



„Georeferenzierung von Verkehrsdaten und Verkehrsinformationen“

Empfehlungspapier der MDM User Group



Autoren: MDM User Group
Federführung: Gernot Pucher, Dr. Stefan Krampe, Florian Hilti
Datum: 03.04.2019
Version: 1.0



Inhaltsverzeichnis

Referenzierung verkehrsbezogener Geodaten.....	3
Georeferenzierung von Meldungsstandards im Bereich IVS.....	3
Praktische Vorgehensweise (Empfehlungen).....	6
Referenzen.....	8



Referenzierung verkehrsbezogener Geodaten

Generell ist unter dem Begriff „Georeferenzierung“ die Verknüpfung von räumlichen Daten mit einem bekannten Koordinatensystem oder einem Referenzdatensatz zu verstehen, sodass diese Daten im Kontext weiterer geografischer Information visualisiert, abgefragt und analysiert werden können [1]. Die Georeferenzierung kann daher entweder direkt durch die Zuweisung von Koordinaten, oder indirekt über Zuweisung eines geeigneten Identifikators (z. B. Link-ID) eines Datensatzes erfolgen.

Für IVS-Anwendungen, wie beispielsweise Verkehrsmanagement- und Verkehrsauskunftssysteme, werden dabei oftmals Segmente digitaler Wegenetze als räumliche Grundeinheiten herangezogen [2]. Diesbezüglich besteht die Anforderung, unterschiedliche verkehrliche Daten entsprechend ihrer räumlichen Lage auf die jeweiligen Wegsegmente zu referenzieren.

Hinsichtlich zu verortender verkehrlicher Daten können folgende Basiseinheiten identifiziert werden (vgl. [11]):

- **Punktdaten:** Stellen diskrete Objekte oder verkehrliche Ereignisse dar oder sind Verbindungspunkte linearer Objekte, z. B. Unfallereignis, Anfangs-/Endpunkt einer Baustelle, Infrastrukturstandorte.
- **Streckenbezogene Daten:** Mehrere Punkte sind zu einem Linienzug verbunden, die i. d. R. streckenbezogene Information beinhalten, z. B. Verkehrsqualität, Umleitungsstrecken, Steuerungsstrategien.
- **Flächendaten (Polygone):** Geschlossene Linienzüge, die flächenhafte Informationen wiedergeben, z. B. Veranstaltungsgebiete, Verkehrsflächen, administrative Gebiete.

Georeferenzierung von Meldungsstandards im Bereich IVS

Für die Referenzierung verkehrsbezogener Daten und Informationen sind unterschiedliche Methoden und Standards geläufig. Die Standardisierung von Referenzierungsverfahren dient dazu, Daten eines Datengebers bei Datennehmern nutzbar zu machen. Darauf aufbauend können verkehrsbezogene Dienste bei Datenkonsumenten entwickelt werden.

Generell kann zwischen **kartenabhängigen** und **kartenunabhängigen** Verfahren differenziert werden [3].

Kartenabhängige Referenzierungsmethoden

Bei kartenabhängigen Referenzierungsmethoden werden Verkehrsdaten und Verkehrsinformationen auf der Grundlage von eindeutigen Referenzelementen zwischen Meldungserzeuger und Meldungskonsument ausgetauscht. Die digitale Kartengrundlage des Erzeugers kann unterschiedlich von der des Konsumenten sein. Beide Kartengrundlagen haben jedoch eindeutige Element-Identifizierer. Ein Beispiel ist die Referenzierung auf Basis von Location-Code Tabellen. Die Location-Codes bezeichnen jeweils eine Folge von Straßenkanten, die über Zuordnungstabellen den Straßenkanten einer weiteren Datenquelle zugeordnet sind. Für Deutschland wird die sogenannte Location-Code-List von der Bundesanstalt für Straßenwesen gepflegt und zur Verfügung gestellt [5].



Der Vorteil kartenabhängiger Verfahren besteht in der eindeutigen Zuordenbarkeit referenzierter Daten. Ein Nachteil dieser Methodik ist, dass sowohl beim Erzeuger als auch beim Konsumenten von Verkehrsnachrichten eine eindeutige Zuordnungstabelle bzw. identisches Kartenmaterial vorhanden sein muss, um eine entsprechende räumliche Referenzierung durchführen zu können. In der Praxis werden jedoch häufig unterschiedliche Netzdaten oder abweichende Versionierungen verwendet, was die gemeinsame Nutzung und Verortung räumlicher Daten erschwert. Zudem verursachen die Vorkodierung von Locations sowie die Erstellung und Wartung von Zuordnungstabellen zeit- und arbeitsintensive Prozesse.

Kartenunabhängige Referenzierungsverfahren

Um die beschriebenen Problemstellungen zu vermeiden wurden kartenunabhängige Methoden zur Referenzierung von räumlichen Daten entwickelt. Bei kartenunabhängigen Referenzierungsverfahren können Meldungserzeuger und Konsument unterschiedliches digitales Kartenmaterial verwenden. Ziel dieser Verfahren ist es, räumliche Entitäten so eindeutig zu beschreiben, dass deren Position in einem davon unabhängigen Datensatz eindeutig identifiziert und zugeordnet werden können. Dafür werden beispielsweise Punktkoordinaten (z. B. im Koordinatensystem WGS 84) zur räumlichen Referenzierung verwendet.

Für die eindeutige Zuordnung verkehrlicher Daten zu einem Straßengraphen reichen Koordinaten als einziges Referenzierungskriterium jedoch häufig nicht aus. Das liegt vor allem daran, dass sich digitale Straßengraphen hinsichtlich ihrer positionsbezogenen und topologischen Genauigkeit sowie in ihrer geometrischen Generalisierung unterschiedlich stark von der Realität unterscheiden. So kann beispielsweise ein unregelmäßiger Offset in der Positionsgenauigkeit von Straßensegmenten auftreten. Zudem können Geometrien zum Zwecke einer kartografischen Generalisierung abstrahiert dargestellt werden, etwa bei komplexen Autobahnanschlussstellen. Eine weitere Fehlerquelle sind unterschiedliche Versionen von Straßengraphen, die etwa eine divergierende Aktualität hinsichtlich Änderungen der Straßeninfrastruktur aufweisen. In diesen Fällen würde die Zuordnung von Verkehrsdaten auf das Netz nur auf der Grundlage von Geokoordinaten zu potenziellen Fehlern führen [3].

Es wurden daher ausgereifte kartenunabhängige Referenzierungsverfahren entwickelt. Hierzu gehören u. a.

- AGORA-C – ISO 17572-3:2008 [6]
- TPEG-Loc – ISO/TS 24530-2:2006 [7]
- TPEG2-GLR – ISO/AWI TS 21219-21 [8]
- OpenLR [10]

Bei aktuellen kartenunabhängigen Referenzierungsverfahren wie AGORA-C oder OpenLR werden daher noch weitere Informationen benötigt, wie etwa die Angabe einer Straßenklasse als „Functional Road Class“ (FRC) oder der physischen Charakteristika der Straße als „Form of Way“ (FOW). Durch potenzielle Abweichung dieser Attribuierungen zwischen den verkehrlichen Quelldaten und dem Zieldatensatz können jedoch wiederum Zuordnungsfehler auftreten, insbesondere wenn diese zusammen mit Lageungenauigkeiten oder geometrisch/topologische Unterschiede auftreten.



TPEG Loc wurde so konzipiert, dass sowohl Clients, die über eine Ortsdatenbank verfügen, als auch Clients, die nicht mit Ortsdaten ausgestattet sind, möglichst präzise Ortsreferenzen erzeugen. Eine Ortsdatenbank oder eine Karte, ist für das Verstehen der TPEG-Loc-Daten nicht zwingend erforderlich [9]

Die folgende Tabelle listet ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige gängige Referenzierungsverfahren von Meldungsstandards auf.

Meldungsstandard	Beschreibung	Georeferenzierung
RDS-TMC (1997)	Radio-Data-System/Traffic Message Chanel	Referenzierung über Location Code Lists (LCL), keine Lizenzkosten [5]
Kartenabhängige Referenzierungsmethoden		
OpenLR (2009)	Offener Standard für Georeferenzierung	On-the-fly-Referenzierungsmethode Folge kürzester Wege mit OpenLR Reference Points, FRC-Klassen und Längenangaben, keine Lizenzkosten [10]
AGORA-C (2008)	Referenzierung geografischer Datenbestände	On-the-fly-Referenzierungsmethode mit LinearLocation, ImplicitArea, ExplicitArea, PointLocation. Hat ein kompaktes Binärformat. Lizenzkosten [6]
TPEG2-GLR (2005)	Geographic Location Referencing	On-the-fly-Referenzierungsmethode mit GeographicBoundingBox, GeographicBounding-CircleSector, GeographicPointReference, GeographicLineReference oder GeographicAreaReference auf Basis von Koordinaten, keine Lizenzkosten [8]
TPEG-Loc (1997)	Transport Protocol Experts Group Standard zum Aussenden von multimodalen Verkehrs- und Reiseinformationen	On-the-fly-Referenzierung mit Punkt-Koordinaten, keine Lizenzkosten [9]



Praktische Vorgehensweise (Empfehlungen)

Der Mobilitäts Daten Marktplatz bietet das Anbieten, Suchen und Abonnieren von verkehrsrelevanten Online-Daten sowie die Verteilung der Online-Daten zwischen Datengebern und Datennehmern. Dabei ist trotz fortschreitender Standardisierungsinitiativen (z.B. DATEXII – OpenLR-Container) davon auszugehen, dass diese Datenbestände in heterogenen Georeferenzierungsformaten vorliegen werden. Neben den Datenformaten selbst trifft dies ebenso auf Georeferenzierung der Daten zu, die derzeit noch nach unterschiedlichen Meldungsstandards oder sogar ohne Bezug zu gängigen Standards verortet werden. Daraus ergeben sich Mehraufwände für potenzielle Datennehmer, da diese die Daten über proprietäre Schnittstellen importieren und vorprozessieren müssen, um sie für ihre Anwendungsgebiete nutzen zu können. In der Folge verringert sich dadurch der Mehrwert für den Datennehmer und somit die Bereitschaft, die Daten zu beziehen.

Standardisierungsinitiativen wie DATEXII sind zu begrüßen, da sie den Datenaustausch und die Verwendung einheitlicher Schnittstellen erleichtern. Die Herausforderung einer Georeferenzierung von Daten auf die vom jeweiligen Datennehmer geforderte Referenzierungsbasis kann durch die Anwendung gängiger Referenzierungsstandards gelöst werden. Um eine möglichst große Interoperabilität zwischen verschiedenen Datenquellen, Anbietern und technologischen Lösungen zu fördern, wird die Verwendung von kartenunabhängigen Referenzierungsverfahren empfohlen. Die verschiedenen DATEXII-Profile, die über die Bundesanstalt für Straßenwesen/Mobilitätsdatenmarktplatz zur Verfügung gestellt werden, beinhalten unterschiedliche Referenzierungsmethoden. Sowohl kartenabhängige als auch kartenunabhängige Methoden kommen zum Einsatz (vgl. [12]).

In Zukunft kann das sich derzeit im Aufbau befindliche Integrationsnetz Straße (INS) als einheitliche Referenzierungsgrundlage für viele Anwendungen herangezogen werden, wodurch der Aufbau von entsprechenden Location-Code-Listen mit absehbarem Aufwand möglich wird [4]. Gerade hinsichtlich der Dynamik technologischer Entwicklungen und Kartengrundlagen im Bereich automatisiertes Fahren und dem dafür in Zukunft verfügbaren hochdynamischen Kartenmaterial erscheint es für zahlreiche Anwendungen jedoch zumindest fraglich, ob ein einziger Netzgraph als Referenzierungsgrundlage für die große potenzielle Bandbreite an IVS-Anwendungen herangezogen werden kann. Gerade bei Spezialanwendungen wie automatisiertes Fahren oder auch dem Fahrrad- oder Fußgängerverkehr bestehen spezifische Anforderungen an die topologische und attributive Gestaltung von Netzgraphen.

Das Anbieten von Services zur Datenkonvertierung über den MDM wäre eine Möglichkeit, die Heterogenität der bereitgestellten Daten hinsichtlich ihrer Georeferenzierung zu überwinden und somit einen signifikanten Mehrwert für potenzielle Datennehmer zu schaffen. In der Praxisanwendung hat sich gezeigt, dass die Anwendung kartenunabhängiger Referenzierungsverfahren wie OpenLR oder AGORA-C eine anspruchsvolle Aufgabe darstellt, die spezialisiertes technisches Wissen erfordert. Bei korrekter Anwendung haben die meisten kartenunabhängigen Verfahren zur Georeferenzierung jedoch eine hohe Validität (über 90 % „Trefferquote beim der Georeferenzierung auf Netzgrundlage des Datennehmers). Für die Qualitätssicherung ergibt sich die Forderung nach einer Nachvollziehbarkeit der Konvertierungshistorie eines Datensatzes, der über die MDM-Plattform angeboten wird. Dies kann beispielsweise über die Verknüpfung standardisierter Metadaten zu den bereitgestellten Daten erfolgen.



Eine Empfehlung bzw. Festlegung auf einen bestimmten kartenunabhängigen Referenzierungsstandard für den MDM kann aus derzeitiger Sicht nicht eindeutig ausgesprochen werden. Dies ist wiederum auf die Dynamik technologischer Entwicklungen zurückzuführen, aber auch auf die Tatsache, dass unterschiedliche Anwendungen und Datengrundlagen durch die verschiedenen Standards in unterschiedlichem Maße gut angesprochen werden. So hat sich der OpenLR Standard [10] beispielsweise vor allem bei der Referenzierung von streckenbezogenen Verkehrsdaten besonders bewährt, was auch auf die Verwendung von Shortest-Path Segmenten und FRC-Attributen zurückzuführen ist. Für andere Datenquellen spielt das FRC-Attribut hingegen möglicherweise keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle, weshalb dessen Verwendung eine Redundanz darstellen würde und andere Referenzierungsmethoden effizienter anwendbar sind. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die Verwendung lizenzfreier Referenzierungsmethoden (z. B. OpenLR, im Gegensatz z. B. zu AGORA-C) bei vergleichbaren qualitativen Ergebnissen und Anwendungsmöglichkeiten aus Kostengründen vorzuziehen sind.

Folgende Aspekte werden für die weitere Diskussion der NutzerInnen des MDM zusammengefasst:

- Die EU-weite Standardisierung von Datenformaten für den Austausch dynamischer Verkehrsdaten (z. B. DATEXII) ist generell zu begrüßen.
- Bestehende DATEXII-Profilen enthalten, je nach Datenart, kartenabhängige oder kartenunabhängige Referenzierungsmethoden.
- Die Georeferenzierung von verkehrsbezogenen Geodaten auf Netzgraphen kann kartenabhängig nur mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden, wenn eine einheitliche Referenzierungsgrundlage (z. B. INS) vorliegt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein einheitlicher Netzgraph nicht die notwendige topologische, geometrische oder attributive Ausprägung für alle Anwendungsfälle im Bereich IVS liefert (z. B. automatisiertes Fahren, Fahrradnavigation). Zudem ist eine Flächendeckung bis in das nachgeordnete Netz derzeit nicht erkennbar. Um alle Anwendungsfälle abzudecken, empfiehlt sich die Verwendung kartenunabhängiger Georeferenzierungsverfahren.
- Bei der Georeferenzierung erzielen kartenunabhängige Verfahren wie OpenLR qualitativ gute Ergebnisse. Bei jedem Referenzierungs- und Konvertierungsvorgang entstehen jedoch Fehler, weshalb bei kartenunabhängigen Verfahren Mechanismen zur Qualitätssicherung, etwa über die Bereitstellung von Metadaten zur Beschreibung von Bearbeitungsvorgängen eines Datensatzes, implementiert werden sollten.
- Die qualitätsgesicherte Referenzierung von Geodaten nach kartenunabhängigen Verfahren (z. B. OpenLR, TPEG oder Agora-C) ist ein komplexer und technisch anspruchsvoller Prozess. Dementsprechend würde das Anbieten eines Service zur Georeferenzierung von Verkehrsdaten über den MDM einen Mehrwert für Datennehmer bieten, die diesen Prozess nicht mit internen Ressourcen durchführen können. Wiederum gilt es jedoch zu prüfen, ob entsprechende Geschäftsmodelle um derartige Services anzubieten tragfähig sind.
- Insbesondere im Falle eines zukünftigen Austausches statischer Daten (vgl. MDM Empfehlungspapier „Statische Straßendaten“) über den MDM können die genannten Services um die Konvertierung verschiedener Referenzierungsarten wie Stationierung, Kilometrierung, Koordinaten, Adressen, Straßennamen, Kreuzungen



usw. erweitert werden, um die Bereitstellung verkehrlicher Daten über den MDM für die datenabgebenden Stellen weiter zu erleichtern.

- Eine klare Empfehlung für ein einzelnes standardisiertes Referenzierungsverfahren für Daten des MDM kann nicht ausgesprochen werden, da sowohl Datenquellen als auch Anwendungsfälle von Datennehmer potenziell unterschiedlich sind, und somit verschiedene Referenzierungsverfahren je nach Anwendungsfall unterschiedlich gute Ergebnisse erwarten lassen. Optimal wäre die Bereitstellung von Diensten, die die kartenunabhängige Referenzierung nach mehreren Standards zulassen, sodass der Datennehmer diese entsprechend seiner Zielreferenz und -anwendung wählen kann.

Referenzen

- [1] ESRI GIS Dictionary, unter <http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/georeferencing> (23.10.2015)
- [2] Graser, A., Dragaschnig, M., Koller, H. & Pfiff M. (2012): Kartenunabhängige Übertragung von Routenempfehlungen mittels offener Standards. In: Strobl, J., Blaschke, T. & Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2012. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach.
- [3] Pfeiffer, H.-W. (2010): ISO 17572 Geo-Referencing Standard and AGORA-C Patent Pool. Car Multimedia Bosch GmbH.
- [4] Marschal, C., Koch, R., Schildknecht S. (2014): Integrationsnetz Straße, Konzept. Rosenthaler + Partner AG
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen – Location-Code-List
<http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-LCL/location-code-list.html?nn=605096>
(25.1.2017)
- [6] Intelligent transport systems (ITS) -- Location referencing for geographic databases -- Part 3: Dynamic location references (dynamic profile) - ISO 17572-3:2008 – AGORA-C
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=45962 (25.1.2017)
- [7] Traffic and Travel Information (TTI) -- TTI via Transport Protocol Experts Group (TPEG) Extensible – Markup Language (XML) -- Part 2: tpeg-loc – ISO/TS 24530-2:2006
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37500 (25.1.2017)
- [8] Intelligent transport systems -- Traffic and Travel Information via Transport Protocol Experts Group, generation 2 (TPEG2) -- Part 21: Geographic Location Referencing (TPEG-GLR) - ISO/AWI TS 21219-21
- [9] TPEG – https://de.wikipedia.org/wiki/Transport_Protocol_Experts_Group#Unabh.
C3.A4ngigkeit_vom_Kartenmaterial_28TPEG-Loc.29 (25.1.2017)
- [10] OpenLR – Open, Compact and Royalty-free Dynamic Location Referencing
<http://www.openlr.info> (25.1.2017)
- [11] Bundesanstalt für Straßenwesen, „Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme“,
<http://www.okstra.de/docs/n-dokumente/n0136.pdf>, (3.4.2019)
- [12] DATEXII-Profil des Mobilitätsdatenmarktplatzes,
<https://www.mdm-portal.de/service/hilfe/datex-ii-profile.html>, (3.4.2019)