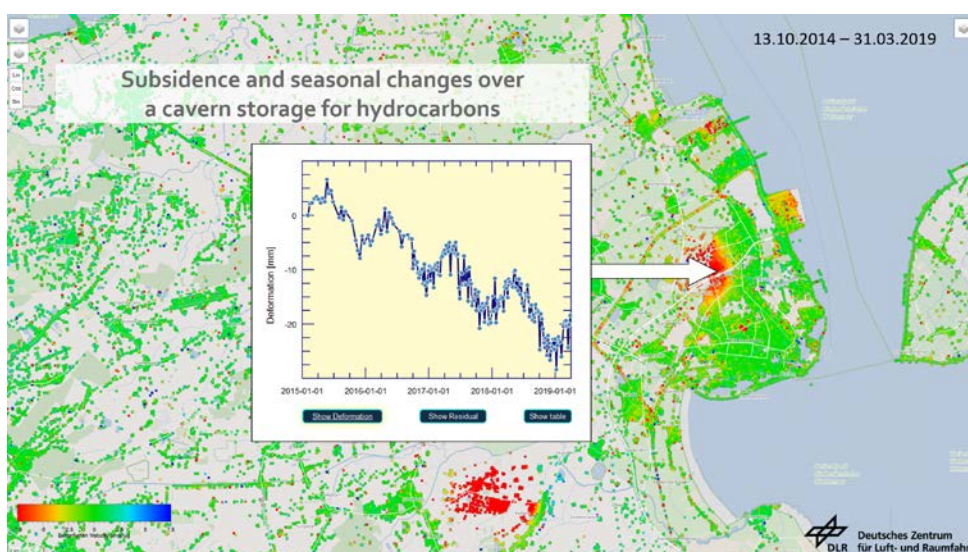


Abb. 1: Bodenbewegungskarte um Wilhelmshaven, gewonnen aus Sentinel-1 -Daten mithilfe von PSI. Hinter jedem der Punkte verbirgt sich eine Bewegungshistorie, die Farben geben deren mittlere Senkungs- (rot) oder Hebungs- (blau) Rate im Bereich von $\pm 7,5$ mm/Jahr an. Der überlagerte Plot zeigt die Bewegung eines dieser Punkte, der über einem unterirdischen Erdgasspeicher liegt. Die saisonale Variation der Füllgrade ist gut erkennbar.

OpenStreetMap for Earth Observation (OSM4EO) osmlanduse.org

Michael SCHULTZ¹ Michael AUER²

¹Geographisches Institut · Rümelinstr. 19-23 · 72070 Tübingen

E-Mail: michael.schultz@uni-tuebingen.de

²Geographisches Institut · Im Neuenheimer Feld 348 · 69120 Heidelberg

E-Mail: auer@uni-heidelberg.de

1 Introduction

The creation of consistent large area land use and land cover (LULC) products benefitted by the use of remote sensing, artificial intelligence and most recently deep learning (HANSEN & LOVELAND 2012). Most publicly available LULC maps are produced through authoritative (BOSSARD, FERANEC, OTAHEL et al. 2000), (MONTERO, VAN WOLVELAER, & GARZÓN 2014) or academic (CHEN et al. 2015), (BARTHOLOME & BELWARD 2005) efforts. With the advent of digitalization, especially within the past decade, LU originating from citizen science (CS) gained increasing attention (FONTE, PATRIARCA, MINGHINI, ANTONIOU, SEE & BROVELLI 2017), (AUDEBERT, LE SAUX & LEFÈVRE 2017). The open collaborative mapping platform OpenStreetMap (OSM) (JOKAR ARSANJANI, HELBICH, BAKILLAH, HAGENAUER, & ZIPF 2013) is facilitated for such purpose. OSM is a collection of vector geometries and linked with thematic information, which are suited for characterizing LULC. Either OSM is directly translated toward LULC (FONTE, MINGHINI, PATRIARCA, ANTONIOU, SEE & SKOPELITI 2017) or complemented with remote sensing data (SCHULTZ, VOSS, AUER, CARTER & ZIPF 2017). Research revolved around the identification of useful OSM objects that can serve to represent LULC (PATRIARCA, FONTE, ESTIMA, DE ALMEIDA & CARDOSO 2019), the challenges OSM imposes to machine learning due to its varying degree of quality (MUNOZ, SRIVASTAVA, TUIA & FALCAO 2020) and the novel opportunities deep learning suited (large quantities of labels) OSM LULC labels offer to RS (LOBRY, MARCOS, MURRAY & TUIA 2020). Label based deep learning (DL) classification of RS data became a reliable tool to estimate LULC (TUIA, RATLE, PACIFICI, KANEVSKI & EMERY 2009). Although previously mentioned studies demonstrate OSM and RS combination suitability for LULC, a large area demonstration of these tools yet missing but provide by this work. Both, OSM and RS share omnipresence in time and space for most of the 21st century.

2 Summary

We demonstrated the combination of OSM and RS for a 10m land use map for the countries of the European Union (EU). By injecting known tags provided by OpenStreetMap (OSM) into a remote sensing feature space using deep learning, tags were predicted when absent thus creating a contiguous map - initially for the member states of the EU. By design our method can be applied when- and wherever OSM and Copernicus data is available. Our map is the first successful large area fusion of OSM and Copernicus at 10m spatial resolution or higher, where we acknowledged varying label noise and feature space quality, scales and effective use of artificial intelligence and computing. Our method solely relies on openly available data streams and does not depend on additional expert knowledge.

Brief method outline:

- OSM key value pairs (tags) were translated into Coordination of Information on the Environment (CORINE) land cover (CLC) land use (LU) classes and used as training labels
- Preprocessed Sentinel 2 RGB 10m data for EU was provide from Food and Agriculture Organization (FAO) and used as a feature space
- Combination of above's bullets to produce a CLC classification of EU using deep learning

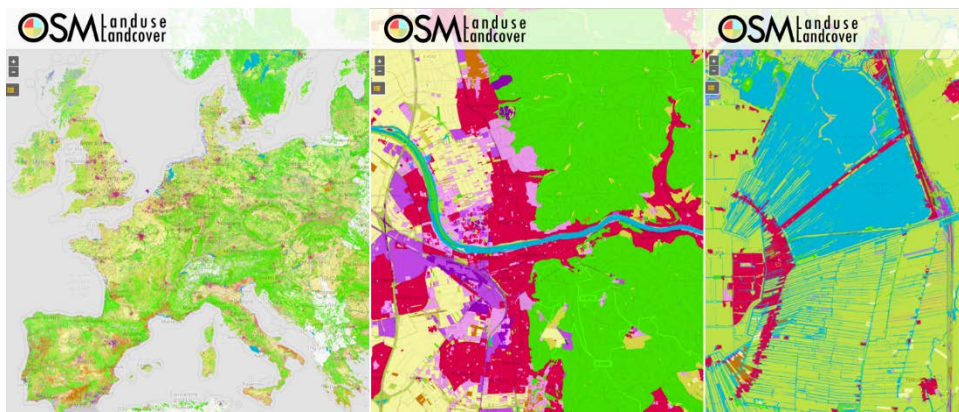


Fig. 1: Examples of the novel GIScience OSMlanduse land use product, from left to right: land use of Europe, Heidelberg and a countryside in Utrecht

Among others, in collaboration with the Joint Research Center (JRC), Ispra and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) the map was subjected to a online validation campaign during the EU Regions and Euro SDR 2021 lead by Michael Schultz of GIScience Research Group Heidelberg University and Ana-Maria Raimond of IGN France. Accuracies will be presented and discussed.

Options and opportunities for the combination of OSM and EO will be outlined for various applications.

References

- HANSEN, M.C. & AND T. R. LOVELAND, T.R. (2012), "A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 122, pp. 66–74, doi: 10.1016/j.rse.2011.08.024.
- BOSSARD, M., FERANEC, J., OTAHEL, J. et al. (2000), "CORINE land cover technical guide: Addendum 2000".
- MONTERO, E. VAN WOLVELAER, J. & GARZÓN, A. (2014) "The European urban atlas," in *Land use and land cover mapping in Europe*, Springer, pp. 115–124.
- CHEN, J. et al. (2015), "Global land cover mapping at 30m resolution: A POK-based operational approach," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 103, pp. 7–27.
- BARTHOLOME, E. & BELWARD, A.S. (2005), "GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, no. 9, pp. 1959–1977.
- FONTE, C.C., PATRIARCA, J.A., MINGHINI, M., ANTONIOU, V., SEE, L. & BROVELLI, M.A. (2017), "Using OpenStreetMap to Create Land Use and Land Cover Maps".
- AUDEBERT, N., LE SAUX, B. & LEFÈVRE, S. (2017), "Joint learning from Earth Observation and OpenStreetMap data to get faster better semantic maps".
- JOKAR ARSANJANI, J., HELBICH, M., BAKILLAH, M., HAGENAUER, J. & ZIPF, A. (2013), "Toward mapping land-use patterns from volunteered geographic information," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 27, no. 12, pp. 2264–2278.
- FONTE, C.C., MINGHINI, M., PATRIARCA, J., ANTONIOU, V. SEE, L. & SKOPELITI, A. (2017), "Generating Up-to-Date and Detailed Land Use and Land Cover Maps Using OpenStreetMap and GlobeLand30," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, no. 4, p. 125.
- SCHULTZ, M., VOSS, J., AUER, M., CARTER, S. & ZIPF, A. (2017), "Open land cover from OpenStreetMap and remote sensing," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 63, pp. 206–213.
- PATRIARCA, J., FONTE, C.C., ESTIMA, J., DE ALMEIDA, J.-P. & CARDOSO, A. (2019) "Automatic conversion of OSM data into LULC maps: comparing FOSS4G based approaches towards an enhanced performance," *Open Geospatial Data, Software and Standards*, vol. 4, no. 1, p. 11.
- MUNOZ, J. E. V., SRIVASTAVA, S., TUIA, D. & FALCAO, A.X. (2020), "OpenStreetMap: Challenges and Opportunities in Machine Learning and Remote Sensing," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*.
- LOBRY, S., MARCOS, D. MURRAY, J. & TUIA, D. (2020), "RSVQA: Visual Question Answering for Remote Sensing Data," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
- TUIA, D., RATLE, F., PACIFICI, F., KANEVSKI, M.F. & EMERY, W.J. (2009), "Active learning methods for remote sensing image classification," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, no. 7, pp. 2218–2232.

Neue Entwicklungen bei der Bereitstellung der amtlichen Geobasisdaten

Michael STOCKWALD

Bayerisches Staatsministerium der Finanzen · Odeonsplatz 4 · 80539 München
E-Mail: michael.stockwald@stmfh.bayern.de

1 Einführung ins Thema

Flächendeckung, Aktualität, höchste Qualität: Amtliche Geobasisdaten werden in nahezu allen Bereichen der öffentlichen Verwaltung und der Wirtschaft **tagtäglich genutzt**. Sie stehen in sämtlichen Bundesländern in Form der Amtlichen Geographischen Informationssysteme AFIS¹⁶, ATKIS¹⁷ und ALKIS¹⁸ in **länderübergreifend standardisierter Form** zur Verfügung. Zahlreiche **bundesweit einheitliche Produkte** ergänzen die Amtlichen GIS, unter diesen Digitale Orthophotos, Digitale Gelände- und Oberflächenmodelle, Digitale Topographische Karten, Amtliche Hauskoordinaten, Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle.

Der Beitrag stellt am Beispiel der Daten der Bayerischen Vermessungsverwaltung dar, wie die **Nachfrage** nach den amtlichen Geobasisdaten kontinuierlich steigt, neue Produkte zur **Wertschöpfung beim Nutzer** beitragen und die Grundlage für die **dreidimensionale Planung und digitale Zwillinge** bilden.

Durch die Nutzung von **API und Diensten** steigt die Aktualität auch in den Anwendungen der Nutzer. Neue **agile, länderübergreifende Verfahren** versprechen die Ableitung hochwertiger Kartographie in Echtzeit.

Und in der Europäischen Kommission wird über die sogenannte „OpenData-/Public-Sector-Information-Richtlinie“ und die Diskussion über „Hochwertige Datensätze“ die Basis für einen europaweit standardisierten, vereinfachten und **(teilweise) unentgeltlichen Zugang** zu den amtlichen Geobasisdaten gelegt.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Digital, aktuell, höchste Qualität, amtlich! Absatzboom bei den amtlichen Geobasisdaten

Während andere Verwaltungszweige noch mit der Digitalisierung ihrer Prozesse ringen, sind praktisch sämtliche Geobasisdaten der Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Länder in digitaler Form, kundengerechten Formaten, standardisierten Diensten und **rund um die Uhr** über Geodatenshops und Dienste verfügbar. Die Erhebungsprozesse erfolgen im Wesentlichen **medienbruchfrei** – von der Katastervermessung im Außendienst bis zur Bereitstellung der Daten über Geo-API.

Die Feststellung, dass der **Absatz der Daten „boomt“**, ist keine Übertreibung: Der aktuelle Jahresbericht des Landesamts für Digitalisierung, Breitband und Vermessung weist im Bereich der Geobasisdaten und –dienste ein Umsatzplus von +26% aus, bei bereits von Jahr zu Jahr gestiegenem Ausgangsniveau. Bei manchen Produkten stieg der Absatz um 50 bis 100 Prozent, vor allem neue 3D-Produkte werden stark nachgefragt.

Der **BayernAtlas** (www.bayernatlas.de), der (leider) aktuell nur Bayern zeigt, wird monatlich 3 Millionen mal aufgerufen. 474.332 Datenbestellungen erfolgten im Jahr 2021 im **Onlineshop** der Vermessungsverwaltung (www.geodatenonline.de). Rechnet man das auf 365 Tage und 24h/Tag um, erfolgte **jede Minute eine Datenbestellung**.

394 Mio. **WMS¹⁹-Requests** auf amtliche Geobasisdaten erfolgten 2021, Im Jahr 2018 waren es noch 96 Mio. gewesen (2020-21: +54%). 1.840 registrierte Kunden nutzen den (kostenpflichtigen) **BayernAtlas-plus** (+11%).

8.739 Kunden nutzten Ende 2021 in Bayern den **Satellitenpositionierungsdienst** und den **Landwirtschaftlichen Positionierungsdienst** der Landesvermessung (2020-21: +19%). 2017 waren es noch etwas über 2.000 Kunden gewesen. Selbst bei den gedruckten **Amtlichen Topographischen Karten** (ATK) war (wenn auch teilweise pandemiebedingt: „Urlaub in Bayern!“) ein Absatz-Zuwachs von 2019 auf 2020/21 um ca. +50% zu verzeichnen.

¹⁶ Amtliches Festpunktinformationssystem

¹⁷ Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

¹⁸ Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem

¹⁹ Web Map Service

2.2 Wegweisende Neuerungen im Rückspiegel, neue Produkte geplant

Für den Nutzer längst selbstverständlich ist die **völlig neue Qualität des Liegenschaftskatasters**, für die das bundesweite **ALKIS-Datenmodell** und die hierzu **vollständig neue entwickelte Katastersoftware** ab 2015 sorgte: Die objektstrukturierte Führung der früher in zwei Systemen separierten Katasterdaten bildete die Basis für eine **deutliche Rationalisierung im Innendienst der Ämter für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (ÄDBV)** – wichtig bei jährlich rund 33.000 Katastervermessungen in Bayern und rund 84.000 Erledigungen von Gebäudeveränderungen durch die ÄDBV.

Nur so konnten in Bayern **seit 2014 wichtige neue Aufgaben** praktisch ohne zusätzliches Personal durch die ÄDBV übernommen werden: Darunter die **Breitbandberatung** für die bayerischen Kommunen, Unterstützungsleistungen bei Projekten der **Geodateninfrastruktur**, Einrichtung von **BayernLabs** - Innovations- und Bildungslabore für Digitalisierungsthemen, **3D-Erfassung** von Gebäuden, Erfassung der **Tatsächlichen Nutzung**.

Auch die (komplexe, auch für Kunden aufwändige, aber bundesweit erforderliche und im Liegenschaftskataster durch langjährige Vorbereitung nochmals qualitätssteigernde) Umstellung auf das neue amtliche geodätische Bezugssystem **ETRS98 und die UTM-Abbildung** ist längst Geschichte.

Im Zuge mit ALKIS wurde der Datenbestand der **Tatsächlichen Nutzung** erstmals als flächendeckend grafischer Datenbestand im Maßstab 1:1000 möglich – laufend auf Grundlage aktueller digitaler (neu: **True-**) **Orthophotos** aktualisiert. Aus dem Liegenschaftskataster werden schon seit vielen Jahren die **Amtlichen Hauskoordinaten (HK-DE)** und **Hausumringe** abgeleitet, das **3-dimensionale Gebäudemodell** im „Level-of Detail 2“ (LoD2, Standarddachformen) liegt bayernweit flächendeckend vor, das bildbasierte **Digitale Oberflächenmodell (DOM)**, das **Digitale Geländemodell** mit wenigen dm Höhengenaugigkeit oder die **Original-Laserpunkte** aus Airborne-Laserscanning-Befliegungen ermöglichen völlig neue Anwendungen.

In der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) wird zudem bundesweit gerade noch abschließend über **zwei völlig neue Datenbestände** diskutiert, deren Bereitstellung geplant ist: Aus der **Tatsächlichen Nutzung** wird durch erweiterte Datenerfassung ab 2024 ein Datenbestand zur **Landnutzung** ableitbar sein; aus Auswertung von Satellitendaten soll ein neuer Datenbestand **Landbedeckung** helfen, völlig neue raumbezogene Fragestellungen, z.B. zur Flächenversiegelung, zu beantworten.

2.4 API statt Datenkopien!

Die Nutzung amtlicher Geobasisdaten sollte zunehmend durch **Nutzung der Daten über API²⁰ und GeoWebServices** erfolgen. Während digitale Anwendungen (BayernAtlas, GeodatenOnline, Geoportal) boomen, besteht beim direkten Zugriff auf die Geodaten über GeoWebServices seitens der Nutzer noch Nachholbedarf.

API liegen für die amtlichen Geobasisdaten in Form der INSPIRE-konformen **GeoWebService-Standards** für die gängigsten Produkte vor (Web Feature Service - WFS, Web Coverage Service - WCS, Web Map Service - WMS, Web Map Tile Service - WMTS). Nutzer sollten die Verwendung dieser Dienste in ihren Systemen prüfen: Häufig werden noch **Sekundärdatenbestände** beim Anwender genutzt, die naturgemäß veralten, wenn sie nicht in hoher Frequenz aktualisiert werden können.

Leider sind die zu Grunde liegenden Basistechnologien für die verfügbaren Standards veraltet. Das Open GIS Consortium (OGC) definiert daher gerade **neue, zeitgemäßere API-Standards** (z.B. die neue OGC-API „Features“), die wir rasch umsetzen werden: „Geo-API 2.0“ sozusagen.

2.3 Was brauchen die Nutzer?

In Bayern wurden für die großen Nutzern im öffentlichen wie im privaten Bereich möglichst umfangreiche **Datenpakete** geschnürt: Vom „All-inclusive-Paket“ für große **Ressorts** bis hin zu maßgeschneiderten Paketen für z.B. die **bayerischen Kommunen oder Landkreise**. So wurden in den vergangenen Jahren die Nutzungsvereinbarungen der Ressorts und der bayerischen Landkreise um weitere Datenbestände und Nutzungsrechte ergänzt, Dienste und digitale Anwendungen (siehe oben) eingeschlossen. Auch große **Unternehmen** aus der Privatwirtschaft nutzen mittlerweile flächendeckend eine Vielzahl von Produkten über laufende Paketvereinbarungen.

Während die Forschung nach stets neuen, hochauflösenderen und komplexeren Datenbeständen „lechzt“, müssen die Kunden und Softwarehersteller sich an die neuen Datenbestände, -qualitäten und -mengen, und -services erst noch gewöhnen. Auch sinnvolle, im Alltagsprozess der Nutzer wirtschaftlich einzubindende 3D-Anwendungsfälle müssen noch erschlossen werden. Die Nutzung dieser umfangreichen Datenbestände ist noch aufwändig, auch die Einbindung von API (vom etablierten Standard WMS einmal abgesehen) für den Normalanwender komplex.

²⁰ Application Programming Interface

Sehr **wesentliche Hilfestellung** hierzu sind **Pilotprojekte** wie das Projekt „Geomassendaten“ des Runden Tisch GIS e.V., das eindrucksvoll verschiedene Anwendungsszenarien für Laserscandaten, Digitale Oberflächenmodelle und Gebäudemodelle, kombiniert mit weiteren Datenbeständen aufzeigen konnte.

Zur „**maßgeschneiderten Bereitstellung**“ gehören auch **einfach nutzbare Anwendungen** wie der **BayernAtlas** (neu seit 2020: 3D-Gebäude, neu seit 2021: **Freizeitwegerouting!**), spezial-Atlanten anderer Ressorts (z.B. www.karten.energieatlas.bayern.de) oder z.B. eine Anwendung, die den Steuerpflichtigen im Jahr 2022 helfen wird, auf einfache Weise die für die **Grundsteuererklärung** erforderlichen Daten zu Grund und Boden im Internet einzusehen.

2.5 Gemeinsam agil unterwegs: Smart Mapping

In einem neuen agilen Verfahren „Smart Mapping“ der AdV arbeiten die Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Länder und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie zusammen an neuen, zeitgemäßen Produkten und „web-kompatiblen“ Nutzungsformen.

Vor allem die Schaffung einer **zeitgemäßen „Web-Kartographie“**, die aktuelle Parallelentwicklungen der Länder und des Bundes ablösen kann, höchste Aktualität der dargestellten Geobasisdaten, und nicht zuletzt die Reduzierung von Personalressourcen zur Ableitung kartographischer Produkte stehen bei diesem Projekt im Vordergrund. Die Ergebnisse sind vielversprechend, die Weiterentwicklung erfolgt stufenweise.

Im ersten Realisierungsschritt wurde die Herstellung einer neuen, **vektorbasierten Webkarte** prototypisch umgesetzt. Eine **Demonstrationsplattform** der neuen Anwendungen steht bereits im Internet zur Verfügung, der Echtbetrieb für bestimmte Komponenten ist noch in diesem Jahr geplant: Klicken Sie sich durch: www.adv-smart.de!

2.6 Paradigmenwandel: Schöne neue, kostenfreie Geodatenwelt?

Mit der Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über **offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors** (kurz: OpenData-/PSI²¹-Richtlinie) und der bundesweiten Umsetzung im Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (Datennutzungsgesetz - DNG) vom 16. Juli 2021 zeichnet sich möglicherweise ein Paradigmenwandel bei der Bereitstellung der amtlichen Geobasisdaten ab.

Die EU-Kommission setzt mit einer Vielzahl von Rechtsakten eine **europäische Datenstrategie** um: „*Mithilfe der europäischen Datenstrategie soll die EU die Führungsrolle in einer datengestützten Gesellschaft übernehmen. Durch die Schaffung eines Binnenmarkts für Daten werden diese innerhalb der EU und branchenübergreifend zum Nutzen von Unternehmen, Forschern und öffentlichen Verwaltungen weitergegeben werden können. Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen und Organisationen sollten ihre Entscheidungen auf einer größeren Faktengrundlage aus nicht personenbezogenen Daten treffen können, die allen zur Verfügung stehen.*“ [EUROPÄISCHE KOMMISSION, Europäische Datenstrategie]. Die Kommission setzt dieses Ziel mit einer Vielzahl an Instrumenten um, insbesondere der o.g. OpenData-/PSI-Richtlinie, der Verordnung über Daten-Governance, dem europäischen Datengesetz, oder dem Gesetz über digitale Dienste.

Die OpenData-/PSI-Richtlinie und das Datennutzungsgesetz legen den **Grundsatz der Kostenfreiheit für Daten öffentlicher Stellen** und bestimmter öffentlicher Unternehmen fest. Allerdings gibt es wesentliche **Ausnahmen vom Geltungsbereich** des DNG und **Ausnahmen von der kostenfreien Bereitstellung**. Beispielsweise dürfen öffentliche Stellen, „*die ausreichende Einnahmen erzielen müssen, um einen wesentlichen Teil ihrer Kosten im Zusammenhang mit der Erfüllung ihrer öffentlichen Aufträge zu decken*“, weiterhin Gebühren für Daten erheben. Das DNG gilt zudem nur für Daten, zu denen der Zugang grundsätzlich eröffnet ist. Unter anderem Daten mit gesetzlicher Zugangsbeschränkung, z.B. wesentliche Inhalte der **Katasterdaten in Bayern** oder personenbezogene Daten sind nicht betroffen.

Für vom DNG betroffene, sogenannte „**hochwertige Datensätze**“ (High Value Datasets - HVD), die durch die Kommission unmittelbar per Durchführungsrechtsakt festgelegt werden können, müssen öffentliche Stellen und Unternehmen der Daseinsvorsorge die **Nutzung** allerdings **unentgeltlich, in maschinenlesbarem Format, über geeignete API** und, falls technisch erforderlich, als **Massen-Download** ermöglichen. Insbesondere **Daten der Landesvermessung** dürften nach den derzeit vorliegenden Dokumenten zu den HVD zu zählen sein und könnten künftig evtl. unentgeltlich zur Verfügung stehen. Der Durchführungsrechtsakt, ursprünglich für das erste Quartal 2021 angekündigt, steht derzeit noch aus.

²¹ Public Sector Information

2.7 Fazit

Die Bayerische Vermessungsverwaltung versuchte bisher, **möglichst viele „Kanäle“ zum Kunden zu bedienen**, kurz optimale **Kundenorientierung** zu bieten:

- Lieferung von Datensätzen einschl. Beratung „offline und online“,
- Bereitstellung digitaler und analoger (Individual- und Auflage-) Produkte,
- Bereitstellung von API und Diensten,
- Online-Bezug über den Geoshop „GeodatenOnline“,
- Angebot einfach zu nutzender, komfortabler Anwendungen wie BayernAtlas, BayernAtlas-plus und GDI-Spezialanwendungen.
- länderübergreifende Betreuung von Großkunden in den zentralen Stellen der AdV.

Die Bereitstellung hochwertiger Datenbestände, ihre laufende Aktualisierung und kundenorientierte Bereitstellung ist aber technisch **aufwändig, erfordert Personal und kostet Geld**. Es ist daher angemessen, wenn an Stelle des Steuerzahlers auch die Nutzer der Daten zu ihrer Refinanzierung beitragen.

Ob der gewohnte **Kundenservice** noch wie bisher angeboten werden kann, wenn der Amtlichen Vermessung die **Refinanzierung** entzogen wird? Es wäre schade, wenn sich unsere geschätzten Kunden an Selbstbedienung über API und Massendownloadportale und Chatbots gewöhnen und von der gewohnten Qualität der Daten und Karten verabschieden müssten.

Zudem steht seit den jüngsten, bis vor Kurzem undenkbar politischen Ereignissen in Europa auch eine völlig neue Frage im Raum: Sollten tatsächlich **sämtliche Daten über Bayerns und Deutschlands** Geotopographie, Grund und Boden, Ressourcen, Infrastruktur und Umwelt in höchster Qualität **weltweit frei zugänglich im Netz** verfügbar sein?

Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (ADV):

Verfahren Smart Mapping: www.adv-online.de, www.adv-smart.de.

DEUTSCHER BUNDESTAG, Gesetz zur Änderung des E-Government-Gesetzes und zur Einführung des Gesetzes für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (Datennutzungsgesetz - DNG) vom 16. Juli 2021. In: Bundesgesetzblatt 2021 Teil I Nr. 46, 22. Juli 2021, S. 2941-2946 .

EUROPÄISCHE KOMMISSION, Europäische Datenstrategie – Die EU zum Vorbild für eine digitale Gesellschaft machen. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_de, Factsheet: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_283.

EUROPÄISCHE UNION, Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors. In: Amtsblatt der Europäischen Union L 172, 26. Juni 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L:2019:172:TOC>.

LANDESAMT FÜR DIGITALISIERUNG, BREITBAND UND VERMESSUNG:

www.vermessung.bayern.de,

www.geodatenonline.bayern.de/geodatenonline/seiten/wms_liste,

www.geoportal.bayern.de/geoportalbayern/seiten/dienste,

www.bayernatlas.de.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM: OGC APIs, www.ogcapi.ogc.org.

RUNDER TISCH GIS E.V., Nutzung von Geomassendaten der Bayer. Vermessungsverwaltung durch Pilotanwender verschiedener Branchen, <https://rundertischgis.de/projektarbeit/anwendungen-mit-geomassendaten.html>.

SEIFERT, M., Smart Mapping – das agile Verfahren der AdV. In: ZfV 6/2019 S. 362-368.

Open Data bei Geobasisdaten

Gerhard GRAMS

Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg · Referat 15 · Theodor-Heuss-Str. 4 · 70174 Stuttgart
E-Mail: gerhard.grams@mlw.bwl.de

1 Einführung ins Thema

Offenes Regierungs- und Verwaltungshandeln im Sinne von Open Government wird von Zielen geleitet, wie Transparenz, Teilhabe, Zusammenarbeit und Rechenschaftslegung. Dieses Leitbild dient als Grundlage für eine uneingeschränkte Nutzung, Weiterverbreitung und Weiterverwendung von so genannten freigegebenen Daten (Open Data).

Der Bund öffnete seine digitalen Datenbestände der Bundesbehörden im Jahr 2017 durch eine Änderung des E-Government-Gesetzes, auch erstes Open-Data-Gesetz genannt. Die Länder haben sich im Zusammenhang mit der Neuregelung des Finanzausgleichssystems bereits ein Jahr zuvor zum Erlass von eigenen Open-Data-Gesetzen verpflichtet.

Seit 2019 bildet die neugefasste PSI-Richtlinie das Fundament für die Open-Data-Strategie auf europäischer Ebene. Eine EU-weite Liste von besonders hochwertigen Datensätzen, sogenannten High Value Data (HVD), soll den Grundstein legen, um das sozioökonomische Potenzial der Datensätze in Verbindung mit harmonisierten Bedingungen auch bei grenzüberschreitenden Datenanwendungen und -diensten zu schöpfen. Auf nationaler Ebene ist die PSI-Richtlinie mit dem 2021 erlassenen Datennutzungsgesetz (DNG) zwischenzeitlich umgesetzt (auch „zweites Open-Data-Gesetz“ genannt).

Nach den bislang veröffentlichten Dokumenten der Europäischen Kommission wird ein Großteil der von den Vermessungsverwaltungen der Länder produzierten Geobasisdaten unter die Liste der HVD fallen. HVD sind spätestens zwölf Monate nach dem Inkrafttreten des DNG unentgeltlich bereitzustellen.

Der Vortrag gibt einen Einblick in die derzeit laufenden Aktivitäten rund um das Thema Open Data bei Geobasisdaten aus dem Blickwinkel der baden-württembergischen Vermessungsverwaltung, die derzeit noch keine größeren Geobasisdatenbestände für eine uneingeschränkte Nutzung, Weiterverwendung und Weiterverbreitung freigegeben hat. Er beschreibt exemplarisch die bei einer Open-Data-Setzung zu berücksichtigenden technischen, rechtlichen und finanziellen Aspekte.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Offene Geobasisdaten

Geobasisinformationen beschreiben die Erscheinungsformen der Erdoberfläche (Topographie) und die im Liegenschaftskataster nachgewiesenen Flurstücke und Gebäude in einem einheitlichen geodätischen Bezugssystem. Geobasisdaten sind Daten des amtlichen Vermessungswesens, die einem Geobasisinformationssystem anwendungs- bzw. fachneutral geführt werden und aus den Geobasisinformationen der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters bestehen. Vergleichbare Definitionen finden sich in den einschlägigen Vermessungs- oder Katastergesetzen der Länder. Das amtliche Vermessungswesen ist dabei ein spezieller Bereich des der Normung unterliegenden und übergeordneten Begriffs Vermessungswesen. Es grenzt sich durch seine hoheitlichen Aufgaben und folglich durch einen gesetzlich geregelten Vermessungs- und Katasterbereich von dem inzwischen weit darüberhinausgehenden privaten Vermessungswesen ab.

Vor rund 10 Jahren begannen auch die Vermessungsverwaltungen der Länder sich intensiv mit dem Open-Data-Gedanken auseinanderzusetzen. Berlin und Hamburg setzten diesen Öffnungsprozess unmittelbar um. Mit der vollständigen Freigabe von Geobasisdaten folgten weitere Länder wie Thüringen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Brandenburg und in diesem Jahr auch Hessen. Länder wie Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt bieten einen Großteil ihrer Produkte ebenfalls kostenlos an. Stimuliert wurde dieser Prozess durch Open-Data-Bestrebungen insbesondere zivilgesellschaftlicher Bewegungen, durch die Beteiligung größerer Kommunen, durch nationale und internationale Initiativen und in der Folge durch einen Umdenkungsprozess sowohl bei den Datenkonsumenten als auch bei den Datenproduzenten. Die Bereitstellung von offenen Verwaltungsdaten soll deren Nutzung und Weiterverwendung steigern und die Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen fördern.

Open Data oder offene Daten definiert die Europäische Kommission als Daten, „die von jedem ohne Einschränkung genutzt, weiterverbreitet und weiterverwendet werden dürfen“ (EUCOM 2022). Eine erweiterte Begriffsdefinition findet sich in der PSI-Richtlinie: „Offene Daten (Open Data) bezeichnet nach dem allgemeinen Verständnis Daten in einem offenen Format, die von allen zu jedem Zweck frei verwendet, weiterverwendet und weitergegeben werden können.“ Die

Open-Data-Community versteht dagegen die an Open Data zu stellenden Kriterien erst dann erfüllt, wenn alle zehn Grundprinzipien der Sunlight Foundation erfüllt sind (SUNLIGHT 2010). Eine allgemeinere Definition wurde von Lucke und Geiger entwickelt (LUCKE & GEIGER 2010). Diese zieht auch Seuß in seinem Artikel „Open Geo Data – grenzenlos nutzbar“ (SEUß 2015) heran. Seuß definiert die Open Geo Data als Schnittmenge der drei Begriffe Open, Geo und Data in einem Venn-Diagramm (Abbildung 1). Durch die Erweiterung um die Menge aller Basisinformationen bei gleichzeitiger Aufspaltung des Begriffes Open Geo Base Data in seine vier Bestandteile lassen sich die Beziehungen untereinander veranschaulichen. In Ergänzung zu den Erläuterungen von Seuß zu den von ihm beschriebenen Schnittmengen Open Geo Data, Open Data, Open Geo (Softwarelösungen) und Geo Data (Geodaten) ergeben sich im Überlappungsbereich zwischen Open und Base die offenen Applikationen des amtlichen Vermessungswesens ohne direkten Raumbezug, von denen es im Zuge der digitalen Transformation, beispielweise für den containerbasierten Umzug in andere virtuelle Räume, künftig sicherlich noch mehr geben dürfte. Bei der Schnittmenge Geo mit Base handelt es sich um proprietäre amtliche Softwarelösungen mit Raumbezug, wie beispielsweise die AFIS-ALKIS-ATKIS-Datenhaltungskomponente. Die Open-Geo-Base-Schnittmenge stellt die quelloffenen und beliebig nachnutzbaren Softwarelösungen des amtlichen Vermessungswesens dar, die derzeit vermehrt in den Ländern entwickelt werden. Die Schnittmenge Base mit Data verkörpert einerseits alle nicht raumbezogene Informationen der Vermessungsverwaltung, wie beispielsweise Schlüsselkataloge, als auch die den amtlichen Daten zugrundeliegende Datenbank selbst, d.h. eine Sammlung von strukturierten Informationen oder Daten, die für einen effizienten Abruf in einem Computersystem organisiert sind. Bei dem Überlappungsbereich Geo Base Data handelt es sich um die amtlichen Geobasisdaten. Unter Open Base Data zählen die offenen und nicht raumbezogenen amtlichen Informationen der Vermessungsverwaltung. Die in Abbildung 1 in der Mitte gezeigte Schnittmenge Open Geo Base Data repräsentiert die frei zugänglichen amtlichen Geobasisdaten der Vermessungsverwaltung in einem einheitlichen Raumbezug.

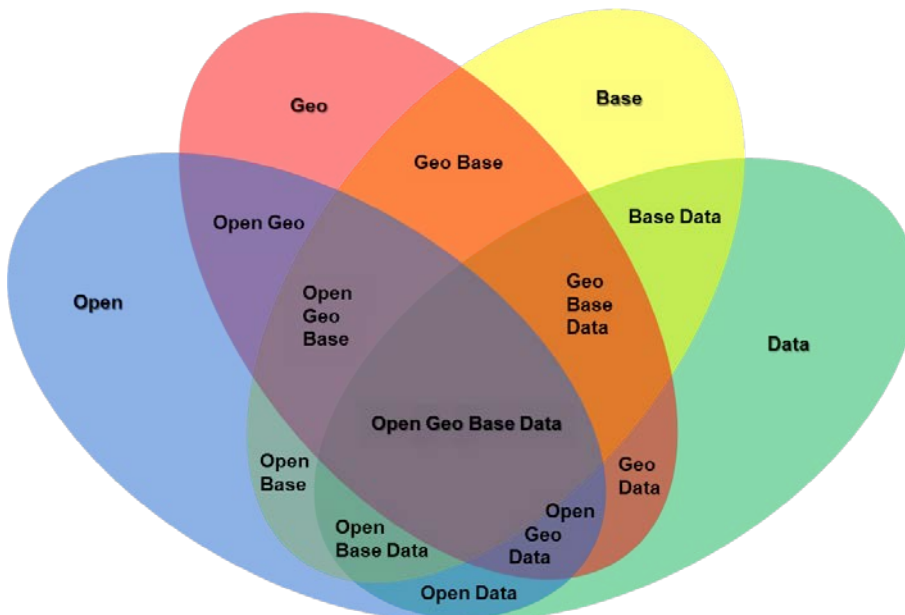


Abb. 5: Die vier Elemente von Open Geo Base Data in einem Venn-Diagramm dargestellt.

2.2 Hochwertige Datensätze

Das Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (Datennutzungsgesetz - DNG) trat am 23. Juli 2021 in Kraft. Es setzt die Regelungen der PSI-Richtlinie zu Open Data in nationales Recht um. Neben den Grundsätzen zur Datennutzung, der Nichtdiskriminierung und des Verbots ausschließlicher Rechte etabliert das DNG die grundsätzliche Unentgeltlichkeit. Die Entgeltbemessung in Ausnahmefällen wird dagegen stärker begrenzt (Grenzkosten). Dynamische Daten und HVD sind über Anwendungsprogrammierschnittstellen oder zum Massendownload nutzbar anzubieten.

Das DNG gilt für Daten von öffentlichen Stellen und von Unternehmen der Daseinsvorsorge (z. B. Wasser, Energie und Verkehr) sowie unter bestimmten Voraussetzungen auch für Forschungseinrichtungen, wenn diese Daten aufgrund eines gesetzlichen Anspruchs auf Zugang, aufgrund einer gesetzlichen Bereitstellungspflicht oder freiwillig bereitgestellt werden. Eine Bereitstellungspflicht oder ein Anspruch auf Zugang zu Daten wird wie im Informationsweiterverwendungsgesetz mit diesem Bundesgesetz nicht begründet. Dies gilt auch für Geobasisdaten, deren Bereitstellung in den jeweiligen Vermessungsgesetzen der Länder spezialgesetzlich geregelt ist. Sofern kein anderweitiger gesetzlicher Anspruch auf den Zugang zu den Geobasisdaten im Land eröffnet wird oder eine Bereitstellungspflicht gegeben ist, bedarf es für eine Open-Data-Setzung einer Umwidmung durch einen entsprechenden Bereitstellungsbefehl im jeweiligen Vermessungsgesetz, beispielsweise durch einen Satz wie „Geobasisdaten und

zugehörige Metadaten sind [...] öffentlich zugänglich“ wie in Hessen oder mit „Geobasisdaten sind allen bereitzustellen“ wie in Brandenburg. In Baden-Württemberg steht eine solche gesetzliche Regelung noch aus.

Die Liste der HVD wird derzeit über einen Durchführungsrechtsakt von der EU-Kommission festgelegt. Die Mitgliedstaaten werden dabei über einen Ausschuss beteiligt. Welche Daten konkret bei den in der PSI-Richtlinie genannten sechs Kategorien Georaum, Erdbeobachtung und Umwelt, Meteorologie, Statistik, Unternehmen und Eigentümerschaft von Unternehmen sowie Mobilität unter die HVD fallen und ob es Übergangsfristen gibt, wird voraussichtlich erst im weiteren Verlauf des Jahres bekannt. Entscheidend dürfte dabei primär sein, wie hoch deren Mehrwertpotenzial im Falle einer offenen und technisch für beide Seiten vorteilhaften Bereitstellung sein wird. Aus den bekanntgewordenen Veröffentlichungen der EU-Kommission zu diesem Thema zählen aus dem Blickwinkel einer Vermessungsverwaltung insbesondere die Verwaltungsgrenzen, geographische Namen, Adressangaben, Haus- und Flurstücksumringe im Maßstab 1:5000, die Landbedeckung und Landnutzung, Orthophotos, Verkehrswege und das Gewässernetz zu den meistgenannten Favoriten.

2.3 Offene Geobasisdaten und Umsatzsteuer

Das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) erhebt als Landesbetrieb nach § 26 der Landeshaushaltsordnung seit rund 25 Jahren Umsatzsteuer auf den Verkauf von Geobasisdaten, die der Entgeltreglung unterliegen und denen somit keine rein hoheitlichen Tätigkeiten zugrunde liegen.

Bereits bei der Freigabe von SAPOS im Jahr 2020 stellte sich die Frage der unentgeltlichen Wertabgabe nach Umsatzsteuerrecht. Nach einem vom Finanzministerium von Baden-Württemberg gegebenen Hinweis galt es zu prüfen, ob das LGL mit der Zurverfügungstellung von SAPOS-Daten eine unentgeltliche Wertabgabe begründet. Die steuerrechtliche Prüfung erstreckte sich dabei auf die unentgeltliche Wertabgabe im Sinne des § 3 Abs. 9a Nr. 2 Umsatzsteuergesetz (UStG) und auf die Fragestellung, ob eine Mindestbesteuerung nach § 10 Abs. 5 UStG trotzdem Anwendung findet. Die Prüfung kam zu dem Ergebnis, dass die vom LGL erbrachten Leistungen im Rahmen des Satellitenpositionierungsdienstes SAPOS sowohl die Ersatztatbestände der unentgeltlichen Wertabgabe nach § 3 Abs. 9a Nr. 2 UStG als auch der Mindestbemessungsgrundlage nach § 10 Abs. 5 UStG nicht erfüllen. Die Begründung stützte sich im Kern darauf ab, dass das LGL von den Landwirten ein Entgelt im Rahmen der Anmeldegebühr erhält. Eine unentgeltliche Wertabgabe für Open-SAPOS läge somit nicht vor. Für Leistungen, die das LGL von seinem unternehmerischen Bereich an seinen hoheitlichen Bereich darüber hinaus erbringe, lägen die Voraussetzungen der Rechtsprechung ebenfalls nicht vor. Eine Abstimmung mit dem zuständigen Finanzamt wurde dennoch empfohlen.

Im Staatshaushaltsplan sind für die Umsatzerlöse für körperschaftsteuerpflichtige Produkte (z.B. kartographische Produkte) und Dienstleistungen sowie für körperschaftsteuerfreie Produkte (Liegenschaftskataster) und Dienstleistungen jeweils Beträge in Millionenhöhe ausgewiesen. Mit der Neuregelung des § 2b UStG ändern sich die Voraussetzungen für die Umsatzsteuerpflicht auf Leistungen der Vermessungsverwaltung in Baden-Württemberg nicht wesentlich neu ab dem Jahr 2023. Als juristische Personen des öffentlichen Rechts fällt das LGL auch weiterhin unter die „Vermessungs- und Katasterbehörden“, bei denen im Grundsatz solche Tätigkeiten der Umsatzsteuer unterliegen, die ihrer Art nach auch von den in fast allen Ländern zugelassenen öffentlich bestellten Vermessungsingenieuren ausgeführt werden. Dieses Kriterium trifft bei den Geobasisdaten allerdings in Baden-Württemberg nicht zu. Daher fällt die Bereitstellung von Geobasisdaten gegen Entgelt bis heute unter die wirtschaftlichen Leistungen des Landesbetriebs. Diese sind nach § 2 Abs. 1 UStG umsatzsteuerpflichtig. Gleiches gilt auch nach § 2b UStG ab 2023, sofern die Tätigkeit nicht im Rahmen der öffentlichen Gewalt ausgeübt wird oder wenn eine Behandlung als Nichtunternehmer zu größeren Wettbewerbsverzerrungen führen würde. Entscheidend für die Freigabe von Geobasisdaten dürfte daher sein, ob es gelingt, die Bereitstellung sämtlicher Geobasisdaten in den Bereich der rein hoheitlichen Tätigkeit zu bringen. Größere Fragezeichen dürften sich hier beispielsweise bei den Luftbildern, bei Laserscan-Daten, bei der Kombination bzw. Veredelung von Geobasisdaten oder bei den gesetzlich definierten HVD ergeben. Bei Letzteren tritt dieser Fall dann ein, wenn für Dritte nicht auf den ersten Blick erkennbar Geobasisdaten des Landes gegenüberstehen. Gelingt diese Zuordnung zu einer rein hoheitlichen Tätigkeit nach Gesetz nicht, könnte die Bereitstellung von offenen Geobasisdaten auch zu Steuernachzahlungen in Millionenhöhe und in der Folge zu einer disruptiven Veränderung des Produkt-Portfolios führen.

Literatur

- DNG (2021), Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (Datennutzungsgesetz - DNG), <https://www.gesetze-im-internet.de/dng/index.html#BJNR294200021BJNE001000000>, letzter Zugriff: 19.02.2022
- EUCOM (2022), Europäische Kommission, <https://data.europa.eu/elearning/en/module1/#/id/co-01>, letzter Zugriff 19.02.2022
- LUCKE & GEIGER (2010), von Lucke, J. & Geiger, C. (2010). Open Government Data - Frei verfügbare Daten des öffentlichen Sektors, Gutachten für die Deutsche Telekom AG zur T-City Friedrichshafen, Version vom 03.12.2010, Deutsche Telekom Institute for Connected Cities, Zeppelin University, Friedrichshafen 2010, <http://www.zeppelin-university.de/deutsch/lehrestuehle/ticc/TICC-101203-OpenGovernmentData-V1.pdf>, letzter Zugriff 19.02.2022

- PSI-RICHTLINIE (2019), Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L1024&qid=1645355974534>, letzter Zugriff: 19.02.2022
- SUNLIGHT (2010), Sunlight Foundation, Ten Principles For Opening Up Government Information, <https://sunlightfoundation.com/policy/documents/ten-open-data-principles/>, letzter Zugriff 19.02.2022
- SEUB (2015), Open Geo Data – grenzenlos nutzbar?, zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. S. 63-69. DOI: 10.12902/zfv-0054-2015

Open Government Data in der Schweiz

Umsetzung und erste Erfahrungswerte beim Bundesamt für Landestopografie, swisstopo

Raphaël BOVIER

Bundesamt für Landestopografie · Seftigenstraße 264 · 3084 Wabern

E-Mail: raphael.bovier@swisstopo.ch

1 Einführung ins Thema

Seit dem 1. März 2021 bietet das Bundesamt für Topografie swisstopo seine Geodaten nach den Grundsätzen von «Open Government Data (OGD)» an. Für die Verwendung der meisten digitalen Produkte, wie Landeskarten, Orthofotos oder geologische Vektordaten ist nun keine Einwilligung mehr erforderlich. Sie können kostenlos genutzt, verbreitet und wiederverwendet werden. Diese Öffnung der Daten ist Teil der «Strategie für offene Verwaltungsdaten in der Schweiz 2019 – 2023» (BUNDESRAT 2019) die im November 2018 vom Bundesrat verabschiedet wurde. Sie ermöglicht die breitere Nutzung von Geodaten und leistet somit einen aktiven Beitrag zu mehr Innovation und Wirtschaftswachstum.

Mit dem vorliegenden Beitrag werfen wir einen Blick hinter die Kulissen und erläutern folgende Themen:

- OGD in der Schweiz
- Der politisch-rechtliche Prozess auf dem Weg zu OGD
- Das Angebot von OGD und die technische Lösung
- Effekt von OGD nach einem Jahr und die «lessons learned»
- Die nächsten Schritte

2 Zusammenfassung des Vortrags

2.1 OGD in der Schweiz

Die Schweizer Regierung veröffentlichte im 2014 eine erste Open Data-Strategie, die im 2019 für eine weitere Legislaturperiode erneuert wurde. Diese Strategien legen klare Umsetzungsziele für die Öffnung von Daten fest, die von der Bundesverwaltung und somit auch von swisstopo produziert werden (BUNDESRAT 2014) (BUNDESRAT 2019). swisstopo seinerseits vertreibt seit mehr als 20 Jahren Geodaten und die Geschäftsleitung hat OGD bereits im 2015 in ihre Strategie aufgenommen.

2.2 Der politisch-rechtliche Prozess auf dem Weg zu OGD

Im Schweizer Rechtssystem gibt es kein allgemein gültiges Gesetz betreffend OGD. swisstopo hat sich deshalb für die Anpassung einiger Fachgesetze entschieden. In diesem Rahmen wurden die Geoinformationsverordnung und die Gebührenverordnung von swisstopo überarbeitet. Für die Geobasisdaten von swisstopo gelten jetzt neue Nutzungsbedingungen. Die Daten dürfen gratis verwendet werden – dies insbesondere auch für kommerzielle Zwecke. Eine Quellenangabe bei der Veröffentlichung der Daten ist die einzige Bedingung. Bewilligungen oder Lizenzen sind daher nicht mehr erforderlich. Nebst den gesetzlichen Anpassungen hat sich swisstopo auch mit den damit verbundenen Einnahmeeinbussen und deren Auswirkungen auf das Budget befasst.

2.3 Das Angebot von OGD und die technische Lösung

Alle in der Verantwortung von swisstopo liegenden Geobasisdaten des Bundesrechts sind von OGD betroffen. Dazu gehören die Höhen- und Landschaftsmodelle, Orthofotos, geologische Karten und Landeskarten. Auch die swisstopo-App ist vollumfänglich kostenlos.

Um den durch OGD erwarteten Anstieg beim Datenverkehr bewältigen zu können, wurde ein neuer Downloaddienst eingerichtet. Dieser ist über eine Programmierschnittstelle, die API data.geo.admin.ch, zugänglich. Die API orientiert sich an den Spezifikationen des SpatioTemporal Asset Catalog **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**, einem bereits weit verbreiteten Standard bei der Distribution von Satellitenbildern und bietet eine Machine-to-Machine-Schnittstelle. Eine neu entwickelte Benutzeroberfläche nutzt diese API und wurde in den verschiedenen Produktseiten integriert. Die unterschiedlichen Produkte und Varianten sind bereits vorprozessiert. Für den Datenbezug erhalten die Nutzerinnen und Nutzer nun Downloadlinks zu den vorbereiteten Auslieferungseinheiten. Die Rasterdaten werden im neuen Format "Cloud Optimized Geotiff (COG)" **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.** angeboten.

Die frei verfügbaren Geodienste der Bundesgeodateninfrastruktur enthalten die wichtigsten Geodaten von swisstopo. So können Orthofotos, Landeskarten und viele andere Daten über die Geodienste Web Map Service (WMS) oder Web Map Tile Service (WMTS) online genutzt werden. Weitere Webservices (Lokalisierung, Höhenabfrage, Vector Tiles, usw.) sind ebenfalls kostenlos verfügbar.

Der Datenzugang funktioniert ohne Registrierung (Benutzer / Passwort). Der Bezug und die Nutzung der Daten bzw. der Dienste ist unter Einhaltung der Rahmenbedingungen betreffend „Fair Use“ kostenlos. Die Geodaten gemäss OGD sind auch im zentralen Portal für offene Daten der Schweizer Behörden (<https://opendata.swiss>) publiziert.

2.4 Effekt von OGD nach einem Jahr und die «lessons learned»

Anlässlich der Einführung von OGD fand am 1. März 2021 eine Pressekonferenz mit Bundesrätin Viola Amherd im Medienzentrum des Bundes statt (EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT FÜR VERTEIDIGUNG 2021). Diese Nachricht wurde in vielen Medien aufgegriffen (11 Artikel in gedruckten Tageszeitungen, 45 in Onlinemedien, 3 Beiträge im Radio, 2 im TV) und in den sozialen Medien zahlreich kommentiert. Das grosse Interesse widerspiegelt sich auch in den Zugriffsstatistiken: In den ersten Wochen wurden zirka dreimal so viele Daten bezogen wie vor OGD. Mit 30 TB wurde der Spitzenwert am 1. März gemessen. Seither hat sich der Datentransfer stabilisiert und pendelt sich im Vergleich zum vorherigen Niveau bei einer Verdoppelung ein. OGD hat über diese beeindruckende Statistik hinaus auch die Datennutzung in neuen Anwendungsfeldern ermöglicht. Regelmässig erscheinen Videos, welche die Geodaten von swisstopo auf ansprechende Art und Weise präsentieren. Führende Unternehmen im Bereich der Webkartografie integrieren unsere Orthofotos und Geländemodelle in ihren globalen Plattformen und Diensten. Auch in kleineren Massstäben sind innovative Dienstleistungen entstanden: mittels <https://elevationapi.com> kann man ein 3D-Modell für einen Druck erstellen oder in <https://www.gebaeuedaten.ch> werden über eine API die 3D-Gebäudemodelle von swisstopo aufgerufen und dargestellt. Ausserdem enthalten neue Wander-Apps nun die Landeskarten.

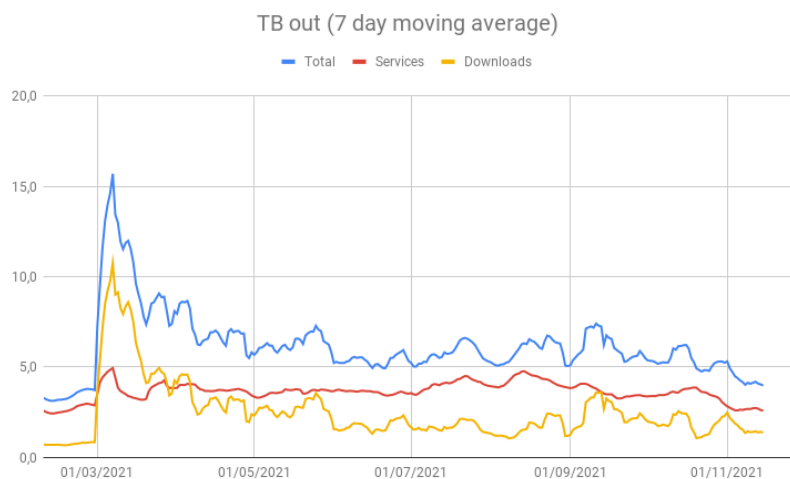


Abb. 6: Durch die BGDI gelieferte Datenmenge, gleitender 7-Tage-Durchschnitt (Quelle swisstopo)

Die Arbeit im Bereich der Geodatenabgabe hat sich verändert. Anstelle von kleineren Bestellungen werden nun komplexere Anfragen und Dienstleistungsaufträge bearbeitet. Der Nutzersupport per Telefon oder Email nimmt bedeutend mehr Ressourcen in Anspruch als früher.

2.5 Die nächsten Schritte

Das Angebot wird sich je nach Kundenrückmeldungen und den, für die Entwicklung verfügbaren Ressourcen weiterentwickeln. Am häufigsten erreichen uns Anfragen, welche das Herunterladen von alten Geodatenansätzen und die aktive Information bei erfolgten Updates betreffen. Ein besonderes Augenmerk werden wir auf die Nutzerbeziehungen richten. Denn mit OGD sind uns die Nutzenden nicht mehr direkt bekannt. Deshalb müssen wir andere Wege finden, um mit ihnen interagieren zu können. In diesem Zusammenhang wurden verschiedenen Massnahmen in die Strategie 2025 von swisstopo aufgenommen (BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAFIE SWISSTOPO 2021).

Literatur

- BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAFIE SWISSTOPO, (2021), Vision und strategische Handlungsfelder 2025 des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo. [Online] 2021. [Zitat vom: 17. 02 2022.] https://www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/de/swisstopo/vision/_jcr_content/contentPar/downloadlist/downloadItems/66_1464074164686.download/Brusch%C3%BCre_Strategie-swisstopo-2025_D.pdf.
- BUNDESRAT, (2014), Open-Government-Data-Strategie Schweiz 2014–2018. *Fedlex Die Publikationsplattform des Bundesrechts*. [Online] 13. 05 2014. [Zitat vom: 01. 02 2022.] <https://fedlex.data.admin.ch/eli/fga/2014/747>.
- BUNDESRAT, (2019), Strategie für offene Verwaltungsdaten in der Schweiz 2019–2023 (Open-Government-Data-Strategie, OGD-Strategie). *Fedlex Die Publikationsplattform des Bundesrechts*. [Online] 15. 01 2019. [Zitat vom: 01. 02 2022.] <https://fedlex.data.admin.ch/eli/fga/2019/125>.
- COG COMMUNITY, Cloud Optimized GeoTIFF. [Online] [Zitat vom: 10. 02 2022.] <https://www.cogeo.org/>.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT FÜR VERTEIDIGUNG, BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND SPORT, (2021), *BR Amherd zur kostenlosen Nutzung von digitalen Geodaten*. Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, 2021.
- THE STAC COMMUNITY, SpatioTemporal Asset Catalog. [Online] [Zitat vom: 17. 02 2022.] <http://stacspect.org/>.

Einfache dienstbasierte Nutzung von 3D-Daten

Volker COORS

Institut für Angewandte Forschung · Hochschule für Technik Stuttgart · Schellingstr. 24 · 70174 Stuttgart
E-Mail: volker.coors@hft-stuttgart.de

1 Einführung ins Thema

Kommunen stehen vor gewaltigen Herausforderungen: die Energie- und Mobilitätswende verlangen eine klimaneutrale Entwicklung. Der Klimawandel erfordert Anpassungen und Schutz der Siedlungsräume vor Starkregen, Trockenperioden und Hitzewellen. Die Digitalisierung bringt bisherige Geschäftsmodelle ins Wanken. Gleichzeitig fordern Bürger:innen mehr Mitbestimmung bei den notwendigen Transformationsprozessen. Um diesen Herausforderungen zuverlässiger und schneller zu begegnen, können 3D-Geodaten einen wertvollen Beitrag leisten. Exemplarisch seien hier SCHROTTER & HÜRZELER (2020), ROSSKNECHT & AIRAKSINEN (2020) und Würstle et al. (2021) genannt. Dazu sind Prozessketten und standardisierte Schnittstellen erforderlich, die eine möglichst einfache Integration dieser Daten in bestehende und neue Anwendungen erlauben.

Das Projekt „Einfach dienstbasierte Nutzung von 3D-Daten“ des Runden Tisch GIS e.V. (2022) untersucht die Möglichkeiten der Datenbereitstellung von digitalem Geländemodell und 3D-Gebäudemodellen zur web-basierten 3D-Visualisierung über einen solchen Dienst. Die im Projekt beteiligten Anwender nutzen diesen Dienst, um sich daraus ergebenden Anwendungsfelder an Hand von konkreten Fallbeispielen aus dem Umfeld der Kommunen und der Landesverwaltungen aufzuzeigen. In dem vorliegenden Beitrag werden erste Ergebnisse des Projekts vorgestellt.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Web-basierte Visualisierung von 3D-Geodaten

Eine der wesentlichen Herausforderungen zur web-basierten Visualisierung von 3D-Geodaten ist das zu übertragenden Datenvolumen bei großen Datenbeständen. Der traditionelle Ansatz, zunächst den darzustellenden Datenbestand vom Web-Server herunterzuladen und dann darzustellen, mag für Einzelgebäude noch funktionieren, führt aber bereits bei der Darstellung eines Stadtquartiers zu Wartezeiten, die heutzutage von Anwender:innen nicht mehr toleriert werden. Durch das Streaming von Daten lässt sich die Latenz vom Aufruf einer Seite bis zur ersten Darstellung erheblich reduzieren. Dabei wird zunächst ein vereinfachtes Modell übertragen, das sich sukzessive verfeinert, während die Anwender:innen bereits mit dem Modell interagieren können. Analog zu 2D-Kartendiensten werden hierzu im Wesentlichen Konzepte zur Kachelung des Datenbestands sowie ein hierarchisches Datenmodell, die sog. bounding volume hierarchy (BVH) genutzt. Im Gegensatz zu 2D-Kartendiensten ist das Datenvolumen bei 3D-Geodaten aber i.d.R. unregelmäßig verteilt, so dass andere Kachelungsstrategien zum Einsatz kommen.

In den letzten Jahren hat sich eine Reihe von OGC Standards rund um das Streaming von 3D-Geodaten entwickelt. Dabei wird zwischen der Schnittstelle des Dienstes zur Datenbereitstellung und dem Datenformat zur Übertragung unterschieden. Diese Trennung von Datenformat und Schnittstelle wurde im OGC Standard 3D-Portrayal Service eingeführt. Der Standard definiert u.a. die Schnittstelle zwischen Web-Client und Web-Server zur Übertragung einer 3D-Szene als sog. Szenengraph. Es wird aber nicht festgelegt, in welchem Format die 3D-Szene übertragen wird. Diese Trennung hat den Vorteil, dass neue Entwicklungen beim Streaming von 3D-Geodaten ohne Änderung des Standards übernommen werden können. Dieses Prinzip wird auch bei der aktuellen Entwicklung der OGC API 3D GeoVolume genutzt, das Teile des 3D Portrayal Service in die neue OGC API Welt überträgt. In verschiedenen OGC Aktivitäten wurde diese OGC API 3D GeoVolume bereits mehrfach implementiert und getestet (STEINBEIS 2022).

Als Datenformate zum Streaming von 3D-Geodaten haben sich die beiden OGC Community Standards 3D-Tiles und Indexed 3D Scenes (I3S) etabliert. Beide Standards implementieren das BVH-Konzept durch einen hierarchischen Szenengraphen und unterstützen verschiedene Kachelungsstrategien. Die Beschreibung des Szenengraphen erfolgt in JSON, die 3D-Geometrie wird jedoch binär in Form von Dreiecksnetzen kodiert. Darüber hinaus Materialeigenschaften und objektbezogene Attribute integriert werden. Diese Binärikodierung ist für OGC-Standards ungewöhnlich, hat aber enorme Vorteile beim Streaming der Daten. Im Detail unterscheiden sich beide Standards bei der Kodierung der BVH. Die beiden genannten Standards werden z.B. zur Übertragung von 3D-Gebäudemodellen genutzt und unterstützen auch die Visualisierung großer Punktwolken. Für digitale Geländemodelle werden häufig andere Datenformate wie Quantized Mesh genutzt, die allerdings nicht standardisiert sind. Zusätzlich werden Standards wie glTF für Einzelobjekte genutzt, die sich in der Computergraphik etabliert haben.

2.2 Fallstudien zur dienstbasierten Nutzung von 3D-Stadtmodellen

Im Projekt „Einfache dienstbasierte Nutzung von 3D-Daten“ wird anhand konkreter Fallstudien untersucht, wie mit den unter Kap 2.1 genannten technischen Entwicklungen web-basierte Dienste zur Nutzung insb. von 3D-Stadtmodellen auf kommunaler Ebene genutzt werden können. Dazu konnten sich in einem offenen Aufruf zur Teilnahme Kommunen und Landkreise mit eigenen Fallstudien für die Teilnahme am Projekt bewerben. Für die ausgewählten Teilnehmer stellen die Landesvermessungsverwaltungen Bayern und Baden-Württemberg über die IT-Infrastruktur des Runden Tisch GIS e.V. 3D-Geobasisdaten, insbesondere 3D-Gebäudemodell und Geländemodell sowohl über den 3D Portrayal Service als auch über die OGC API 3D GeoVolume als Dienst bereit. Die Geobasisdaten müssen dabei also nicht lokal bei der Kommune vorgehalten und prozessiert werden. Sehr wohl können diese 3D-Geobasisdaten aber mittels lokal vorliegender Fachdaten dynamisch ergänzt und angereicht werden.

Im Projekt werden sowohl die Prozesse zur Datenbereitstellung als auch zur Nutzung der Dienste untersucht und evaluiert. Bei der Auswahl der Fallstudien wurde auch darauf geachtet, eine möglichst große Vielfalt an Systemen zu betrachten, um die Interoperabilität der bereitgestellten Dienste sicherzustellen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Fallstudien. Im Vortrag werden erste Ergebnisse des Projekts vorgestellt.

Tabelle 1: Übersicht Fallstudien

Fallstudie	Kurzbeschreibung	DGM	Datenformat 3D Gebäude und Bauwerke	Genutzter Dienst / API
Taufkirchen	3D-Webvisualisierung des Gemeindegebietes Taufkirchen; 3D Symbole für Points of Interest	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Fellbach	Partizipative Stadtplanung im Rahmen des Projekts „AGRICULTURE meets MANUFACTURING“ der Internationalen Bauausstellung IBA 27	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Neustadt a.d. Waldnaab mit LRA Regensburg	Nutzen von 3D Geodaten-Diensten im WebGIS der Landkreisverwaltungen Neustadt a.d. Waldnaab und Regensburg, Themen Bauleitplanung und technisches Bauamt	X	I3S	OGC API 3D GeoVolume
Lindau	Aktive Bürgerinformation bei neuen Bauprozessen anhand von 3D-Modelldaten, Integration von Planungsdaten von Baumaßnahmen in das LoD2-Gebäudemodell	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Sindelfingen	Einbindung des 3D-Dienstes in die bestehende GIS-Umgebung der Stadt Sindelfingen, Anreicherung des Modells mit Fachthemen aus dem kommunalen Wärmeplan	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Neu-Ulm	3D-Visualisierung von städtebaulichen Entwürfen und Simulation von Lärmimmissionen, Sichtbarkeitsanalysen, Sonneneinstrahlung	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Stuttgart	Urbaner digitaler Zwilling Mobilität und Umwelt	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
Wüstenrot	Web-basierte Visualisierung des Energielehrpfads, Nutzung Augmented Reality	X	3D Tiles	OGC API 3D GeoVolume
LRA Breisgau-Hochschwarzwald	3D Darstellung von Starkregenereignissen, Einbindung von Starkregenereignisse in ein 3D Stadtmodell	X	I3S	OGC API 3D GeoVolume
LRA Cham	Vergleich und Bewertung des bisherigen Integrationsprozesses sowie der Anwendungen am Landratsamt Cham für amtliche LoD2-Daten mit den neuen Möglichkeiten des Projektes	X	I3S	OGC API 3D GeoVolume

Literatur

- ROSSKNECHT, M., & AIRAKSINEN, E. (2020), Concept and Evaluation of Heating Demand Prediction Based on 3D City Models and the CityGML Energy ADE—Case Study Helsinki. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2020, 9, 602. <https://doi.org/10.3390/ijgi9100602>
- RUNDER TISCH GIS E.V. (2022), Projekt Einfache dienstbasierte Nutzung von 3D-Daten im Aktivitätenkatalog des Runden Tisch GIS e.V., https://katalog.rundertischgis.de/datahub_resource/einfache-dienstbasierte-nutzung-von-3d-daten
- SCHROTTER, G., & HÜRZELER, C. (2020), The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. In: PFG 88, 99–112 (2020). <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2>
- STEINBEIS (2022), Webseite mit Links zu verschiedenen OGC Aktivitäten zur Entwicklung der OGC API 3D-GeoVolume, <https://steinbeis-3dps.eu>
- WÜRSTLE, P., SANTANAVANICH, T. PADSALA, R., & COORS, V. (2021), Development of a digital 3D Participation Platform – Case study of Weilimdorf, Stuttgart. In: *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLVI-4/W1-2021, pp. 123–129. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W1-2021-123-2021

Bauwerke erweitern den amtlichen 3D Gebäudedatenbestand – Realisierung in Baden-Württemberg

Thomas OTT

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung B.-W (LGL) · Kriegsstr: 103 · 76135 Karlsruhe

E-Mail: thomas.ott@lgl.bwl.de

1 Einführung ins Thema

Die Vermessungsverwaltungen der Länder erstellen seit einigen Jahren 3D-Gebäudemodelle in der Ausprägung LoD2 (Level of Detail 2) (COORS et al 2016). Dabei werden den Gebäudegrundrissen standardisierte Dachformen zugeordnet. Die Gebäudehöhen werden überwiegend aus LIDAR Daten sowie aus digitalen Stereo-Luftbilddaten gewonnen. Der Geländebezug wird durch das amtliche Digitale Geländemodell realisiert. Der Datenbestand der 3D-Gebäudemodelle wird im Kern durch alle im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®) flächenhaft modellierten Objekte der Objektartengruppe „Gebäude“ und „Bauwerke, Einrichtungen und sonstige Angaben“ mit einer 3D-Relevanz definiert.



Abb.1: 3D-Gebäudemodell LoD2, kombiniert mit DGM5, Gelände- und Dachtextur durch TrueDOP20.

Da wesentliche, landschaftsprägende Bauwerke mit 3D-Relevanz (z.B. Brücken, Windräder, Freileitungsmasten, Denkmäler, ...) in den meisten Bundesländern nicht als Flächengeometrie in ALKIS® erfasst werden, wurde der Datenbestand um Bauwerke mit Punkt-, Linien- und Flächengeometrien erweitert, die, falls nicht im ALKIS® enthalten, auch aus dem Amtlichen Topographischen-Kartographischen Informationssystem (ATKIS®) stammen dürfen. Dadurch ist eine detailliertere Abbildung der realen Welt möglich. Visualisierungen können realitätsnäher erstellt und Simulationen, z. B. Auswirkungen von Starkregenereignissen, exakter modelliert werden. Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat in Zusammenarbeit mit der Zentralen Stelle für Hausumringe und Hauskoordinaten (ZSHH) einen verpflichtenden ALKIS®/ATKIS® übergreifenden Grunddatenbestand definiert. Dieser wurde durch das AdV-Plenum beschlossen.

Der Vortrag soll zeigen, wie das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) diese zusätzlichen Bauwerksobjekte, mit besonderem Fokus auf Brücken, erzeugt.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Software (Aufsatzmodul Feature3D)

Die im LGL verwendete Ableitungssoftware für 3D-Gebäudemodelle deckt aktuell bei einigen Objekten nicht alle Modellierungsanforderungen ab. Z.B. müssen Brücken so modelliert werden, dass sie nicht als massive Objekte mit durchgängigem Geländeverschnitt dargestellt werden und faktisch als eine Art Mauer-Objekt erscheinen. In mehreren Bundesländern kommt, wie beim LGL, die Systemumgebung novaFACTORY der M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH zum Einsatz. Vor einigen Jahren haben sich diese Länder zum Netzwerk 3D zusammengeschlossen, um ihre

Erfahrungen untereinander, aber auch mit der M.O.S.S. Computer Grafik System GmbH in einem synergetischen Miteinander austauschen zu können. Dieses Netzwerk 3D hat die Weiterentwicklung des Aufsatzmoduls FEATURE3D, das die Besonderheiten bei der Modellierung der neu hinzugekommenen Objekte berücksichtigt, initiiert und umgesetzt.

2.2 Vorbereitung

Mit novaFACTORY 3D-Pro und dem Aufsatzmodul Feature3D können 3D-Modelle aus 2D- und 2,5D-Geometrien erstellt werden. Für die automationsgestützte Ableitung der 3D-Modelle werden alle relevanten Dateien, wie die Grundrisse, die Oberflächenpunkte und das Digitale Geländemodell (DTM) für die Produktion aufbereitet und in eine Datenbank importiert.

Höheninformation: Durch die LoD2 Gebäudemodell-Produktion existierte das Produkt DOMALS (Klassifizierte Gebäudepunkte der LIDAR-Befliegung). Dieses wurde mit den 3D-Punkten der neuen Objekte ergänzt. Für die Brückenableitung wurde ein eigenes Oberflächenprodukt DOMBRU angelegt, welches ausschließlich die klassifizierte Brückenpunkte der Laserscanbefliegung beinhaltet. Bei der weiteren Bearbeitung der Brückenobjekte hat sich dieses selbstständige Produkt (DOMBRU) als vorteilhaft erwiesen.

Lage: Die Punkt-, Linien- und Flächenobjekte werden unter Verwendung des ETL-Werkzeugs Feature Manipulation Engine (FME) vorprozessiert. Um einen überdeckungsfreien Datenbestand zu erhalten, werden sämtliche ALKIS®/ATKIS®-Grundrissdaten mit 3D-Relevanz durch Verschneidung auf doppelte Objekte geprüft, die dann gelöscht werden. Linienförmige Brücken werden mittels erfasster Attribute zu Brückenbreite oder Standardbreite in Flächen überführt, Drehwinkel der Hochspannungsmaste werden berechnet und die Objekte mit Metadaten angereichert. Die Speicherung der Punkt-, Linien- und Flächengeometrien erfolgt in 3 Einzelebenen in einem neuen Produkt BAUWERK. In einer weiteren Ebene werden die zu den Brücken gehörenden Brückenachsen abgelegt.

Gelände: Hierzu sind keine Vorarbeiten nötig, da ein entsprechendes Produkt, das DTM bereits vorhanden ist.

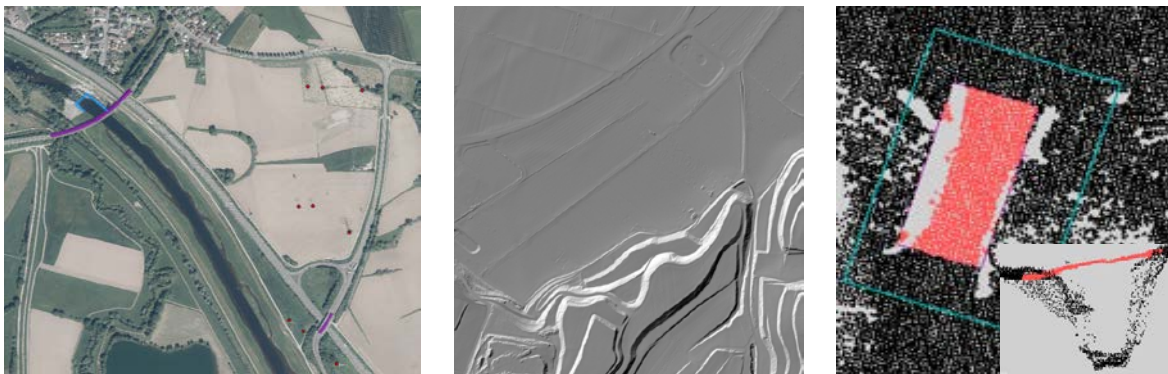


Abb.2: Punkt-, Linien-, Flächenobjekte

Digitales Geländemodell

Oberflächenpunkte Brücke (rot)

2.3 Produktion

Für die automationsgestützte Ableitung der 3D-Modelle werden alle relevanten Dateien in ein Produktionsverzeichnis kopiert. Zur Bestimmung der Objekthöhe gibt es mehrere Möglichkeiten: Entweder kann die reale Objekthöhe aus der 3D-Punktwolke (DOMALS oder DOMBRU) oder aus dem Objekthöhenattribut des ATKIS® verwendet werden. Falls keine dieser zwei Möglichkeiten greift, wird eine von der AdV festgelegte Standardhöhe herangezogen. Diese Standardhöhe orientiert sich an einer Empfehlung des Städtetages NRW bzw. der SIG3D.

Über eine Konfigurationsdatei (AttrDefs.def) können alle Features bei der Produktion gesteuert und angepasst werden. In der Datei wird festgelegt, wie ein punkt- oder linienförmiges Objekt in ein Flächenobjekt gewandelt und auf welche Art die Höhe bestimmt wird. Nach der Konfiguration dieser Datei erfolgt die Massenproduktion über eine Stapeldatei (Batchfunktionalität).

Das Ergebnis wird im Format CityGML ausgegeben, ebenso wie eine Kontroll- und Statistikdatei je Produktionskachel. In letzterer werden die Objektklassen, die Anzahl an Objekten und die während der Produktion entstandenen Fehler protokolliert.

Art	BWF	Geometrie	R	R-	C	C+	W	W+	Fw	-C	IC	IW	H
51002	1251	Point	5	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-
53001	1800	MultiPolygon	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	▼
53001	1820	MultiPolygon	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	▼
Summe			9	-	5	5	5	5	-	4	-	-	

R = gelesen, R- = ignoriert, C/C+ = erstellt(Teile), W/W+ = geschrieben(Teile)
 Fw = Dacherkennung, -C = Objekt wurde nicht erstellt
 IC = Fehler (Konfig.), IW = Fehler (Ausgabe)
 H = Hinweise, Warnungen (in Log)

Abb.3: Beispiel einer Kontroll- und Statistikdatei

Bei der visuellen Kontrolle der Daten ist aufgefallen, dass sich überkreuzende Brücken falsch modelliert wurden. An diesen Überschneidungsflächen mussten alle 3D-Punkte entfernt werden, sodass sich schneidende Brückengeometrien keine Höheninformationen besitzen.

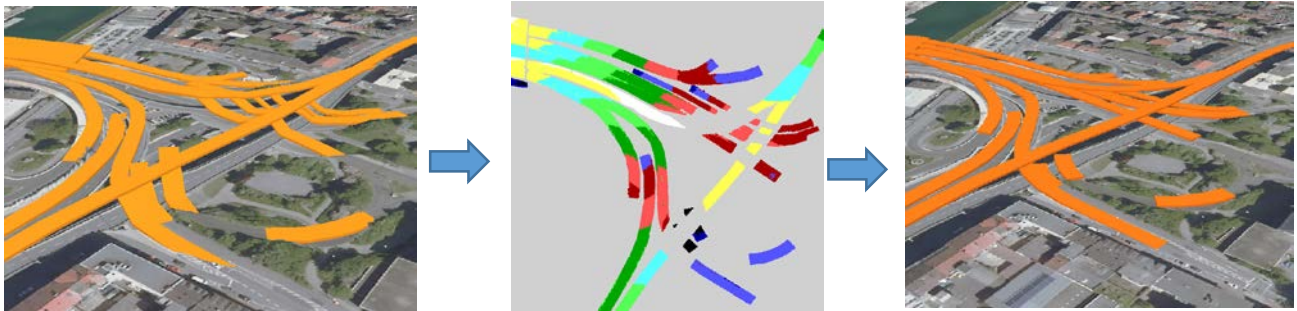


Abb. 4: Erstes Ergebnis, mit Rampen

korrigierte Punktwolke

Endergebnis

2.4 Fazit

Der ALKIS®/ATKIS® übergreifende Grunddatenbestand ist eine nützliche und sinnvolle Ergänzung der vorhandenen ALKIS® Gebäude, der das bisherige Produkt näher an die Realwelt rückt. Allerdings müssen diese ergänzenden Objekte im Einzelfall auf eine 3D-Relevanz hin im Einzelfall überprüft und so entschieden werden, ob eine Modellierung in der hier vorgestellten Art sinnvoll ist oder ob diese Objekte durch das DGM ausreichend modelliert werden, z.B. im Falle von Ringwällen oder von Naturskisprungschanzen. Die Modellierungsbeispiele der AdV mit den verpflichtenden Standardhöhen sind für eine länderübergreifende, einheitliche Erfassung sinnvoll und notwendig. Einzelne Standardhöhen sollten bei entsprechenden Rückmeldungen der Länder angepasst werden. Zu beachten ist auch, dass „schwebende“ Bauwerke (Brücken, Hochbahnen) nicht zur Ableitung als LoD1-Objekte geeignet sind. Diese Objekte werden zu massiven Objekten mit durchgängigem Geländeverschnitt generalisiert.



Abb. 5: Vordergrund: DB-Neubaustrecke Stuttgart Ulm Filstalbrücke Hintergrund: Windräder als LoD2 Objekt



Abb. 6: Windräder als Präsentationsobjekt

Literatur

COORS, V., ANDRAE, C., BÖHM, K.-H., (2016), 3D-Stadtmodelle – Konzepte und Anwendungen mit CityGML, S. 69-72.
SIG3D, V2.1.1, Ableitung. Migration und Fortführung von 3D-Stadtmodellen aus ALKIS – Daten, S. 44-53.
https://www.sig3d.eu/files/media/downloads/SIG3D/AG-Fortfuehrung/Stadtmodell_ALKIS_V2_1_1.pdf

Bericht zu den Arbeiten an der 3DCityDB 5.0 mit CityGML 3.0

Unterstützung

Luca CASAGRANDE¹ und Claus NAGEL²

¹M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH · Hohenbrunner Weg 13 · 82024 Taufkirchen

E-Mail: lcasagrande@moss.de

²Virtual City Systems GmbH · Tauentzienstraße 7 b/c · 10789 Berlin

E-Mail: cnagel@vc.systems

1 Einführung ins Thema

Die 3D City Database (3DCityDB) ist eine freie und quelloffene 3D-Geodatenbank für die Speicherung und Verwaltung von Digitalen 3D-Stadtmodellen. Sie umfasst ein Datenbankschema auf Basis der etablierten räumlichen Datenbanksysteme PostgreSQL/PostGIS und Oracle sowie leistungsfähige und effiziente Werkzeuge zum Importieren, Exportieren, Verwalten, Analysieren und Visualisieren der gespeicherten 3D-Geodaten.

Digitale 3D-Stadtmodelle werden weltweit erhoben und finden Anwendung in vielfältigen Bereichen wie Stadtplanung, Katastrophenmanagement, 3D-Kataster, Stadtmarketing und Tourismus, Fahrzeug- und Fußgängernavigation, Facility Management und Umweltsimulationen. Zahlreiche Anwendungen, die über die reine Visualisierung der 3D-Geodaten hinausgehen, erfordern dabei die Abbildung der physikalischen Realität über wohldefinierte Geo-Objekte wie Gebäude, Straßen, Brücken oder Gelände, die neben geometrischen und grafischen Aspekten insbesondere reichhaltige semantische Informationen wie Attribute, Bestandteilshierarchien sowie räumliche und topologische Relationen der Objekte vorhalten. Mit CityGML steht bereits seit 2008 ein internationaler OGC Standard für Digitale 3D-Stadtmodelle zur Verfügung, der diese Anforderungen erfüllt.

Die 3DCityDB setzt CityGML vollständig auf ein relationales Datenbankschema um und ermöglicht so die Speicherung von wohldefinierten Stadtobjekten mit ihren semantischen, geometrischen, grafischen und topologischen Eigenschaften sowie die Bereitstellung der 3D-Geodaten für unterschiedlichste Anwendungen anhand von gezielten räumlichen und thematischen Abfragen. Das Ziel der 3DCityDB ist es dabei, einen stabilen, skalierbaren, hoch-performanten und quelloffenen Datenspeicher als wesentlichen Baustein für die Umsetzung von Urbanen Digitalen Zwillingen bereitzustellen.

Ursprünglich ab 2003 im Rahmen von Forschungsvorhaben an der Universität Bonn und der TU Berlin unter der Leitung von Professor Dr. Thomas H. Kolbe entwickelt, hat sich die 3DCityDB inzwischen in der Praxis bewährt und wird zunehmend im kommerziellen Umfeld eingesetzt. Fast alle Vermessungsverwaltungen der Länder Deutschlands und viele Städte in Deutschland, Europa und auf der ganzen Welt setzen die 3DCityDB ein. Deshalb haben Professor Kolbe für die TU München und die Firmen M.O.S.S Computer Grafik Systeme GmbH und Virtual City Systems GmbH im Jahr 2013 eine Kooperationsvereinbarung zur Weiterentwicklung der Datenbanklösung geschlossen. Ziel der Kooperation ist die gemeinsame und kontinuierliche Weiterentwicklung des Open Source Projektes unter Berücksichtigung der Interessen aus Praxis und Forschung.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

Im September 2021 wurde die neuste CityGML Version 3.0 durch das OGC veröffentlicht. Mit dieser Version bietet CityGML zahlreiche Verbesserungen, neue Objektarten und Modellierungskonzepte sowie neue Einsatzmöglichkeiten. Diese neuen Möglichkeiten von CityGML 3.0 sollen nun auch für die Open Source 3DCityDB umgesetzt und in einer zukünftigen Major-Version 5.0 der 3D-Geodatenbanklösung zur Verfügung gestellt werden.

Die Entwicklungspartner der 3DCityDB treffen sich regelmäßig, um 3DCityDB-bezogene Aktivitäten und Weiterentwicklungen zu diskutieren und zu planen. Der Fokus der gemeinsamen Arbeiten liegt dabei derzeit auf der Konzeption und dem Umbau des relationalen Datenbankschemas für eine Unterstützung von CityGML 3.0. Das Datenbankschema der aktuellen 3DCityDB Version dient für diese Arbeiten als Ausgangsbasis. Auf Grundlage der langjährigen Praxiserfahrung sowie der Nutzung der 3DCityDB in zahlreichen Kunden- und F&E-Projekten, werden Konzepte des aktuellen Schemas jedoch auch auf den Prüfstand gestellt, verbessert, neu gedacht und Umsetzungsalternativen geprüft. Das Ziel ist ein noch effizienteres und ggf. schlankeres Schema, welches einfacher mit externen GIS Werkzeugen wie beispielsweise QGIS oder FME unterstützt werden kann. Gleichzeitig sollen die Vorgängerversionen 2.0 und 1.0 von CityGML weiterhin unterstützt werden sowie bestehende Funktionalitäten der 3DCityDB wie beispielsweise die Möglichkeit zur Speicherung von CityGML Erweiterungen (sog. Application Domain Extensions, ADEs) erhalten bleiben.

Das Datenbankschema stellt den Kern der 3DCityDB dar. Aus diesem Grund räumt die Entwicklungspartnerschaft den aktuellen Arbeiten daran die höchste Priorität ein. Sobald erste stabile und testbare Versionen des neuen Schemas vorliegen, wird jedoch auch parallel mit der Anpassung und Portierung der bestehenden 3DCityDB Werkzeuge wie Importer/Exporter, OGC WFS Service und auch der 3DCityDB-Web-Map Visualisierungslösung begonnen werden.

In Form eines Werkstattberichts wollen die Entwicklungspartner in diesem Vortrag über den aktuellen Stand der Arbeiten an der 3DCityDB Version 5.0 berichten. Nach einer kurzen Einführung in die wesentlichen Neuerungen von CityGML 3.0 werden beispielhaft einige der neu angedachten Konzepte, Umsetzungsalternativen sowie bereits getroffene Design-Entscheidungen vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wird kurz beschreiben, wie das neue Schema in Bezug auf Effizienz getestet und bewertet wird und welche Lösungen eingeführt wurden, um die Kompatibilität mit bestehenden Software-Tools zu gewährleisten.

Literatur

3DCITYDB Webseiten: <https://www.3dcitydb.org> und <https://github.com/3dcitydb>

KUNDE, F., NAGEL, C., HERRERRUELA, J., ROSS, L., KOLBE, T. H. (2013), 3D-Stadtmodelle in PostGIS mit der 3D City Database. In: Tagungsband der FOSSGIS-Konferenz.

YAO, Z., NAGEL, C., KUNDE, F., HUDRA, G., WILLKOMM, P., DONAUBAUER, A., ADOLPHI, T., KOLBE, T. H. (2018), 3DCityDB – a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on CityGML. In: Open Geospatial Data, Software and Standards, Vol. 3, No. 5, Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0046-7>

YAO, Z., KOLBE, T. H. (2017), Dynamically Extending Spatial Databases to support CityGML Application Domain Extensions using Graph Transformations. In: Kulturelles Erbe erfassen und bewahren – Von der Dokumentation zum virtuellen Rundgang, 37. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF 2017. Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V., 316-331.

Der Digitaler Zwilling München als digitale Infrastruktur der klimaneutralen Stadt

Markus MOHL

Landeshauptstadt München – Kommunalreferat – GeodatenService · Denisstr. 2 · 80335 München
E-Mail: m.mohl@muenchen.de

1 Vision des Digitalen Zwillings München

Der Digitale Zwilling ist das digitale Herzstück der Zukunftsstadt München. Damit kann den Herausforderungen der Smart City München mit innovativen Lösungen begegnet werden. Die Urban Data Platform stellt dabei die zentrale Datendrehscheibe des Digitalen Zwillings dar. Mit ihr werden ehemals separierte Insellösungen zu einem gemeinsamen Ökosystem der Stadt vernetzt.

Die Stadtverwaltung kann damit Prozesse digitalisieren und erhält Innovationsräume, um neue Wege beschreiten zu können. Veränderungen werden im Vorfeld visualisiert und Bürgerinnen und Bürger sind besser in Entscheidungen eingebunden.

Zentrale Zukunftsthemen wie der Klimaschutz, eine zukunftsorientierte Mobilität oder die integrierte Stadtentwicklung kann die Stadtfamilie mit dem Digitalen Zwilling bestmöglich umsetzen.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

2.1 Einführung

Mit seinem Digitalen Zwilling nimmt die Landeshauptstadt München bundesweit eine Vorreiterrolle ein. Die virtuelle Repräsentation der realen Stadt ermöglicht es, Planungsszenarien und ihre Auswirkungen zu veranschaulichen und zu simulieren. Der Digitale Zwilling wird so zur digitalen Infrastruktur der klimaneutralen Stadt.

2.2 Entwicklung und Status Quo

Seit 2019 entwickelt der GeodatenService der Landeshauptstadt München in enger Zusammenarbeit mit dem städtischen IT-Referat sowie zahlreichen Fachreferaten, den Stadtwerken München und der Münchner Verkehrsgesellschaft den Digitalen Zwilling der Stadt. Das umfassende Vorhaben wird zudem seit März 2021 wissenschaftlich begleitet vom Lehrstuhl für Geoinformatik sowie dem Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München. Neben dem Aufbau der Datengrundlage werden „Was-Wäre-Wenn-Szenarien“ auf Basis des Digitalen Zwillings durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen hochinnovativen Ansatz, der in seinem Umfang einmalig ist in Deutschland und Signalwirkung hat auf europäischer Ebene.

"Als Bürgermeisterin freue ich mich über dieses digitale Abbild unserer innovativen Stadt München. Alle Dienststellen der Stadtverwaltung können dazu etwas beitragen und alle profitieren davon – letzten Endes besonders unsere Bürgerinnen und Bürger. Ein echtes Gemeinschaftswerk, mit dem wir die Digitalisierung zum Wohl unserer Stadt gestalten. Und virtuell können wir dann gemeinsam Dinge austesten, die uns in der realen Welt weiterhelfen.", Verena Dietl, 3. Bürgermeisterin der LH München

In einem ersten Schritt wird die Stadt digital in 3D repräsentiert. Dabei wird die urbane Oberfläche mit detaillierten Gebäuden, dem kompletten Verkehrsraum sowie der Vegetation virtuell ausgeprägt. Basierend darauf werden in einem nächsten Schritt umfangreiche Informationen ergänzt wie z. B. die zugrundeliegenden Verkehrsregeln im Straßenraum.

Ein weiterer essentieller Bestandteil des Digitalen Zwillings München sind Echtzeitdaten (Internet of Things). Diese liefern beispielsweise Informationen zum Verkehrsfluss, zur Luftqualität oder zur aktuellen Wetterlage. Neben städtischen Sensoren werden Messstellen und Datenplattformen des Bundes (z. B. Mobilitäts Daten Marktplatz, MDM) sowie des Freistaats Bayern (z. B. des Landesamtes für Umwelt) integriert.



Abb. 1: Digitaler Zwilling München: Vom digitalen Abbild zur Umsetzung in der realen Welt

Damit können unterschiedliche Szenarien hinsichtlich ihrer Wirkung auf die reale Stadt digital erprobt werden. Soll beispielsweise ein Straßenabschnitt in seiner räumlichen Aufteilung nach Verkehrsteilnehmenden umgestaltet werden, können daraus resultierende Veränderungen des Verkehrsflusses aber auch der Aufenthaltsqualität (z.B. Luftqualität) digital simuliert werden. Dies dient dann als Grundlage für Entscheidungsträger*innen in Politik und Verwaltung oder bei der Beteiligung von Bürger*innen.

„Der Digitale Zwilling ist unsere Alltagswaffe für ein effizientes, kostensparendes Arbeiten der Stadtverwaltung der Zukunft. Durch die Digitalisierung, Vernetzung und Visualisierung unserer Daten können wir verschiedene Lösungsansätze für Verkehrsprobleme, Klimaschutzfragen oder Stadtentwicklung unkompliziert durchspielen, um ihren Nutzen für die Lebensqualität in unserer Stadt effektiv zu bewerten.“, Kristina Frank, Kommunalreferentin der LH München

Das städtische Mobilitätsreferat hat dies bereits im Rahmen einer Informationsveranstaltung für Bürger*innen erfolgreich genutzt. So wurde ein aktuelles Radverkehrsprojekt aus dem Bürgerbegehren Radentscheid (siehe auch <https://muenchenunterwegs.de>) mit Unterstützung durch Visualisierungen auf Grundlage des Digitalen Zwillings präsentiert. Die Planungen konnten damit ansprechend und verständlich für die Bürger*innen aufbereitet und dargestellt werden. Mit diesem gemeinsamen Ansatz belegte die Landeshauptstadt München bei der Vergabe des Deutschen Fahrradpreises 2022 den zweiten Platz in der Kategorie Service & Kommunikation.



Abb. 2: Visualisierung von aktueller Situation (links) und Planungsszenario (rechts) auf Grundlage der 3D-Daten im Digitalen Zwilling München

Die Einbindung weiterer Fach- und Sensordaten ist zudem möglich und wird in Zukunft die Anwendungsfälle für den Digitalen Zwilling bedeutend erweitern. Daher sieht die Stadt München den Digitalen Zwilling auch als Leuchtturmprojekt innerhalb ihrer Digitalisierungsstrategie.

„Der Digitale Zwilling ist ein weiterer wichtiger Schritt für eine digitale Stadtgesellschaft auf dem Münchner Weg der Digitalisierung für und mit den Menschen. Dieser ist ein Meilenstein beim erfolgreichen Setzen von kommunalen Standards in der Digitalisierung für eine nachhaltige, attraktive und digitale Metropole München.“
Thomas Bönig, IT-Referent und CDO der LH München

In seiner Ausrichtung als digitales Herzstück der Smart City München ist der Digitale Zwilling bereits heute Basis für weitere, innovative Projekte der bayerischen Landeshauptstadt. So wird im Förderprojekt TEMPUS das größte Testfeld Deutschlands für automatisiertes und vernetztes Fahren eingerichtet und mittels Fahrzeugen des Individualverkehrs sowie des Öffentlichen Personennahverkehrs im realen Verkehrsgeschehen realitätsnah erprobt. Der Digitale Zwilling München liefert dabei die hochaufgelöste Datengrundlage und vernetzt relevante Echtzeitdaten mit den Fahrzeugen und der Infrastruktur.

In einem weiteren Förderprojekt Connected Urban Twins kooperiert die Stadt München mit den Städten Hamburg und Leipzig. In diesem Projekt werden die digitalen Zwillinge der beteiligten Städte aufgebaut bzw. fortgeführt für die Belange der integrierten Stadtentwicklung. Im Mittelpunkt des Projekts stehen funktionsfähige Systeme, die mit innovativen Anwendungen zur Verbesserung einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Stadtentwicklung eingesetzt werden können. Damit soll auch eine transparente Beteiligung der Stadtgesellschaft ermöglicht werden. Standardisierte Schnittstellen und eine vollständig beschriebene Konfiguration sorgen für eine Verstetigung der Systeme, so dass sie für weitere städtische Handlungsfelder und auch für andere Städte nutzbar werden. Zusätzlich dazu soll den Dateneigentümer:innen eine maßstabssetzende Data Governance und Datensouveränität geboten werden.

Literatur

<https://muenchen.digital/twin/>

Verkehrsdaten im Fluss – Mobilitätsinformationen zielgerichtet an den Nutzer bringen

Stefan KAUP¹ und Loredana DAZZO²

¹Esri Deutschland GmbH · Martin-Luther-King-Weg 24 · 48155 Münster

E-Mail: s.kaup@esri.de

²Esri Deutschland GmbH · Karl-Liebknecht-Straße 5 · 10178 Berlin

E-Mail: l.dazzo@esri.de

1 Transformationen im Gesamtsystem Mobilität

Das Thema Mobilität im Sinne einer tatsächlich durchgeführten Überwindung von Raumdistanz von Personen zur Erfüllung von Grundbedürfnissen durchläuft große Transformationen.

Megathemen wie die Digitalisierung von gesellschaftlichen Prozessen und die Anpassungen an den Klimawandel wirken im hohen Maß auf die Anforderungen von Mobilitätsgelegenheiten ein. Das beinhaltet zum einen die Schaffung resilienter und nachhaltiger physischer Infrastrukturen wie angepasste Straßen- und Wegenetze und elektrifizierte Verkehrsträger. Das beinhaltet aber auch einen neuen, integrierten Umgang mit Mobilitätsinformation. Verfügbarkeiten von Stellplätzen und Sharing-Angeboten, Verkehrsflussinformationen, Steuerung von Verkehrsanlagen und Störungsmeldungen kommen für die Nutzer zusammen und würden ihn in der Gänze der Datenmenge ohne technische Aufbereitung schlicht überfordern. Die Daten selbst und ihre Bereitstellung sind aber notwendig, um multimodale Mobilitäten möglichst hindernisarm zu gestalten.

Nicht nur aber auch gerade im urbanen Raum zeigt sich aus verschiedenen Perspektiven eine Erhöhung des Anspruchs an Mobilität. So hat sich allein das Fahrgastaufkommen im ÖPNV in den 2010er Jahren um etwa 10% erhöht (Datenlage bis 2019, schließt Effekte der Corona Pandemie aus).

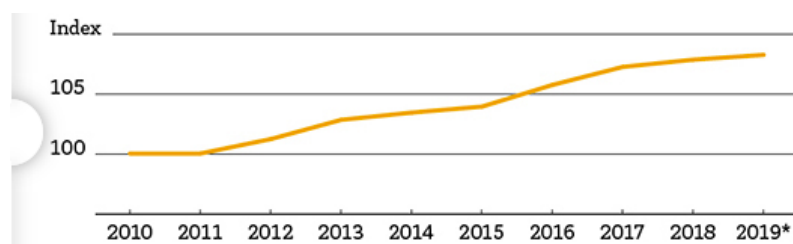


Abb. 1: Fahrgastentwicklung im ÖPNV im Zeitraum 2010-2019 (Quellen: VDV-Statistik, Statistisches Bundesamt | Stand: Januar 2020)

Auch spielen neue Formen von Angeboten eine Rolle in der Alltagsmobilität von Personen. Diese gehen von Carsharing Angeboten über buchbare eScooter Systeme bis hin zu On-Demand-Abrufangeboten, als Schnittstellen zwischen dem klassischen PkW-gebundenen MIV und dem takt- und ggf. schienegebundenen ÖPV. Gerade letztere sind im ländlichen Raum eine aufkommende Ergänzung im Mobilitätsangebot.



Abb. 2: On-Demand-Angebot als Ergänzung des ÖPNV in den Städten Höxter und Münster.

2 Eine Plattform als Mobilitätsdrehscheibe

Den oben genannten Verkehrssystemen bzw. unterschiedlichen Mobilitätsangeboten ist gemein, dass sie durch die Frage, wer benötigt und benutzt wann welches System, ein hohes Maß an Informationsfluss mit hochaktuellen Daten erzeugen. Darüber hinaus kommen Daten aus sensorgestützten Quellen (Kameras, Belegungssensoren von Flächen, Bewegungssensoren von Fahrzeugen, Ortsbezüge) hinzu.

Die Digitalisierung und Durchgängigkeit der Informationen aus diesen Verkehrssystemen ist ein Schlüssel für eine effiziente Mobilität. Daten können heute durch automatisierte Verkehrsmengenerfassungen erhoben, genutzt und über interaktive Mobilitätsdatenplattformen weitergegeben werden. Mobilitätsfragestellungen werden dadurch schneller als früher beantwortet. Datenbasierte Vorhersagen können Verkehrsplanern und Entscheidern zeigen, wo Handlungsbedarf besteht.

Modelle der Datenverarbeitung, in denen Formate und Speicherorte von Daten mit Medienbrüchen und Transformationsprozessen weitergegeben werden müssen, können den Ansprüchen durch die Nutzer nicht entsprechen. Ein plattformgestützter Ansatz ist notwendig.

2.1 Datenhaltung und -übertragung

Die mobilitätsbezogenen Daten, welche über die angesprochenen Systeme entstehen, müssen technisch so bereitgestellt werden, dass sie generisch in unterschiedlichen Anwendungen genutzt werden können. Dabei steht die Form der Datenspeicherung an sich eher im Hintergrund. Wichtiger ist die Schnittstelle der Daten nach außen im Sinne der Verfügbarmachung der Daten selbst und der Darstellung der Daten. Geeignete Schnittstellen sind Dienste, welche auf den Daten aufsetzen und sie nach außen über standardisierte Schnittstellen bereitstellen.

2.2 Mobilitätsinformationen für Anbieter und Entscheider

Die auf den Daten aufbauenden Anwendungen können für Entscheidergruppen beim Überwachen, der Steuerung und Planung von komplexen Systemen helfen. Die Informationsvermittlung muss dazu sowohl einen Überblick geben, visuell unterstützen und auch einen Abrprung in Detailansichten ermöglichen.

Für die Planung sind zudem tieferegehende Analysekapazitäten und Modellentwicklungen sinnvoll.

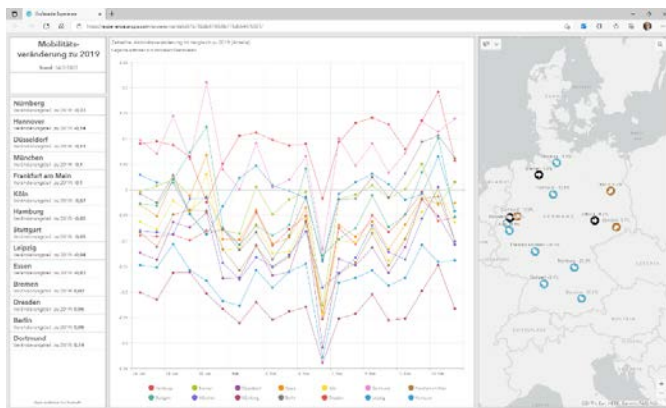


Abb. 3: Übersicht der Mobilitätsveränderungen in dt. Großstädten gegenüber dem Jahr 2019

2.3 Mobilitätsinformationen für Nutzer

Endnutzer von Mobilität brauchen in der Regel nicht den holistischen Überblick über das Gesamtsystem, sondern einen spezifischen Blick auf ihre aktuelle Verbindung, ihren Weg oder die Angebote für eine zukünftige Nachfrage.

Dafür müssen die Anwendungen maßgeschneidert sein, responsiv auf die Darstellungsform reagieren und mit wenigen Eingaben und Filtern die notwendigen Informationen bereitstellen.

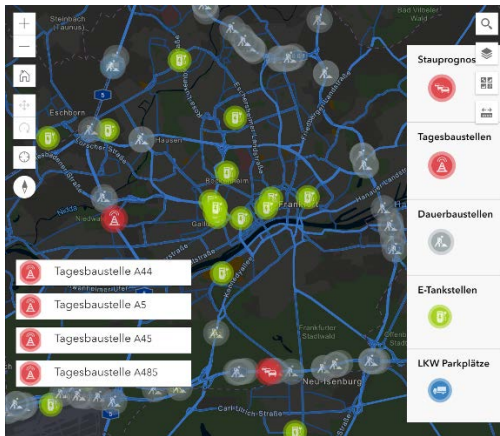


Abb. 4:

Echtzeitinformation über Staus, Baustellen, freie LKW-Parkplätze und E-Tankstellen

Literatur

Mobilität

[Kosten von Mobilität: Haushalte geben im Schnitt 233 Euro monatlich fürs Auto aus, 33 Euro für Bus, Bahn und Co. - Statistisches Bundesamt \(destatis.de\)](#)

[Daten & Fakten zum ÖPNV und Schienengüterverkehr | VDV - Die Verkehrsunternehmen](#)

[Bereitstellungspflicht von Mobilitätsdaten im PBefG | Rödl & Partner \(roedl.de\)](#)

<https://www.holibri.info/holibri/#Was-ist-Holibri>

<https://www.stadtwerke-muenster.de/loop-muenster/>

Plattformen

<https://www.ivi.fraunhofer.de/>

<https://www.mcloud.de/>

<https://plattform-digitale-netze.de/>

Anwendungen

[Mobilität | Dashboard Deutschland \(dashboard-deutschland.de\)](#)

[Großstädte Experience \(arcgis.com\)](#)

Herausforderungen und Datenvielfalt im Radwegemanagement – Von der Fahrrad-Abstellanlage bis zur touristischen Veloroute

Ralf BEHRENS

Leitung Straßenmanagement · IP SYSCON GmbH · Tiestestraße 16 – 18 · 30171 Hannover
E-Mail: ralf.behrens@ipsyscon.de

1 Einführung ins Thema

Seit einigen Jahren ist ein deutlich steigender Trend in Deutschland zu mehr Umweltbewusstsein entstanden. In erster Linie im Zusammenhang mit dem verstärkt eintretenden Klimawandel. Die daraus abgeleiteten Aktivitäten erstrecken sich von der Plastikvermeidung, über die Reduzierung von Monokulturen, bis hin zum reglementierten CO₂-Ausstoß und der Forcierung von E-Mobilität. Insbesondere bei den beiden zuletzt genannten Punkten spielt das Thema „Radwege“ eine gewichtige Rolle. Einerseits sollen Innenstädte sauberer werden und das hohe Verkehrsaufkommen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) gilt es entsprechend zu reduzieren. Zum anderen sollen die Innenstädte für die Bevölkerung weiterhin gut erreichbar bleiben. An dieser Stelle kommt neben einem effektiven und optimierten ÖPNV u. a. auch die E-Mobilität ins Spiel, vom Elektrobus, über das Elektroauto bis zum Elektro-Fahrrad (E-Bike).

Die Herausforderung der Städte liegt nun darin, die Infrastruktur so anzupassen, dass Berufstätige, Konsumenten, Touristen und Anwohner möglichst sowohl ressourcenschonend, umweltfreundlich, als auch bequem und schnell die gewünschten Ziele innerhalb der urbanen Zentren erreichen können. Einer der Bausteine zum Gelingen dieser komplexen Aufgabe ist sicherlich in der Radverkehrsinfrastruktur zu finden, die mehr ist als nur die Summe der Fahrradspuren entlang der Haupteinfallstraßen. So gehören abgestimmte Ampelschaltungen für den Vorrang von Radfahrern oder die sinnvolle Koordinierung mit dem ÖPNV zum Transport von Rädern ebenso dazu, wie die Anzahl von Fahrradabstellanlagen, Service- und Ladestationen für E-Bikes, eine gute Ausschilderung oder insbesondere die ausreichende Breite und Qualität der Radverkehrswege.

Darüber hinaus bedienen gut ausgebaute Radwege vor allem im Umland touristische Belange. Dabei spielen ebenso Fahrkomfort, gut ausgebaute Radwegweisung und ein gutes Netz von Servicestationen eine wichtige Rolle. Die Aufgabenstellung zur digitalen Dokumentation von touristischen Radwegen adressiert allerdings andere Schwerpunkte. Technische Details wie Beschichtungen oder exakte Breiten treten eher in den Hintergrund, während die Kombinationen der einzelnen Abschnitte zu unterschiedlichen Routen, die verschiedenen Zuständigkeiten und die ansprechende Präsentation für Bürger und Touristen im Vordergrund steht.

Die Herausforderung zur Dokumentation von Radwegen im kommunalen Umfeld liegt demzufolge darin, die passende Gewichtung bzgl. der zu erfassenden Detailtiefe in Verbindung mit den zu erreichenden Zielen zu bringen und geeignet abzubilden. Datenbanken und Geografische Informationssysteme bieten dabei die Möglichkeit einer strukturierten Ablage der Fachinhalte in Kombination mit einer geeigneten Präsentation der räumlichen Informationen.

Der Vortrag stellt den jeweiligen Ansatz von zwei kommunalen Institutionen gegenüber. Zum einen eine mittelgroße, norddeutsche Stadt mit gut 150t Einwohnern und dem Ziel, das Radwegenetz technisch zu dokumentieren, zum anderen ein bayerischer Landkreis, der den Fokus auf der Dokumentation touristischer Routen legt.

2 Zusammenfassung des Vortragsinhalts

Der Vortrag stellt die unterschiedlichen Zielsetzungen zweier, kommunaler Einrichtungen gegenüber und die sich daraus ergebenden, in Teilen abweichenden Erfassungsmethoden für den Radverkehr.

Dies betrifft die Schwerpunkte bei überwiegend technischen Betrachtungen von Radverkehrsinfrastruktur im innerstädtischen Bereich gegenüber den touristischen Belangen, die sich vorwiegend auf das Umland erstrecken.

Es werden Unterschiede aber auch Gemeinsamkeiten in der Sachdatenführung sowie der geometrischen Präsentation veranschaulicht.

Gezeigt wird, dass für beide kommunalen Einrichtungen eine zentrale Datenhaltungsform in Kombination mit einer variablen Präsentationsmöglichkeit des Esri GIS sowohl für innerstädtische als auch für ländliche Radinfrastrukturen eingesetzt werden kann.



© Karl-Heinz Spremberg – stock.adobe



© Irina Drazowa-Fischer– stock.adobe