



DiMAP AP1:

Leitfaden zur harmonisierten MAP-Erstellung für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme

Version 02-00-00

Stand 21.02.2022



OpenTraffic Systems
City
Association e.V.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



DiMAP AP1: Leitfaden zur harmonisierten MAP- Erstellung für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme

Hauptautoren:

Offermann, Dr. Frank	Traffic Technology Services Europe GmbH
Weisheit, Dr. Toni	Traffic Technology Services Europe GmbH
Walkenhorst, Marina	Traffic Technology Services Europe GmbH

Dieser Leitfaden erhebt keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit. Es handelt sich um einen Stand nach Abschluss des Projekts DiMAP (2021) und wird laufend weiterentwickelt. Für den Inhalt des vorliegenden Berichts sind die Hauptautoren verantwortlich. Anregungen nimmt der Anwenderkreis DiMAP der OCA e.V. gerne entgegen.

Weitere Autoren:

Freie und Hansestadt Hamburg
Landeshauptstadt München
Stadt Köln
Landeshauptstadt Düsseldorf
Landeshauptstadt Stuttgart
Stadt Kassel

Auftragnehmer:

Traffic Technology Services Europe GmbH
Thalkirchener Straße 56
80337 München

Herausgeber:

OCA – Open Traffic Systems City Association e.V.
c/o Stadt Frankfurt am Main / Straßenverkehrsamt
Gutleutstraße 191
60327 Frankfurt am Main

Inhaltsverzeichnis

1	Dokument-Attribute	11
2	Deklarationen / Referenzen	12
2.1	Begriffsdefinitionen/Abkürzungen/Akronyme.....	12
2.2	Glossar Use Case Abkürzungen.....	16
2.3	Referenzen.....	17
3	Einführung	19
3.1	Zweck und Gesamtziel.....	19
3.2	Begriffsdefinition.....	19
3.3	Anwendungsbereich.....	19
3.4	Problembeschreibung, Zielsetzung und Vorgehensbeschreibung.....	20
3.4.1	<i>Problemstellung</i>	20
3.4.2	<i>Zielsetzung</i>	22
3.4.3	<i>Vorgehen</i>	25
4	Grundlagenanalyse	26
5	Identifikation der Map-relevanten Use Cases und Stakeholderanalyse	32
5.1	Identifikation der Map-relevanten Use Cases.....	32
5.2	Stakeholderanalyse.....	33
5.2.1	<i>RSU-basierter Kommunikationsansatz (ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X)</i>	33
5.2.2	<i>Zentraler, mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G)</i>	38
6	Workflow-Analyse	41
6.1	Map-Erstellungsprozess bei den Map-aktiven OCA Referenzstädten.....	41
6.1.1	<i>Workflowanalyse bei den Map-aktiven OCA Referenzstädten</i>	41
6.1.2	<i>Katalog der Tools und Verfahren zur Map-Erstellung</i>	63
6.1.3	<i>Übersicht der Detailtiefe der städtischen Maps</i>	66
6.2	Service Provider.....	69
6.2.1	<i>Workflowanalyse bei TTS</i>	69

6.2.2	<i>Katalog der Tools und Verfahren von TTS zur Map-Erstellung</i>	72
6.2.3	<i>Übersicht der Detailtiefe der TTS Maps</i>	74
7	Harmonisierte Prozesse zur Map-Erstellung	77
7.1	Use Case spezifische Anforderungen	77
7.1.1	<i>UC SPaT-Info</i>	77
7.1.2	<i>UC GLOSA</i>	79
7.1.3	<i>UC Emergency Vehicle Warning / Intersection Collision Warning</i>	81
7.1.4	<i>UC Red Light Violation Protection</i>	82
7.1.5	<i>UC Vehicle Priorization</i>	83
7.2	Analyse der Eignung der städtischen Maps	85
7.3	Harmonisierte Erstellungsprozessbeschreibungen für lichtsignalisierte Knotenpunkte	87
7.3.1	<i>Allgemeine Handlungsempfehlungen / Definition einer „Referenz-Struktur“</i>	87
7.3.2	<i>Umgang mit Spezialfällen</i>	101
7.3.3	<i>Umgang mit Überplanungen / Baustellen</i>	123
8	Integrierte Prozessanalyse und Rollenmodell	125
8.1	Eingliederung des Workflows in den Planungsprozess und die Prozesse des Verkehrsmanagements	125
8.2	Aufgabenverteilung und Abgrenzung zwischen den Stakeholdergruppen	128
8.3	Automatisierte Versorgungskette	130
9	Anhang	132
9.1	Stichwortverzeichnis	132
9.2	Prozessbeschreibungen für den RSU-basierten und zentralen, mobilfunk-gestützten Kommunikationsansatz	135
9.3	Versorgungsbeispiel verkehrstechnische Teilknoten	147
9.3.1	<i>LISA+</i>	147
9.3.2	<i>Map2X</i>	147
9.3.3	<i>CROSSIG</i>	148
9.4	Versorgungsbeispiel komplexer Kreisverkehr	149
9.4.1	<i>LISA+</i>	149

9.4.2	Map2X.....	149
9.4.3	CROSSIG.....	150

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: „Weißer Fleck“ in kommerziellen digitalen Karten am Beispiel Lindwurmstraße/Reisingerstraße in München	21
Abbildung 3.2: Gegenüberstellung der Inhalte von Map und SPaT	23
Abbildung 4.1: Illustration eines versorgten Knotenpunktes am Beispiel Wandsbeker Zollstraße / Holzmühlenstraße / Effttingestraße in Hamburg	27
Abbildung 5.1: Kooperationsmodell zwischen den Stakeholdern beim RSU-basierten Kommunikationsansatz (ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X)	34
Abbildung 5.2: Map-Datenfluss zwischen den Stakeholdern des zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatzes (4G/5G)	39
Abbildung 6.1: Workflow PreMap-Erstellung Stadt Düsseldorf	43
Abbildung 6.2: Workflow Map-Erstellung Stadt Hamburg	49
Abbildung 6.3: Workflow Map-Erstellung Hamburg Hafen	51
Abbildung 6.4: Workflow Map-Erstellung Stadt Kassel	54
Abbildung 6.5: Workflow Map-Erstellung Stadt Köln	56
Abbildung 6.6: Workflow Map-Erstellung Stadt München	59
Abbildung 6.7: Workflow Map-Erstellung Stadt Stuttgart	61
Abbildung 6.8: VIAP Sitraffic Office von der Firma YUNEX TRAFFIC	63
Abbildung 6.9: Sitraffic Map2X von der Firma YUNEX TRAFFIC	64
Abbildung 6.10: VIAP LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER	65
Abbildung 6.11: VIAP CROSSIG von der Firma GEVAS software GmbH	65
Abbildung 6.12: TTS Workflow	70
Abbildung 6.13: Map Generator von TTS	72
Abbildung 6.14: Google Earth Pro	73
Abbildung 6.15: Map Exporter von TTS	73
Abbildung 7.1: Illustration der ingress und egress Approaches am Beispiel eines 3-armigen Knotens [11]	92
Abbildung 7.2: Beispiel eines Fußgängerüberweges [11]	93
Abbildung 7.3: Illustration eines Segmentattributes am Beispiel des doNotBlock-Attributes [6]	99
Abbildung 7.4: Verwendung des taperToLeft-Segmentattributes für merge points [11]	99
Abbildung 7.5: Beispiel eines Knotens mit verkehrstechnischen Teilknoten – Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße in Düsseldorf mit markierten laneIDs	102
Abbildung 7.6: Vor-Ort-Aufnahme aus Richtung Rheinkniebrücke des Knotens Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße in Düsseldorf	102
Abbildung 7.7: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur des Teilknoten 1 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 16->12	103
Abbildung 7.8: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 12->4	104
Abbildung 7.9: Schematische Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 16->12->4	105

Abbildung 7.10: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung von Teilknoten am KP Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße	106
Abbildung 7.11: Beispiel eines komplex signalisierten Kreisverkehrs in Köln (Messekreis)	107
Abbildung 7.12: Spurversorgung eines Teilknotens des Messekreisels Köln	108
Abbildung 7.13: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreis Köln für eine Durchfahrung des Kreisverkehrs aus planerischer Sicht	109
Abbildung 7.14: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreis Köln für eine Durchfahrung des Kreisverkehrs aus Fahrzeugsicht	110
Abbildung 7.15: Beispiel einer Unterführung am Knoten Richard-Wagner- Straße/Ettinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt	111
Abbildung 7.16: Schematische Spurversorgung mit Unterführung am Knoten Richard-Wagner- Straße/Ettinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt	112
Abbildung 7.17: Schematische Darstellung verschiedener Höhenlevel am Knoten Richard-Wagner- Straße/Ettinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt	113
Abbildung 7.18: Beispiel einer revocable lane: Humboldtstraße / Oefelestraße München Wendepisma	114
Abbildung 7.19: Beispiel einer revocable lane: Humboldtstraße / Oefelestraße München – Vogelperspektive... 115	
Abbildung 7.20: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung einer revocableLane am Beispiel Knoten Humboldtstraße/Oefelestraße in München	117
Abbildung 7.21: Schematische Darstellung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur für einen Linksabbieger am nördlichen Knoten Maximiliansplatz./Max-Joseph-Straße	118
Abbildung 7.22: Schematische Darstellung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur für einen Linksabbieger am südlichen Knoten Maximiliansplatz/Max-Joseph-Straße	119
Abbildung 7.23: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung von remoteIntersection am Knoten Maximiliansplatz./Max-Joseph-Straße in München	120
Abbildung 7.24: Schematische Spurversorgung eines Bahnübergangs (nur MIV) in der Brunhamstraße in München	121
Abbildung 7.25: Schematische Darstellung einer Spurversorgung einer Klappbrücke am Beispiel Mahatma- Gandhi-Brücke in Hamburg	122
Abbildung 9.1: PB 1.1 – Map-Erstellung (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	136
Abbildung 9.2: PB 1.2.1 – Bereitstellung Versorgungsdaten an Signalbaufirmen / RSU Hersteller (Fremdwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	137
Abbildung 9.3: PB 1.2.2 – Bereitstellung Versorgungsdaten an städtischen Techniker (Eigenwartung) (RSU- basierter Kommunikationsansatz)	137
Abbildung 9.4: PB 1.2.3 – Map-Veröffentlichung / Bereitstellung an Dritte (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	138
Abbildung 9.5: PB 1.3 – Qualitätsprüfung / -sicherung durch SP (RSU-basierter / zentraler Kommunikationsansatz)	138
Abbildung 9.6: PB 1.4.1 – Aufspielen Versorgungsdaten durch Signalbaufirma / RSU Hersteller (Fremdwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	139
Abbildung 9.7: PB 1.4.2 – Aufspielen Versorgungsdaten durch städtischen Techniker (Eigenwartung) (RSU- basierter Kommunikationsansatz)	139
Abbildung 9.8: PB 1.5.1 – Map-Bereitstellung für OEM via RSU (RSU-Hersteller = SP, Voraussetzung Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	140

Abbildung 9.9: PB 1.5.2 – Map-Bereitstellung für AM / APP via RSU (RSU-Hersteller = SP, Voraussetzung ggf. Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz).....	140
Abbildung 9.10: PB 1.5.3 – Map-Bereitstellung für OEM via zentralem SP (Voraussetzung Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz).....	141
Abbildung 9.11: PB 1.5.4 – Map-Bereitstellung für AM / APP via zentralem SP (Voraussetzung ggf. Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz).....	141
Abbildung 9.12: PB 1.6.1 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege städtisch (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	142
Abbildung 9.13: PB 1.6.2 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege zentraler SP (RSU-basierter Kommunikationsansatz)	142
Abbildung 9.14: PB 2.1.2 – Map-Erstellung zentraler SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))	144
Abbildung 9.15: PB 2.3 – Qualitätsprüfung / -sicherung durch SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G)).....	144
Abbildung 9.16: PB 2.4.1 – Map-Bereitstellung für OEM via SP (Voraussetzung Schritt 2.3 Qualitätssicherung Map) (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))	145
Abbildung 9.17: PB 2.4.2 – Map-Bereitstellung für AM / APP via SP (Voraussetzung ggf. Schritt 2.3 Qualitätssicherung Map) (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))	145
Abbildung 9.18: PB 2.5.2 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G)).....	146
Abbildung 9.19: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem VIAP LISA+	147
Abbildung 9.20: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem Map2X-Tool	147
Abbildung 9.21: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem VIAP CROSSIG	148
Abbildung 9.22: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem VIAP LISA+	149
Abbildung 9.23: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem Map2X-Tool	149
Abbildung 9.24: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem VIAP CROSSIG	150

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Übersicht Detailtiefe Maps – MAPEM Datenelemente.....	28
Tabelle 4.2: Übersicht Detailtiefe Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry“.....	29
Tabelle 4.3: Übersicht Detailtiefe Maps - Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“.....	29
Tabelle 4.4: Übersicht Detailtiefe Maps - Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY.....	31
Tabelle 5.1: Verschmelzung der Map relevanten Use Cases aus C2C-CC und C-Roads	32
Tabelle 6.1: Detailtiefe der städtischen Maps – MAPEM Datenelemente (Stand Juli 2021)	66
Tabelle 6.2: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry“ (Stand Juli 2021).....	67
Tabelle 6.3: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“ (Stand Juli 2021).....	67
Tabelle 6.4: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry - laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY“ (Stand Juli 2021).....	68
Tabelle 6.5: Detailtiefe der TTS Maps – MAPEM Datenelemente (Stand Juli 2021).....	74
Tabelle 6.6: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry“ (Stand Juli 2021).....	74
Tabelle 6.7: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“ (Stand Juli 2021).....	75
Tabelle 6.8: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY“ (Stand Juli 2021) – NodeXY.....	76
Tabelle 7.1: Anforderungen für den UC SPaT-Info.....	79
Tabelle 7.2: Anforderungen für den UC GLOSA	80
Tabelle 7.3: Anforderungen für die UCs Emergency Vehicle Warning / Intersection Collision Warning.....	81
Tabelle 7.4: Anforderungen für den UC Red light violation protection.....	82
Tabelle 7.5: Anforderungen für den UC Vehicle Priorization	83
Tabelle 7.6: Gerundete Zufahrtszeiten in Abhängigkeit ausgewählter Zufahrtslängen und Geschwindigkeiten....	84
Tabelle 7.7: Minimale Attributierungsgüte einer Map – MAPEM Datenelemente	87
Tabelle 7.8: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry“	88
Tabelle 7.9: Verfahren von TTS zur Zusammensetzung der region für Deutschland in Abhängigkeit der Anzahl der Ziffern der Ortsnetzkenzahl	89
Tabelle 7.10: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“.....	91
Tabelle 7.11: Zuordnung der sharedWith Attribute zu den gebräuchlichsten Spurtypen.....	94
Tabelle 7.12: Verwendung von laneType und sharedWith bei verschiedenen Nutzergruppen	95
Tabelle 7.13: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY.....	97
Tabelle 7.14: Zuordnung der gebräuchlichsten RevocableLane Attribute zu den entsprechenden Spurtypen ..	115

Tabelle 8.1: Aufgabenverteilung für die UCs SPaT-Info, GLOSA, Emergency Vehicle Warning, Red light violation protection, Intersection Collision Warning.....	129
Tabelle 8.2: Aufgabenverteilung UC Vehicle Priorization	129

1 Dokument-Attribute

Dokumentenbezeichner	Leitfaden zur harmonisierten Map Erstellung für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme
Kurzbezeichner	DiMAP
Dokumentenzweck	Ziel des Leitfadens ist es, aus einem Dialog zwischen Städten und Industrie resultierende harmonisierte technische Spezifikationen bezüglich Kreuzungstopologien und -geometrien (Map-Daten) für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme bereitzustellen.
Ansprechpartner inhaltlich	OCA-Anwenderkreis „DiMAP“
Eigentümer	OCA - Open Traffic Systems City Association e.V.
Vertraulichkeit	keine

2 Deklarationen / Referenzen

2.1 Begriffsdefinitionen/Abkürzungen/Akronyme

Begriff / Abkürzung	Erklärung
4G	4. Generation (Mobilfunkstandard / LTE)
5G	5. Generation (Mobilfunkstandard)
AwK	Anwenderkreis
ASN.1	Abstract Syntax Notation One
AutoCAD	CAD Programm der Firma Autodesk
BricsCAD	CAD Programm der Firma Bricsys
C2C-CC	CAR 2 CAR Communication Consortium
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems (Kooperative Intelligente Verkehrssysteme)
C-V2X	Cellular Vehicle-to-everything
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Nachrichtentyp: Cooperative Awareness Message
CROSSIG	Verkehrsengeieurarbeitsplatz von der Firma GEVAS software GmbH
DENM	Nachrichtentyp: Decentralized Environmental Notification Message
DVK	Durchgängige Versorgungskette
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DWG	Konstruktions-Datenformat: Drawing (Autodesk)
DXF	Drawing Interchange File Format, Dateiformat zum CAD-Datenaustausch (Autodesk)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

FG	Fußgänger
FTP	File Transfer Protocol
GeoJSON	Datenaustauschformat für geografische Daten
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ITA-2	Internationales Telegraphenalphabet Nr.2
ITF	Intersection Topology Format
ITS	Intelligent Transport Systems
ITS-G5	von der ETSI benannter Datenübertragungsstandard nach WLAN Standard 802.11p
JSON	Datenaustauschformat: Java Script Object Notation
KML	Keyhole Markup Language
KoMoD	Kooperative Mobilität im digitalen Testfeld Düsseldorf
KoMoDnext	Kooperative Mobilität im digitalen Testfeld Düsseldorf
KP	Knotenpunkt
LISA+	Verkehringenieurarbeitsplatz von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER
LSA	Lichtsignalanlage
MAP	Nachrichtentyp für Karten-/Topologie-Informationen
MAPEM	ETSI ITS-Nachrichtentyp mit MAP als relevanter payload, ergänzt um standardkonformen header und footer (MAP extended Message)
MDM	Mobilitätsdaten Marktplatz, von der BAST betriebenes Online Portal zur Vermittlung von (verkehrsbezogenen) Daten zwischen Lieferanten, Veredlern und Nutzern
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MP	Meldepunkt
OBU	On-Board-Unit, gemäß aktuellem Begriff "V-ITS-S" (Vehicleside ITS Station)
OCA	Open Traffic Systems City Association e. V. - ein Verband deutscher, österreichischer und schweizer öffentlicher Baulastträger

OEM	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
ÖFV	Öffentliche Verwaltung
OIVD	OCIT-Instations-Versorgungsdatei
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P2P	Point-to-Point
PB	Prozessbeschreibung
PreMap	MAP-Inhaltsdatei als direktes Resultat aus den kommunalseitig verwendeten VIAPs (siehe Kap. 3.2)
RLVP	Red light violation protection
RP	Referenzpunkt
RSU	Roadside Unit, gemäß aktuellem Begriff "R-ITS-S" (Roadside ITS Station)
SAE	Society of Automotive Engineers
SG	Signalgruppe
Sittraffic Map2X	Tool zur Map-Erstellung von der Firma YUNEX TRAFFIC
Sittraffic Office	VIAP von der Firma YUNEX TRAFFIC
SLA	Service Level Agreement
SP	Service Provider
SPaT	ETSI ITS-Nachrichtentyp: Signal Phase and Timing
SPATEM	ETSI ITS-Nachrichtentyp: Signal Phase and Timing
SRM	ETSI ITS-Nachrichtentyp: Service Request Message
STRATIS	CAD Programm der Firma RIB Software
Tempus	Testfeld München – Pilotversuch urbaner automatisierter Straßenverkehr

Tier 1	Ebene 1 Zulieferer gemäß Zulieferpyramide
UC	Use Case (Anwendungsfall)
UML	Unified Modeling Language
VD	Versorgungsdaten
VIAP	Verkehringenieurarbeitsplatz
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale
VTU	Verkehrstechnische Unterlagen
XER	XML encoding rules (for ASN.1)
XML	Extensible Markup Language

2.2 Glossar Use Case Abkürzungen

Use Case Abkürzung	Use Case Name	Referenz
HLN-EVI	Hazardous Location Notification – Emergency Vehicle in Intervention	[1]
HLN-PTVC	Hazardous Location Notification – Public Transport Vehicle Crossing	
HLN-PTVS	Hazardous Location Notification – Public Transport Vehicle at a Stop	
HLN-RLX	Hazardous Location Notification – Railway Level Crossing	
SI-EVP	Signalized Intersections – Emergency Vehicle Priority	
SI-GLOSA	Signalized Intersections – Green Light Optimal Speed Advisory	
SI-ISVW	Signalized Intersections – Imminent Signal Violation Warning	
SI-SPTI	Signalized Intersections – Signal Phase and Timing Information	
SI-TLP	Signalized Intersections – Traffic Light Prioritization	

2.3 Referenzen

- [1] C-ROADS, C-Roads Platform Working Group 2 Technical Aspects Taskforce 2 Service Harmonisation, Common C-ITS Service and Use Case Definitions, Version 2.0.0, 2021.
- [2] SAE International, SAE J2735, V2X Communications Message Set Dictionary, https://www.sae.org/standards/content/j2735_202007/, 2020.
- [3] DIN, „ISO/TS 19091 - Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections,“ 2019.
- [4] ETSI TS 103 301:2016-11: Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services.
- [5] Talking Traffic: "Intersection Topology Format (ITF) Profile Version 2.1.a", Kennisplatform CROW, CROW number D3046-7, <http://www.crow.nl>, Juni 2019.
- [6] CAR 2 CAR Communication Consortium, Automotive Requirements for SPaT and MAP, https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic_System_Profile/Release_1.5.0/C2CCC_RS_2077_SPATMAP_AutomotiveRequirements.pdf, Release 1.5.3, 2021.
- [7] C-ROADS, C-Roads Platform Working Group 2 Technical Aspects Taskforce 3 Infrastructure Communication, C-ITS Message Profiles, Version 1.8.0, 2020.
- [8] CAR 2 CAR Communication Consortium, Guidance for day 2 and beyond roadmap, https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_WP_2072_RoadmapDay2AndBeyond_V1.2.pdf, Version 1.2, 2021.
- [9] Kath, Neuner, Schendzielorz, Schön, ET AL.: Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite, UR:BAN Projekt Vernetztes Verkehrssystem, Teilprojekt Kooperative Infrastruktur, Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik, 2016.
- [10] OCA, Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme, Version 01-00-00, Stand September 2020.

- [11] C-ROADS, C-Roads Platform Working Group 2 Technical Aspects, European handbook for MAPEM and SPATEM creation, Version 1.0, 2021.
- [12] DIN EN ISO 3166-1:2020: Codes für die Namen von Ländern und deren Untereinheiten - Teil 1: Codes für Ländernamen.
- [13] DIN EN ISO 14816:2006-07: Telematik für den Straßenverkehr und Transport - Automatische Identifizierung von Fahrzeugen und Geräten - Nummerierung und Datenstrukturen.

3 Einführung

3.1 Zweck und Gesamtziel

Der „Leitfaden zur harmonisierten Map-Erstellung für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme“ ist das Ergebnis des Vorhabens „Erstellung technischer Spezifikationen und Klärung organisatorischer Prozesse bezüglich Kreuzungstopologien und -geometrien (Map-Daten) für den Regelbetrieb kooperativer Verkehrssysteme – DiMAP“.

DiMAP hat die Zielsetzung, im Dialog mit Städten und Industrie automatisierte Prozesse zur Erhebung, Verarbeitung, Pflege und Qualitätssicherung von Map Daten zu erarbeiten. Hieraus ergeben sich harmonisierte technische Spezifikationen zur Bereitstellung von Kreuzungstopologien und -geometrien.

3.2 Begriffsdefinition

Im Kontext des vorliegenden Leitfadens beziehen sich die Empfehlungen zur harmonisierten Map-Erstellung grundsätzlich auf den sogenannten Map-relevanten Teil einer ETSI-konformen MAPEM. Dieser lässt sich inhaltlich und strukturell über einen automatisierten Map-Export der stadtseitig weit verbreiteten VIAP's generieren. Weitere Datenelemente zur standardkonformen Befüllung einer MAPEM als finales Datenprotokoll zwischen RSU und OBU sind nicht Teil des Leitfadens. In speziellen Fällen (bspw. länderspezifische Verkehrsregelungen, vgl. Kap. 3.4.2) bedarf es einer weiteren Veredelung der durch die VIAPs generierten Map-Versorgungen, sodass diese rein fachlich nicht als finale Map bezeichnet werden können. Vielmehr handelt es sich hierbei um eine Art PreMap, die als Vorstufe ggf. sämtliche Map-relevanten Informationen enthalten kann, aber eben nicht muss. Im weiteren Dokumentenverlauf soll dennoch der größtenteils etablierte Begriff „Map“ verwendet werden, der rein kommunalseitig die (über die VIAPs) erstellte PreMap meint, im Kontext der reinen Datenverbreitung allerdings als finale Map anzusehen ist.

Weiterhin soll an dieser Stelle klargestellt werden, dass im Dokument die zu diesem Zeitpunkt (12/2021) „veralteten“ ITS-Begriffe RSU und OBU verwendet werden, da diese aus ihrer Historie heraus rein umgangssprachlich einer breiteren Leserschaft bekannt sind. Die neu eingeführten Begriffe V-ITS-S und R-ITS-S sind hierbei lediglich im Glossar (unter OBU bzw. RSU) erwähnt.

3.3 Anwendungsbereich

Der Leitfaden soll Verkehrsingenieuren/-planern und sonstigen relevanten Lieferanten Hilfestellung bei der Map-Erstellung für lichtsignalisierte Knotenpunkte bieten. Harmonisierte technische Spezifikationen geben den Verkehrsplanern und -verwaltungen Empfehlungen für den Umgang mit bisher nicht eindeutig handhabbaren Sonderfällen (z.B. komplex signalisierte

Kreisverkehre; im weiteren Dokumentenverlauf Spezialfälle genannt) und der Erstellung harmonisierter Maps, die die Anforderungen der Map-relevanten Use Cases abdecken. Des Weiteren gibt der vorliegende Leitfaden jedem Stakeholder, der an der Map-Erstellung oder -Bereitstellung beteiligt ist, einen Use Case spezifischen Überblick hinsichtlich Aufgabenverteilung (Stichwort „Wer macht was“) und wie diese in die Prozesse der Verkehrsplanung und des Verkehrsmanagements zu integrieren sind (Stichwort „Durchgängige Versorgungskette“).

3.4 Problembeschreibung, Zielsetzung und Vorgehensbeschreibung

3.4.1 Problemstellung

Mit der Entwicklung der kooperativen Systeme im Bereich intelligenter Verkehrssysteme ist die Vernetzung zwischen den Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur nachhaltig verstärkt worden. Wurden zuvor die Informationen und die verkehrsrechtlichen Anordnungen in kollektiver Art dem Verkehrsteilnehmer mitgeteilt, besteht in kooperativen Verkehrssystemen nun eine direkte, technische Interaktion zwischen Verkehrstechnik und Verkehrsteilnehmern. Diese technische Interferenz wird in der weiteren Entwicklung des Verkehrs über das vernetzte Fahren hin zum automatisierten Fahren noch deutlich zunehmen.

Hierbei stellt sich die Aufgabe, eine Verbindung zwischen den beiden Systemwelten der intelligenten Verkehrssysteme und der Seite der Verkehrsteilnehmer / Service-Seite aufzubauen und den sicheren und effizienten Verkehrsablauf zu gewährleisten.

Genau in diesem Spannungsfeld ist die Map-Datei zu sehen. Diese ist von der SAE in den USA und der ETSI in Europa spezifiziert und standardisiert worden, um Knotentopologien und Phasenzuteilungen, wie auch Fahrbeziehungen den Verkehrsteilnehmern zugänglich zu machen. Die Map-Datei greift hierbei einen „weißen Fleck“ in kommerziellen digitalen Karten (siehe Abbildung 3.1) auf. Lichtsignal geregelte KP sind in den Karten, die den Fahrzeugen zum vernetzten und automatisierten Fahren sowie anderen Verkehrsteilnehmern (Stand Dez. 2021) zur Verfügung stehen, nicht detailliert versorgt. Es fehlen in den Karten beispielhaft die Versorgungsdaten zur genauen Knotentopologie mit Fahrspurenzuteilung, der detaillierten Lage der Signalgeber, den Haltelinien etc. Zudem fehlt auch die Phasen- / Signalgruppenzuteilung.



Abbildung 3.1: „Weißer Fleck“ in kommerziellen digitalen Karten am Beispiel Lindwurmstraße/Reisingerstraße in München

Dieses Informationsdefizit der Karten greift die Map auf. Mit ihrem Informations-Stack ermöglicht sie den Verkehrsteilnehmern insbesondere auf Basis der Signalgruppenzuordnung vernetztes und automatisiertes Fahren/gehen am KP sowie die damit einhergehenden Interaktionen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Zugleich ist sie die Grundlage für die Entwicklung RSU-basierter ÖPNV-Priorisierungen und hat sich auch für sicherheitsrelevante Anwendungen, wie Einsatzfahrzeuganforderungen, bewährt.

Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass die Definition der Map aus dem Automobilbereich heraus initiiert worden ist. In den letzten Jahren wurden die Städte von OEMs mit dem Bedürfnis einer Bereitstellung aktueller und qualitätsgesicherter Map-Dateien konfrontiert. Gerade in diesem Themenkomplex wurde von den OEMs stets der Wunsch nach maximaler Information und Attributierungsgüte formuliert, unabhängig vom Anwendungsfall in Projekten des kooperativen Verkehrsmanagements. Dies steht aber zum Teil in diametralen Widerspruch zu dem Wunsch, eine kompakte, den Kommunikationskanal nicht überfrachtende Meldung entweder Backend- oder RSU-basiert an die Verkehrsteilnehmer zu übertragen. Eine differenzierte Anforderungsdefinition von Seiten der OEMs ist bisher nur bedingt erfolgt.

Für städtische Betreiber von Verkehrssystemen stellt sich nun die Frage, wie die Map in die bestehenden Prozesse der Verkehrsplanung und des Verkehrsmanagements einzubinden ist, bzw. welche Rolle sie hier einnimmt. Auch ist zu definieren, welche Informationen in einer Map notwendig sind und welche Attributierungsgüte zu avisieren ist. Gleichsam muss der Prozess der Erstellung der Map näher beleuchtet werden und die Möglichkeiten, wie mit Hilfe von automatisierten Prozessen diese erstellt werden kann. Hierbei besteht auch ein Informationsbedarf auf Seiten der Städte, wie die Pflege und die Qualitätssicherung der Map erfolgen soll. Diese Aufgaben können nur zielgerichtet erfüllt werden, wenn die Erstellung der

Map in den Planungsprozess der Lichtsignalanlagen und die aktuellen Maßnahmen des Verkehrsmanagements mit integriert wird.

Abgesehen von einzelnen Forschungsprojekten und ersten Umsetzungen von RSU-basierten ÖPNV-Priorisierungen bestehen bisher (Dez. 2021) keine großen Umsetzungserfahrungen mit fahrzeugseitigen Applikationen mit der Map. Dementsprechend fehlen etablierte Referenzen wie die Integration der Map-Erstellung in den Verkehrsplanungsprozess auf Seiten der Städte, sowie der Landes- und Bundesverwaltungen. Auf dieser Grundlage können keine ausreichenden Erfahrungen mit kooperativen Systemen in der Fläche gesammelt werden.

3.4.2 Zielsetzung

Genau an dieser Stelle setzt DiMAP an. DiMAP hat die Zielsetzung, automatisierte Prozesse zur Erhebung, Verarbeitung, Pflege und Qualitätssicherung von Map-Daten zu erarbeiten. Hieraus ergeben sich harmonisierte technische Spezifikationen zur Erstellung und Bereitstellung von Kreuzungstopologien und -geometrien. Neben Empfehlungen für den Umgang mit Spezialfällen erlangt die Definition einer harmonisierten „Referenz-Struktur“ hinsichtlich der ETSI-konformen MAPEM elementare Bedeutung. Hierbei sind ebenso erforderliche Attribuierungen, die die Anforderungen der Map-relevanten Use Cases abdecken, inbegriffen. Des Weiteren ist zu beachten, dass weitere C-ITS Nachrichtentypen (bspw. SPaT (vgl. Abbildung 3.2) oder SRM), welche auf Signalgruppen bzw. signalisierte Fahrmanöver referenzieren, die Map als entsprechende Grundlage benötigen, um einen zugrundeliegenden UC umsetzen zu können. Ohne die Map sind daher Anwendungen des vernetzten und automatisierten Verkehrs im KP-Bereich nicht umsetzbar.

An dieser Stelle sei nochmals der in Kap. 3.2 bereits erwähnte Sachverhalt der PreMap aufgegriffen. Eine aus verkehrsplanerischer Sicht eindeutige Signalgruppen-ID kann bspw. im Kontext des automatisierten/vernetzten Fahrens nicht in jedem Fall direkt in die SPaT übertragen werden. Beispielhaft sei hier die signaltechnisch gesicherte KP-Überfahrt für ein Geradeaus-Manöver bei einer Vollscheibe genannt. Selbige Signalgruppen-ID lässt sich hierbei für Links- bzw. Rechtsabbieger (auf derselben Spur) aufgrund der bedingt verträglich geführten Gegenverkehrs- bzw. Fußgängerströme nicht als verkehrstechnisch sicher in der SPaT verwenden (protected vs permissive movement allowed). Weiterhin sind in diesem Kontext länderspezifische Verkehrsregeln wie bspw. erlaubtes Rechtsabbiegen mit grünem Blechpfeil zu nennen. Hier ist theoretisch für eine eindeutige fahrzeugseitige Interpretation allein auf Map-Grundlage die entsprechende Rechtsabbieger-Verbindung mit einer von der reinen Geradeausfahrt unabhängigen Signalgruppen-ID zu verbinden. Diesen Umständen

entsprechend ist im weiteren Verlauf im Falle einer automatisiert erzeugten Map (aus den VIAPs) die PreMap gemeint (ohne weitere Veredelung). Eine von Dritten generierte Map kann hingegen im Falle durchgeführter Qualitätsanalysen/Veredelungen direkt als solche bezeichnet werden.

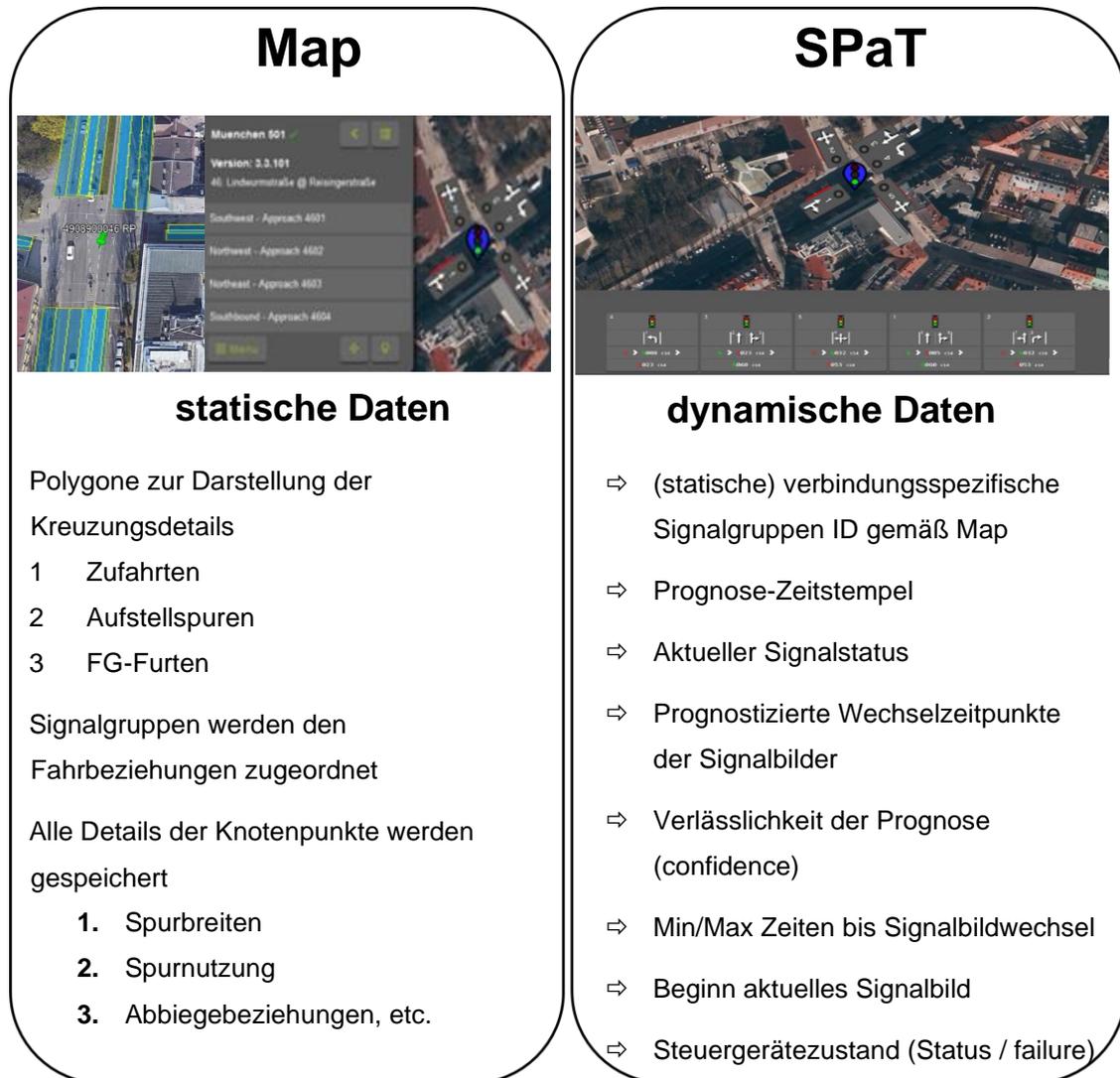


Abbildung 3.2: Gegenüberstellung der Inhalte von Map und SPaT

Um die oben genannten automatisierten Prozesse zu definieren, sind zwei Ebenen der Begleituntersuchung notwendig, die die weiteren Ziele des Projektes DiMAP beschreiben.

Zum einen wurden vor der Prozessdefinition die Interessenträger am Prozess der Map-Erstellung und Map-Verwertung systematisch ermittelt sowie deren Kooperationsform analysiert. Da die Rollen und damit die Aufgaben der einzelnen Stakeholder zum Teil unterschiedlich ausgeprägt sind, werden Aufgaben und Workflows zwischen den Stakeholdern

nach den Map-relevanten Use Cases im automatisierten und vernetzen Fahren differenziert beschrieben. Im selben Schritt werden die Tätigkeiten der Stakeholder voneinander abgegrenzt. Somit wird gewährleistet, dass die zu definierenden Prozesse für die Aufgaben und Verantwortungen auf den Wirkungsbereich im Kooperationsmodell beschränkt bleiben (Stichwort „Wer macht was und ist für welche Aufgabe verantwortlich“).

Die zweite Ebene der Begleituntersuchung fokussiert sich auf eine sogenannte Arbeitsprozessanalyse. Zuerst wird der aktuelle State of the Art bei der Map-Erstellung bei den Map-aktiven OCA-Referenzstädten, OEMs und Service Providern erhoben. Ferner werden die behördeninternen Prozesse zur Erstellung der Map analysiert und Vorgaben für die Integration in den behördlichen Prozess der Planung und des Verkehrsmanagements erarbeitet (Stichwort „Durchgängige Versorgungskette“).

An dieser Stelle sei daraufhin hingewiesen, dass der Map-relevante Teil der ETSI-konformen MAPEM bisher (Dez. 2021) noch keine Versorgung von kombinierten dreifeldigen Fahrzeug-Signalgebern mit Vollscheibe und zweifeldigen Fahrzeug-Signalgebern mit Pfeilmaske vorsieht. Derzeit ist es etablierte Praxis, diese in den TrafficStreams abzubilden. Darüber hinaus sind Kombinationen von Signalgebern mit Blechschildern bisher ebenfalls nicht abgedeckt (bspw. grüner Blechpfeil).

Achtung:

Da sich die zugrunde liegende Map-Nachrichtenstruktur unter Federführung der entsprechenden Gremien stets weiterentwickelt, ist dieser Leitfaden keinesfalls als endgültige Harmonisierungsanleitung zu sehen, sondern vielmehr als „lebendes Dokument“ zu verstehen, das parallel der künftigen Entwicklungen hinsichtlich des Map-relevanten Teils der ETSI-konformen MAPEM weiterer Pflege bedarf.

3.4.3 Vorgehen

Das methodische Vorgehen zur Umsetzung der zuvor beschriebenen Ziele (siehe Kapitel 3.4.2) stützte sich auf die nachfolgenden aufeinander aufbauenden Projektphasen. Es ist wichtig anzumerken, dass in jeder Projektphase das Feedback der Stakeholder eingeholt wurde und eine entsprechende Abstimmung erfolgte.

1. **Grundlagenanalyse:** Im Rahmen der Grundlagenanalyse wurden die grundlegenden Map-Inhalte und die verschiedenen aktuellen Ausprägungen in der Anwendung beschrieben.
2. **Use Case Identifikation und Stakeholderanalyse:** Nachdem Map-relevante Use Cases identifiziert wurden, erfolgte eine Stakeholderanalyse. Die Stakeholderanalyse hatte das Ziel, die Interessensträger am Prozess der Map-Erstellung und Map-Verwertung systematisch zu ermitteln und einen Anforderungskatalog an die Map-Dateien von den einzelnen Stakeholdern zu erarbeiten.
3. **Workflow-Analyse:** Im Rahmen der Workflow-Analyse wurde eine Ist-Analyse der verschiedenen Varianten der Map-Erstellung in den Referenzstädten und bei den OEMs und Service Providern durchgeführt. Des Weiteren wurden die eingesetzten Instrumentarien zur Map-Erstellung katalogisiert.
4. **Entwicklung harmonisierter Prozesse zur Map Erstellung:** Die zuvor identifizierten Workflows wurden den Anforderungen der Stakeholder gegenübergestellt, differenziert für die Use Cases zum automatisierten und vernetzen Fahren. Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung war ein Best-Practice in den Bereichen, wo die Anforderungen erfüllt waren und eine Defizitanalyse in den Bereichen, wo semantische Lücken auftraten.

Im Anschluss wurden diese Ergebnisse genutzt, um harmonisierte Erstellungsprozessbeschreibungen zu entwickeln. Neben Empfehlungen für den Umgang mit Spezialfällen wurde eine harmonisierte „Referenz-Struktur“ hinsichtlich der Map, deren Attributierungsgüte die Anforderungen an die Map-relevanten Use Cases abdeckt, definiert.

5. **Integrierte Prozessanalyse und Rollenmodell:** Mit Hilfe der integrierten Prozessanalyse wurden Vorgaben für eine Integration der Prozesse zur Erstellung und Bereitstellung der Maps in die behördeninternen Prozesse der LSA-Planung und die Prozesse des Verkehrsmanagements erarbeitet. Zusätzlich wurde die Aufgabenverteilung zwischen den Stakeholdergruppen untersucht und ein Use Case spezifisches Rollenmodell erarbeitet. Dieses beinhaltet nicht nur die Abgrenzung zu den einzelnen Stakeholdergruppen, sondern auch Prozessbeschreibungen.

4 Grundlagenanalyse

Im Rahmen der Grundlagenanalyse erfolgt eine Beschreibung der Map und der dazugehörigen Standards.

Lichtsignalisierte KP werden mit Hilfe von Map und SPaT Nachrichten vernetzten und automatisiert fahrenden Fahrzeugen sowie weiteren Verkehrsteilnehmern zugänglich gemacht. Bei einer Map Nachricht handelt es sich um statische Informationen, die u.a. die Topologie des Knotens, Phasenzuteilungen und mögliche Fahrbeziehungen beschreiben. Im Gegensatz dazu (vgl. Abbildung 3.2) handelt es sich bei einer SPaT Nachricht um dynamische Daten, die u.a. die aktuellen Signalbilder sowie prognostizierte Wechselzeitpunkte beinhalten. Es ist wichtig anzumerken, dass für die SPaT die Beschreibung des KP durch die Map Voraussetzung ist.

Die Map ist erstmals von der Society of Automotive Engineers (SAE) innerhalb des sogenannten „DSRC Message Set Dictionary“ (SAE J2735) [2] in den USA als MAPEM spezifiziert und standardisiert worden. Die innerhalb der SAE J2735 standardisierten Nachrichten für den Austausch zwischen Fahrzeugen und der Umgebung waren ursprünglich für den 5.9 GHz DSRC WAVE Standard definiert worden, sind aber auch auf andere, entsprechende drahtlose Kommunikationsmedien übertragbar. Zudem bildet die SAE J2735 [2] die Grundlage für die ISO/TS 19091:2019-06 [3].

In Europa wird die Map innerhalb der ETSI TS 103 301 [4] durch das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen standardisiert. Die aktuell gültige Fassung der ETSI TS 103 301 – Version 1.3.1 – stützt sich in vollem Umfang auf die ISO/TS 19091:2019-06 [3]. Diese definiert im Allgemeinen die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur für Signalanlagen an Kreuzungen.

Inhalte der Map werden darüber hinaus durch das Intersection Topology Format (ITF) beschrieben [5]. Da der Map-Teil des ITF gänzlich auf dem ISO Standard aufsetzt, deckt sich dessen zu Grunde liegende Map Struktur mit der im Leitfaden beschriebenen Struktur. Weiterhin hält das ITF Felder zur Abbildung von beispielsweise Detektoren bereit, auf welche an dieser Stelle nicht vertieft eingegangen wird, da sie für den eigentlichen Map-Teil nicht relevant sind.

Wie bereits erwähnt, wird eine Map verwendet, um einen Knotenpunkt (KP) zu beschreiben. Abbildung 4.1 zeigt einen Knoten mit vier Zufahrtsarmen an der Wandsbeker Zollstraße /

Holzmühlenstraße / Efftingestraße in Hamburg. Während die Zufahrtsarme der Wandsbeker Zollstraße und der Efftingestraße jeweils KP-Zu- und Abfahrten umfassen, führt die Holzmühlenstraße nur Fahrzeuge zum Knotenpunkt hin. Des Weiteren ermöglichen Fußgängerfurten und Radwege den nicht motorisierten Straßenverkehrsteilnehmern das Überqueren der MIV Fahrspuren. Im Zentrum des Knotens ist ein Referenzpunkt markiert, von dem aus der weiteren geometrischen Definition des Knotens sowie der Zu- und Abfahrten erfolgt.



Abbildung 4.1: Illustration eines versorgten Knotenpunktes am Beispiel Wandsbeker Zollstraße / Holzmuhlenstraße / Efftingestraße in Hamburg

Des Weiteren illustriert Abbildung 4.1, dass die Fahrzeugbahnen sowie die dazugehörigen möglichen Fahrmanöver über Verbindungslinien markiert und mit IDs versehen sind. Beispielsweise ist zu erkennen, dass Lane 7 auf der Wandsbeker Zollstraße (aus Richtung Westen kommend) als KP-Zufahrt über die Verbindung 4 auf Lane 15 der Efftingestraße als KP-Ausfahrt (Richtung Süden) führt.

Die Merkmale eines Knotens, z.B. die Fahrbeziehungen, werden in einer Map über Attribute angegeben.

Die komplette Struktur einer Map sowie die entsprechenden Attribute sind innerhalb der ISO/TS 19091:2019-06 [3] definiert. Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 4.1 – Tabelle 4.4) spiegeln die Struktur einer Map wider und geben eine Übersicht, welche Map Attribute laut

ISO/TS 19091:2019-06 [3] verpflichtend **(m)** und optional **(o)** versorgt werden müssen. Es sei darauf hingewiesen, dass keine Erklärung der einzelnen Attribute erfolgt, diese aber der gültigen Fassung der ISO/TS 19091:2019-06 [3] entnommen werden kann. Weiterhin ist anzumerken, dass Unterattribute eines Merkmals optisch durch eine Einrückung in der Spalte „Attribut“ visualisiert werden. In den Bemerkungen sind zusätzliche Anforderungen an die Attribute einer Map vom C2C-CC [6] und C-Roads [7] vermerkt.

Tabelle 4.1 umfasst die Hauptattribute (MAPEM Datenelemente) einer Map Nachricht.

Tabelle 4.1: Übersicht Detailtiefe Maps – MAPEM Datenelemente

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
timeStamp (moy)	o	
msgIssueRevision	m	
layerType	o	
layerID	o	
intersections	m	Unterattribute sind in Tabelle 4.2 aufgelistet
roadSegments	o	
dataParameters	o	derzeit inhaltlicher Platzhalter, (Unterattribute sollen über einen IA5-String angegeben werden), Versorgungsempfehlung (siehe Kapitel 7.3.1)
processMethod	o	Angabe des VIAPs
processAgency	o	Verantwortlichkeit / Betreiber
lastCheckedDate	o	yyyy-mm-dd
geoidUsed	o	Angabe GIS-System
restrictionList	o	
id	o	
users	o	
restrictionUserType	o	
basicType	o	
regional	o	
regional	o	
signalHeadLocations	o	xyz-Position der Signalgeber

Das intersections-Attribut beinhaltet die Beschreibung der Kreuzungsgeometrie(n). Die entsprechenden Unterattribute sind in Tabelle 4.2 aufgeführt.

Tabelle 4.2: Übersicht Detailtiefe Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry"

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
name	o	
id	o	
region	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend sein
id	m	
revision	m	
refPoint	m	
lat	m	
long	m	
elevation	o	
regional	o	
...	o	Unterattribute des „refPoint-regional“ Attributs
laneWidth	o	Anforderung des C2C-CC: sollte verpflichtend sein
speedLimits	o	
laneSet	m	Unterattribute sind in Tabelle 4.3 aufgelistet
preemptPriorityData	o	Platzhalter für eventuelle zukünftige Anwendungen
regional	o	
countryCode	o	bspw. „1001010000“ für Deutschland, siehe Kapitel 7.3.1

Das *laneSet* einer Map enthält die gesamten Informationen aller signalisierten Lanes eines Knotenpunktes und kann ggf. um weitere nicht signalisierte Lanes erweitert werden. Dabei wird jede Lane durch die Attribute der GenericLane (vgl. Tabelle 4.3) eindeutig beschrieben.

Tabelle 4.3: Übersicht Detailtiefe Maps - Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane"

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
laneID	m	
name	o	
ingress / egress Approach	o	Anforderung des C2C-CC: ingress oder egress verwenden, im Falle von crosswalks sogar beide, möglichst Nebenstraßen rauslassen (falls unbedingt notwendig mit eigener Approach-ID kennzeichnen)
laneAttributes	m	
directionalUse	m	
sharedWith	m	
laneType	m	Unterattribute sind verpflichtend, wenn Eigenschaft örtlich gegeben ist

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
vehicle	o	
crosswalk	o	
bikeLane	o	
sidewalk	o	
median	o	bisher ungenutzt
striping	o	bisher ungenutzt
trackedVehicle	o	
parking	o	bisher ungenutzt
regional	o	
maxVehicleHeight	o	
maxVehicleWeight	o	
maneuvers	o	Anforderung des C2C-CC: Attribut an dieser Stelle nicht verwenden, um unnötige Payload und etwaige Inkonsistenzen mit dem „connectsTo“-Attribut zu vermeiden
nodeList	m	Anforderung des C2C-CC: möglichst lange Spurversorgung (mind. 300 m, siehe auch Kapitel 7.1)
nodes	m	Unterattribute sind in Tabelle 4.4 aufgelistet
computed	o	Anforderung des C2C-CC: nur „nodes“ und keine „computed“ nutzen
connectsTo	o	Anforderung des C2C-CC: Attribut für jede ingress lane verwenden
connectingLane	m	
lane	m	
maneuver	o	Anforderung des C2C-CC: Attribut immer hier setzen; weiterhin sollte einer der ersten 4 Bits hier gesetzt sein (straight forward, left, right, U-Turn), rightTurnOnRed/left nicht verwenden
remoteIntersection	o	Versorgungsempfehlung (siehe Kapitel 7.3.2.5)
signalGroup	o	
userClass	o	ist in Kombination mit der restrictionList zu verwenden
connectionID	o	
overlays	o	
regional	o	zur Beschreibung komplexer Verbindungsspuren
nodes	o	
connectionID	o	

Die einzelnen Punkte (nodes, vgl. Tabelle 4.3) einer Spur werden mittels der Attribute des *NodeXY* beschrieben und über das *NodeSetXY* (siehe Tabelle 4.4) zusammengefasst.

Tabelle 4.4: Übersicht Detailtiefe Maps - Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
delta	m	Angabe kann entweder über Relativkoordinaten (node-XY1 bis node-XY6) oder Absolutkoordinaten erfolgen, nach [11] sind Relativkoordinaten zu bevorzugen; Anforderung des C2C-CC: erster Punkt der lane sollte die Haltelinie sein
node-XY1 / node-XY2 / node-XY3 / node-XY4 / node-XY5 / node-XY6	o	Die 6 unterschiedlichen Verfahren unterscheiden sich im zulässigen Wertebereich. Diese können der aktuell gültigen Fassung der ISO/TS 19091 entnommen werden.
x	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
y	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
node-LatLon	o	
lon	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
lat	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
attributes	o	
localNode	o	lokale Attribute für einen Spurpunkt (siehe Kapitel 7.3.1)
stopLine	o	Anforderung des C2C-CC: Nutzung bei „doNotBlock“-Area
merge /diverge point	o	Anforderung des C2C-CC: sollte verpflichtend sein (wenn örtlich gegeben)
...		
disabled / enabled	o	Segmentattribute (siehe Kapitel 7.3.1)
doNotBlock	o	„bei Rot hier halten“; Anforderung des C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend sein (wenn örtlich gegeben)
taperToLeft	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend im Falle von merge / diverge points sein
taperToRight	o	siehe taperToLeft
...		
data	o	
dWidth	o	Anforderung des C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend bei Spuren kleiner 2,6 m sein
dElevation	o	Versorgungsempfehlung (siehe Kapitel 7.3.2.3)
regional	o	Platzhalter für eventuelle zukünftige Anwendungen

5 Identifikation der Map-relevanten Use Cases und Stakeholderanalyse

5.1 Identifikation der Map-relevanten Use Cases

Sowohl das C2C-CC [8] als auch C-Roads [1] haben Use Cases (UC) für das vernetzte und automatisierte Fahren beschrieben. Die Map-relevanten UCs wurden gruppiert und kombinierten UC Bezeichnungen zugeordnet (siehe Tabelle 5.1). An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um eine Sammlung derzeit (Stand Dez. 2021) gängiger Map-relevanter UC handelt. Mit fortlaufender Gremiumsarbeit lassen sich natürlich in weiteren Versionierungen dieses Leitfadens weitere UC ergänzen (bspw. „HD Cartography Extended Service“).

Tabelle 5.1: Verschmelzung der Map relevanten Use Cases aus C2C-CC und C-Roads

Kombinierte UC Bezeichnungen	C2C-CC UCs	C-Roads UCs
SPaT-Info	Traffic light info	SI-SPTI,
GLOSA	GLOSA	SI-GLOSA
	Green wave info	
	Automated GLOSA	
	Traffic light info optimization with V2I	
	Automated GLOSA with I2V negotiation	
Emergency Vehicle Warning	Emergency Vehicle Warning	HLN-EVI
Red light violation protection	Imminent Signal Violation Warning	SI-ISVW
Intersection Collision Warning	Intersection Collision Warning	HLN-RLX, HLN-PTVC, HLN-PTVS
	Advanced Intersection Collision Warning	
Vehicle Priorization	Emergency Vehicle Priority	SI-EVP, SI-TLP
	Traffic Light Prioritization	

Detaillierte Beschreibungen der C2C-CC bzw. C-Roads spezifischen UCs können [8] und [1] entnommen werden.

5.2 Stakeholderanalyse

Auf Grundlage der zuvor identifizierten Map-relevanten Use Cases (vgl. Kapitel 5.1) wurden im Rahmen der Stakeholderanalyse die Interessensträger am Prozess der Map-Erstellung und Map-Verwertung systematisch ermittelt. Auf Grund der Tatsache, dass zum einen der RSU-basierte und zum anderen der zentrale, mobilfunkgestützte Kommunikationsansatz derzeit (Oktober 2021) für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur auf dem Markt etabliert sind, wurden die Stakeholder nach den beiden Kommunikationsansätzen differenziert analysiert (vgl. Kapitel 5.2.1 und 5.2.2). Zu beachten ist, dass dabei der Fluss der Map- bzw. Map-Daten und nicht die Erklärung der Kommunikationsansätze im Vordergrund steht. Die Benennung weiterer Aufgaben, die Aufgabenverteilung, sowie die Abgrenzung zwischen den Stakeholdergruppen erfolgt UC-spezifisch in Kapitel 8.2.

5.2.1 RSU-basierter Kommunikationsansatz (ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X)

Beim RSU-basierten Kommunikationsansatz senden die RSUs die MAPEMs aus. Die feldseitigen Empfänger (OBUs) empfangen über den drahtlosen Kommunikationsstandard IEEE 802.11p (ETSI ITS-G5) beziehungsweise mobilfunkbasierter p2p/Direktkommunikation (C-V2X) die gesendete MAPEM. Die primäre Interessensgruppe am Prozess der Map-Erstellung und Map-Verwertung stellen die Öffentlichen Verwaltungen (ÖFV) dar. Eine ÖFV kann sowohl durch Städte in Form von Planungs- oder Verkehrsmanagementabteilungen als auch durch Länderinstitutionen, wie bspw. Straßen.NRW, repräsentiert werden. Öffentliche Verwaltungen wollen mit Hilfe des Ausbaus von intelligenter Infrastruktur und deren Vernetzung mit (automatisiert fahrenden) Fahrzeugen (hierbei sind auch ÖPNV- sowie Rettungsfahrzeuge inbegriffen) die Verkehrssicherheit sowie -effizienz optimieren und die Emissionen senken. Dieses Interesse überträgt sich auf die Erstellung und Anwendung von Maps in ihrem Hoheitsgebiet, da diese für signalisierte KPs und damit für das vernetzte und automatisierte Fahren elementar sind. Die zweite wesentliche Interessengruppe ist bei den OEMs und Service Providern zu sehen. Die OEMs sind zwar auf die Anwendung fokussiert, benötigen aber, um vernetzte und automatisierte Fahrfunktionen zu ermöglichen, qualitätsgeprüfte Maps. Service Provider erstellen oder verarbeiten Maps, in dem sie diese z.B. einer Qualitätsprüfung unterziehen. Abbildung 5.1 stellt mögliche Kooperationsmodelle zwischen den Stakeholdern des RSU-basierten Kommunikationsansatzes dar. Basis für die Umsetzung des RSU-basierten Kommunikationsansatzes sind Lichtsignalanlagen (LSAs) und RSUs. Die LSAs werden von einer Signalbaufirma der ÖFV geliefert und gehen somit in das Eigentum der Öffentlichen Verwaltung über. Die ÖFV bezieht die RSUs entweder von einer

Signalbaufirma oder einem RSU Hersteller. Diese gehören dann ebenfalls zum Eigentum der ÖFV. Das bedeutet, dass die Signale / Nachrichten der Geräte im Namen der zugehörigen ÖFV ausgesandt werden. LSAs und RSUs müssen gewartet bzw. gepflegt werden. Hier lässt sich zwischen der Eigenwartung und der Fremdwartung unterscheiden.

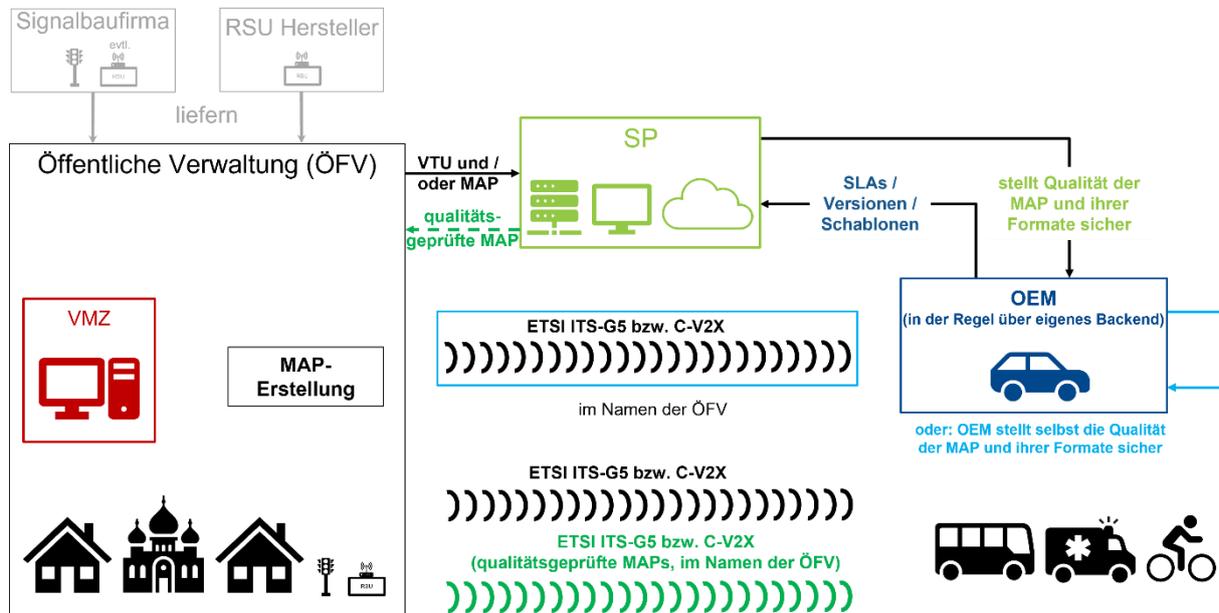


Abbildung 5.1: Kooperationsmodell zwischen den Stakeholdern beim RSU-basierten Kommunikationsansatz (ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X)

Bei der Eigenwartung spielen Techniker der ÖFV die aktuellen LSA-Steuerungsdateien auf die LSAs und die MAPEMs auf die zugehörigen RSUs auf. Falls die Kommune eine Fremdwartung in Auftrag gibt, übergibt diese die Versorgungsdaten (VD) der Signalbaufirma bzw. dem RSU Hersteller. Diese spielen dann – im Rahmen der Wartung / Pflege der LSAs / RSUs – die VD auf die LSAs / RSUs auf. Es ist wichtig anzumerken, dass die LSAs bzw. RSUs weiterhin Eigentum der ÖFV bleiben.

Des Weiteren ist eine Verkehrsmanagementzentrale (VMZ) ein fester Bestandteil des Verkehrsmanagements. Eine VMZ verknüpft verschiedene Datenquellen sowie -senken und dient der Überwachung und Steuerung des Verkehrs im Hoheitsgebiet der zuständigen ÖFV. Eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise, Komponenten, Schnittstellen und umgesetzten Architekturen können dem „Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite (UR:BAN)“ [9] sowie dem „Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme (DiKoVe)“ [10] entnommen werden. Die VMZ wird entweder direkt von der ÖFV oder von einem privaten Anbieter betrieben.

Die MAPEMs, die über die RSUs ausgestrahlt werden, können von Verkehrsteilnehmern mit entsprechenden Empfangseinrichtungen, wie vom MIV (inkl. Einsatzfahrzeuge), dem ÖV oder Radfahrern etc., empfangen werden.

Die Map selbst kann von verschiedenen Stakeholdern des Kooperationsmodells erstellt werden. Zum einen direkt von der ÖFV selbst¹. Wenn dies der Fall ist, können die um den header und footer erweiterten MAPEMs direkt über einen Techniker der Stadt oder der Wartungsfirma auf die RSUs aufgespielt werden. Die MAPEMs werden dann (ohne vertraglich zugesicherte Grundqualität) an die lokalen Straßenverkehrsteilnehmer, bspw. an Busse oder Einsatzfahrzeuge ausgestrahlt.

Erfahrungsgemäß bevorzugen OEMs bei für Kunden freigegebenen Anwendungen / Diensten entsprechende Service Level Agreements (SLAs). Diese sollen die hierfür erforderliche Qualität der verwendeten Nachrichtenformate sicherstellen. Daraus ergeben sich neben der entsprechend der Radfahrer / ÖV / Einsatzfahrzeuge aufgezeigten direkten Nachrichtenverarbeitung auch nachfolgend aufgeführte Kooperationsformen:

- a) Die ÖFV erstellt die Map und ein Service Provider (SP) stellt die Qualität der Map und ihrer Formate für den OEM sicher.
- b) Ein SP erstellt die Map und stellt die Qualität der Map und ihrer Formate für den OEM sicher.
- c) Die ÖFV fungiert als Direktanbieter. In diesem Fall sind ggf. ein Datenüberlassungsvertrag und/oder ein SLA zwischen der ÖFV und dem OEM notwendig.
- d) Die ÖFV erstellt die Map und der OEM stellt selbst die Qualität der Map und ihrer Formate sicher.

Falls Kooperationsform a) angewendet wird, erstellt die ÖFV – wie zuvor auch – die Map. Die Sicherstellung der Qualität der Map und ihrer Formate übernimmt ein SP. Dieser kann hierbei ggf. auch die in Tabelle 4.3 aufgezeigte, nach C2C-CC geforderte Mindestspurlänge nachversorgen.

Mehrere Stakeholder können als Service Provider fungieren. Neben einem privaten oder staatlich geförderten SP kann es z.B. auch eine Signalbaufirma oder ein RSU-Hersteller sein.

¹ Gegebenenfalls kann die ÖFV die MAP-Erstellung auch bei einem externen Dienstleister in Auftrag geben. In diesem Fall erstellt der externe Dienstleister die MAPs für die ÖFV.

Bei der vorliegenden Kooperationsform schließt die ÖFV mit dem SP einen Datenüberlassungsvertrag ab und übermittelt dem SP die erstellte Map. Der OEM geht mit dem SP eine Geschäftsbeziehung ein und gibt Formate sowie SLAs für die (Lieferung der) Maps vor. Der SP prüft die Qualität der Map und ihrer Formate gemäß der vereinbarten SLAs, nimmt ggf. Veredelungen vor und stellt die qualitätsgeprüften Maps der ÖFV zur weiteren Verwendung auf deren RSUs bereit. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der SP in der Mitte zwischen den ÖFVs und den OEMs agiert. Während die Prozesse der ÖFV auf die Datenüberlassung der Maps beschränkt sind, ist der SP gegenüber dem OEM für das Qualitätsmanagement und die Datenveredelung verantwortlich.

Bei Kooperationsform b) ist der SP sowohl für die Map-Erstellung als auch für die Qualitätsüberwachung zuständig. Der SP bekommt von der öffentlichen Seite evtl. erforderliche Verkehrstechnische Unterlagen (VTU) ausgehändigt. Wie bei Kooperationsvariante a), besteht zwischen dem SP und dem OEM eine Geschäftsbeziehung, die von der Seite des OEMs durch SLAs geprägt ist. Die Map-Bereitstellung erfolgt über ÖFV seitige RSUs nach vorheriger Zulieferung des SPs.

Falls die ÖFV als Direktanbieter fungiert (Kooperationsform c), steht diese in einer direkten Geschäftsbeziehung zu dem OEM und übernimmt die Rolle eines Datenproviders. In diesem Fall sind zwischen der ÖFV und dem OEM ggf. ein Datenüberlassungsvertrag und/oder ein SLA notwendig. Das hat zur Folge, dass die ÖFV dem OEM qualitätsgesicherte Maps übermittelt und die Verantwortung für die Qualität der Maps sowie deren Verfügbarkeit übernimmt. Bei der vorliegenden Kooperationsform wird die Map nicht über das OEM Backend übertragen, sondern ausschließlich über die RSUs.

Bei der Kooperationsform d) stellt der OEM selbst die Qualität, der von einer ÖFV erstellten Map und ihrer Formate sicher (hellblaue Markierungen in Abbildung 5.1). Dieser Kooperationsform liegt keine direkte Geschäftsbeziehung zu Grunde. Der OEM empfängt die ÖFV seitigen Maps via RSUs. Vor Verwendung der empfangenen Map erfolgt eine OEM seitige Qualitätsanalyse via Backend, über das nachfolgend allen weiteren entsprechenden Kundenfahrzeugen die Backendseitig qualitätsgeprüfte Map zur Verfügung gestellt werden kann. Ebenso kann die Qualitätsprüfung der Map rein fahrzeugseitig erfolgen.

Zusätzlich zu den im Kooperationsmodell dargestellten Stakeholdern kann auch ein After Market / APP-Anbieter als Stakeholder beim RSU-basierten Kommunikationsansatz fungieren. Je nach Anwendungsfall können auch in diesem Fall SLAs erforderlich werden (siehe Kooperationsformen a) – d)).

5.2.2 Zentraler, mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G)

Beim zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatz erfolgt der Informationsaustausch zentral zwischen der Infrastruktur der Verkehrssteuerung und den Verkehrsteilnehmern über Mobilfunk (4G/5G). Wie beim RSU-basierten Kommunikationsansatz, stellen ÖFV die primäre Interessensgruppe am Prozess der Map-Erstellung und Map-Verwertung dar. Mit Hilfe von Maps können vernetzte und automatisierte Fahrfunktionen während der Knotenpunktzufahrt / am Knoten realisiert werden. Somit können ÖFVs Kooperative Systeme kurzfristig flächendeckend in ihrem Hoheitsgebiet ausrollen. Wie auch beim RSU-basierten Ansatz, kann eine ÖFV sowohl durch Städte (Planungs- oder Verkehrsmanagementabteilungen) als auch durch Länderinstitutionen (bspw. Straßen.NRW) repräsentiert werden. Die zweite wesentliche Interessengruppe ist bei den OEMs und SP zu sehen. Die OEMs sind zwar auf die Anwendung fokussiert, benötigen aber, um vernetzte und automatisierte Fahrfunktionen zu ermöglichen, qualitätsgeprüfte Maps. Service Provider erstellen oder verarbeiten Maps, in dem sie diese z.B. einer Qualitätsprüfung unterziehen. Abbildung 5.2 illustriert mögliche Map- bzw. Map-Datenflüsse zwischen den Stakeholdern des zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatzes. Die Basis für die Regelung des Straßenverkehrs sind an eine (Verkehrsmanagement)-Zentrale angeschlossene LSAs und für die Umsetzung des mobilfunkgestützten Kommunikationsansatzes Mobilfunkmasten mit der dazugehörigen Infrastruktur. Die LSAs werden von einer Signalbaufirma geliefert und werden kommunales Eigentum. Die Funkmasten werden von einem Mobilfunklieferanten bereitgestellt und verbleiben in dessen Eigentum. Wie beim RSU-basierten Kommunikationsansatz kann die ÖFV die LSAs eigenständig warten oder eine Fremdwartung in Auftrag geben.

Auch bei diesem Kommunikationsansatz ist eine VMZ (vgl. Abbildung 5.2) ein fester Bestandteil des Verkehrsmanagements. Diese integriert verschiedene Datenquellen sowie -senken und dient der Überwachung und Steuerung des Verkehrs im Hoheitsgebiet der zuständigen ÖFV. Die VMZ wird entweder direkt von der ÖFV oder von einem privaten Anbieter betrieben. Eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise, Komponenten, Schnittstellen und umgesetzten Architekturen können dem „Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite (UR:BAN)“ [9] sowie dem „Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme (DiKoVe)“ [10] entnommen werden.

Nahverkehrsbetriebes) sowohl ÖV-Fahrzeugen als auch diversen Endgeräten zur Verfügung gestellt werden.

Analog zum lokalen, RSU-basierten Ansatz ist auch hier zu beachten, dass OEMs erfahrungsgemäß bei für Kunden freigegebenen Anwendungen / Diensten entsprechende SLAs bevorzugen. Diese sollen die hierfür erforderliche Qualität der verwendeten Nachrichtenformate sicherstellen. In einem solchen Fall ist ein vertraglich integrierter SP in der Kommunikationskette erforderlich, der dem OEM die Map entweder direkt (SP-/OEM-Backend) oder über alternative Übertragungsmedien (Hersteller / publicData Cloud) zur Verfügung stellt.

Wie auch beim lokalen Ansatz kann der OEM selbst die Qualität der bereitgestellten Maps und ihrer Formate sicherstellen.

6 Workflow-Analyse

Um den aktuellen State of the Art bei der Map-Erstellung zu erheben, wurde der Prozess der Map-Erstellung bei den Map-aktiven OCA-Referenzstädten (siehe Kapitel 6.1) und Service Providern (siehe Kapitel 6.2) mit Hilfe einer gezielten Befragung der jeweiligen Stakeholder analysiert. Die identifizierten Teilschritte sowie die Schnittstellen zu vor- bzw. nachgelagerten Aktivitäten, bspw. der LSA Planung, werden standardisiert mit UML-Diagrammen beschrieben. Weiterhin wurden die jeweils eingesetzten Tools und Verfahren zur Map-Erstellung katalogisiert und die Attributierungsgüte der erstellten Maps veranschaulicht. An dieser Stelle sei vorab erwähnt, dass OEM/Tier1 derzeit (Dez. 2021) hinsichtlich der Erstellung eigener Maps aktiv sind. Dieser Sachverhalt geht aus einer TTS-seitig projektbegleitend initiierten Umfrage an verschiedene OEMS/Tier1s hervor. Dem geschuldet, werden in diesem Kapitel lediglich die Workflows der Städte und Service-Provider näher beleuchtet.

Die städtespezifische Workflowanalyse ist auf die Map-aktiven OCA Referenzstädte begrenzt. Map-aktiv bedeutet, dass die OCA-Referenzstädte bereits über eine gewisse Map-Erfahrung verfügen, die Maps bereits selbst erstellt oder die Map-Erstellung bei einem Dienstleister in Auftrag gegeben haben.

6.1 Map-Erstellungsprozess bei den Map-aktiven OCA Referenzstädten

Die nachfolgende Workflowanalyse (siehe Unterkapitel 6.1.1), die Auflistung der eingesetzten Instrumentarien (siehe Unterkapitel 6.1.2) und die Präsentation der Detailtiefe der derzeitigen Maps (Stand Juli 2021, siehe Unterkapitel 6.1.3) wurde bei den Map-aktiven OCA Referenzstädten Düsseldorf, Hamburg, Kassel, Köln, München und Stuttgart durchgeführt.

6.1.1 Workflowanalyse bei den Map-aktiven OCA Referenzstädten

Es ist wichtig anzumerken, dass sich der Map-Erstellungsprozess zwischen einer Ersterstellung einer Map und einem Map-Update unterscheidet. Des Weiteren können Unterschiede bei der Ersterstellung einer Map für eine LSA Neu- und einer LSA Bestandsplanung auftreten. Falls ein Prozess für ein Map-Update definiert ist, ist zwischen dem Map-Update mit LSA Überplanung und ohne LSA Überplanung zu differenzieren.

6.1.1.1 Düsseldorf

Die Stadt Düsseldorf hat bis zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) neun Maps für die Forschungsprojekte KoMoD und KoMoDnext erstellt. Abbildung 6.1 veranschaulicht den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung.

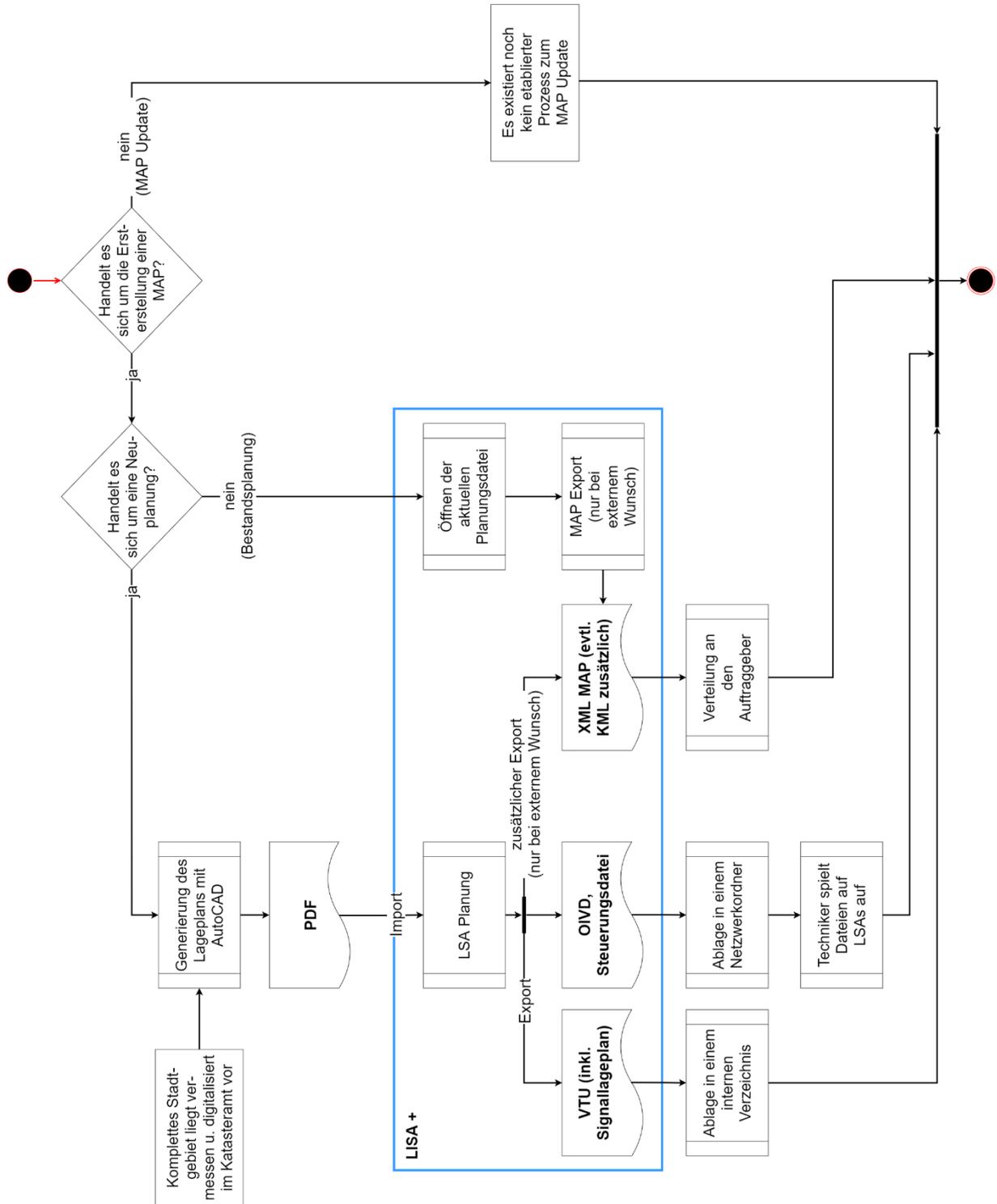


Abbildung 6.1: Workflow PreMap-Erstellung Stadt Düsseldorf

Der erste Schritt bei einer Ersterstellung einer Map im Zuge einer LSA Neuplanung ist die Erstellung des Lageplans. Da das komplette Stadtgebiet bereits vermessen und digitalisiert im Katasteramt vorliegt, kann der zuständige Technische Zeichner diesen mit Hilfe von AutoCAD (CAD Programm der Firma Autodesk) generieren. Dazu selektiert der technische Zeichner das gewünschte Gebiet und exportiert dieses als Lageplan im DXF Format. Die Größe des Ausschnitts wird dabei so gewählt, dass der Knotenpunkt – ohne besonderen Fokus auf die Zufahrtslängen – enthalten ist. So kann es bei „dicht“ aufeinander folgenden Knotenpunkten – je nach Lage der ÖV-Meldepunkte – passieren, dass der entsprechende Ausschnitt auch benachbarte Knoten enthält.

Für den nächsten Schritt, die LSA Planung, verwendet die Stadt Düsseldorf den Verkehrsingenieurarbeitsplatz LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER.

Nachdem der Verkehrsplaner den Lageplan im PDF Format in LISA+ importiert hat, nimmt er die LSA Planung (Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) nach den stadtinternen Vorschriften vor. Das Ergebnis der LSA Planung sind exportierte verkehrstechnische Unterlagen (VTU) sowie die OIVD und die Steuerungsdatei. Die verkehrstechnischen Unterlagen, OIVD und LSA-Steuerungsdatei werden in einem internen Verzeichnis abgelegt. Die Techniker der Signalbaufirmen erhalten dann diese Dateien und spielen diese auf die LSAs auf.

Derzeit (Juli 2021) ist ein Map-Export bei der Stadt Düsseldorf noch kein etablierter Prozess. Bisher wurden Maps nur für die Forschungsprojekte KoMoD und KoMoDnext auf Wunsch von Projektpartnern als ETSI-konforme XML-Datei exportiert und direkt an den Auftraggeber ausgehändigt. Zusätzlich kann eine Datei im KML-Format für Google Earth erstellt werden. Es ist wichtig anzumerken, dass bei der Stadt Düsseldorf die Ausgangsbasis für den Map-Export die vorangegangene LSA-Planung ist und keine weitere Spurattributierung (z.B. Versorgung von regionalen oder optionalen Attributen) erfolgt. Darüber hinaus ist es erwähnenswert, dass je nach Bedarf und Anforderungen der Projektpartner die Zufahrtslängen vor dem Map-Export in LISA+ entsprechend angepasst und verlängert werden. Laut der Verkehrsverwaltung der Stadt Düsseldorf beträgt die „Standardzufahrtslänge“ ungefähr 50 m.

Wenn eine Map erstmals für ein KP mit einer bestehenden LSA Planung generiert wird, ist der Lageplans und die LSA Planung bereits erstellt worden. Damit der Verkehrsingenieur die gewünschte Map mit Hilfe des VIAPs exportieren kann, muss er zunächst die aktuelle LSA-Planungsdatei in LISA+ öffnen. Nachfolgend wird die Map – ohne weitere Versorgung spezieller Attribute – als ETSI konforme XML-Datei exportiert und an entsprechende Abnehmer verteilt (RSU, SP, etc.).

Bisher (Stand Juli 2021) besteht in der Stadt Düsseldorf noch kein etablierter Prozess zum Update einer Map. Dementsprechend hat die Stadt Düsseldorf auch noch kein Map-Update vorgenommen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass in der Stadt Düsseldorf noch kein Konzept zur einheitlichen Map-Erstellung inklusive der zugehörigen Verteilung etabliert ist. Dieses soll sich aus KoMoDnext und DiMAP ergeben.

6.1.1.2 Hamburg

Hamburg verfügt über zwei öffentliche Verwaltungen, zum einen die Stadt Hamburg und zum anderen die Hamburger Hafenbehörde. Nachfolgend werden die Prozesse zur Map-Erstellung beider Behörden (siehe Abbildung 6.2 und Abbildung 6.3) vorgestellt.

Die Stadt Hamburg hat bis zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) für 520 der signalisierten Knotenpunkte im Stadtgebiet Maps erstellt. Abbildung 6.2 veranschaulicht den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung.

Der erste grundsätzliche Schritt zur Vorbereitung der Map-Erstellung ist die Erstellung des Lageplans als geometrische Datengrundlage. Da Hamburg über eigene Luftbilder, die maximal 2 Jahre alt sind, verfügt, wird der Lageplan mittels der Luftbilder generiert. Ein technischer Zeichner der Abteilung „Intelligente Verkehrssteuerung“ importiert Luftbilder des gewünschten Gebiets in AutoCAD (CAD Programm der Firma Autodesk) und nimmt eine Georeferenzierung (bspw. bei Häuserecken) vor. Der technische Zeichner exportiert den fertiggestellten Lageplan als PDF-Datei. Im Zuge von LSA Neu-/Überplanungen, bei denen in den Knotenpunktzufahrten Änderungen am Straßenquerschnitt oder bei der Aufteilung des bestehenden Straßenraumes ergeben, können die Luftbilder nicht als Grundlage für den Lageplan herangezogen werden, da diese nicht die zukünftige Situation nach dem Umbau abbilden. In diesen Fällen erstellt der technische Zeichner den georeferenzierten Lageplan auf Basis der Verkehrsführungsplanung der Umbaumaßnahme. In beiden Fällen (sowohl auf Basis der Luftbilder als auch auf Basis der Verkehrsführungsplanung) bildet der Lageplan die Zufahrten mit einer Länge von ca. 300 m oder verkürzt bis zum jeweils nächstgelegenen signalisierten Knotenpunkt ab, sofern dieser innerhalb der 300 m liegt.

Für die Schritte der Map-Erstellung sowie der LSA Planung verwendet die Stadt Hamburg den Verkehrsingenieurarbeitsplatz Lisa+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER.

In LISA+ erfolgt Erstellung der Map in der Kartei „Basisdaten“ unmittelbar in einer LSA-Planungsversion. Aufgrund der direkten Kopplung kann für jede LSA-Planungsversion auch

immer nur maximal eine Map-Versorgung existieren. In der Praxis tritt jedoch häufig der Anwendungsfall auf, dass aufgrund sich ändernder Fahrbeziehungen oder Fahrverläufe am Knotenpunkt oder im Zulauf des Knotenpunktes eine Map-Anpassung erforderlich wird, ohne dass jedoch eine neue LSA-Planungsversion erforderlich wird.

Aus folgenden Gründen ist es aus Sicht der Stadt Hamburg nicht empfehlenswert, die Map-Anpassung unmittelbar in der LSA-Planungsversion durchzuführen.

1. Die Änderung der Map-Versorgung hat unmittelbare Auswirkungen auf andere Bestandteile der LSA-Planung (z.B. Bewertung der Signalzeitenpläne), die gegebenenfalls nicht erwünscht sind.
2. Wenn die Map in der bestehenden LSA-Planungsversion angepasst wird, wird die vorherige Map-Versorgung ohne Sicherung überschrieben. Hier ergibt sich z.B. bei zeitlich begrenzten Map-Änderungen ein Problem, wenn anschließend wieder auf die ursprüngliche Map in Bestand gehen soll. Zwar liegt ggf. noch die ursprünglich exportierte Map in Form einer .xml-Datei vor, sodass diese mit neuer Revision wiederverwendet werden kann. Es ist jedoch nicht möglich, die ursprüngliche Map-Versorgung in LISA+ wiederherzustellen, sodass diese erneut erstellt werden müsste. Das ließe sich nur verhindern, wenn die ursprüngliche LISA-Versorgung vor der Map-Änderung exportiert und manuell irgendwo zwischengespeichert werden würde, was langfristig aus der Sicht Hamburgs jedoch nicht zielführend und unübersichtlich wäre.
3. Selbst unter Akzeptanz der Punkte 1.) und 2.) ist in jedem Fall keine langfristige Dokumentation der historischen Map-Versorgungen möglich. Durch die Map-Überschreibungen in der LSA-Bestandsversion ist im LISA+ immer nur die aktuell aufgeschaltete Map-Versorgung dokumentiert. Dies könnte auf langfristige Sicht im Hinblick auf die Rechtsverbindlichkeit von Maps ein Problem darstellen.

Aus diesem Grund wurde in Hamburg ein Konzept zur Verwaltung der Maps in LISA+ entwickelt, welches sich bereits in Anwendung befindet. Das Konzept sieht vor, dass in der LISA+ Projektverwaltung zu jedem signalisierten Knotenpunkt im LSA-Verzeichnis ein gleichnamiger Knotenpunkt in einem neuen sog. „Map_ITS-Verzeichnis“ existiert, in dem die Maps verwaltet werden.

Das neue „Map_ITS“-Verzeichnis hat den entscheidenden Vorteil, dass die einzelnen Map-Versorgungen von den eigentlichen LSA-Planungsversionen entkoppelt verwaltet werden können. Somit können zum einen mehrere Map-Versorgungen zu einer LSA-Planungsvariante existieren und langfristig dokumentiert werden. Zum anderen ist in dem neuen Map_ITS-Verzeichnis möglich, über den „Status“ eindeutig zu identifizieren

- Welche Map-Version sich derzeit im Bestand befindet,
- Welche Map-Versionen historisch aufgeschaltet waren und archiviert sind und
- welche Map-Versionen ggf. schon im Entwurf oder in der Beauftragung sind.

In folgender Tabelle ist das neue Map-Versionierungskonzept der Stadt Hamburg dargestellt. Die 1. Ziffer der Version im Map_ITS-Verzeichnis beschreibt die zugehörige LSA-Planungsvariante, auf deren Basis die Map-Erstellung erfolgt ist. Die 2. Ziffer gibt die Revisionsnummer der Map-Versorgung an. Hierdurch wird gewährleistet, dass den EU-Anforderungen einer numerisch eindeutig hochgezählten Revisionsnummer gewährleistet und diese direkt aus der Versionsbezeichnung ersichtlich ist.

KP-Variante im HH-Verzeichnis	Variante im Map_ITS-Verzeichnis	Erläuterung	Revisionsnummer
1	1.1	Erste Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 1	1
	1.2	1. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 1	2
	1.3	2. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 1	3
	1.4	n. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 1	4
2	2.5	Erste Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 2	5
	2.6	1. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 2	6
	2.7	2. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 2	7
	2.8	n. Änderung der Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 2	8
3	3.9	Erste Map zu der VTU-Knotenpunktvariante 3	9
[...]			

Bei Vorgehen zur eigentlichen Erstellung der Map wird in Hamburg zwischen drei wesentlichen Fällen unterschieden:

1. Map-Erstellung im Zuge von LSA Neu-/Überplanungen

2. Map-Ergänzungen zu bestehender LSA-Version
3. Map-Überplanungen, ohne dass eine neue LSA-Planung erstellt werden muss

Wenn die Map-Erstellung im Zuge der Neu- / Überplanung einer LSA erfolgen soll, dann wird die LSA-Planung inklusive der Map-Erstellung zunächst im normalen LSA-Verzeichnis vorgenommen. Nachdem der Verkehrsplaner den Lageplan im PDF Format in LISA+ importiert hat, nimmt er die Map-Erstellung sowie die LSA Planung (Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) nach den stadtinternen Vorschriften vor. Nachfolgend werden die verkehrstechnischen Unterlagen (VTU) im PDF-Format sowie die LSA Versorgungsdateien als ZIP-Datei exportiert. Anschließend wird der ZIP-Export in das neue Map-ITS-Verzeichnis importiert und somit unter Berücksichtigung der Versionsbezeichnung in der Tabelle (s. oben) eine zugehörige Map-Version erstellt. Aus dieser Map-Version wird anschließend eine ETSI-konforme Map im XML-Format exportiert. Beim Export der Map in LISA+ werden zusätzlich automatisch eine Konfigurationsdatei im CFG-Format sowie eine Datei im KML-Format mit exportiert. Die Konfigurationsdatei enthält Informationen über die ausgewählten Exporteigenschaften beim Map-Export, mit Hilfe der KML-Datei ist bspw. eine optische Visualisierung zur Qualitätssicherung der Map in einem KML-Viewer (in Hamburg z.B. im FHH-Portal) möglich.

Bei Map-Ergänzungen zu bestehenden LSA-Planungen werden zunächst die LSA-Versorgungsdateien der Bestandsversion als ZIP-Datei exportiert und unter Berücksichtigung der Versionsbezeichnung in der Tabelle (s. oben) in das neue Map-ITS-Verzeichnis importiert. Die Map-Erstellung sowie der Map-Export erfolgen dann unmittelbar in der neuen Version im Map_ITS-Verzeichnis.

Bei Map-Überplanungen wird die aktuelle Map-Version aus dem Map_ITS-Verzeichnis dupliziert und entsprechend der Versionsbezeichnung in der Tabelle (s. oben) benannt. Die Map-Erstellung sowie der Map-Export erfolgen dann unmittelbar in der neuen Version im Map_ITS-Verzeichnis.

Die Stadt Hamburg hat im Laufe des Jahres ein internes Konzept zur Aktualisierung von Maps erstellt. Dieses beinhaltet auch den Umgang mit Map-Überplanungen.

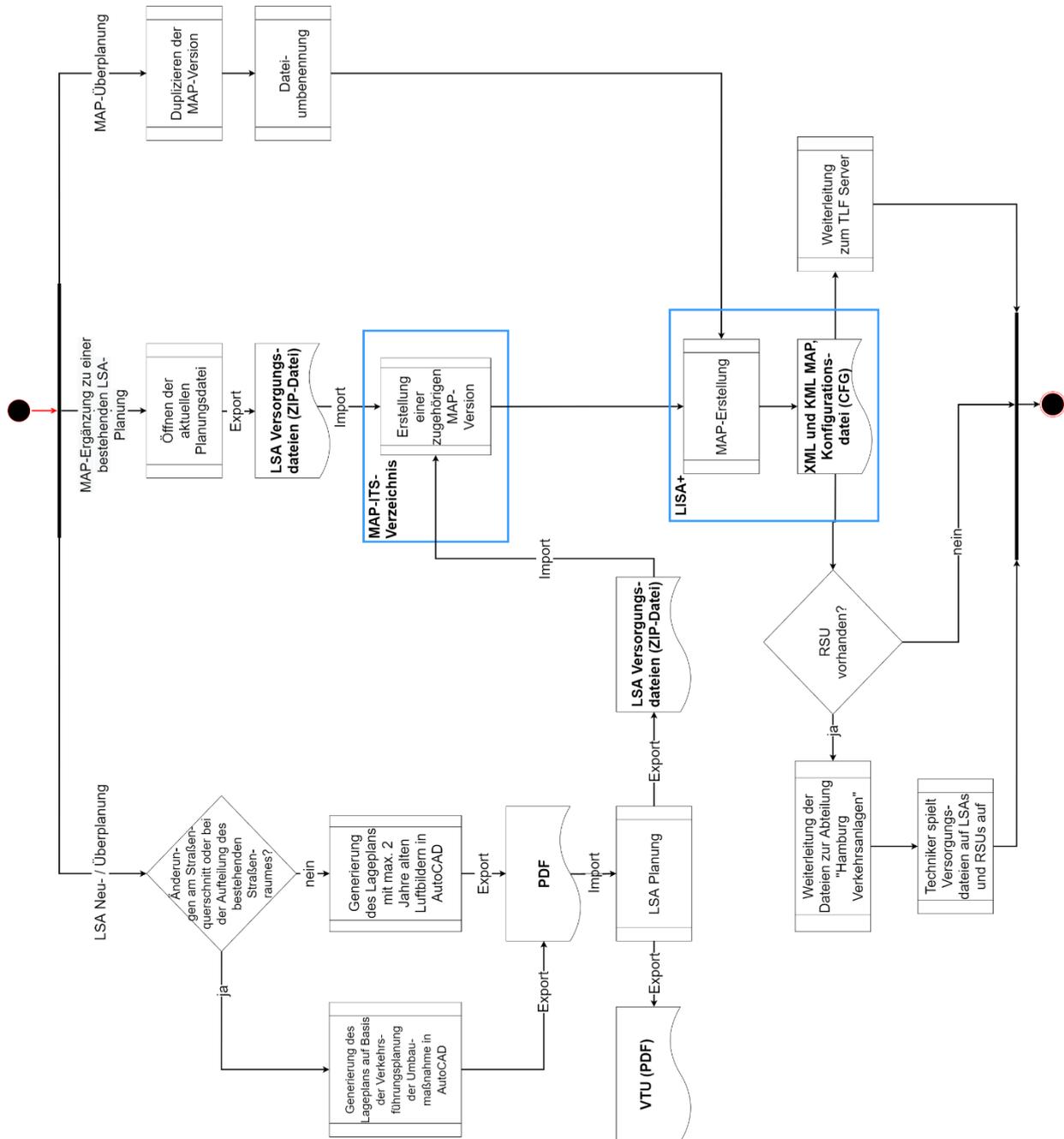


Abbildung 6.2: Workflow Map-Erstellung Stadt Hamburg

Jede erstellte Map wird auf einem dem TLF-Server der Stadt Hamburg diskriminierungsfrei für die Nutzung Dritter zur Verfügung gestellt, sobald die Map aktiv wird. Ein konkretes Konzept zur Sicherstellung des korrekten Aktivierungszeitpunktes der Map existiert derzeit noch nicht. Diese Sicherstellung ist besonders dann schwierig, wenn Maps im Zuge von Änderungen erstellt werden, die keine neue LSA-Planung beinhalten.

Immer wenn an einer LSA eine RSU vorhanden ist oder diese im Zuge eines Projektes neu ergänzt werden soll, werden die Map-Dateien zusätzlich an „Hamburg Verkehrsanlagen“ (HHVA) weitergeleitet (im Fall von LSA Neu- / Überplanungen von LSA gemeinsam mit der exportierten VTU im PDF-Format sowie der LSA-Versorgungsdateien im ZIP-Format). Die Techniker von HHVA spielen die entsprechenden LSA-Versorgungsdateien im Steuergerät der LSA und die MAP in der RSU auf. Durch eine Fertigmeldung seitens HHVA kann in solchen Fällen eindeutig der Aktivierungszeitpunkt der Map dokumentiert werden

Ein Konzept zum Ablagesystem der exportierten Map-Dateien existiert in Hamburg bisher nicht, ist jedoch für die zeitnahe Umsetzung geplant.

Die Stadt Hamburg steht in engem Austausch mit der der Firma SCHLOTHAUER & WAUER, um mögliche Lösungen und Weiterentwicklungen zu den Themen Map-Ablage, Automatisierung des Map-Exportes sowie der Verwaltung der Map-Versionen in LISA+ zu entwickeln. Ggf. kann so langfristig die Verwaltung in einem gesonderten Verzeichnis (MAP_ITS) entfallen. Konkrete Ansätze liegen bisher jedoch nicht vor.

Die Hamburger Hafenbehörde (Hamburg Port Authority) hat zum Befragungszeitpunkt (Juli 2021) für 13 der signalisierten Knotenpunkte im verantwortlichen Gebiet Maps erstellen lassen. Abbildung 6.3 stellt den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung dar. Im Gegensatz zur Stadt Hamburg lässt die Hamburger Hafenbehörde (siehe Abbildung 6.3) die Maps von einem externen Dienstleister erstellen. Dazu leitet die Abteilung „Intelligente Verkehrssysteme“ die LSA Planungsdatei an den externen Dienstleister weiter. Dieser nimmt den ETSI-konformen Map-Export mit LISA+ vor und leitet die exportierten Map-Dateien zur Abteilung „Hamburg Verkehrsanlagen“ weiter.

Alle anderen Prozessbestandteile decken sich mit dem Workflow der Map-Erstellung der Stadt Hamburg.

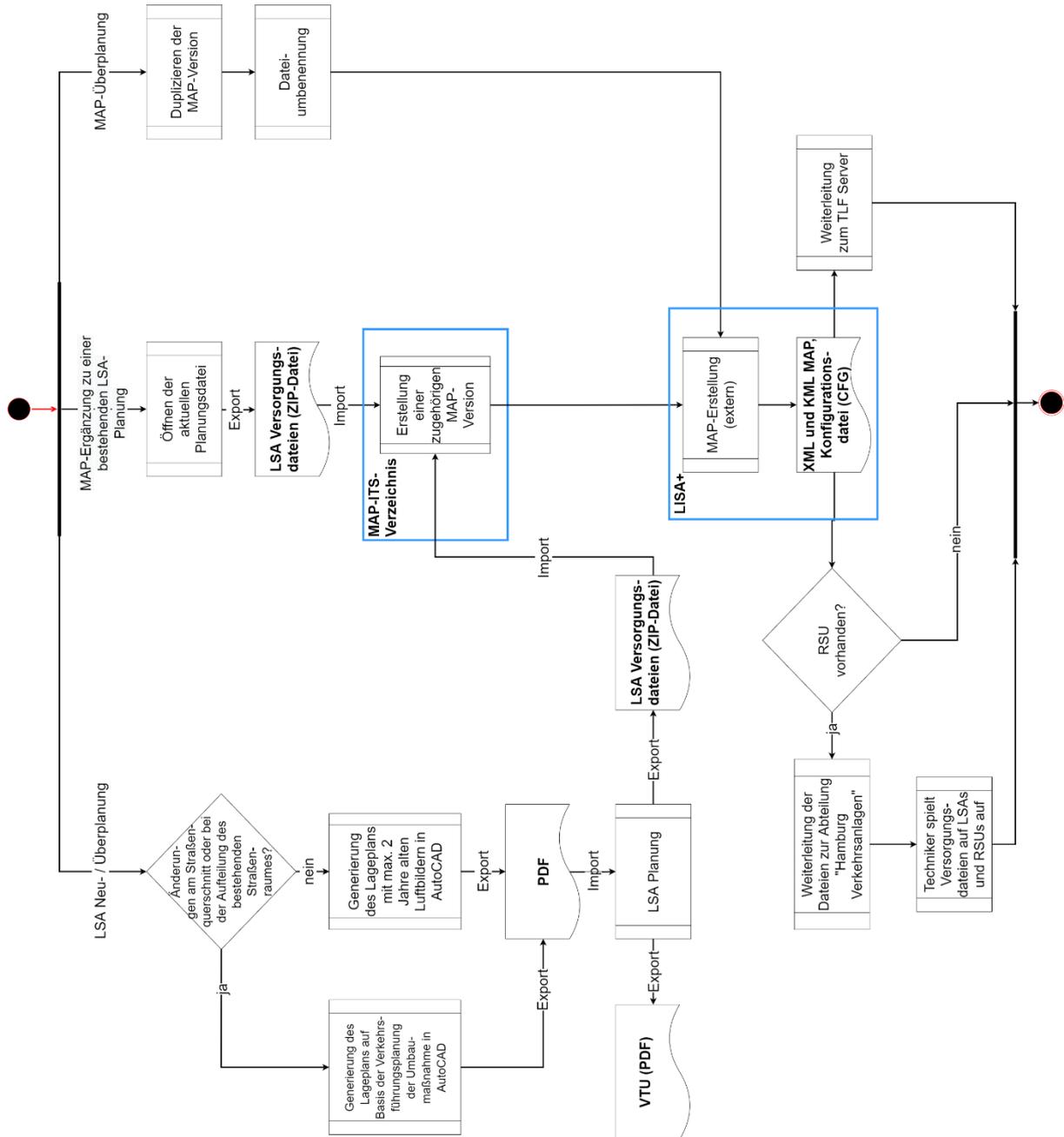


Abbildung 6.3: Workflow Map-Erstellung Hamburg Hafen

6.1.1.3 Kassel

Die Stadt Kassel hat zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) für ca. 58 der signalisierten Knotenpunkte im Stadtgebiet Maps erstellt. Abbildung 6.4 veranschaulicht den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung.

Der erste Schritt bei einer Ersterstellung einer MAP ist die Erstellung des Lageplans. Im Zuge einer LSA Neuplanung generiert der Technische Zeichner einen Signallageplan mit Hilfe von AutoCAD (CAD Programm der Firma Autodesk). Hierbei kann er auf eine vollständig digitalisierte Stadtgrundkarte vom städtischen Amt für Geoinformation und Vermessung zurückgreifen. Bei einer LSA Erneuerung wird der vorhandene digitale AutoCAD Lageplan überprüft, d.h. es erfolgt ein Abgleich mit der aktuellen Stadtgrundkarte und den jährlich aktualisierten Luftbildern sowie eine ggf. erforderliche Anpassung geplanter Modifikationen.

Für den nächsten Schritt, die LSA Planung, verwendet die Stadt Kassel sowohl den Verkehrsingenieurarbeitsplatz LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER, als auch Verkehrsingenieurarbeitsplatz SiTraffic Office von der Firma Yunex GmbH (vormals Siemens GmbH).

Nachdem der Verkehrsplaner den Lageplan im DXF Format in LISA+/SiTraffic Office importiert hat, nimmt er die LSA Grundlagenplanung (Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) nach den stadtinternen Vorschriften vor. Die Umsetzung der verkehrstechnischen Grundlagenplanung in eine verkehrsabhängige Steuerung wird gemeinsam mit der Hardware vergeben. Das Ergebnis der LSA Planung sind exportierte verkehrstechnische Unterlagen (VTU) sowie die OIVD und die Steuerungsdatei.

Die zugehörige Map wird durch einen städtischen Mitarbeiter mit Hilfe des Verkehrsingenieurarbeitsplatzes LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER erstellt. Dieser greift auf Luftbilder der Stadt Kassel zurück und schneidet für den gewünschten Knotenpunkt ein Luftbild mit der Kantenlänge 600 m x 600 m aus und importiert dieses im jpeg-Format in LISA+. Auf Basis des importierten Luftbildes nimmt der Verkehrsingenieur eine erneute Georeferenzierung vor und versorgt die Spuren mit längeren Zufahrtslängen neu, so dass die Zufahrtslängen ungefähr 300 m betragen. Danach wird zur Zuordnung der Signalgruppen die vom externen Dienstleister generierte OIVD in LISA+ importiert. Nachfolgend wird eine ETSI konforme Map im XML-Format mit Absolutkoordinaten exportiert.

Wenn eine Map erstmals für ein KP mit einer bestehenden LSA Planung generiert wird, liegen der Stadt Kassel die LSA Unterlagen bereits vor. Analog zum obigen Vorgehen, erfolgt auf Basis eines in LISA+ importierten Luftbildes eine neue Spurversorgung mit längeren

Zufahrtslängen, die Signalgruppenzuordnung via importierter OIVD und dem ETSI konformen XML-Map Export. Zusätzlich kann eine Datei im KML-Format für Google Earth erstellt werden.

Bisher (Stand Juli 2021) besteht in der Stadt Kassel noch kein etablierter Prozess zum Update einer Map. Dementsprechend hat die Stadt Kassel auch noch kein Map-Update vorgenommen. Zu beachten ist, dass für diesen Fall beim derzeitig etablierten Workflow ein neues Luftbild erstellt werden müsste, wenn der KP umfangreich umgestaltet wurde.

Die via LISA+ erstellten Maps werden nach einer XML-Strukturprüfung und Sichtprüfung mittels einer aus der Map-Datei erzeugten KML-Datei in einem zentralen Netzwerkordner abgelegt. In der Stadt Kassel sind die RSUs über eine proprietäre Schnittstelle an eine RSU Zentrale angebunden. Die RSU Zentrale hat Zugriff auf den zentralen Netzwerkordner der Stadt Kassel mit den Maps. Ein Mitarbeiter der Stadt Kassel schaltet sich per Remoteverbindung auf die RSU Zentrale und ordnet die Maps dem zugehörigen Knotenpunkt zu, um automatisiert die RSUs mit Maps versorgen zu lassen.

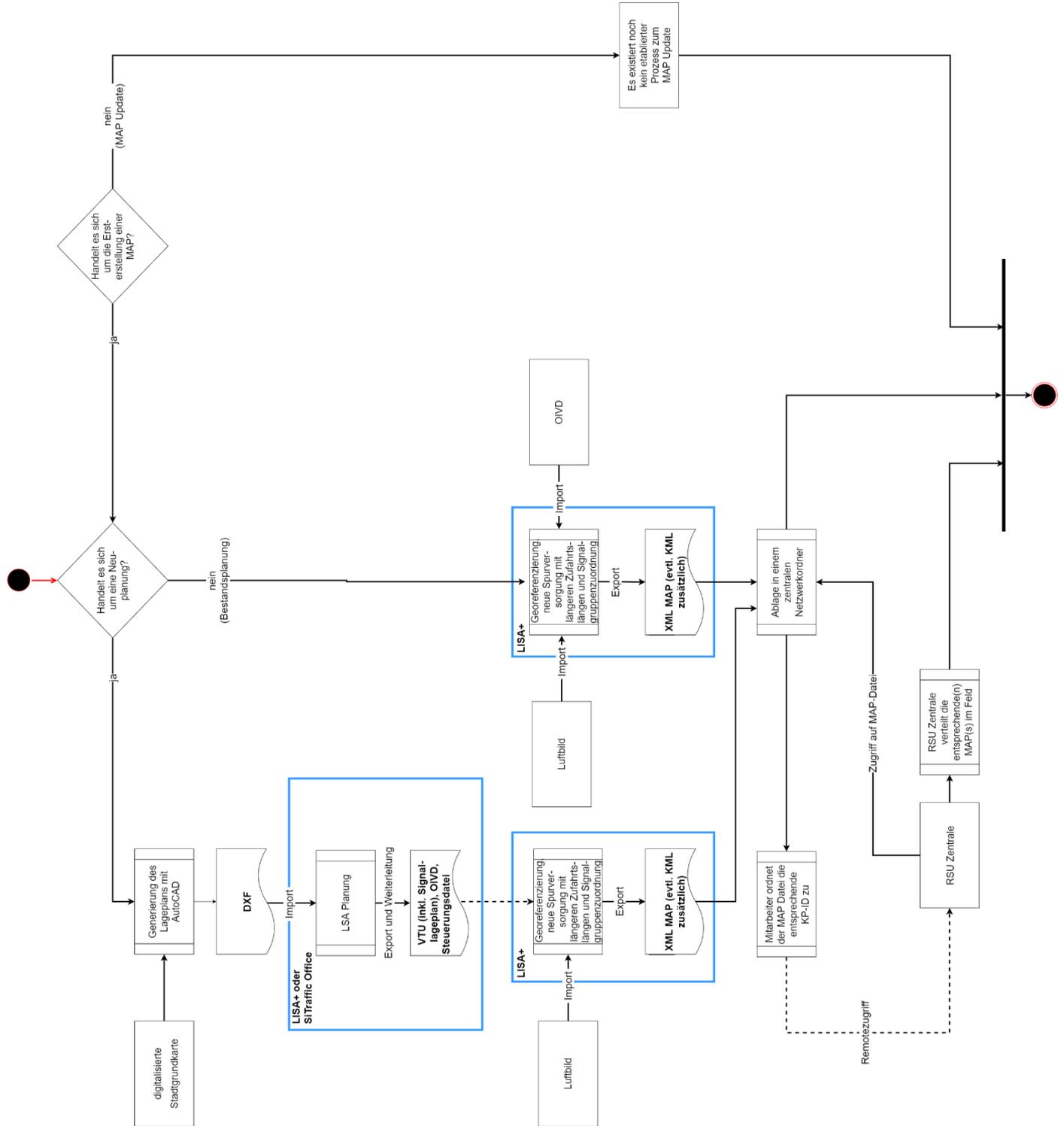


Abbildung 6.4: Workflow Map-Erstellung Stadt Kassel

6.1.1.4 Köln

Die Stadt Köln hat zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) für 350 der signalisierten Knotenpunkte im Stadtgebiet Maps erstellen lassen. Abbildung 6.5 stellt den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung dar.

Für die LSA Planung, verwendet die Stadt Köln den Verkehrsingenieurarbeitsplatz SiTraffic Office und für die Map-Erstellung das SiTraffic Map2X Tool von der Firma YUNEX TRAFFIC. Es sei hier erwähnt, dass die Erstellung einer Map-Datei mit dem Map2X Tool nur möglich ist, wenn ein eingescannter, maßstäblicher Signallageplan mit Nordpfeil und Georeferenzpunkt und eine Signalgruppenliste ODER ein georeferenziertes Luftbild und eine Signalgruppenliste ODER eine unvollständige Sitraffic-Office Versorgung (ohne Lageplan oder Topographie) als Grundlage vorhanden ist.

Der erste Schritt bei einer Ersterstellung einer Map im Zuge einer LSA Neuplanung ist die Erstellung des Lageplans. Nachdem der Verkehrsplaner den Lageplan im jpeg Format in SiTraffic Office importiert hat, nimmt er die LSA Planung (Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) nach den behördeninternen Vorschriften vor. Das Ergebnis der LSA Planung sind exportierte verkehrstechnische Unterlagen (VTU) sowie die OIVD und die LSA Steuerungsdatei. Diese Unterlagen werden in einem internen Verzeichnis der Stadt Köln abgelegt. Die Erstellung einer Map-Datei auf der Grundlage einer Sitraffic-Office Versorgung ist nur möglich, wenn der Maßstab des Lageplans über eine Referenzstrecke definiert ist; der Lageplan über einen Nordpfeil und einen Georeferenzpunkt verfügt. Wenn diese Angaben vorhanden sind, wird die während der LSA-Planung erstellte Kreuzungsgeometrie über eine SOP-Datei exportiert.

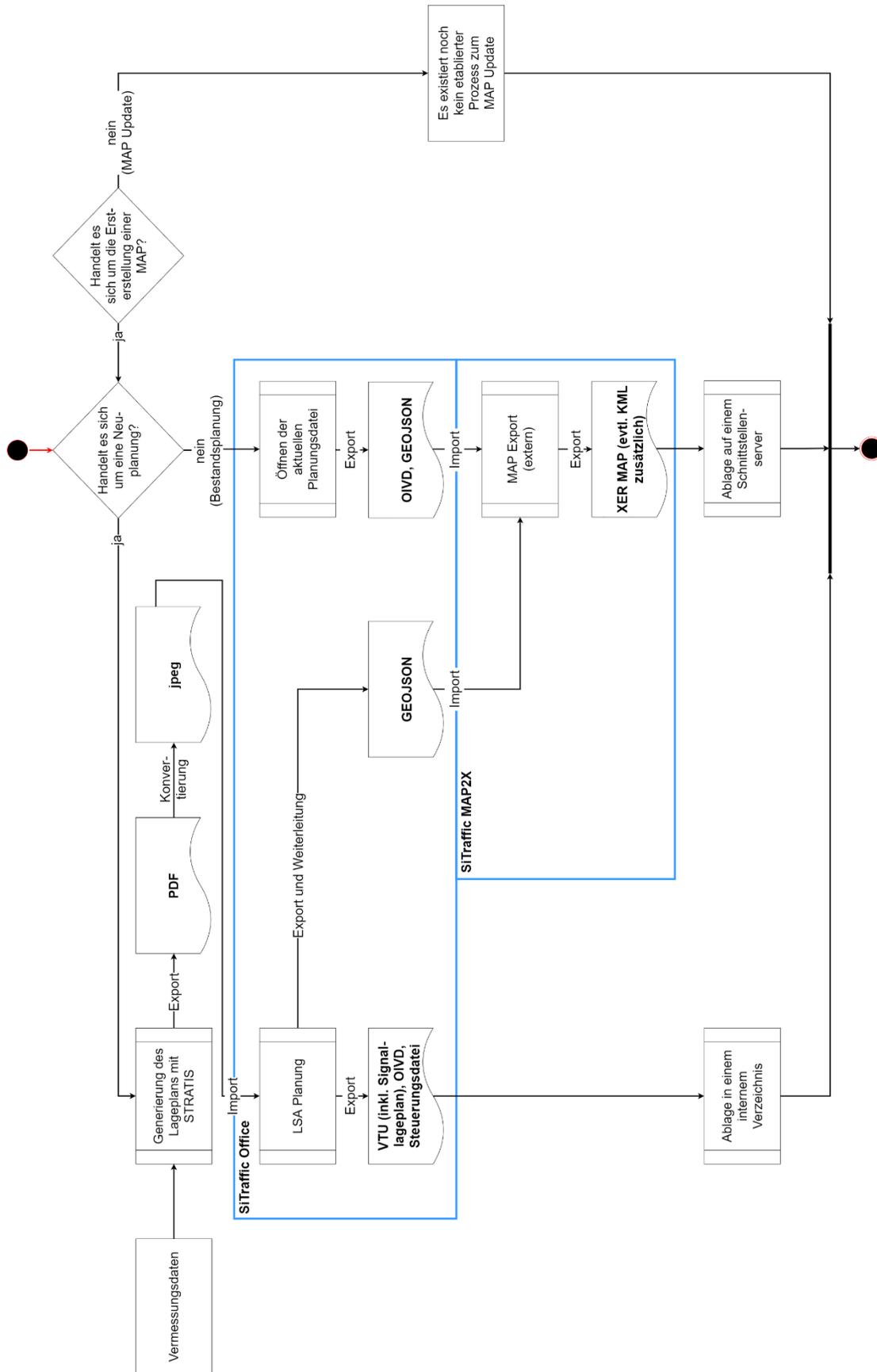


Abbildung 6.5: Workflow Map-Erstellung Stadt Köln

Da die Stadt Köln die Erstellung der Map bei einem externen Dienstleister in Auftrag gegeben hat, wird die SOP-Datei an den externen Dienstleister weitergeleitet. Dieser importiert die SOP-Datei in das SiTraffic Map2X Tool (Tool zur Map-Erstellung von der Firma YUNEX TRAFFIC).

Der externe Dienstleister nimmt den ETSI konformen Map-Export über eine XER-Datei vor. Diese entspricht inhaltlich und strukturell dem Map-Teil einer ETSI-konformen MAPEM. Zusätzlich kann eine Datei im KML-Format für Google Earth erstellt werden. Des Weiteren werden alle signalisierten und nicht-signalisierten Fahrstreifen für MIV, Rad und ÖV sowie die Fußgängerfurten versorgt. Dabei werden die Knotenpunktzufahrten mit einer Länge von 50 m und alle Knotenpunktausfahrten mit einer Länge von 10 m im MAP2X Tool definiert. Die erstellten Maps werden vom Dienstleister auf einem Schnittstellenserver abgelegt.

Wenn eine Map erstmals für ein KP mit einer bestehenden LSA Planung generiert wird, sind der Lageplan und die LSA Planung bereits erstellt worden. Wenn die genannten Voraussetzungen zur Erstellung einer Map-Datei auf der Grundlage einer Sitraffic-Office Versorgung erfüllt sind, leitet ein Mitarbeiter des Amtes für Verkehrsmanagement die aktuelle Kreuzungsgeometrie als SOP-Datei an den externen Dienstleister weiter. Dieser nimmt – wie oben beschrieben – einen ETSI konformen Map-Export vor und deponiert die Map-Dateien auf dem Schnittstellenserver.

Bisher (Stand Juli 2021) besteht in der Stadt Köln noch kein etablierter Prozess zum Update einer Map. Dementsprechend hat die Stadt Köln auch noch kein Map-Update vorgenommen.

6.1.1.5 München

Die Stadt München hat bis zum Erhebungszeitpunkt drei Maps erstellt / erstellen lassen und plant derzeit (Juli 2021) die kontinuierliche Ausweitung von Maps im Rahmen von Forschungsprojekten. Abbildung 6.6 stellt den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung dar.

Der erste Schritt bei einer Ersterstellung einer Map im Zuge einer LSA Neuplanung ist die Erstellung des Lageplans. Die Lagepläne werden auf Basis der Vermessungsdaten vom Katasteramt für jeden Knotenpunkt einzeln von der Abteilung „Verkehrssteuerung“ mit BricsCAD (CAD Programm der Firma Bricsys) erstellt. Die Größe des Ausschnitts wird dabei so gewählt, dass der Knotenpunkt – ohne besonderen Fokus auf die Zufahrtslängen – sowie die Detektoren und ÖV-MP enthalten sind. Ein einheitliches Lageplanformat gibt es nicht, dieser liegt entweder im DWG- oder PDF-Format vor.

Die Stadt München nimmt die LSA Planung entweder selbst vor oder lässt diese durch einen externen Dienstleister durchführen.

Wenn ersteres der Fall ist, wird der Verkehrsingenieurarbeitsplatz CROSSIG von der Firma GEVAS software GmbH angewandt. Ein Verkehrsingenieur importiert den Lageplan in CROSSIG und plant die LSAs (Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) nach den behördeninternen Vorschriften. Nach abgeschlossener LSA Planung wird im VIAP noch einmal eine Spurversorgung vorgenommen. Abschließend werden die Verkehrstechnischen Unterlagen (VTU), die OIVD, die Steuerungsdatei und die ETSI konforme Map im XML-Format (evtl. zusätzlich im KML-Format) exportiert und in einem internen Ordner abgelegt.

Wenn die LSA Planung von einem externen Dienstleister vorgenommen wird, fordert die Stadt München von diesem, dass die LSA Planung in den VIAP CROSSIG importierbar ist. Somit können Mitarbeiter der Stadt München die Steuerungsdateien für Trends sowie die Map mit Hilfe von CROSSIG selbst exportieren. Nachdem der externe Dienstleister die LSA Planung fertiggestellt und die exportierten Verkehrstechnischen Unterlagen (VTU), die OIVD, Steuerungsdatei und Planungsdatei zur Stadt München weitergeleitet hat, legt ein Mitarbeiter der Stadt München die Dateien in einem internen Ordner ab. Zur Map-Erstellung wird die Planungsdatei in CROSSIG importiert und die Spurattributierung vorgenommen. Die ETSI konforme Map wird im XML-Format (evtl. KML zusätzlich) exportiert und in einem internen Ordner abgelegt.

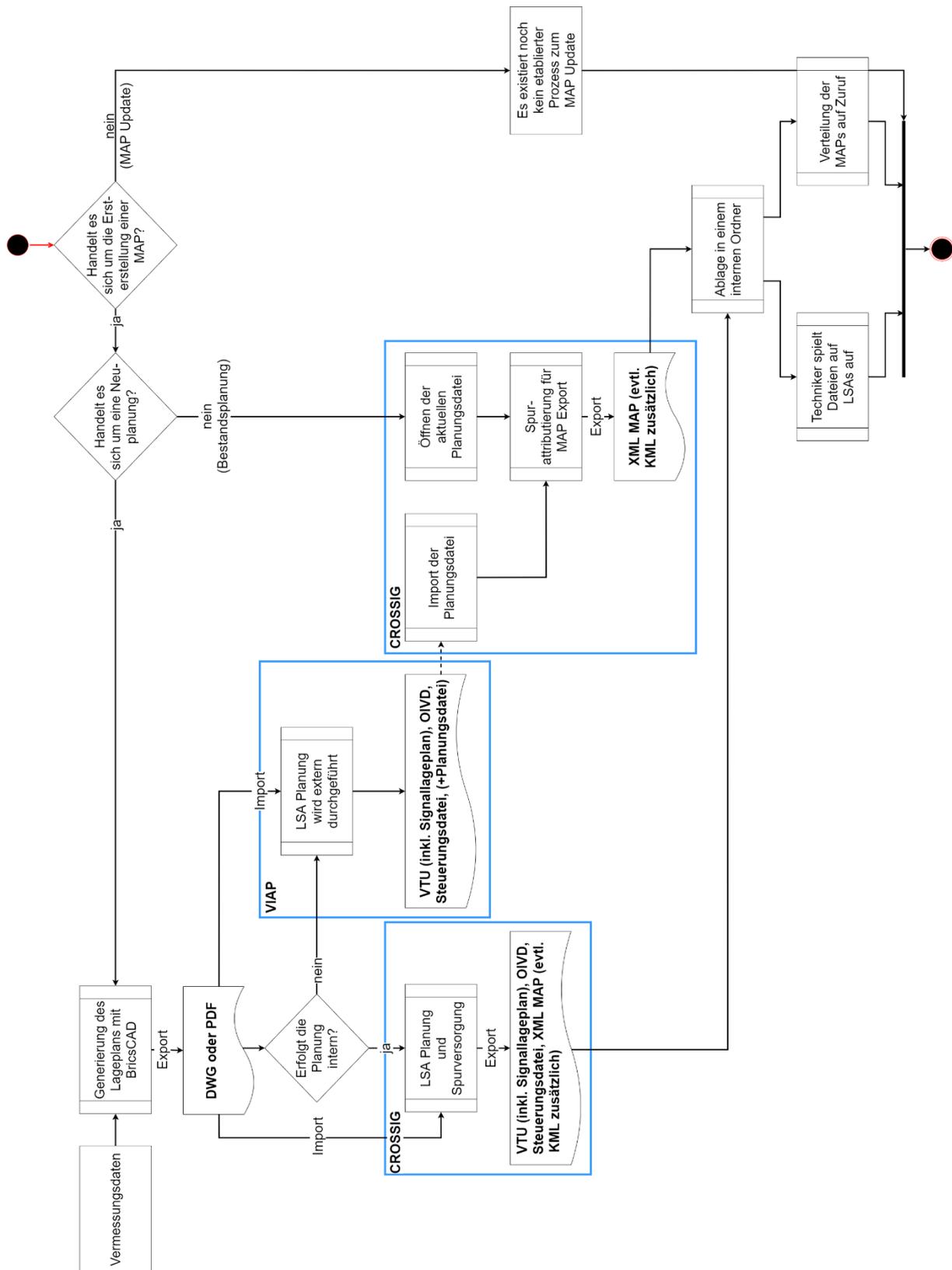


Abbildung 6.6: Workflow Map-Erstellung Stadt München

Wenn eine Map erstmals für ein KP mit einer bestehenden LSA-Planung generiert wird, sind der Lageplan und die LSA-Planung bereits erstellt worden. Damit die gewünschte Map erstellt werden kann, öffnet ein städtischer Mitarbeiter die aktuelle Planungsdatei und exportiert die ETSI konforme Map als XML-Datei (evtl. KML zusätzlich) und legt diese in einem internen Ordner ab.

Bisher (Stand Juli 2021) besteht in der Stadt München noch kein etablierter Prozess zum Update einer Map. Dementsprechend hat die Stadt München auch noch kein Map-Update vorgenommen.

Es ist anzumerken, dass zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) noch kein Prozess zur Bereitstellung der Map etabliert ist. Für das Forschungsprojekt Tempus werden die Maps auf Zuruf an die Projektpartner verteilt.

6.1.1.6 Stuttgart

Die Stadt Stuttgart hat bis zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) für 15 der signalisierten Knotenpunkte im Stadtgebiet Maps erstellt. Abbildung 6.7 illustriert den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung.

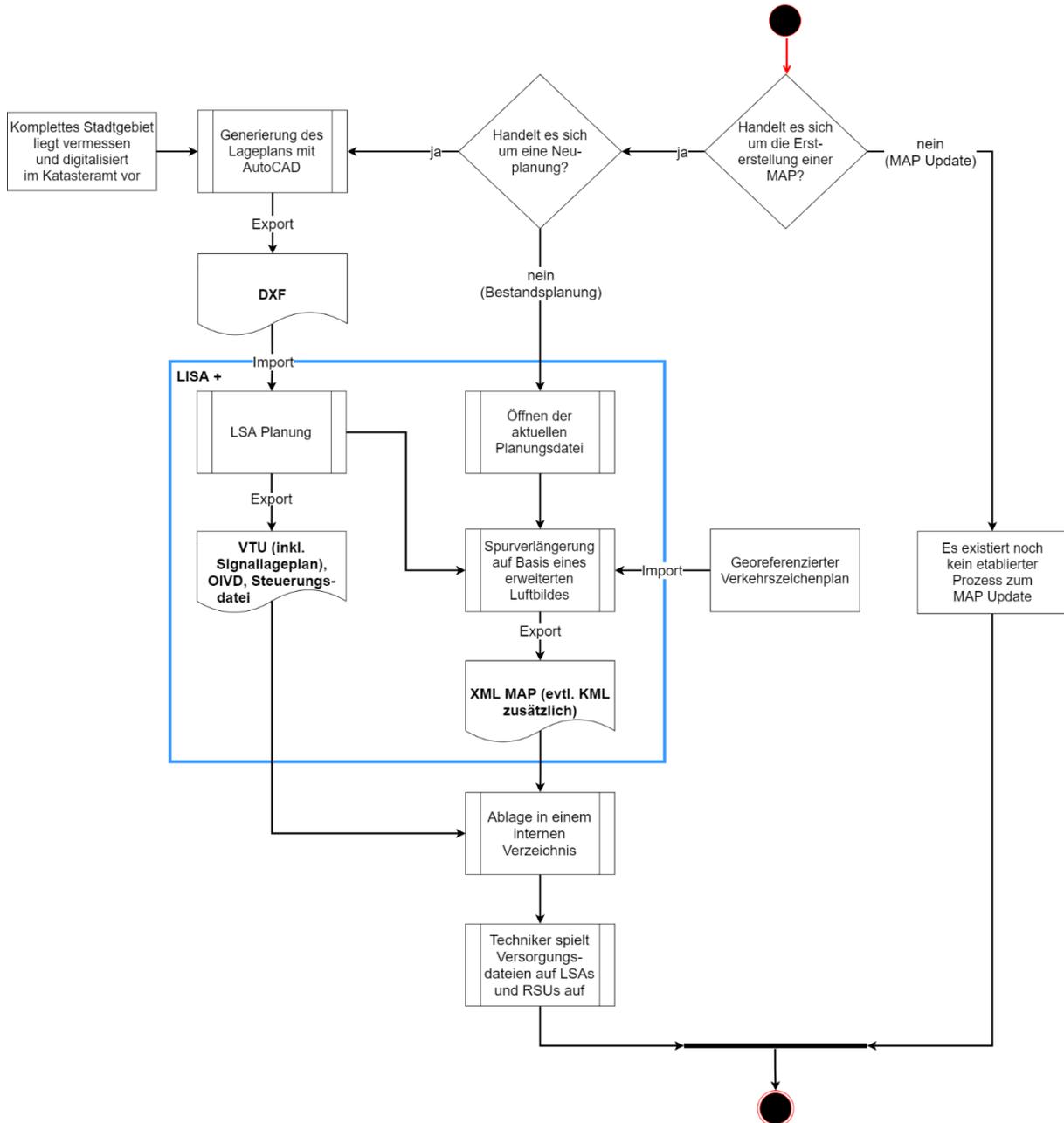


Abbildung 6.7: Workflow Map-Erstellung Stadt Stuttgart

Der erste Schritt bei einer Ersterstellung einer Map im Zuge einer LSA Neuplanung ist die Erstellung des Lageplans. Da das komplette Stadtgebiet bereits vermessen und digitalisiert im

Katasteramt vorliegt, kann der zuständige Technische Zeichner diesen mit Hilfe von AutoCAD (CAD Programm der Firma Autodesk) generieren. Dazu selektiert der technische Zeichner das gewünschte Gebiet und exportiert dieses als Lageplan im DXF Format.

Für den nächsten Schritt, die LSA Planung, verwendet die Stadt Stuttgart den Verkehrsingenieurarbeitsplatz LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER.

Nachdem der Verkehrsplaner den Lageplan im DXF Format in LISA+ importiert hat, nimmt er die LSA Planung (Zwischenzeitenberechnung, Phaseinteilung etc.) nach den behördeninternen Vorschriften vor. Das Ergebnis der LSA Planung sind exportierte verkehrstechnische Unterlagen (VTU) sowie die OIVD und die Steuerungsdatei. Die Dateien werden in einem internen Verzeichnis abgelegt.

Die zugehörige Map wird ebenfalls mit dem Verkehrsingenieurarbeitsplatz LISA+ erstellt. Dazu bekommt der Verkehrsplaner bauseits einen georeferenzierten Verkehrszeichenplan mit entsprechender Ausdehnung gestellt und importiert diesen im PDF-Format in LISA+. Auf Basis des importierten Verkehrszeichenplanes verlängert der Verkehrsingenieur die Spuren, so dass die Zufahrtslängen bis zu 500 m betragen. Die entsprechende SG-Zuordnung bleibt bestehen. Nachfolgend wird die ETSI konforme Map als XML-Datei exportiert. Zusätzlich kann eine Datei im KML-Format für Google Earth erstellt werden. Die exportierten Maps werden in einem internen Verzeichnis abgelegt.

Wenn eine Map erstmals für ein KP mit einer bestehenden LSA Planung generiert wird, sind der Lageplan und die LSA Planung bereits erstellt worden. Damit der Verkehrsingenieur die gewünschte Map mit Hilfe des VIAPs erstellen kann, muss er zunächst die aktuelle LSA-Planungsdatei in LISA+ öffnen. Nachfolgend wird ein Verkehrszeichenplan in LISA+ importiert und die Spuren verlängert. Danach wird der Exportvorgang – ohne weitere Versorgung spezieller Attribute – gestartet. Das Ergebnis ist eine ETSI konforme XML Map und evtl. zusätzlich eine KML, die in einem internen Verzeichnis abgelegt werden.

Bisher (Stand Juli 2021) besteht in der Stadt Stuttgart noch kein etablierter Prozess zum Update einer Map. Dementsprechend hat die Stadt Stuttgart auch noch kein Map-Update vorgenommen.

Die Techniker der Stadt Stuttgart oder entsprechende Auftragnehmer bekommen die Versorgungsdateien nach interner Prüfung bereitgestellt. Somit können diese die entsprechenden Versorgungsdateien auf die Steuergeräte der LSAs und RSUs aufspielen.

6.1.2 Katalog der Tools und Verfahren zur Map-Erstellung

Im nachfolgendem werden die eingesetzten Tools und Verfahren, die zur Map-Erstellung von den Map-aktiven OCA-Referenzstädten verwendet werden, aufgelistet. Dabei werden nur die Instrumentarien aufgelistet, die zur eigentlichen Map-Erstellung benötigt werden. Das bedeutet, dass Tools, die beispielsweise für die Generierung des Lageplans oder zur Bereitstellung der Map benötigt werden, nicht erfasst werden.

Die vorangegangene Workflowanalyse der Map-aktiven OCA-Referenzstädte hat aufgezeigt, dass zur Map-Erstellung die drei Verkehrsingenieurarbeitsplätze Sitraffic Office / Sitraffic Map2X, LISA+ und CROSSIG (siehe Abbildung 6.8 – Abbildung 6.11) eingesetzt werden.

Das Tool Sitraffic Office von der Firma YUNEX TRAFFIC kann zur LSA Planung und zum Export der Verkehrstechnischen Unterlagen, der zugehörigen OIVD und der Steuerungsdatei verwendet werden. Ein Screenshot vom Startbildschirm ist in Abbildung 6.8 dargestellt.

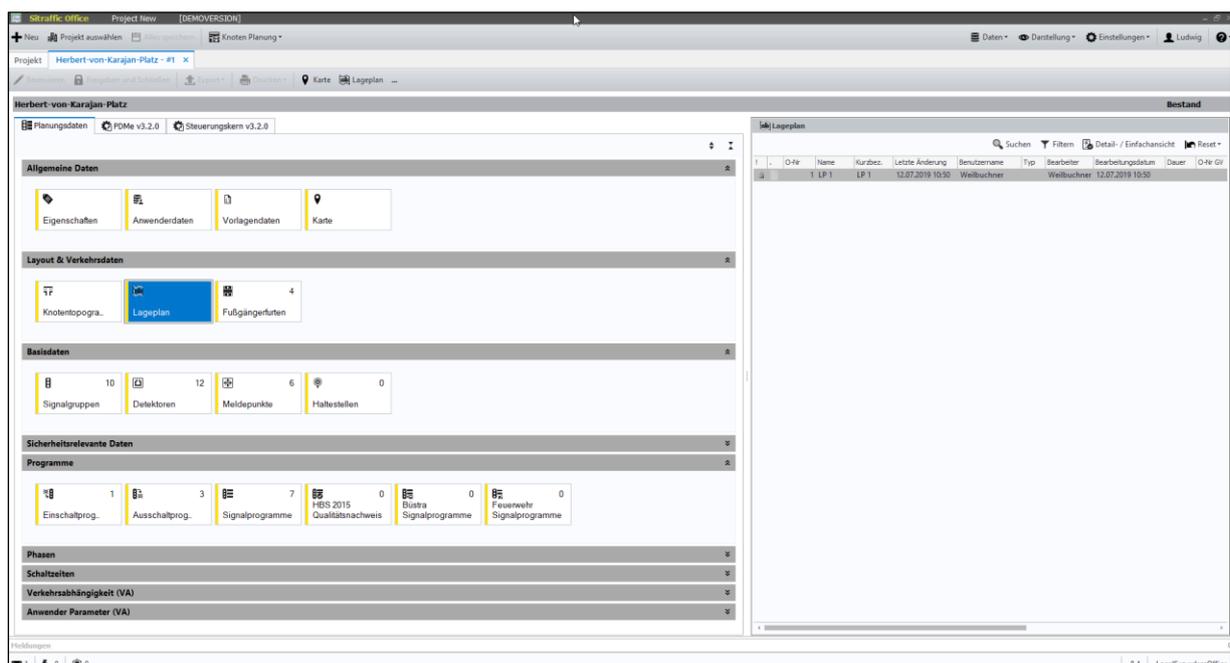


Abbildung 6.8: VIAP Sitraffic Office von der Firma YUNEX TRAFFIC

Es ist anzumerken, dass Sitraffic Office selbst keine Map erstellen / exportieren kann. Dies erfolgt mit der Erweiterung Sitraffic Map2x (siehe Abbildung 6.9).

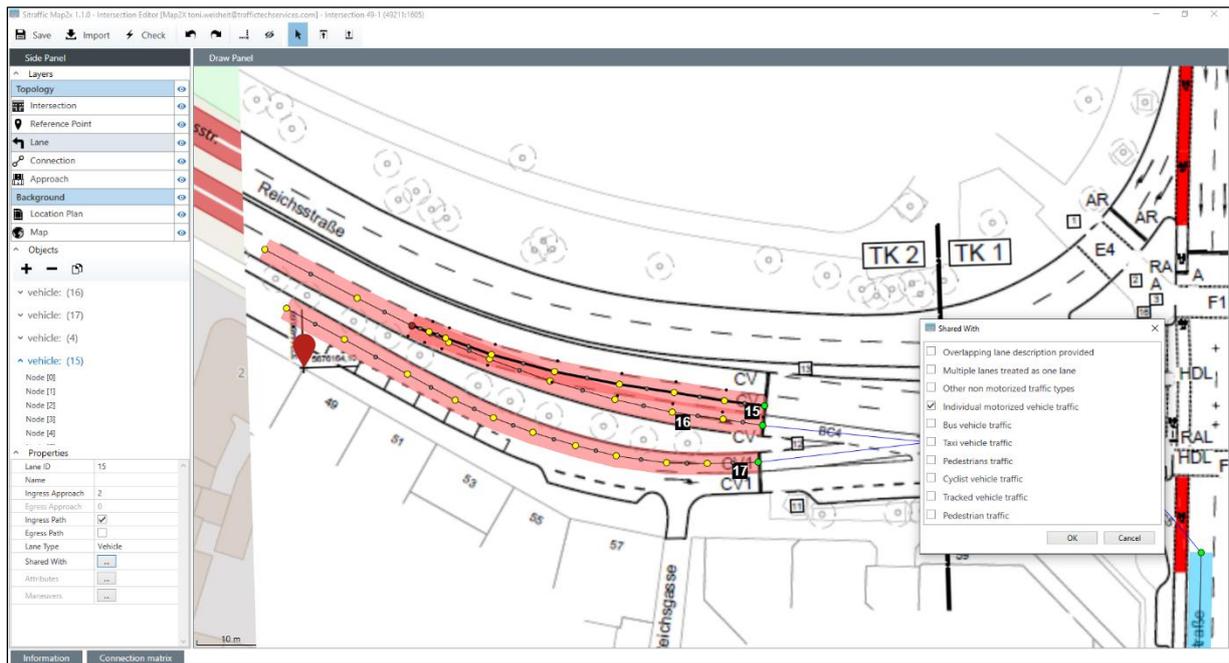


Abbildung 6.9: Sittraffic Map2X von der Firma YUNEX TRAFFIC

Mit Hilfe von Sittraffic Map2X kann auf Grundlage der LSA Planungsdatei eine Map direkt exportiert werden.

Die Verkehrsingenieurarbeitsplätze LISA+ (siehe Abbildung 6.10) von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER und CROSSIG (siehe Abbildung 6.11) von der Firma GEVAS software GmbH können sowohl für die LSA-Planung als auch für die Map-Erstellung verwendet werden. Nach erfolgter LSA-Planung können die zugehörigen Verkehrstechnischen Unterlagen, die OIVD und die Steuerungsdatei exportiert werden. Maps können auf Grundlage der LSA-Planung erstellt und direkt als XML und/oder KML exportiert werden. Alternativ kann eine Neugeometrierung (siehe Kapitel 8.1) vorgenommen werden.

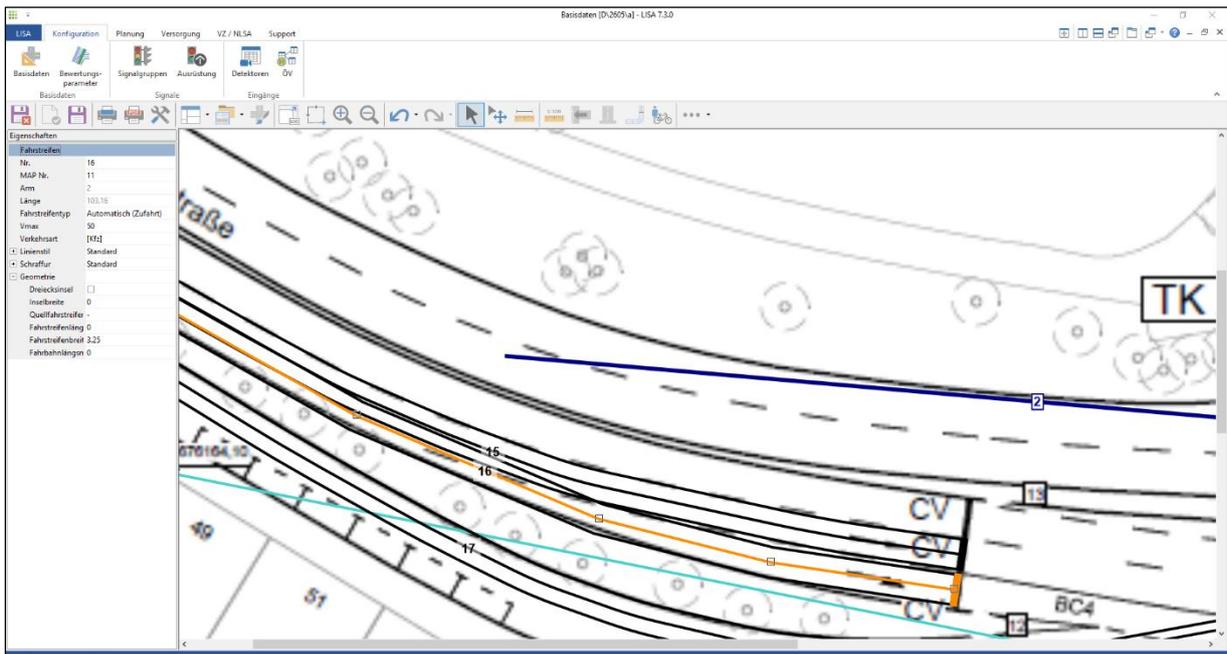


Abbildung 6.10: VIAP LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER

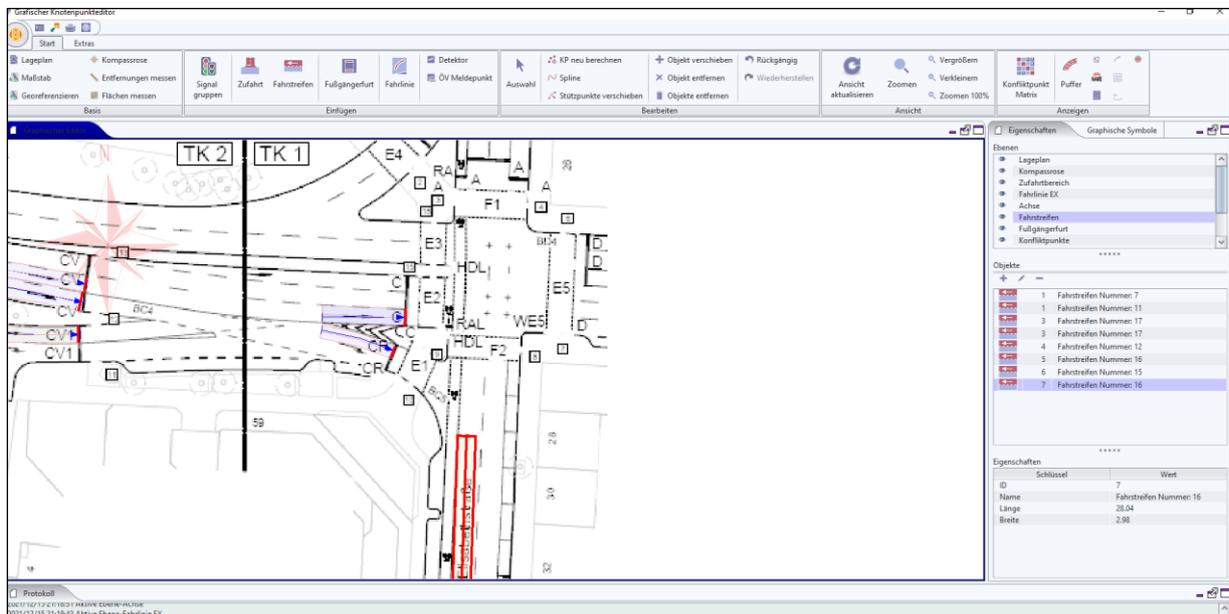


Abbildung 6.11: VIAP CROSSIG von der Firma GEVAS software GmbH

6.1.3 Übersicht der Detailtiefe der städtischen Maps

Ziel des vorliegenden Leitfadens ist es unter anderem, die Attributierungsgüte der Map zu definieren. Grundlage hierfür ist eine Erhebung der aktuellen Detailtiefe. Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 6.1-Tabelle 6.4) geben eine Übersicht, welche Map Attribute laut ISO/TS 19091:2019-06 [3] verpflichtend (**m**) versorgt werden müssen, bzw. optional (**o**) versorgt werden können und welche Map Attribute nach dem Erhebungsstand (Juli 2021) von den Map-aktiven OCA-Referenzstädten (Düsseldorf (D), Hamburg (HH), Kassel (KS), Köln (K), München (M) und Stuttgart (S)) versorgt werden. Da sich die Attributierungsgüte der Beispiel-Maps von der Stadt Hamburg und der Hamburger Hafenbehörde nicht unterschieden hat, sind die Stadt Hamburg und Hamburg Hafen als Hamburg (HH) zusammengefasst.

Da die nachfolgenden Tabellen auf Basis von Beispiel-Maps der Städte erstellt worden sind, ist zu beachten, dass ein **ja** nicht bedeutet, dass die Attributversorgung immer erfolgt. Dementsprechend bedeutet ein **nein** nicht, dass die Attributversorgung nie erfolgt. Bisher wird jede Map noch individuell attribuiert.

Weiterhin ist anzumerken, dass die Tabelle 6.1 – Tabelle 6.4 im Einklang mit dem vorgestellten Schema aus Kapitel 4 strukturiert sind.

Tabelle 6.1: Detailtiefe der städtischen Maps – MAPEM Datenelemente (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	D	HH	KS	K	M	S
timeStamp (moy)	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
msgIssueRevision	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
layerType	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
layerID	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
intersections	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
roadSegments	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
dataParameters	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
processMethod	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
processAgency	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
lastCheckedDate	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
geoidUsed	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
restrictionList	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
id	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
users	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
restrictionUserType	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
basicType	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
signalHeadLocations	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 6.2: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry" (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	D	HH	KS	K	M	S
name	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
id	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
region	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
id	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
revision	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
refPoint	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
lat	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
long	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
elevation	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
...	o						
laneWidth	o	ja	ja	ja	nein	ja	ja
speedLimits	o	nein	ja	nein	nein	ja	nein
laneSet	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
preemptPriorityData	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
countryCode	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 6.3: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“ (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	D	HH	KS	K	M	S
laneID	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
name	o	nein	nein	nein	nein	ja	nein
ingress / egress Approach	o	ja	nein	ja	nein	ja	nein
laneAttributes	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
directionalUse	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
sharedWith	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
laneType	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
vehicle	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
crosswalk	o	ja	ja	nein	ja	nein	ja
bikeLane	o	ja	nein	nein	ja	nein	nein
sidewalk	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
median	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
striping	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
trackedVehicle	o	nein	nein	nein	ja	nein	nein
parking	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
maxVehicleHeight	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
maxVehicleWeight	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
maneuvers	o	nein	nein	nein	nein	ja	nein
nodeList	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
nodes	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
computed	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
connectsTo	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
connectingLane	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
lane	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
maneuver	o	nein	ja	ja	nein	ja	ja
remoteIntersection	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	D	HH	KS	K	M	S
signalGroup	o	ja	ja	ja	ja	ja	ja
userClass	o	nein	nein	nein	nein	ja	nein
connectionID	o	ja	ja	ja	nein	ja	ja
overlays	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
nodes	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
connectionID	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 6.4: Detailtiefe der städtischen Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry - laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY" (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	D	HH	KS	K	M	S
delta	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
lon / x	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
lat / y	m	ja	ja	ja	ja	ja	ja
attributes	o	ja	ja	nein	ja	nein	ja
localNode		ja	ja	nein	nein	nein	ja
stopLine	o	ja	nein	nein	nein	nein	nein
merge /diverge point	o	nein	ja	nein	nein	nein	ja
...							
disabled / enabled		nein	nein	nein	nein	nein	nein
doNotBlock	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
taperToLeft	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
taperToRight	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
taperToCenterLine	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
...parking	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
...							
data	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
dWidth	o	nein	ja	nein	ja	nein	ja
dElevation	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein
regional	o	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass alle von der ISO/TS 19091:2019-06 als verpflichtend deklarierten Merkmale von den ausgewählten Referenzstädten versorgt werden. Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass zumindest teilweise auch die vom C2C-CC verpflichtend geforderten Attribute (vgl. Tabelle 4.1 – Tabelle 4.4) nach dem Erhebungsstand vom Juli 2021 von den Städten umgesetzt werden. Beispielhaft zu nennen ist hier die Versorgung der Spurbreite (*laneWidth*, siehe Tabelle 6.2), die von den Städten Düsseldorf, Hamburg, Kassel, München und Stuttgart erfolgt, oder aber auch die Versorgung der merge / diverge Points (Hamburg und Stuttgart).

6.2 Service Provider

Anhand der im Rahmen in DiMAP durchgeführten Recherche ist TTS einziger Service Provider mit eigener Map-Erstellung. Daher werden die Analyse des Workflows zur Map-Erstellung bei Service Providern, die eingesetzten Instrumentarien und die Attributierungsgüte der Maps eines Service Providers beispielhaft anhand der Prozesse und Maps von TTS erläutert.

6.2.1 Workflowanalyse bei TTS

Wie auch bei der Analyse der städtischen Workflows zur Map-Erstellung ist zu erwähnen, dass sich der Map-Erstellungsprozess zwischen einer Ersterstellung einer Map und einem Map-Update unterscheidet. Im Gegensatz zu den vorgestellten städtischen Prozessen (siehe Kapitel 6.1.1), ist anzumerken, dass bei TTS bei der Ersterstellung einer Map nicht zwischen einer LSA Neu- und Bestandsplanung unterschieden wird, da TTS keine LSA-Planungen durchführt und die Prozesse der Map-Erstellung bei TTS lediglich hinsichtlich der Bereitstellung der VTUs direkt von der LSA-Planung beeinflusst werden. Weiterhin ist wichtig zu betonen, dass andere Service Provider eventuell auch die LSA Planung übernehmen und/oder bei diesen möglicherweise eine Differenzierung zwischen dem Workflow einer Map-Erstellung im Zuge von LSA Neuplanungen und LSA Bestandsplanungen erfolgt.

TTS hat bis zum Erhebungszeitpunkt (Juli 2021) ca. 50.000 Maps für die USA, ca. 1.500 Maps in der DACH-Region und ca. 300 Maps für den Rest Europas erstellt.

Abbildung 6.12 veranschaulicht den entsprechenden Workflow zur Map-Erstellung. Es ist ersichtlich, dass zwischen der Ersterstellung einer Map und einem Map-Update unterschieden wird. Im Falle einer Ersterstellung werden bei TTS die Maps semiautomatisiert durch ein eigens entwickeltes Tool, den Map Generator, erstellt.

Der Map Generator erstellt eine sogenannte Master-KML mit georeferenzierten Referenzpunkten und mit aus Polygonen versorgten Zufahrten. Im Nachgang werden weitere Attribute anhand der VTU oder der Luftbilder manuell versorgt. Beispielhaft zu nennen sind die Zuordnung der Signalgruppen und erlaubten Manöver, die mittels der im Vorfeld kommunalseitig bereitgestellten VTU erfolgen. Anschließend überprüft ein weiteres Tool, der Map-Exporter, die erstellte KML auf systematische Fehler und exportiert die Map im XML- sowie JSON-Format. Die Maps werden im Rahmen eines Feldtestes einer Qualitätsprüfung unterzogen. Vor Ort wird geprüft, ob alle Fahrzeugbahnen in der Map erfasst sind und die Spurversorgung korrekt ist.

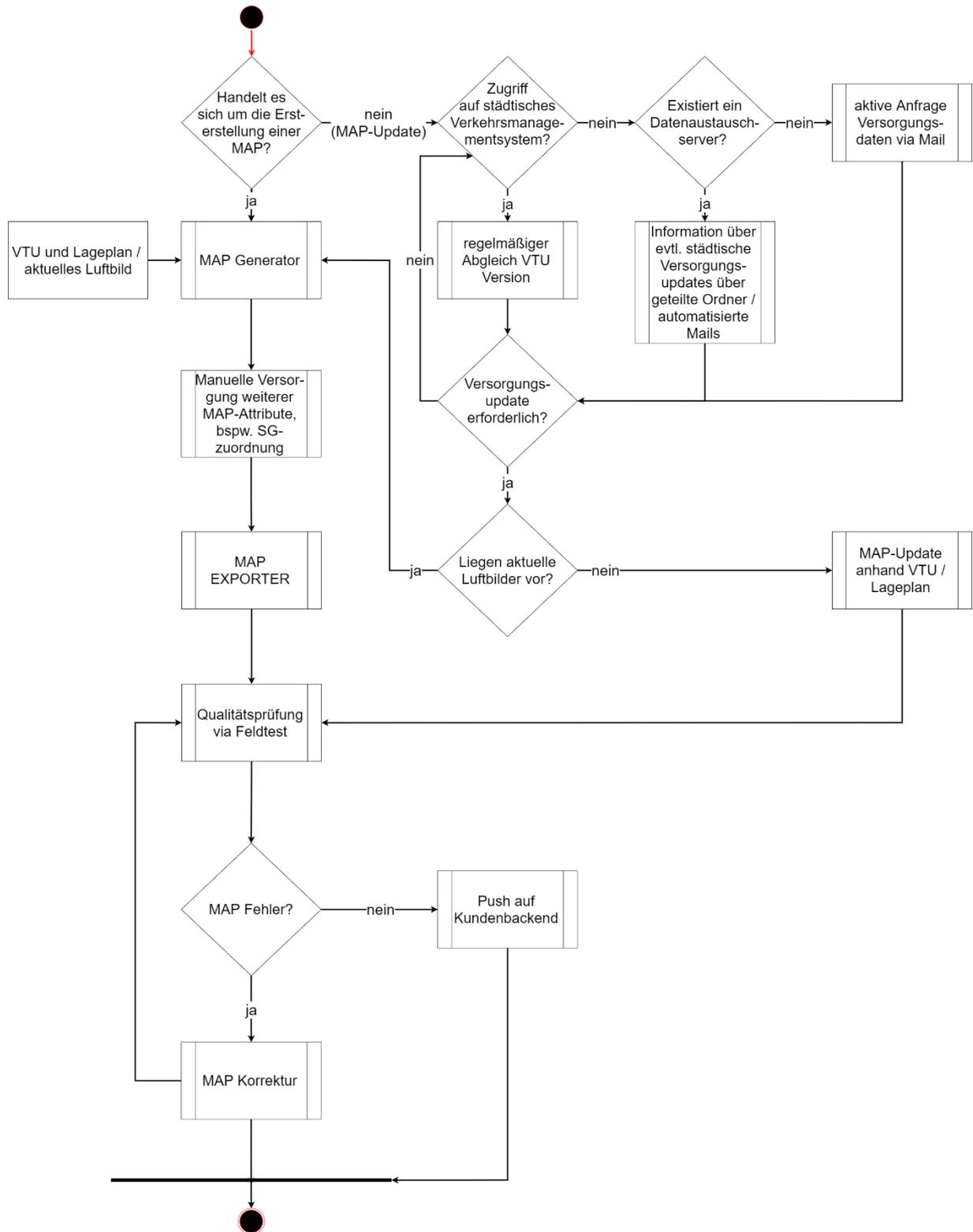


Abbildung 6.12: TTS Workflow

Falls keine Fehler zu identifizieren sind, wird die Map dem Kundenbackend übergeben. Andernfalls wird die Map korrigiert und einer weiteren Qualitätsprüfung unterzogen.

Eine Map muss aktualisiert werden, wenn die zuständige Behörde Änderungen an der Verkehrsführung vornimmt. Eindeutige Änderungen wie bspw. zusätzliche Linksabbieger-Fahrs Spuren sind über aktualisierte verkehrstechnische Unterlagen nachvollziehbar. Rein geometrische Änderungen im Zufahrtsverlauf oder aber Änderungen im KP-Bereich ohne erforderliches VTU-Update (bspw. Pop-Up-BikeLane) lassen sich zentral nicht automatisiert erkennen (siehe hierzu auch Kap. 8.3).

Wenn eine Map aktualisiert werden muss, wird der Prozess der Map-Aktualisierung nach verschiedenen etablierten Benachrichtigungsmodellen unterschieden. Falls der SP Zugriff auf das städtische Verkehrsmanagementsystem hat, erfolgt ein regelmäßiger, automatischer Abgleich der aktuellen städtischen VTU Version mit der VTU Version, mit der die Map bei TTS erstellt worden ist.

Falls ein Datenaustauschserver zwischen der ÖFV und dem SP besteht, wird der SP über evtl. Versorgungsupdates über einen geteilten Ordner oder automatisierte Mails informiert.

Andernfalls kann der SP die Versorgungsdaten aktiv bei der zuständigen ÖFV anfragen und die VTU Versionen miteinander abgleichen.

Wenn der Abgleich der VTU Versionen aufzeigt, dass ein Versorgungsupdate erforderlich ist, wird die Map wie folgt aktualisiert:

Falls dem SP aktuelle Luftbilder vorliegen, kann die Map mit Hilfe des Map Generators analog zum Prozess der Map-Erstellung aktualisiert werden. Falls keine aktuellen Luftbilder vorliegen, erfolgt das Map-Update anhand der aktualisierten VTU oder des aktualisierten Lageplans.

Nachdem das Map-Update vorgenommen worden ist, wird die Map im Rahmen eines Feldtestes einer Qualitätsprüfung unterzogen. Die Map wird dem Kundenbackend bei Erfüllung der erforderlichen Qualität zur Verfügung gestellt.

6.2.2 Katalog der Tools und Verfahren von TTS zur Map-Erstellung

Im nachfolgendem werden die eingesetzten Tools und Verfahren, die zur Map-Erstellung von dem vorgestellten Service Provider verwendet werden, aufgelistet. Dabei werden nur die Instrumentarien katalogisiert, die zur eigentlichen Map-Erstellung benötigt werden.

Die vorangegangene Workflowanalyse des vorgestellten Service Providers zeigt auf, dass zur Map-Erstellung ein Map Generator, Google Earth Pro und ein Map Exporter verwendet werden.

Der Map Generator (siehe Abbildung 6.13) wurde zur semiautomatischen Map-Erstellung von TTS entwickelt. Über den linken Menürand kann eine Region ausgewählt werden, für die die Maps erstellt werden sollen. Mit Hilfe einer Markierung auf der Karte (rechts) kann der Bereich näher eingegrenzt werden.

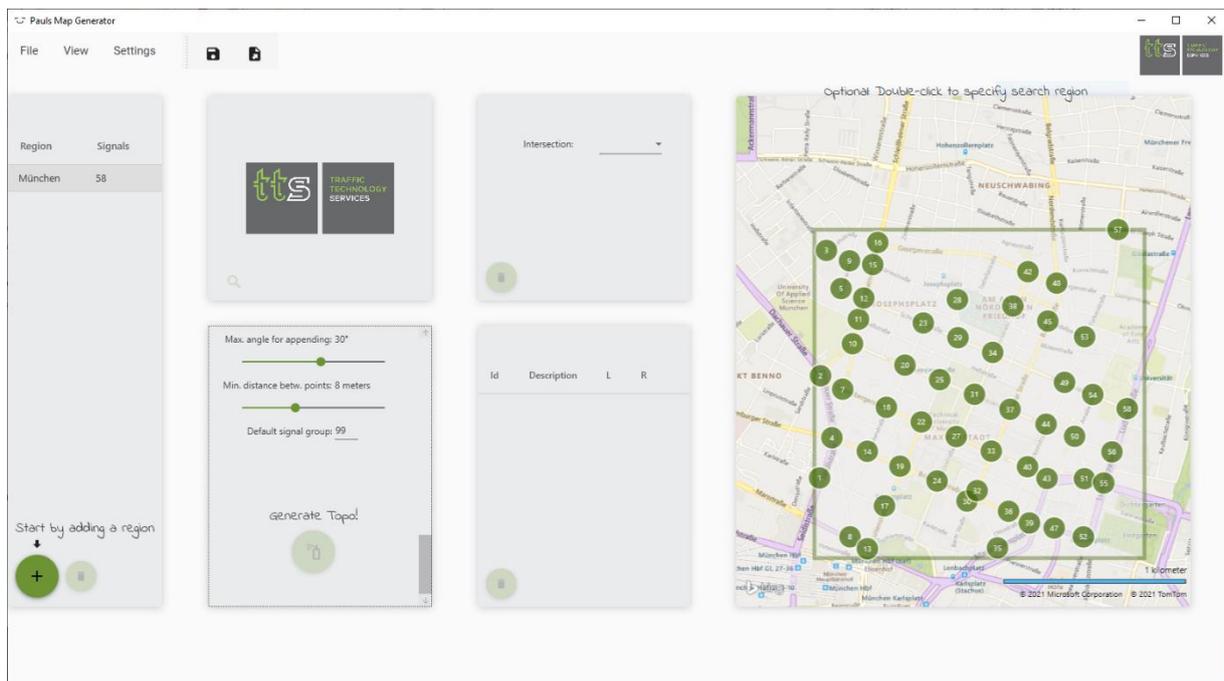


Abbildung 6.13: Map Generator von TTS

Nachfolgend erstellt der Map Generator Master-KMLs für die Knotenpunkte im ausgewählten Bereich. Die Master-KMLs enthalten sowohl georeferenzierte Referenzpunkte als auch die zum Knoten zugehörigen Zufahrten.

Im Anschluss wird die Master-KML in Google Earth Pro (siehe Abbildung 6.14) geöffnet. Dort erfolgt anhand der VTU oder eines aktuellen Luftbildes die Versorgung weiterer Map-Attribute, wie beispielsweise die Zuordnung der Signalgruppen.

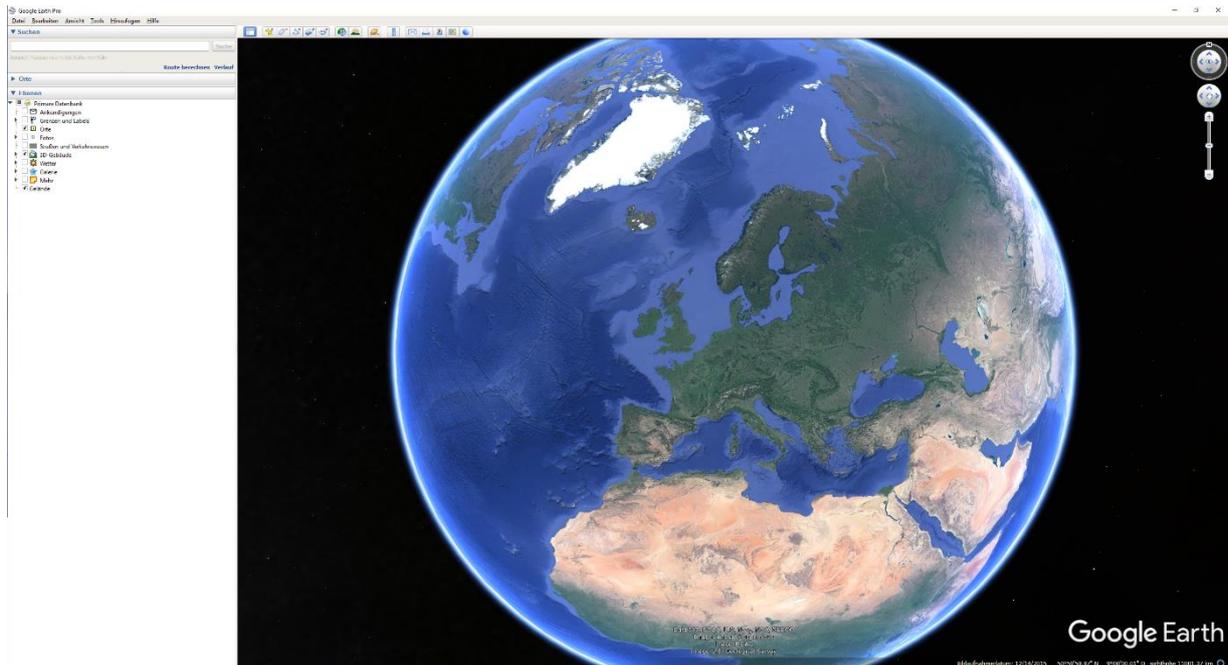


Abbildung 6.14: Google Earth Pro

Der Map Exporter (siehe Abbildung 6.15) ist ebenfalls ein von TTS entwickeltes Tool. Dieses prüft die erstellte KML Map auf systematische Fehler und exportiert XML- und JSON-Maps für die in der Master-KML hinterlegten KPs.

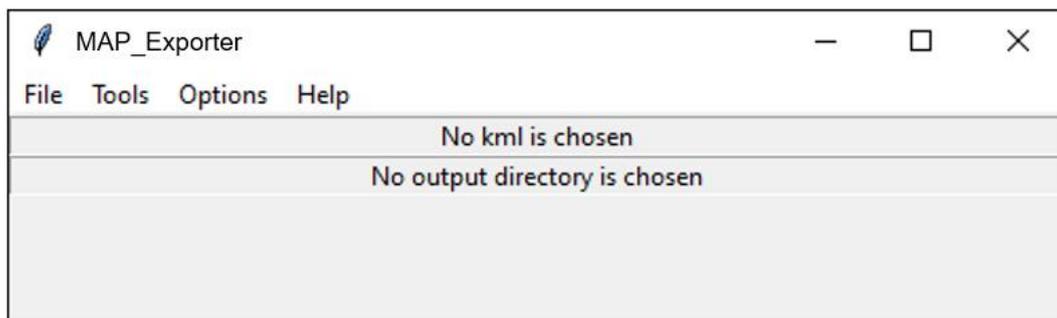


Abbildung 6.15: Map Exporter von TTS

6.2.3 Übersicht der Detailtiefe der TTS Maps

Ziel des vorliegenden Leitfadens ist es unter anderem, eine Referenz-Struktur hinsichtlich des Map-Teils der ETSI-MAPEM zu definieren. Hierbei sind ebenso erforderliche Attribuierungen inbegriffen. Grundlage hierfür ist die Informationserhebung zur Bereitstellung der angestrebten Detailtiefe. Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 6.5-Tabelle 6.8) geben eine Übersicht, welche Map Attribute laut ISO/TS 19091:2019-06 [3] verpflichtend (**m**) versorgt werden müssen, bzw. welche optional (**o**) versorgt werden können und welche Map Attribute nach dem Erhebungsstand (Juli 2021) von dem Service Provider TTS versorgt werden.

Es ist anzumerken, dass die Tabelle 6.5-Tabelle 6.8 im Einklang mit dem vorgestellten Schema aus Kapitel 4 strukturiert sind.

Tabelle 6.5: Detailtiefe der TTS Maps – MAPEM Datenelemente (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	TTS
timeStamp (moy)	o	nein
msgIssueRevision	m	ja
layerType	o	nein
layerID	o	nein
intersections	m	ja
roadSegments	o	nein
dataParameters	o	nein
processMethod	o	nein
processAgency	o	nein
lastCheckedDate	o	nein
geoidUsed	o	nein
restrictionList	o	nein
id	o	nein
users	o	nein
restrictionUserType	o	nein
basicType	o	nein
regional	o	nein
regional	o	nein
signalHeadLocations	o	nein

Tabelle 6.6: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry" (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	TTS
name	o	nein
id	o	ja
region	o	ja
id	m	ja
revision	m	ja
refPoint	m	ja
lat	m	ja
long	m	ja

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	TTS
elevation	o	nein
regional	o	nein
...	o	
laneWidth	o	ja
speedLimits	o	nein
laneSet	m	ja
preemptPriorityData	o	nein
regional	o	nein
countryCode	o	nein

Tabelle 6.7: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane“ (Stand Juli 2021)

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	TTS
laneID	m	ja
name	o	nein
ingress / egress Approach	o	ja
laneAttributes	m	ja
directionalUse	m	ja
sharedWith	m	nein
laneType	m	ja
vehicle	o	ja
crosswalk	o	ja
bikeLane	o	nein
sidewalk	o	nein
median	o	nein
striping	o	nein
trackedVehicle	o	nein
parking	o	nein
regional	o	nein
maxVehicleHeight	o	nein
maxVehicleWeight	o	nein
maneuvers	o	nein
nodeList	m	ja
nodes	m	ja
computed	o	nein
connectsTo	o	ja
connectingLane	m	ja
lane	m	ja
maneuver	o	ja
remoteIntersection	o	nein
signalGroup	o	ja
userClass	o	nein
connectionID	o	nein
overlays	o	nein
regional	o	nein
nodes	o	nein
connectionID	o	nein

Tabelle 6.8: Detailtiefe der TTS Maps – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY" (Stand Juli 2021) – NodeXY

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	TTS
delta	m	ja
lon / x	m	ja
lat / y	m	ja
attributes	o	nein
localNode	o	nein
stopLine	o	nein
merge /diverge point	o	nein
disabled / enabled		
doNotBlock	o	nein
taperToLeft	o	nein
taperToRight	o	nein
taperToCenterLine	o	nein
...parking	o	nein
...		
data	o	nein
dWidth	o	nein
dElevation	o	nein
regional	o	nein

Aus den vorangegangenen Tabellen ist ersichtlich, dass bis auf das *sharedWith*-Attribut (siehe Tabelle 6.7) alle von der ISO/TS 19091:2019-06 als verpflichtend deklarierten Attribute von TTS versorgt werden.

7 Harmonisierte Prozesse zur Map-Erstellung

Aufbauend auf den in Kapitel 5.1 definierten UCs sollen hier Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Versorgung / Attributierung einer Map definiert werden. Hierzu sollen zunächst die spezifischen Anforderungen an die Map-relevanten UCs näher betrachtet und hierauf aufbauend eine Art Referenz-Struktur für eine Map erarbeitet werden. Weiterhin sollen die einzelnen Prozessschritte hinsichtlich der Spurversorgung harmonisiert werden, um zukünftig gebietskörperschafts- bzw. lieferantenübergreifend einheitlich versorgte Map-Inhalte bereitstellen zu können. Eine mögliche Eignung derzeitig stadtseitig zur Verfügung gestellter Maps wird ebenfalls beleuchtet.

7.1 Use Case spezifische Anforderungen

Basierend auf die in Kapitel 5.1 identifizierten Map-relevanten Use Cases werden nachfolgend die Anforderungen an die Attributierungsgüte einer Map für diese Use Cases erläutert. Hierbei sei zudem darauf hingewiesen, dass im Zuge der Attributierung eine eventuell als kritisch zu betrachtende resultierende Größe der Map-Datei keine Einschränkungen hinsichtlich Map-Versand nach sich zieht, da RSU-seitig über ein so genanntes Map-Layering eine „stückweise“ Versendung großer Maps möglich ist.

7.1.1 UC SPaT-Info

Der UC SPaT-Info beinhaltet die Informationsbereitstellung hinsichtlich der aktuellen und nachfolgenden Phasen der stromaufwärtigen LSA und derer entsprechenden Umschaltzeitpunkte. Mittels dieser Informationen soll der Fahrer in die Lage versetzt werden, seine Zufahrt auf die LSA eigenständig anzupassen oder aber bei Halt vor einer roten LSA bei entsprechend ausreichender Restzeit seinen Motor abzustellen.

Die hierfür benötigten Informationen aus der Map betreffen insbesondere die Zuordnung der für den Fahrer relevanten Signalgruppe sowie die Verortungsgenauigkeit der für die entsprechende Lane versorgten Haltelinie. Über die Signalgruppenzuordnung erfolgt die Restzeitberechnung aus der RSU- bzw. zentralenseitig parallel zur Verfügung gestellten SPaT. Eine Ortungsgenauigkeit von 1 m (vgl. Tabelle 7.1) soll sicherstellen, dass eine Restzeitanzeige bei haltelinien-nahem Stand nicht fälschlicherweise durch eine fahrzeugseitige Fehlinterpretation der eigenen Position am KP übergangen wird (das Fz darf sich virtuell nicht hinter die Haltelinie verorten). Hinsichtlich einer für das Fahrzeug relevanten Spurerkennung ist das entsprechende Attribut `vehicleLane` erforderlich. Seitens der

Automotives ist zudem die Versorgung einer Mindestzufahrtslänge von 300 m gewünscht, um dem Fahrer frühestmöglich entsprechende Informationen bereitstellen zu können. Dabei gilt, dass es sich hierbei nicht um eine zwingende Anforderung handelt, der UC mit zunehmend versorgter Zufahrtslänge allerdings an Qualität gewinnt. Eine zugehörige Übersicht verschiedener Zufahrtszeiten in Abhängigkeit der individuellen Fahrzeuggeschwindigkeit findet sich in Tabelle 7.6. und besitzt qualitätstechnisch gesehen lediglich Relevanz für die ausgestrahlte SPaT, da diese fahrzeugseitig bisher erst bei Verortung auf eine in der Map versorgte Lane verarbeitet werden kann. Sollte eine Spurversorgung mit 300 m Zufahrtslänge nicht möglich sein (kurze KP-Abstände), ist eine Versorgung bis zur nächsten kreuzenden/einmündenden (Neben)Straße hinreichend (bei signalisiertem KP bis auf Ende des Egress, bei nicht signalisiertem KP bis Beginn Konfliktbereich). Weiterhin soll an dieser Stelle eine Mindestspurlänge von 20m als Richtwert gegeben werden, um einen im operativen Betrieb feststellbaren Mangel hinsichtlich der versorgten Spurlänge über die Clearing Stelle gewährleisten zu können. Zudem wird an dieser Stelle auf eine Versorgung (nach Möglichkeit) der Höhenattribute im Falle verschiedener Ebenen (Über- / Unterführungen) an signalisierten KPs hingewiesen. Hierdurch sollen im operativen Betrieb eventuelle Restzeitanzeigen einer Signalgruppe, welche real nicht der Ebene des Ego-Fz zugeordnet ist, vermieden werden. Eine entsprechende Versorgungsempfehlung ist in Kapitel 7.3.2.3 beschrieben. Es sei hier erwähnt, dass der UC SPaT-Info ebenso ohne eine Versorgung eventueller Höhenattribute umsetzbar ist, eine entsprechende Versorgung jedoch einen qualitativen Mehrwert mit sich bringt.

Der hier betrachtete UC lässt sich zudem auf weitere Verkehrsgruppen übertragen, für die die zugehörigen Spurtypen für eine entsprechende Spurzuordnung versorgt werden müssen. Im Falle einer nicht eindeutigen Typzuordnung (bspw. Rad ohne eigene Radspur auf MIV-Spur oder FG-Furt, Fz auf trackedVehicle-Spur) kann das sharedWith-Attribut für eine korrekte Signalgruppenzuordnung verwendet werden. Hinsichtlich Zufahrtslänge für den ÖPNV wurden die Anforderungen des MIV übernommen. Für die Verkehrsgruppe Rad ergab sich nach ersten Befragungen der Nutzer der von der Fa. Gevas software GmbH umgesetzten Radfahr-App TrafficPilot eine ausreichende Zufahrtslänge von 100m. Eine Anforderungsübersicht für den UC SPaT-Info kann Tabelle 7.1 entnommen werden.

Tabelle 7.1: Anforderungen für den UC SPaT-Info

Objekt / Attributierungs-genauigkeit	MIV	Rad	ÖPNV		FG
Verortungs-genauigkeit der Haltelinie	1 m				
LaneTypeAttribute	vehicleLane	bikeLane	vehicleLane	trackedVehicle	crosswalk
LaneSharing	individual Motorized Vehicle Traffic	Cyclist Vehicle Traffic	busVehicleTraffic / trackedVehicleTraffic		cyclistVehicleTraffic
Zufahrtslänge	min. 300 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	ca. 100 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	min. 300 m oder bis zur nächsten LSA		min. 50 m oder bis zur nächsten LSA
Zuordnung SG-ID	ja				
Art der Zufahrt / Varianten	Ebenenunterscheidung bei Unter- / Überführungen				

7.1.2 UC GLOSA

Der UC GLOSA baut inhaltlich auf dem UC SPaT-Info auf, stellt den informierten / vernetzten Verkehrsteilnehmern jedoch keine reine Restzeiten, sondern Geschwindigkeitsempfehlungen bereit, unter deren Beachtung die stromaufwärtige LSA ohne Halt passiert werden kann. Grundlage für die Informationsgenerierung sind die mittels SPaT zur Verfügung gestellten Restgrünzeiten.

Die hierfür benötigten Map-relevanten Informationen lassen sich aufgrund der inhaltlichen Deckung am UC SPaT-Info spiegeln und sind in Tabelle 7.2 aufgeführt. Da der UC GLOSA die Bereitstellung von aufbereiteten Geschwindigkeitsempfehlungen vorsieht, ist im Gegensatz zum UC SPaT-Info eine Anwendung für Fußgänger nicht zielführend.

Tabelle 7.2: Anforderungen für den UC GLOSA

Objekt / Attributierungs-genauigkeit	MIV	Rad	ÖPNV	
Verortungs-genauigkeit der Haltelinie	1 m			
LaneTypeAttribute	vehicleLane	bikeLane	vehicleLane	trackedVehicle
LaneSharing	individualMotorized VehicleTraffic	cyclistVehicleTraffic	busVehicleTraffic / trackedVehicleTraffic	
Zufahrtslänge	min. 300 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	ca. 100 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	min. 300 m oder bis zur nächsten LSA	
Zuordnung SG-ID	ja			
Art der Zufahrt / Varianten	Ebenenunterscheidung bei Unter- / Überführungen			

7.1.3 UC Emergency Vehicle Warning / Intersection Collision Warning

Einführend sei erwähnt, dass diese UCs nach [1] rein unter Verwendung von DENM-Nachrichten umgesetzt werden können. Jedoch kann die Map hier eine durchaus nützliche Informationsergänzung im Kontext des automatisierten Fahrens liefern. Über die bereits im UC SPaT-Info erwähnte Versorgung eventueller Höhenattribute lässt sich eine mittels DENM-Nachrichten generierte Anwesenheits-/Kollisionswarnung (vor/mit einem Einsatz-Fz oder anderen Verkehrsteilnehmern) hinsichtlich der betroffenen Ebene validieren. Eine fahrzeugseitige (oder auch Rad/ÖV) Kollisionspunktberechnung rein unter der Nutzung von geografischen Längen- und Breitenangaben könnte bspw. (mit weitem Blick in die Zukunft) ein automatisiertes Fz fälschlicherweise unnötig abbremesen oder zum Stehen bringen, wenn das kreuzende Einsatz-Fz den KP auf einer anderen Ebene als das Ego-Fz passiert. Im Gegensatz zum UC SPaT-Info ist eine entsprechende Versorgung der Höhenattribute hier nicht nur einem qualitativen Mehrwert dienlich, sondern elementar. Die Anforderungen sind in Tabelle 7.3 zusammengefasst.

Tabelle 7.3: Anforderungen für die UCs Emergency Vehicle Warning / Intersection Collision Warning

Objekt / Attributierungs- genauigkeit	MIV	ÖPNV		Rad
LaneTypeAttribute	vehicleLane	vehicleLane	trackedVehicle	bikeLane
LaneSharing	individualMotorized VehicleTraffic	busVehicleTraffic/ trackedVehicleTraffic		cyclistVehicleTraffic
Art der Zufahrt / Varianten	Ebenenunterscheidung bei Unter- / Überführungen			

7.1.4 UC Red Light Violation Protection

Dieser UC dient der Erhöhung der Aufmerksamkeit des Fahrers im Falle einer fahrzeugseitig berechneten wahrscheinlichen Rotlichtüberfahung und somit zu dessen Vermeidung. Informationsgrundlage bilden die via SPaT bereitgestellte Restzeitinformation der für den Fahrer relevanten Signalgruppe sowie die aktuelle Fahrzeugposition und Geschwindigkeit. Die zugrunde liegenden Map-relevanten Anforderungen decken sich mit denen der UCs SPaT-Info und GLOSA und sind in Tabelle 7.4 aufgeführt. Eine Umsetzung dieses UC für Fußgänger ist nicht zielführend, da für diese im Falle eines plötzlichen Signalbildwechsels auf Rot mit keinem für eine Rotlichtverletzung relevanten Anhalteweg zu rechnen ist.

Tabelle 7.4: Anforderungen für den UC Red light violation protection

Objekt / Attributierungs- genauigkeit	MIV	Rad	ÖPNV	
Verortungs- genauigkeit der Haltelinie	1 m			
LaneTypeAttribute	vehicleLane	bikeLane	vehicleLane	trackedVehicle
LaneSharing	individualMotorized VehicleTraffic	cyclistVehicleTraffic	busVehicleTraffic/ trackedVehicleTraffic	
Zufahrtslänge	min. 300 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	ca. 100 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	min. 300 m oder bis zur nächsten LSA	
Zuordnung SG-ID	ja			
Art der Zufahrt / Varianten	Ebenenunterscheidung bei Unter- / Überführungen			

7.1.5 UC Vehicle Priorization

Ziel des UCs ist die Bevorrechtigung verschiedener Verkehrsteilnehmergruppen mittels virtuell abgesetzter Anmeldungen. Ursprünglich insbesondere für Einsatz- und ÖV-Fz konzipiert, finden sich derzeit (November 2021) auch verschiedene MIV bezogenen Umsetzungen in der internationalen Forschungslandschaft. Die Map-relevanten Anforderungen hinsichtlich Spurtypen respektive LaneSharing decken sich mit den UCs SPaT-Info und GLOSA, da das Ego-Fz zunächst die für sich relevante Spur identifizieren muss. In einem nächsten Schritt wird dann die Freigabe der zugehörigen Signalgruppe über entsprechende Nachrichten (standardisiert wie bspw. SRM oder proprietär) am Steuergerät angefragt. Hierbei sind möglichst lange Vorlaufzeiten zweckmäßig, um der LSA-Steuerung ausreichenden (je nach Planung) zeitlichen Entscheidungsspielraum für eine entsprechende Phasenfreigabe zu ermöglichen. Über eine möglichst frühzeitige ÖV-Anmeldung kann der angeforderte Grünbereich bspw. vorgemerkt und im weiteren Zufahrtsverlauf über zusätzlich abgesetzte Anforderungen (entsprechend einer ÖV-Hauptanmeldung) im aktuellen Umlauf feiner positioniert werden. Für eine möglichst frühzeitige Phasenforderung sind demzufolge auch entsprechend zu versorgende Zufahrtslängen erforderlich (vgl. Tabelle 7.6). Die Anforderungen sind in Tabelle 7.5 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7.5: Anforderungen für den UC Vehicle Priorization

Objekt / Attributierungs-genauigkeit	MIV	Rad	ÖPNV		FG
Verortungs-genauigkeit der Haltelinie	1 m				
LaneTypeAttribute	vehicleLane	bikeLane	vehicleLane	trackedVehicle	crosswalk
LaneSharing	individual Motorized Vehicle Traffic	Cyclist Vehicle Traffic	busVehicleTraffic / trackedVehicleTraffic		cyclistVehicleTraffic
Zufahrtslänge	min. 300 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	ca. 100 m oder bis zur nächsten (vorfahrtsberechtigten) Einfahrt (Beginn Konfliktfläche wenn nicht signalisiert, Ende egress wenn signalisiert)	min. 300 m oder bis zur nächsten LSA		min. 50 m oder bis zur nächsten LSA
Zuordnung SG-ID	ja				
Art der Zufahrt / Varianten	Ebenenunterscheidung bei Unter- / Überführungen				

Table 7.6: Gerundete Zufahrtszeiten in Abhängigkeit ausgewählter Zufahrtslängen und Geschwindigkeiten

Zufahrtslänge / Geschwindigkeit	5 km/h	10 km/h	15 km/h	25 km/h	40 km/h	50 km/h	70 km/h
50 m	36 s	18 s	12 s	7 s	5 s	4 s	3 s
100 m	72 s	36 s	24 s	14 s	9 s	7 s	5 s
150 m	108 s	54 s	36 s	22 s	14 s	11 s	8 s
200 m	144 s	72 s	48 s	29 s	18 s	14 s	10 s
250 m	180 s	90 s	60 s	36 s	23 s	18 s	13 s
300 m	216 s	108 s	72 s	43 s	27 s	22 s	16 s

7.2 Analyse der Eignung der städtischen Maps

Das vorangegangene Kapitel 7.1 thematisiert Anforderungen an die Attributierungsgüte einer Map für die Use Cases SPaT-Info, GLOSA; Emergency Vehicle Warning, Red Light Violation Protection, Intersection Collision Warning und Vehicle Priorization. Diese Anforderungen werden im nachfolgendem kurz dem analysierten IST-Zustand der städtischen Maps (vgl. Kapitel 6.1.3)² gegenübergestellt. Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung ist ein Best-Practice in den Bereichen, wo die Anforderungen erfüllt werden und eine Defizitanalyse in den Bereichen, wo semantische Lücken auftreten. Angesichts der Vielzahl derzeitig versorgbarer Attribute beschränkt sich die Analyse hierbei auf die im vorherigen Kapitel herausgearbeiteten Merkmale. Für eine detaillierte Versorgungseinsicht sei an dieser Stelle auf Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.4 verwiesen.

Da die LSA-Planung die Grundlage für einen städtischen Map-Export bildet und hierfür von den entsprechenden Kataster-/Vermessungsämtern genau eingemessene Lagepläne verwendet werden, ist die Anforderung hinsichtlich der Verortungsgenauigkeit der Haltelinien grundsätzlich erfüllt.

Weiterhin kann festgehalten werden, dass stadtübergreifend aufgrund der im Zuge der LSA-Planung festgelegten Spurnutzung (Zuordnung der verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen zu den Spuren), welche in den VIAPs für die automatisierte Zwischenzeitenberechnung verwendet wird, eine ebenfalls automatisierte Versorgung der LaneTypes sowie LaneSharing Attribute erfolgt. Über die für die LSA-Planung erforderliche Signalgruppenzuordnung wird letztere ebenfalls stets korrekt versorgt.

Im Sinne einer Defizitanalyse sind mit Blick auf eine zweckmäßige UC-Bedienung in erster Linie die unterschiedlich versorgten Spurlängen zu nennen. Diese werden von den Städten bisher größtenteils auf Anfrage verlängert (vgl. auch Kapitel 6.1.1), sollen jedoch mit Blick auf einen flächendeckenden Roll-Out ohne weitere Nachbearbeitung direkt aus der VIAP-seitigen LSA-Planung exportiert werden. Da diese sich i.d.R. auf den Darstellungsbereich des zugrunde liegenden Lageplans beschränkt, sind ohne einen entsprechenden städteseitigen Mehraufwand keine flächendeckend ausreichenden Spurlängen versorgbar. Es sei hier erwähnt, dass die betroffenen UCs prinzipiell auch mit kürzeren als denen im vorherigen Kapitel aufgezeigten (Mindest-)Spurlängen umsetzbar sind, ihren größtmöglichen Effekt

² Wie bereits in Kapitel 6.1.3 erläutert, erfolgte die Erhebung zur Attributierungsgüte der städtischen MAPs anhand von zur Verfügung gestellten Beispiel-MAPs im Juli 2021. Demzufolge bedeutet die Angabe, dass ein Attribut nicht versorgt wird, nicht, dass diese nie erfolgt. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass mittlerweile weitere Attribute versorgt werden könnten.

jedoch unter Einhaltung der dargestellten Anforderungen erzielen. Um diesem Defizit ohne nennenswerten städtischen Mehraufwand entgegenzuwirken, können die über die VIAPs generierten Maps bspw. durch Dritte veredelt werden (vgl. auch Kapitel 5.2).

Ein weiteres, jedoch in seiner bisherigen Schwere nicht wirklich nennenswertes Defizit betrifft die Versorgung von Höhenattributen. Diese werden stadtseitig bisher nicht vorgenommen. Die Gründe hierfür liegen neben einem Mangel der entsprechenden Informationsgrundlage insbesondere an den (bisher) fehlenden Versorgungsmöglichkeiten innerhalb der verwendeten VIAPs (Versorgungsvorschlag gemäß Kapitel 7.3.2.3). Da eine Höhenattributierung gemäß vorherigem Kapitel lediglich unter Einbeziehung automatisierter Fahrzeuge als elementar betrachtet wird, ist hier in absehbarer Zeit kein Handlungsbedarf erforderlich.

7.3 Harmonisierte Erstellungsprozessbeschreibungen für lichtsignalisierte Knotenpunkte

Im Rahmen der harmonisierten Erstellungsprozessbeschreibungen werden zunächst allgemeine Handlungsempfehlungen sowie Empfehlungen für den Umgang mit Spezialfällen vorgestellt. Nachfolgend werden Topologieänderungen / Überplanungen sowie Baustellen thematisiert.

7.3.1 Allgemeine Handlungsempfehlungen / Definition einer „Referenz-Struktur“

Auf der Grundlage der vorangegangenen Analysen und Untersuchungen wird im Folgendem für die Versorgung der Map-Attribute eine Referenz-Struktur, die die Anforderungen der Map-relevanten Use Cases abdeckt, definiert. Der AwK DiMAP empfiehlt, dass mindestens / in jedem Fall die nach der ISO/TS 19091:2019-06 [3] als verpflichtend gekennzeichneten und die vom C2C-CC [6] und C-Roads [11] als verpflichtend geforderten Map-Attribute [6] versorgt werden. Diese Attribute sind in der Tabelle 7.7 – Tabelle 7.13 aufgeführt und bilden sozusagen die Mindestanforderung an die Attributierungsgüte einer Map ab.

Tabelle 7.7: Minimale Attributierungsgüte einer Map – MAPEM Datenelemente

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
<code>msgIssueRevision</code>	m	
<code>intersections</code>	m	Unterattribute sind in Tabelle 7.8 aufgelistet

Wie aus Tabelle 7.7 ersichtlich ist, ist die `msgIssueRevision` nach der ISO/TS 19091:2019-06 [3] verpflichtend. Die `msgIssueRevision` zeigt die Revision der gesamten Map Nachricht an. Da die `revision` auf Ebene der `IntersectionGeometry` (siehe

Tabelle 4.2 und Tabelle 7.8) die Revision für jede Knotenpunktgeometrie anzeigt, soll die `msgIssueRevision` laut ISO/TS 19091:2019-06 [3] als zusätzliche Revisionsanzeige nicht genutzt und auf „0“ gesetzt werden.

Das `intersections`-Attribut der MAPEM listet Beschreibung(en) von Kreuzungsgeometrie(n) auf. Theoretisch können an dieser Stelle mehrere Knotengeometrien definiert werden, es wird jedoch empfohlen, pro Map Nachricht nur einen Knotenpunkt zu illustrieren. Die Geometrie eines Knotenpunktes wird über die Elemente der `IntersectionGeometry` (siehe Tabelle 7.8) beschrieben.

Die *id* auf Ebene der *IntersectionGeometry* (vgl.

Tabelle 4.2 und Tabelle 7.8) wird als *IntersectionReferenceID* bezeichnet und umfasst die zwei Unterattribute *region* und *id*. Letzteres wird *IntersectionID* genannt und soll laut ISO/TS 19091:2019-06 einen KP eindeutig identifizieren. Dieses Attribut stammt aus der Standardisierung von ETSI ITS-G5 und definiert daher nur die Eindeutigkeit des Knotens innerhalb eines bestimmten Radius (laut dem C-Roads C-ITS Message Profile – Release 1.8.0 [7] soll dieser Wert bei mindestens 5 km liegen). Demzufolge kann ein KP allein durch die *IntersectionID*, die von dem zugehörigen Straßenbetreiber / Öffentlichen Verwaltung vergeben wird, nicht städteweit, geschweige länder- oder weltweit eindeutig identifiziert werden. Im Gegensatz zum RSU-basierten Kommunikationsansatz kann dies beim Backendbasierten Kommunikationsansatz Probleme verursachen.

Tabelle 7.8: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry"

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
id	o	verpflichtend bei versorgten Unterattributen
region	o	Anforderung C2C-CC / C-Roads: sollte verpflichtend sein
id	m	
revision	m	
refPoint	m	
lat	m	
long	m	
laneWidth	o	Anforderung C2C-CC / C-Roads: sollte verpflichtend sein
laneSet	m	Unterattribute sind in Tabelle 7.10 aufgelistet

Um in Kombination mit der *IntersectionID* eine länderweite Eindeutigkeit zu erreichen, schlägt C-Roads [7] und das C2C-CC [6] vor, das nach ISO/TS 19091:2019-06 [2] optionale Attribut *region* verpflichtend zu versorgen. Nach ISO/TS 19091:2019-06 [3] wird die *region* als *RoadRegulatorID* bezeichnet, identifiziert ein Gebiet innerhalb eines Landes und kann einen ganzzahligen Wert (Integer) im Bereich von 0 bis 65535 annehmen. Laut dem C-ITS Message Profile sollen die *RoadRegulatorIDs* öffentlich verwaltet und auf nationaler Ebene zugewiesen werden.

Des Weiteren empfiehlt C-Roads [7], über eine regionale Erweiterung auf Ebene der *IntersectionGeometry* (vgl.

Tabelle 4.2) einen Ländercode (*countryCode*) anzugeben (Die ISO/TS 19091:2019-06 [3] hat bislang die regionale Erweiterung auf Ebene der *IntersectionGeometry* als Platzhalter vorgesehen und den Inhalt sowie die Struktur noch nicht definiert.). Somit wäre in Kombination mit der *IntersectionID* und der *region* eine weltweit eindeutige Identifizierung eines KP möglich. Der Ländercode soll in Anlehnung an ISO 3166-1 [12] in Form des ALPHA-2 Codes angegeben werden und über das ITA-2 Alphabet (vgl. ISO 14816 [13]) codiert werden. Wenn nach diesem Vorschlag eine Map für einen KP in Deutschland erstellt werden würde, würde das Attribut *regional/countryCode* folgenden Bitstring enthalten: Da der ALPHA-2 Code für Deutschland „DE“ ist, müssen die beiden Buchstaben „D“ und „E“ nach dem ITA-2 Alphabet codiert werden. Gemäß des ITA-2 Alphabets wird das „D“ mit dem Bitstring „10010“ und das „E“ mit dem Bitstring „10000“ codiert. Demzufolge würde das Attribut *countryCode* einer Map den Bitstring „1001010000“ beinhalten.

Eine im Rahmen von DiMAP durchgeführte Recherche hat aufgezeigt, dass bislang (September 2021) noch keine RoadRegulatorIDs für die *region* einer Map öffentlich verwaltet und auf nationaler Ebene zugewiesen werden. Der in Kapitel 6.2 vorgestellte Service Provider TTS gibt bei der *region* eine Kombination aus der Länderkennzahl, der Verkehrsausscheidungsziffer und der jeweiligen Ortsnetzkenzahl in Abhängigkeit der Anzahl der Ziffern der Ortsnetzkenzahl (siehe Tabelle 7.9) an. Hierbei muss angemerkt werden, dass mittels dieser Vorgehensweise keine globale Eindeutigkeit gegeben ist, da der Standard den entsprechenden Wertebereich derzeit bis max. 65535 definiert. Die Länderkennzahlen werden innerhalb der ITU-T-Empfehlungen E.163 und E.164 definiert, bestehen aus einer bis drei Ziffern und beschreiben die internationalen Vorwahlnummern eines Landes; für Deutschland ist es die „49“. Die Verkehrsausscheidungsziffer bezeichnet die führenden Ziffern der Ortsnetzkenzahl; in Deutschland ist es die „0“. Die Ortsnetzkenzahl besteht aus einer zwei- bis fünfstelligen Ziffernfolge und identifiziert innerhalb eines geographischen Nummernraums die Anschlüsse des Ortsnetzes.

Tabelle 7.9: Verfahren von TTS zur Zusammensetzung der *region* für Deutschland in Abhängigkeit der Anzahl der Ziffern der Ortsnetzkenzahl

Anzahl Ziffern Ortsnetzkenzahl	Zusammensetzung des <i>region</i> -Attributs
Zwei, bspw. „30“ für Berlin	zweistellige Länderkennzahl + einstellige Verkehrsausscheidungsziffer + zweistellige Ortsnetzkenzahl; z.B. „49030“ für Berlin
Drei, bspw. „211“ für Düsseldorf	zweistellige Länderkennzahl + dreistellige Ortsnetzkenzahl; z.B. „49211“ für Düsseldorf (einstellige Verkehrsausscheidungsziffer entfällt)
Vier, bspw. „8421“ für Pietenfeld	einstellige Verkehrsausscheidungsziffer + vierstellige Ortsnetzkenzahl; z.B. „08421“

Anzahl Ziffern Ortsnetzkenzahl	Zusammensetzung des region-Attributs
	für Pietenfeld (zweistellige Länderkennzahl entfällt)
Fünf, bspw. „33638“ für Rüdersdorf bei Berlin	fünfstellige Ortsnetzkenzahl, z.B. „33638“ für Rüdersdorf bei Berlin (zweistellige Länderkennzahl und einstellige Verkehrsausscheidungsziffer entfallen)

Da – wie bereits festgestellt – die Vergabe der RoadRegulatorIDs auf nationaler Ebene noch nicht etabliert ist, schlägt der AwK DiMAP vorerst vor, die Vorgehensweise von TTS zu übernehmen. Falls für Regionen mit einer vier- bzw. fünfstelligen Ortsnetzkenzahl eine Länderkennzeichnung erforderlich ist (hängt von der Backendstruktur ab), empfiehlt der AwK DiMAP den Vorschlag von C-Roads zur Umsetzung des countryCodes zu übernehmen. Falls eine Map einer Region von einer anderen Öffentlichen Verwaltung erstellt worden ist, empfiehlt der AwK DiMAP diese Information über das Attribut „processAgency“ (vgl. Tabelle 4.1) anzugeben. Eine entsprechende Erläuterung ist am Ende dieses Unterkapitels zu finden.

Zudem ist anzumerken, dass die *IntersectionReferenceID* der Map mit der *IntersectionReferenceID* (auf Ebene des *IntersectionStates*) der zugehörigen SPaT identisch sein muss. Somit können die Fahrzeuge – in Kombination mit der *revision* auf Ebene der *IntersectionGeometry* – identifizieren, welche SPaT zu welcher Map zugeordnet werden muss. Die *IntersectionReferenceID* ist entsprechend der in den städtischen Systemen versorgten LSA-IDs (i.d.R. 4-stellig) zu übernehmen.

Die *revision* auf Ebene der *IntersectionGeometry* (siehe

Tabelle 4.2 und Tabelle 7.8) gibt die Revision für jede Knotenpunktgeometrie an. An dieser Stelle sei wiederholend erwähnt, dass Map und SPaT über die jeweils zueinander passenden *revision*-Nummern als komplementär/valide eingestuft werden. Diese müssen laut ISO/TS 19091:2019-06 [3] identisch sein. Generell sollte bei Anpassungen der KP-Topologie jeglicher Art eine aktualisierte Map generiert und die *revision* auf Ebene der *IntersectionGeometry* der Map entsprechend der gültigen Fassung der ISO/TS 19091 hochgezählt werden. Die entsprechende *revision* auf Ebene des *IntersectionStates* der zugehörigen SPaT muss vom jeweiligen SPaT-Provider ebenfalls gepflegt werden.

Jeder KP wird mit einem Referenzpunkt (*refPoint*, vgl.

Tabelle 4.2 und Tabelle 7.8) markiert. Diese werden üblicherweise im Zuge der LSA-Planung mittels markanter Punkte im zugrundeliegenden Lageplan beschrieben (bspw. Häuserecken oder Kanaldeckel). Ausgehend vom Referenzpunkt (RP) erfolgt die weitere Definition des

Knotens bei relativ zum Referenzpunkt gewähltem nodeOffset-Typ der einzelnen Punkte der *nodeList*.

Wie aus Tabelle 7.8 ersichtlich ist, sollte auch die vorliegende Spurbreite (*laneWidth*) in der Map angegeben werden. Falls sich diese im Verlauf ändert, sollten die Änderungen über das *dWidth*-Attribut (siehe Tabelle 7.13) dokumentiert werden.

Das *laneSet* enthält die gesamten Informationen aller LSA-geregelten Lanes eines Knotenpunktes. Dabei wird jede Lane durch die Attribute der *GenericLane* (vgl. Tabelle 7.10) eindeutig beschrieben.

Tabelle 7.10: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs "intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane"

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
laneID	m	
ingressApproach / egressApproach	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: ingress oder egress verwenden, im Falle von crosswalks sogar beide, möglichst Nebenstraßen rauslassen (falls unbedingt notwendig mit eigener Approach-ID kennzeichnen)
laneAttributes	m	
directionalUse	m	
sharedWith	m	
laneType	m	
vehicle	o	verpflichtend wenn Eigenschaft örtlich gegeben ist
crosswalk	o	verpflichtend wenn Eigenschaft örtlich gegeben ist
bikeLane	o	verpflichtend wenn Eigenschaft örtlich gegeben ist
trackedVehicle	o	verpflichtend wenn Eigenschaft örtlich gegeben ist
maneuvers	o	nach ISO/TS 19091:2019-06 optional; Anforderung C2C-CC/C-Roads: Attribut an dieser Stelle streichen, um unnötige Payload und etwaige Inkonsistenzen mit dem „connectsTo“-Attribut zu vermeiden
nodeList	m	
nodes	m	Unterattribute sind in Tabelle 7.13 aufgelistet
computed	o	nach ISO/TS 19091:2019-06 optional, Anforderung des C2C-CC: nur „nodes“ und keine „computed“ nutzen
connectsTo	o	Anforderung des C2C-CC/C-Roads: Attribut für jede ingress lane verwenden
connectingLane	m	
lane	m	

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
maneuver	0	Anforderung C2C-CC/C-Roads: Attribut immer hier setzen; weiterhin sollten nur folgende Manöver verwendet werden: geradeaus, links, rechts und wenden
signalGroup	0	verpflichtend bei lichtsignalisierten KPs; für SPaTs elementar

Jede Lane wird mittels einer – innerhalb des KP eindeutigen – Identifikationsnummer (*laneID*) identifiziert. Jede Spur führt zu einem Knotenpunkt hin (Zufahrt, ingress approach) oder von einem Knotenpunkt weg (Ab- /Ausfahrt, egress approach). Zur Zuordnung soll jeder Approach mit einer ID – nach den Regelungen der ISO/TS 19091:2019-06 [3] – gekennzeichnet werden. Abbildung 7.1 zeigt ein Knotenbeispiel mit drei Zufahrtsarmen aus dem C-Roads EU-Handbuch.

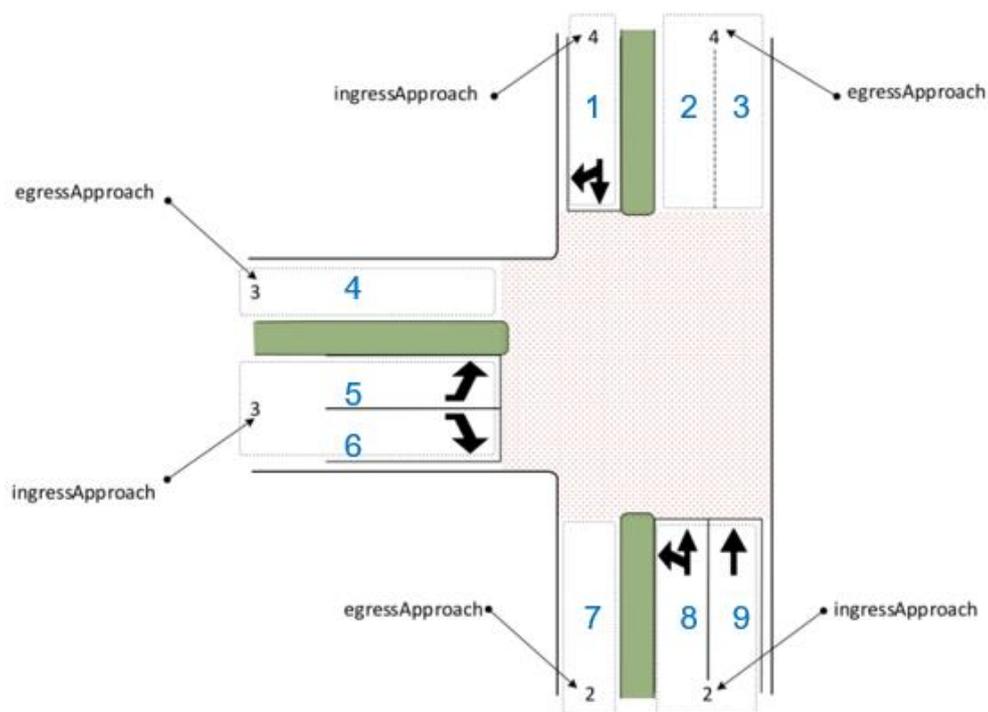


Abbildung 7.1: Illustration der ingress und egress Approaches am Beispiel eines 3-armigen Knotens [11]

Die *ApproachID* ist nicht spurspezifisch zu verwenden. Die *ApproachID* gruppiert die Lanes eines Zufahrtsarmes, d.h. alle Lanes, die aus einer Richtung zu einem KP führen und alle Lanes die von einem KP in die Richtung, aus der die Zufahrten kommen, wegführen, bekommen dieselbe *ApproachID*. Die *ApproachIDs* für die KP-Zufahrten werden in einer Map als *ingressApproach* und die Abfahrten als *egressApproach* deklariert. Dementsprechend sind

die Spuren mit der *LaneID* 8 und 9 in Abbildung 7.1 KP-Zufahrten und Lane 7 ein egress approach. Alle drei Spuren liegen in demselben Zufahrtsarm und sind daher derselben *ApproachID*, 2, zugeordnet. Darüber hinaus ist bei der Definition der Fahrzeugspuren zu beachten, dass der erste Punkt einer ingress Lane die Haltelinie und der erste Punkt einer egress Lane das Ende des Konfliktbereiches ist.

Im Falle von Spuren, die bidirektional benutzt werden dürfen, z.B. Fußgängerüberwege, Fahrradwege oder einspuriger Tramverkehr sollen nach ISO/TS 19091:2019-06 [3] sowohl das ingress als auch egress Attribut verwendet werden. Abbildung 7.2 zeigt ein rudimentäres Beispiel eines Fußgängerüberweges.

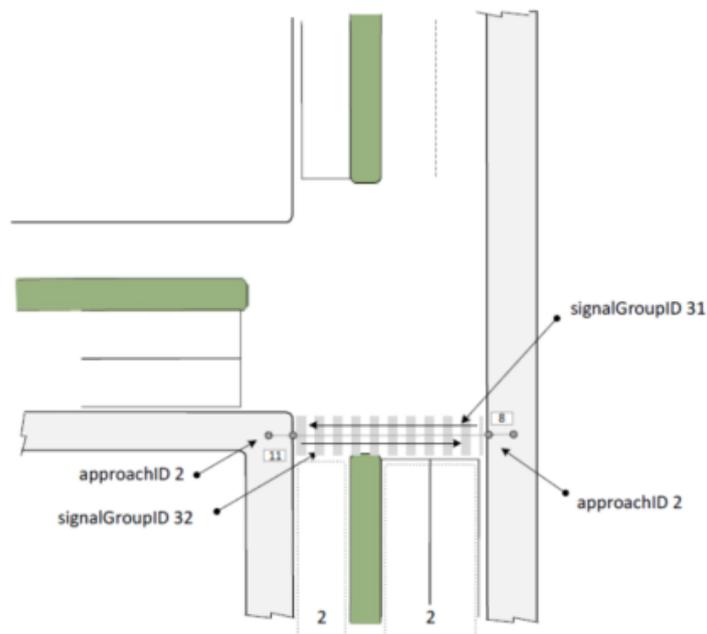


Abbildung 7.2: Beispiel eines Fußgängerüberweges [11]

Der Überweg kreuzt den Zufahrtsarm „2“ des Knotens, somit wird diesem ebenfalls *ApproachID* „2“ zugeordnet. Da die Fußgänger die Furte von beiden Richtungen benutzen dürfen, soll dieser in einer Map sowohl mit dem *ingress* als auch mit dem *egress approach* „2“ gekennzeichnet werden.

Grundsätzlich sind die *Approach-IDs* für die Fahrzeuge elementar, da sie diese für das „Lane Matching“ benutzen und den Analyseaufwand erheblich reduzieren. Mit Hilfe der Approach-ID können die Fahrzeuge die relevanten Lanes und Signalgruppen filtern und müssen nicht alle Fahrzeugbahnen des Knotenpunktes analysieren und mit der Fahrzeugposition vergleichen,

um die relevanten Spuren und SGs zu finden und sich letzten Endes auf die gewünschte Lane zu matchen.

Wie aus Tabelle 7.10 ersichtlich ist, sollen Lanes mit den Attributen *directionalUse*, *sharedWith* und *laneType* gekennzeichnet werden. Das *directionalUse*-Attribut zeigt im Einklang mit der ingress-/egress Approach ID über einen Bitstring an, ob es sich um einen Ingress oder Egress handelt oder ob die Spur in beide Richtungen (z.B. bei Fußgängerfurten, vgl. Abbildung 7.2) benutzt werden darf.

Darüber hinaus muss jeder Lane ein Spurtyp (*laneType*) zugeordnet werden, die gebräuchlichsten sind folgende: *vehicle* (Fahrzeuge), *crosswalk* (Fußgängerüberweg), *bikeLane* (Radweg), *trackedVehicle* (Schienenfahrzeuge) und *parking* (Parkfläche). Abhängig vom Spurtyp, können für die zugehörigen Benutzer Unterattribute definiert werden. Beispielhaft ist das *revocableLane* Attribut (siehe Unterkapitel 7.3.2.4) zu nennen.

Mit Hilfe des *sharedWith*-Merkmals wird über einen Bitstring angegeben, welche Straßenverkehrsteilnehmer die Lanes benutzen dürfen. In jedem Fall muss ein für den definierten Spurtyp zugehöriges *sharedWith* Attribut angegeben werden, ein entsprechendes Mapping ist in Tabelle 7.11 dargestellt. Das bedeutet, dass z.B. bei einer *vehicleLane* bei dem zugehörigen *sharedWith* Attribut das entsprechende Bit für den MIV gesetzt werden muss.

Tabelle 7.11: Zuordnung der *sharedWith* Attribute zu den gebräuchlichsten Spurtypen

LaneType	Zugehöriges sharedWith Attribut
vehicle	individualMotorizedVehicleTraffic
crosswalk	pedestriansTraffic
bikeLane	cyclistVehicleTraffic
trackedVehicle	trackedVehicleTraffic

Falls weitere Straßenverkehrsteilnehmer die Lane benutzen dürfen, wird dies über weitere Bits des *sharedWith* Bitstrings angezeigt. Falls beispielsweise auf einer *vehicleLane* auch eine Tram fahren darf, wird zusätzlich zum MIV das Bit für den *trackedVehicleTraffic* gesetzt. Zusätzlich zu den in Tabelle 7.11 aufgelisteten *sharedWith* Attributen sind Attribute für weitere Verkehrsgruppen definiert worden. Exemplarisch zu erwähnen sind Buse (*busVehicleTraffic*) oder Taxis (*taxiVehicleTraffic*). Letztere können beispielsweise für eine Parkbucht verwendet werden.

Im Sinne einer harmonisierten Map-Erstellung soll an dieser Stelle eine Empfehlung für den Umgang mit verschiedenen für eine Spur zulässigen Verkehrsteilnehmergruppen gegeben werden. Tabelle 7.12 gibt hierbei einen groben Überblick. Im Falle einer Fahrzeugnutzung ist für das laneType-Attribut vorrangig *vehicle* zu verwenden, im Falle von FG-Furten vorrangig *crosswalk* (auch bei Mitnutzung durch Radfahrer). Wie bereits oben erwähnt, sind im sharedWith-Attribut sämtliche die lane nutzende Verkehrsteilnehmergruppen zu definieren.

Tabelle 7.12: Verwendung von laneType und sharedWith bei verschiedenen Nutzergruppen

Spurnutzung / Attributierung	LaneTypeAttribute	LaneSharing
MIV	vehicleLane	individualMotorizedVehicleTraffic
Rad	bikeLane	CyclistVehicleTraffic
MIV / Rad	vehicleLane	individualMotorizedVehicleTraffic, CyclistVehicleTraffic
FG	crosswalk	pedestriansTraffic
FG / Rad	crosswalk	pedestriansTraffic, CyclistVehicleTraffic
ÖV	trackedVehicle	trackedVehicleTraffic
MIV / ÖV	vehicleLane	individualMotorizedVehicleTraffic, trackedVehicleTraffic
...

Nach ISO/TS 19091:2019-06 [3] ist die Definition der Manöver (*maneuvers*, vgl. Tabelle 7.10) auf Ebene der *GenericLane* optional. Um etwaige Inkonsistenzen mit dem Unterattribut *maneuver* des Merkmals *connectsTo* (siehe Tabelle 7.10) zu vermeiden, schließt sich der AwK DiMAP den Empfehlungen von C-Roads [7] und des C2C-CC an und sieht vor, die *maneuvers* an dieser Stelle nicht zu versorgen.

Ein weiteres Merkmal jeder Fahrzeugspur ist die Knotenpunktliste (*NodeList*, siehe Tabelle 7.10). Diese beschreibt den Verlauf der Fahrbahn durch eine Folge von Koordinaten-Offsets zum Referenzpunkt. Es ist wichtig zu beachten, dass die Sequenz ausgehend vom RP startet und sich demnach ein Unterschied zwischen einer Zufahrt und einer Abfahrt ergibt: Bei einer KP-Zufahrt ist der erste Punkt der Lane die Haltelinie und bei einer Abfahrt ist der erste Punkt

der Lane das Ende des Konfliktbereiches. Die einzelnen Punkte (nodes, vgl. Tabelle 7.10) der Spur werden mittels der Attribute des *NodeSetXY* (siehe Tabelle 7.13) beschrieben.

Die Verbindung von Zu- und Abfahrten wird über sogenannte „connections“ realisiert. Diese Verbindungen werden über das *connectsTo*-Attribut (siehe Tabelle 7.10) konfiguriert. Das *connectsTo*-Element umfasst eine Liste mit allen möglichen Verbindungen, die von der jeweiligen Spur über die erlaubten Manöver (*maneuver*) erreicht werden können (→*connectingLane*). Über das *lane*-Merkmal wird die *LaneID* der Fahrzeugspur angegeben, zu der die Verbindung erfolgt. Der AwK DiMAP empfiehlt im Einklang mit dem C2C-CC die folgenden Manöver zu verwenden:

- geradeaus (*maneuverStraightAllowed*)
- links (*maneuverLeftAllowed*),
- rechts (*maneuverRightAllowed*),
- wenden (*maneuverUTurnAllowed*)

Gemäß ISO/TS 19091:2019-06 [3] ist zu beachten, dass jede KP-Zufahrt mit einer egress oder ingress Lane (→*connectingLane*) verbunden werden muss. Normalerweise folgt auf eine KP-Zufahrt eine Egress Lane. Nichtsdestoweniger empfiehlt der AwK DiMAP für die Versorgung von Signalen mit kurzem Abstand innerhalb desselben KP (siehe Kapitel 7.3.2.1) und komplexer Kreisverkehre (siehe Kapitel 7.3.2.2) explizit von dieser Folge abzuweichen.

Zusätzlich zur Beschreibung der *connectingLane* umfasst das *connectsTo*-Attribut auch die Angabe der zugehörigen Signalgruppe (*signalGroup*, vgl. Tabelle 7.10), die bei lichtsignalisierten Knotenpunkten verpflichtend ist. Die versorgte Signalgruppe ist direkt mit der zugehörigen SPaT verlinkt, demnach muss die Signalgruppe der Map identisch mit der Signalgruppe in der zugehörigen SPaT und vice versa sein.

Falls eine Signalgruppe nur in der Map und nicht in der zugehörigen SPaT versorgt ist, ist diese Information für das Fahrzeug nutzlos, da dieses folglich die aktuellen Signalbilder sowie die prognostizierten Wechselzeitpunkte der SG nicht kennt. Dementsprechend kann das Fahrzeug während der Zufahrt des Folgeknotens / am Folgeknoten keine Fahrfunktionen verwenden, die auf SPaTs angewiesen sind. Wenn eine Signalgruppe nur in einer SPaT und nicht in der entsprechenden Map attribuiert ist, ist die Angabe ebenfalls unzureichend, weil die Informationen der LSA zu keiner entsprechenden Verbindung / Fahrbeziehung zugeordnet werden kann.

Die Geometrie einer Lane wird durch verschiedene Punkte (*NodeXY*) beschrieben. Die einzelnen Punkte werden innerhalb einer Liste, dem *NodeSetXY*, zusammengefasst.

Tabelle 7.13 listet Attribute auf, mit denen die Punkte einer Spur gekennzeichnet werden können.

Tabelle 7.13: Minimale Attributierungsgüte einer Map – Unterattribute des Attributs „intersections – IntersectionGeometry – laneSet – GenericLane – nodeList – nodes – NodeSetXY – NodeXY

Attribut	ISO/TS 19091:2019-06	Bemerkung
delta	m	Angabe kann entweder über Relativkoordinaten (node-XY1 bis node-XY6) oder Absolutkoordinaten erfolgen; Anforderung des C2C-CC: erster Punkt der lane sollte die Haltelinie sein
node-XY1 / node-XY2 / node-XY3 / node-XY4 / node-XY5 / node-XY6	o	Die 6 unterschiedlichen Verfahren unterscheiden sich im zulässigen Wertebereich. Diese können der aktuell gültigen Fassung der ISO/TS 19091 entnommen werden.
x	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
y	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
node-LatLon	o	
lon	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
lat	m	verpflichtend bei Methodenverwendung
attributes	o	
localNode	o	verpflichtend wenn Unterattribute versorgt werden
stopLine	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: Nutzung bei „doNotBlock“-Area
merge /diverge point	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend sein
disabled / enabled	o	verpflichtend wenn Unterattribute versorgt werden
doNotBlock	o	„bei Rot hier halten“; Anforderung des C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend sein (wenn örtlich gegeben)
taperToLeft	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend im Falle von merge / diverge points sein
taperToRight	o	siehe taperToLeft
dWidth	o	Anforderung C2C-CC/C-Roads: sollte verpflichtend bei Spuren kleiner 2,6 m sein

Grundlegend für die Attribuierung eines Spurpunktes ist die Angabe seiner geografischen Lage. Diese kann laut ISO/TS 19091:2019-06 [3] entweder mit Absolutkoordinaten oder mit Relativkoordinaten zum Referenzpunkt (vgl. Tabelle 7.13) definiert werden, wobei nach [11] die Verwendung von Relativkoordinaten zu bevorzugen ist.

Bei der Verwendung von Relativkoordinaten ist zu beachten, dass der erste Punkt einer Lane als Offset zum Referenzpunkt und die anderen Punkte als Offset zum jeweiligen Vorgängerpunkt beschrieben werden. Dabei ist der Offset in Richtung Osten (X) und in Richtung Norden (Y) positiv zu zählen. Das C-Roads EU-Handbuch [11] erläutert diese Methodik anhand eines Beispiels in Kapitel 3.1.3.

Einem Node einer Lane können Eigenschaften zugewiesen werden, die nur am Punkt gültig sind (*localNode*).

Ein lokales Punktattribut ist eine Spurzusammenführung oder eine Spuraufweitung. Die Spuraufweitung eines Ingresses sowie die Spurzusammenführung eines Egresses werden als *merge point* und die Spurzusammenführung eines Ingresses und die Spuraufweitung eines Egresses als *diverge point* bezeichnet.

Darüber hinaus können Attribute nur auf bestimmte Straßensegmente zutreffend sein. Derartige Szenarien müssen an entsprechenden Punkten der Lane aktiviert (*enabled*) und deaktiviert (*disabled*) werden. Bei der Festlegung der Attribute ist die Richtungsdefinition zu beachten: Wenn vom Knotenpunktzentrum in die Zufahrtsarme geschaut wird, wird der Streckenabschnitt beim ersten Punkt über das *enabled*-Element aktiviert und beim letzten Punkt über das *disabled*-Feld deaktiviert.

Beispielhaft zu nennen ist das *doNotBlock*-Attribute („bei Rot hier halten“). Bei der Abbildung in einer Map ist die entsprechende Versorgung der Haltelinien zu beachten. Für das Beispiel in Abbildung 7.3 wird bspw. für den Punkt am linken Rand des *doNotBlock*-Bereiches in den *attributes* der Wert *disabled* in Verbindung mit *doNotBlock* und zusätzlich das *stopLine*-Attribut unter *localNode* gesetzt (vgl. Tabelle 7.13).

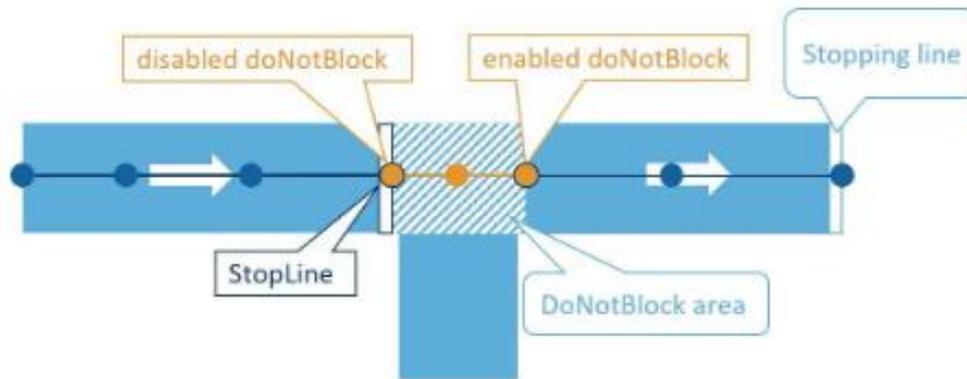


Abbildung 7.3: Illustration eines Segmentattributes am Beispiel des doNotBlock-Attributes [6]

Das *taperToLeft*- bzw. *taperToRight*-Attribut wird verwendet, um den Verjüngungsbereich von *merge* oder *diverge points* auf dem entsprechendem Straßensegment zu kennzeichnen. Die Zuordnung von links und rechts erfolgt aus dem Blickwinkel der merging / diverging Lane in Fahrtrichtung. Abbildung 7.4 greift ein Beispiel zur Verwendung des *taperToLeft*-Attributes in Kombination mit *merge points* aus dem C-Roads EU-Handbuch auf.

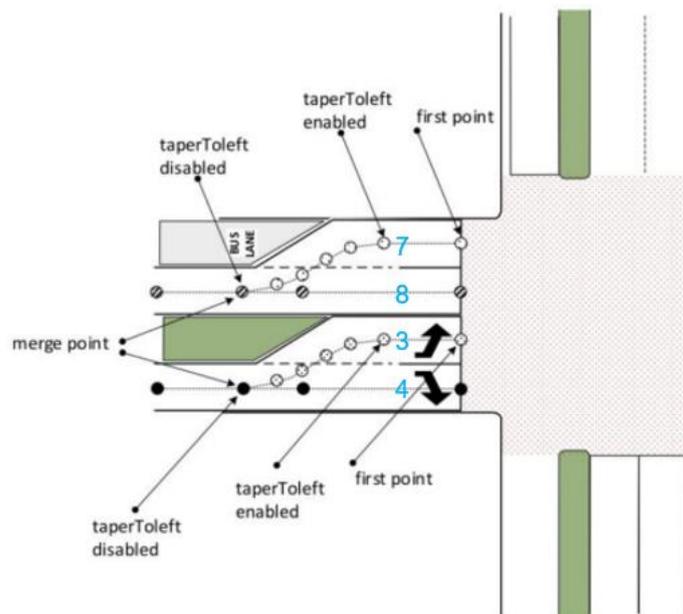


Abbildung 7.4: Verwendung des taperToLeft-Segmentattributes für merge points [11]

Da sich Lane 4 nach links aufweitet und Lane 7 auf die links liegende Lane 8 geführt wird, muss in beiden Fällen das *taperToLeft*-Attribut verwendet werden. Der „taper-Bereich“ wird durch den *merge / diverge point* selbst und den Punkt der Lane, an dem die beiden Lanes nicht mehr

übereinanderliegen, eingegrenzt. Letzterer darf nicht mit dem ersten / letzten Punkt auf der Gesamtspur verwechselt werden. Gemäß der obigen Richtungsdefinition wird der *taper*-Bereich des Ingresses am letzten Punkt der merging Lane – nahe der Haltelinie – aktiviert und beim *merge point* deaktiviert. Dementsprechend wird das *taper*-Attribut des Egresses am ersten Punkt der merging lane – nahe des Konfliktbereiches – aktiviert und beim *merge point* deaktiviert. Im Falle eines *diverge points* wird das *taper*-Merkmal sowohl bei Ingresses als auch bei Egresses am *diverge Point* aktiviert.

Über das Attribut *dWidth* (vgl. Tabelle 7.13) können Abweichungen von der definierten Spurbreite (*laneWidth*, siehe Tabelle 7.8) angegeben werden.

Darüber hinaus empfiehlt der AwK DiMAP, die *dataParameters* (siehe Tabelle 4.1) zu versorgen. Diese sollen insbesondere wertvollen Informationsgehalt hinsichtlich eventuell erforderlich werdender Map-Wartungen für das in DiMAP parallel gelaufene Arbeitspaket „Clearingstelle“ liefern. Im Falle eines im operativen Betrieb festgestellten Mangels, kann die entsprechende Map eindeutig einer verantwortlichen Institution/Behörde zugeordnet und bei dieser weiterführende Qualitätsanalysen/Wartungsarbeiten direkt angestoßen werden. An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass eine automatisierte Versorgung der *dataParameters* in den gängigen VIAPs technisch möglich ist und die entsprechenden Hersteller hierzu im Hinblick auf künftige Software-Releases bereits positive Rückmeldung gegeben haben.

7.3.2 Umgang mit Spezialfällen

Um aufbauend auf einer zuvor vorgeschlagenen Referenz-Struktur flächendeckend möglichst harmonisierte Maps bereitstellen zu können, sollen an dieser Stelle die Versorgungs von Spuren und deren Attribute für ausgewählte Problem- bzw. Spezialfälle behandelt werden. Da derzeit die Automotives Hauptabnehmer/-anwender hinsichtlich Map sind, konzentrieren sich nachfolgend erläuterte Empfehlungen an deren Verarbeitungsprozessen, welche im Zuge der diesem Leitfaden zugrunde liegenden Projektarbeit über diverse Experten-Interviews in Erfahrung gebracht wurden.

An dieser Stelle soll vorbereitend erwähnt werden, dass eine fahrzeugseitige Informationsverarbeitung und somit auch deren Visualisierung via HMI an den Fahrer bisher stets Knoten für Knoten erfolgt. Das Fahrzeug referenziert sich mittels eigener Position und Map während der Zufahrt auf eine entsprechende Einfahrtsspur und verarbeitet die zugrundeliegenden Signalgruppeninformationen. Nach derzeitigem Stand sind diesen Einfahrtsspuren stets zugehörige Ausfahrtsspuren zugeordnet, über die das Fahrzeug im weiteren Verarbeitungsprozess die Passage des KP annimmt. Nach erfolgter Über-/Durchführung der Ausfahrtsspur erwartet das Fahrzeug neue Informationen zur Verarbeitung (neuer KP).

7.3.2.1 Verkehrstechnische Teilknoten / Vorsignale

Nicht selten wird im Falle räumlich getrennter Konfliktflächen die Signalisierung der zugehörigen Verkehrsteilnehmer über sogenannte verkehrstechnische Teilknoten umgesetzt. Unter der Voraussetzung, dass ausfahrende Ströme eines Teilknotens keinen direkten Konfliktpunkt mit Strömen eines anderen Teilknotens haben, können diese aus signalplanerischer Sicht unabhängig voneinander betrachtet werden. Da der Abstand der einzelnen Konfliktflächen jedoch i.d.R. sehr kurz ausfällt, werden die einzelnen Teilknoten innerhalb einer Planung für einen (Gesamt)Knotenpunkt zusammengefasst.

Beispielhaft soll hier der KP Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße in Düsseldorf angeführt werden (siehe Abbildung 7.5 und Abbildung 7.6).



Abbildung 7.5: Beispiel eines Knotens mit verkehrstechnischen Teilknoten – Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße in Düsseldorf mit markierten laneIDs

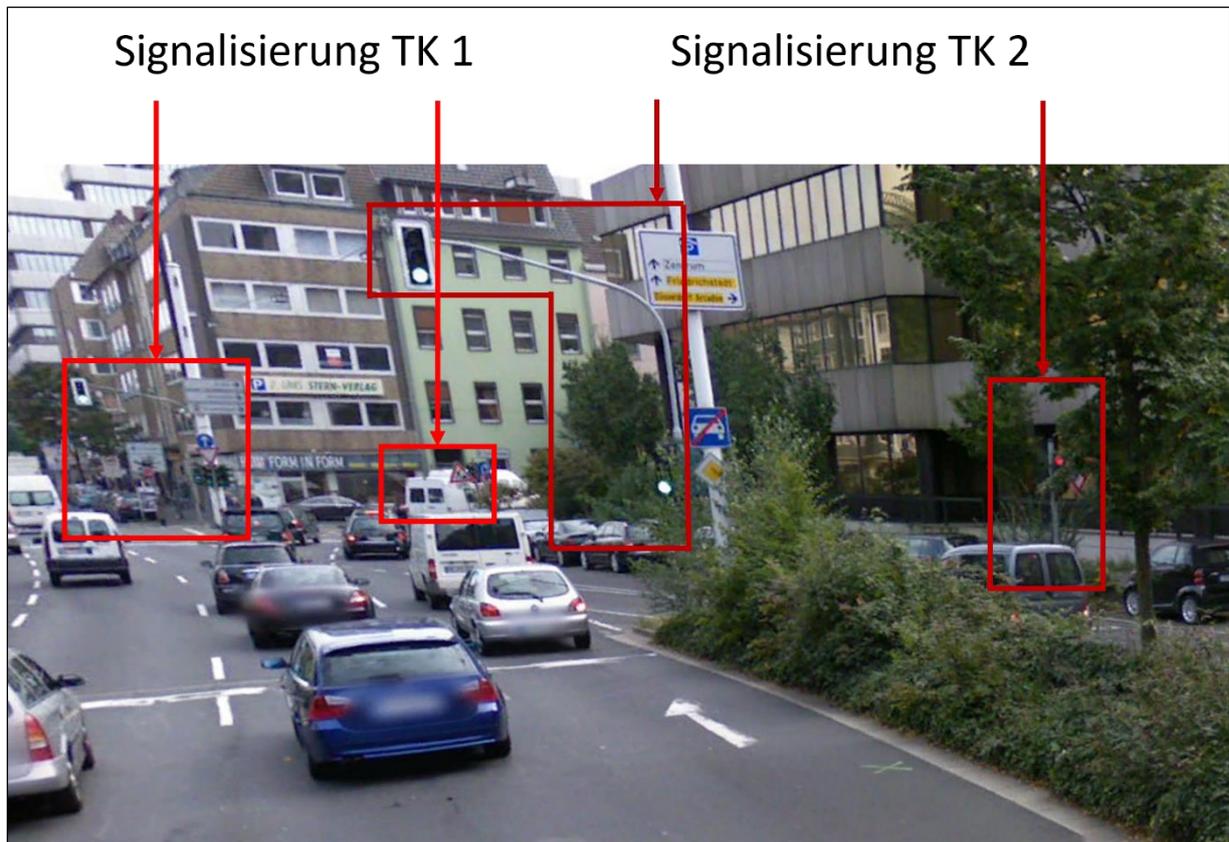


Abbildung 7.6: Vor-Ort-Aufnahme aus Richtung Rheinkniebrücke des Knotens Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße in Düsseldorf

Aus Richtung Rheinkniebrücke/Reichsstraße kommend, passieren die Fahrzeuge zunächst die in Abbildung 7.6 markierten Signalgruppen des Teilknotens 1, bevor sie im weiteren Verlauf die Signale des Teilknotens 2 anfahren. Da je nach gewünschtem Fahrmanöver an Teilknoten 2 zunächst ein Einfädelungsvorgang auf die entsprechende Zufahrtsspur erforderlich ist, stellt der Verschwenkungsbereich zwischen den beiden Teilknoten einen Konfliktbereich (zwischen den Rechtsabbiegern aus Richtung Rheinkniebrücke und Geradeausfahren aus Reichsstraße) dar und wird im Zuge einer softwaretechnisch unterstützten LSA-Planung mittels VIAP für eine automatisierte Zwischenzeitenberechnung mit Verbindungsspuren beschrieben. Die zugehörig definierten Einfahrts- und Ausfahrtsspuren werden entsprechend vor den Haltelinien der Signalgruppen des Teilknotens 1 bzw. hinter dem Konfliktbereich verortet. Aufgrund der verkehrstechnischen Unabhängigkeit ist die LSA-Planung für den Teilknoten 2 entkoppelt, wodurch eine vom Teilknoten 1 unabhängige Verortung der für die Planung des Teilknoten 2 erforderlichen Einfahrts- und Ausfahrtsspuren erfolgen kann. Dieser Sachverhalt ist schematisch in Abbildung 7.7 und Abbildung 7.8 dargestellt, wobei die Einfahrtsspuren (ingess) in grün, die Ausfahrtsspuren (egress) in blau abgebildet sind.

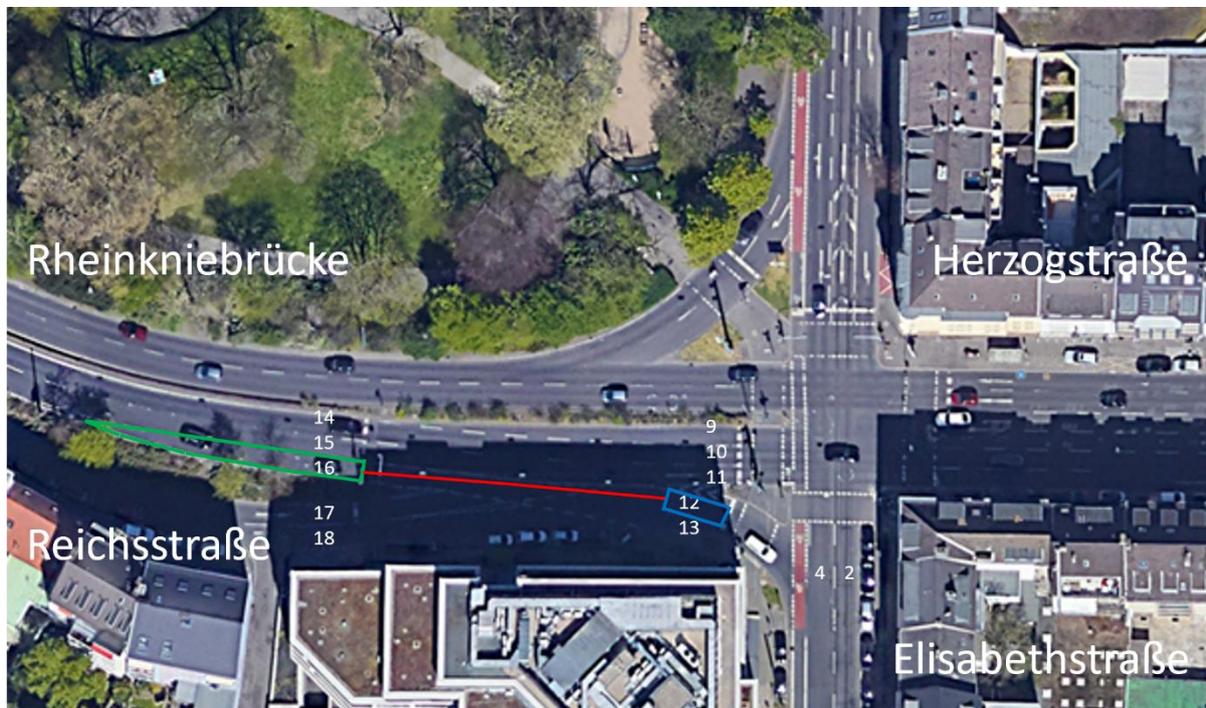


Abbildung 7.7: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur des Teilknoten 1 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 16->12

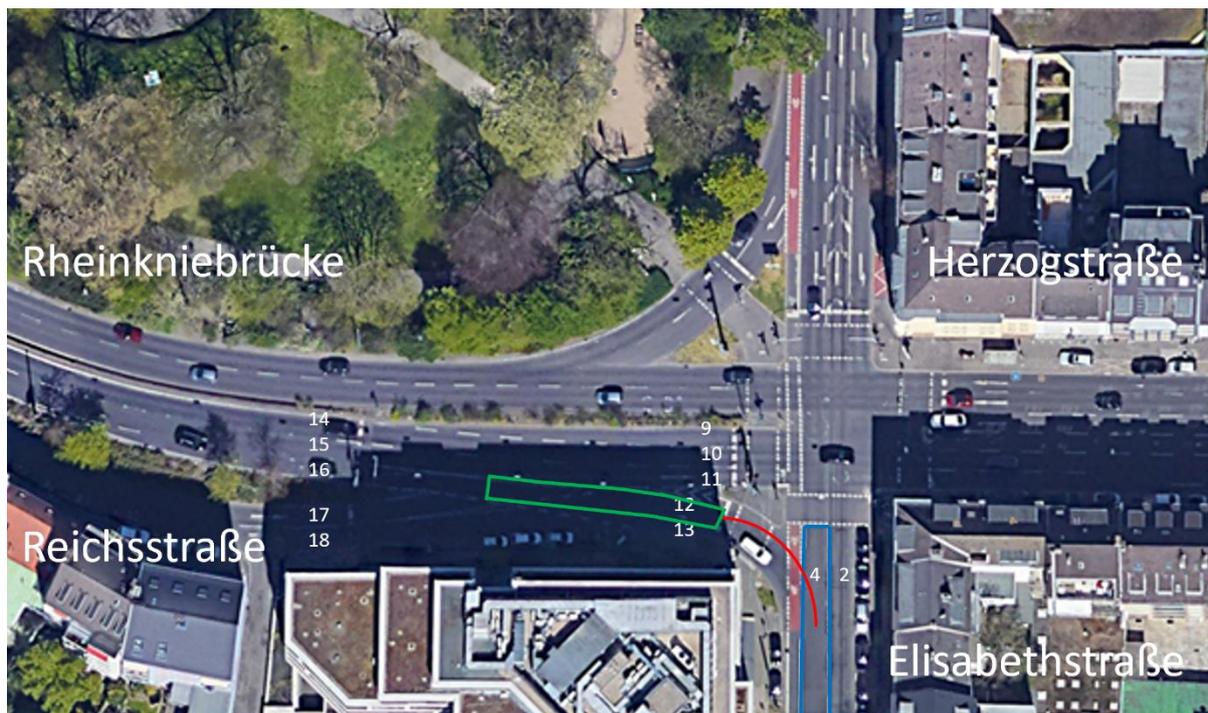


Abbildung 7.8: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 12->4

Nach einfürend erläuteter fahrzeugseitiger Informationsverarbeitung findet unter den hier beschriebenen Umständen „lediglich“ die Verarbeitung der Signalgruppeninformationen des Teilknoten 1 Berücksichtigung. Nach Überfahung der in Abbildung 7.7 in blau dargestellten Ausfahrtsspur geht das Fahrzeug von einer Passage des gesamten KP aus und lässt die Verarbeitung entsprechender Signalgruppeninformationen des Teilknoten 2 aus.

Nach Rücksprache mit diversen Ansprechpartnern aus dem Automotive-Bereich wird hierfür eine direkte Verbindung der entsprechenden Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 vorgeschlagen (vgl. Abbildung 7.9). Aufgrund einer solchen Versorgung könnte fahrzeugseitig eine knotenpunktspezifische Abfolge von Signalgruppen interpretiert werden, da die entsprechende Ausfahrtsspur, als Indikator für eine finale KP-Passage, am Ende der übermittelten Informationskette steht. Mit Blick auf die derzeitigen Versorgungsmöglichkeiten und Automatismen innerhalb der verschiedenen VIAPs können hierbei ebenso Spuren mit hinterlegtem Einfahrts- und Ausfahrts-Attribut verwendet werden. Eine derartige Versorgung steht nicht im Widerspruch zum hinterlegten Standard.

Hinsichtlich einer städtischen LSA-Planung wäre in einem solchen Fall auf eine entsprechende Spurattributierung (ingress statt egress) der lane 12 zu achten (blau in Abbildung 7.7). Diese würde wiederum die relevante Einfahrtsspur für die Planung am Teilknoten 2 bilden (grüner

ingress in Abbildung 7.8 würde entfallen). Die hierfür relevanten Map-Inhalte sind in Abbildung 7.10 exemplarisch aufgeführt.

Eine VIAP-spezifische Darstellung der in Abbildung 7.9 vorgeschlagenen Spurversorgung liefert Anhang 9.3.

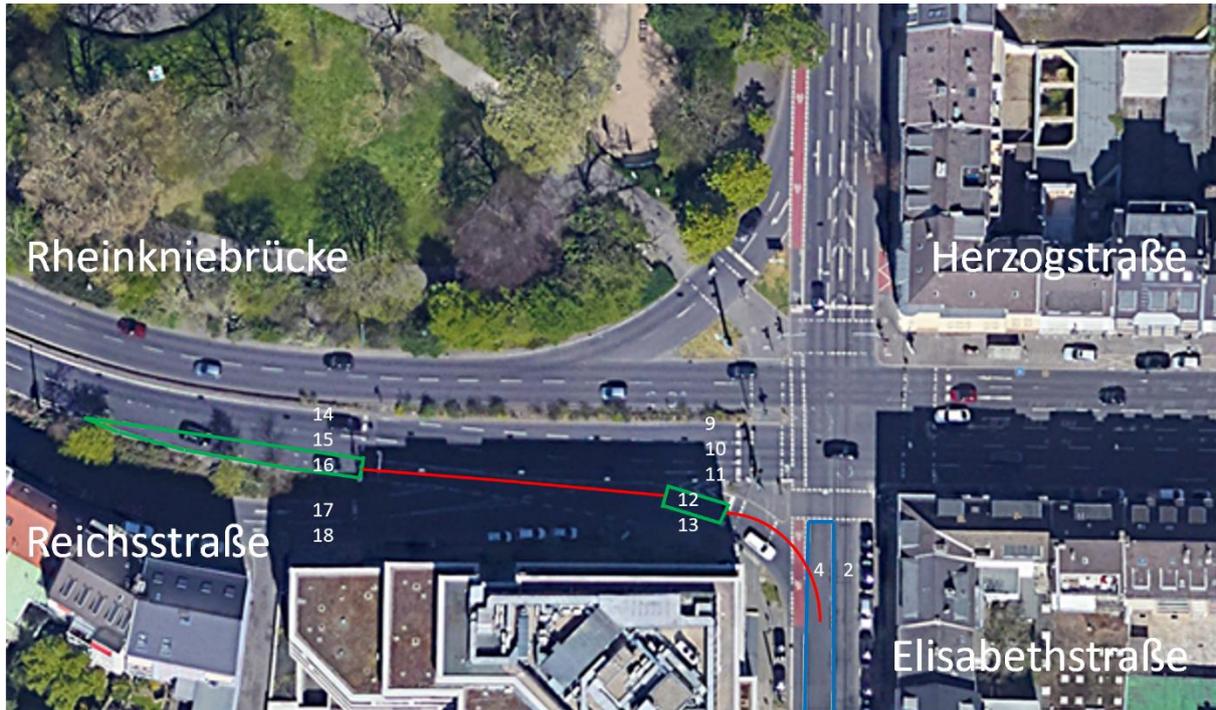


Abbildung 7.9: Schematische Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße für die Fahrbeziehung 16->12->4

```

<laneSet>
  <GenericLane>
    <laneID>16</laneID>
    <ingressApproach>1</ingressApproach>
    <laneAttributes>...</laneAttributes>
    <nodeList>...
      <connectsTo>
        <Connection>
          <connectingLane>
            <lane>12</lane>
            ...
          </connectingLane>
          ...
        </Connection>
      </connectsTo>
    </GenericLane>
    <GenericLane>
      <laneID>12</laneID>
      <ingressApproach>2</ingressApproach>
      <laneAttributes>...</laneAttributes>
      <nodeList>...</nodeList>
      <connectsTo>
        <Connection>
          <connectingLane>
            <lane>4</lane>
            ...
          </connectingLane>
          ...
        </Connection>
      </connectsTo>
    </GenericLane>
    <GenericLane>
      <laneID>4</laneID>
      <egressApproach>1</egressApproach>
      <laneAttributes>...</laneAttributes>
      <nodeList>...</nodeList>
    </GenericLane>
    ...
  </GenericLane>
</laneSet>

```

Abbildung 7.10: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung von Teilknoten am KP Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße

7.3.2.2 Komplexe signalisierte Kreisverkehre

Im Falle signalisierter Kreisverkehre wurden diese bisher hinsichtlich Planung und somit auch Spurversorgung entsprechend der Vorgehensweise für verkehrstechnische Teilknoten bearbeitet. Die separaten Teilknoten enthalten demzufolge eigene Einfahrts- und Ausfahrtsspuren (vgl. Kapitel 7.3.2.1). Ein Beispiel für einen komplexen signalisierten Kreisverkehr ist in Abbildung 7.11 anhand des Messekreisel in Köln dargestellt. Die entsprechende Spurversorgung für den südwestlichen Teilknoten findet sich in Abbildung 7.12. Einfahrtsspuren sind hierbei rot, Ausfahrtsspuren hellblau und Verbindungsspuren blau markiert.



Abbildung 7.11: Beispiel eines komplex signalisierten Kreisverkehrs in Köln (Messekreisel)

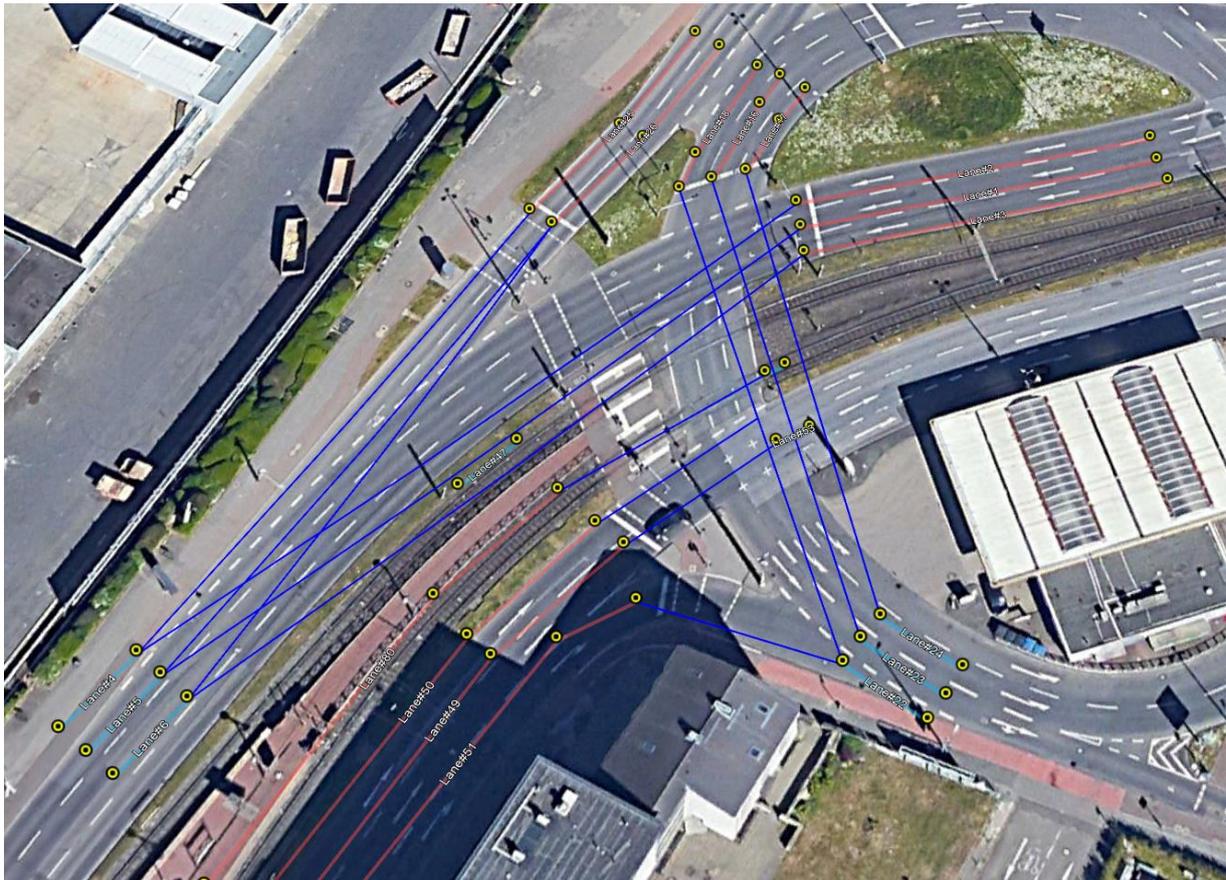


Abbildung 7.12: Spurversorgung eines Teilknotens des Messekreisel Köln

Wie zu Beginn des Kapitels 7.3.2 einleitend beschrieben wird fahrzeugseitig eine finale Passage des KP bei Überführung einer in der Map definierten Ausfahrtsspur angenommen. Um hier die Verarbeitung einer Signalisierungsabfolge (bspw. im weiteren Verlauf durch den Kreisverkehr) zu ermöglichen, wird für derartige Fälle die bereits in Kapitel 7.3.2.1 vorgestellte Vorgehensweise vorgeschlagen. Diese wurde hinsichtlich ihrer fahrzeugseitigen Eignung zur Interpretation derartiger Topologien ebenfalls im Zuge diverser Experteninterviews bestätigt. Zur Veranschaulichung ist eine durch den gesamten Kreisverkehr führende Fahrtrajektorie (unter Einhaltung der in Abbildung 7.12 verwendeten Farbcodierungen) nach vorgeschlagener Umsetzungsempfehlung in Abbildung 7.13 dargestellt. Die zwischen den Einfahrtsspuren zu versorgenden Verbindungen werden aus planerischer Sicht in den VIAPs entsprechend ausgerundet, um eine geeignete automatisierte Zwischenzeitenberechnung ausführen zu können. Rein fahrzeugseitig betrachtet wird für eine zugehörige Informationsverarbeitung zum derzeitigen Stand lediglich die Verbindungsinformation benötigt. Mittels Abbildung 7.14 soll dieser Sachverhalt grafisch verdeutlicht werden. Der Standard sieht für eventuell komplex verlaufende Verbindungsspuren bereits ein entsprechendes Feld vor (vgl. Tabelle 4.3). Bisher

wird dieses automotive-seitig jedoch nicht verwendet. Ob eine zukünftige Anwendung angedacht ist, steht zum jetzigen Zeitpunkt noch aus.

Die Verbindung verschiedener Einfahrtsspuren wird hier mittels Verwendung von merge/diverge Points umgesetzt. Da der südliche Teil des abgebildeten KP nicht signalisiert ist, wird eine durchgängige Zufahrtsspur vorgeschlagen, deren kreuzender FG-Überweg anwenderseitig analog zu einem konventionellen Streckenabschnitt mit entsprechendem Überweg (außerhalb eines KP-Bereiches) zu behandeln ist (bspw. über Kameraerfassung).

Eine VIAP-spezifische Darstellung der in Abbildung 7.13 vorgeschlagenen Spurversorgung liefert Anhang 9.4.

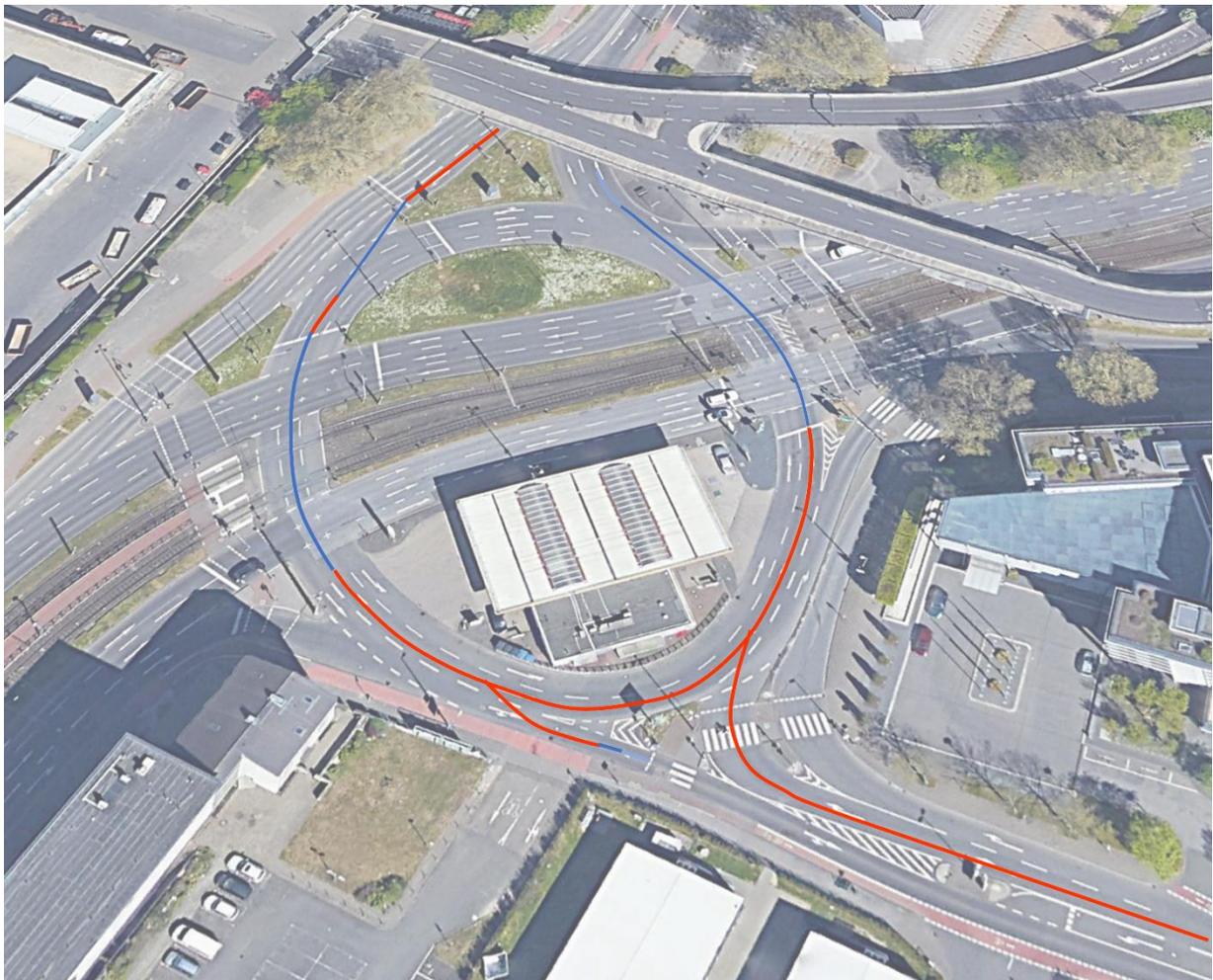


Abbildung 7.13: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreis Köln für eine Durchfahrung des Kreisverkehrs aus planerischer Sicht

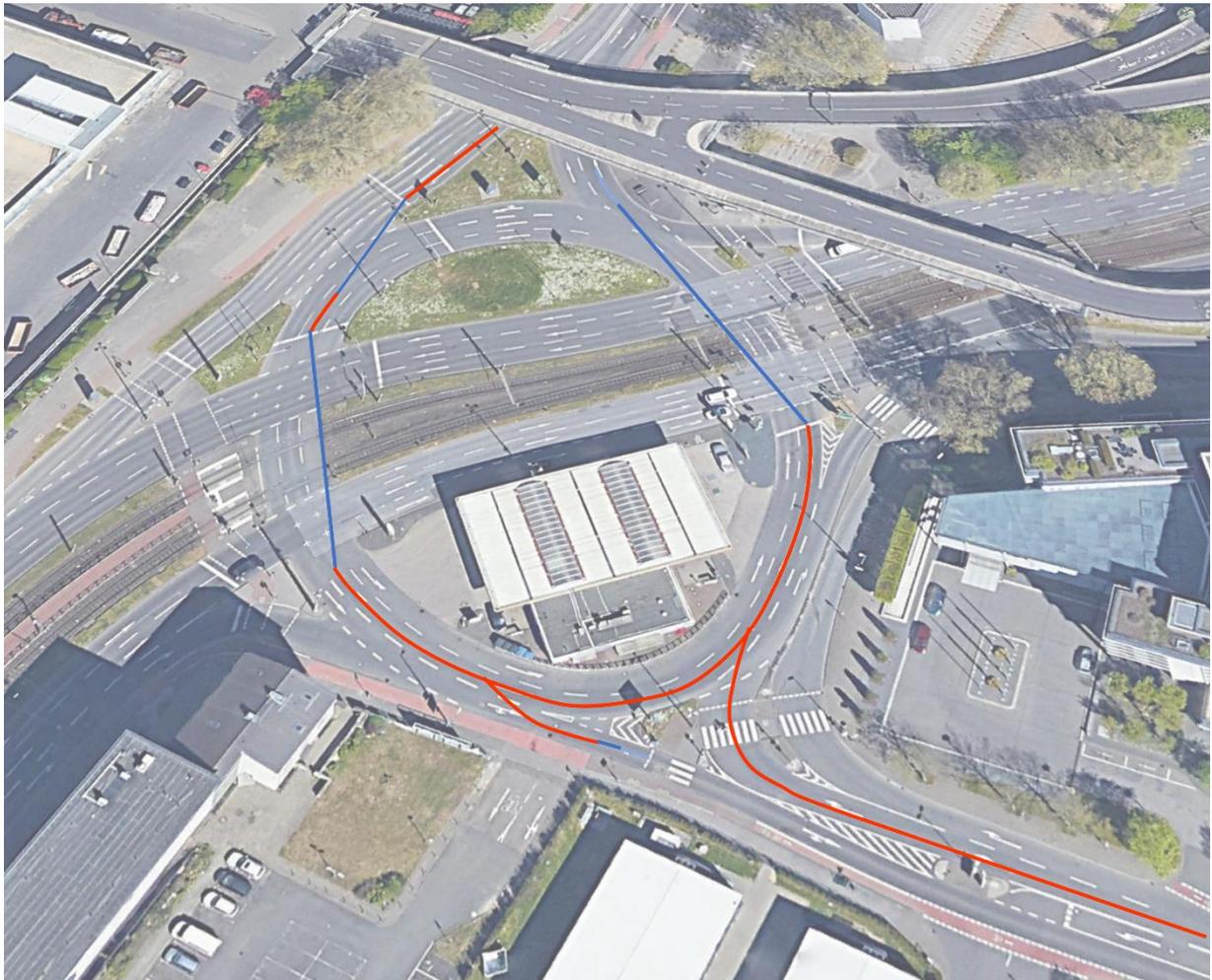


Abbildung 7.14: Schematische Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln für eine Durchfahrung des Kreisverkehrs aus Fahrzeugsicht

7.3.2.3 KP mit Über-/Unterführung

Nach den derzeitigen Regeln der Technik werden die Einfahrts- und Ausfahrtsspuren im Zuge einer LSA-Planung „lediglich“ zweidimensional versorgt. Der Standard sieht zwar innerhalb der *nodeList* ein Feld für eine Versorgung entsprechender Höhenattribute für die einzelnen Spurpunkte vor (vgl. Tabelle 4.4 dElevation), jedoch fehlt es derzeit im Zuge der Map-Erstellung an grundlegenden Höheninformationen innerhalb der zugrunde liegenden Lagepläne. Zudem sind zum jetzigen Stand keinerlei Versorgungsmöglichkeiten innerhalb der verwendeten VIAPs verfügbar.

Wie zuvor in Kapitel 7.1 angedeutet, hat eine Versorgung von Höhenattributen hinsichtlich der Map-relevanten UCs eine eher niedrige Priorität. Dennoch soll an dieser Stelle ein Vorschlag für eventuell künftige Versorgungen gegeben werden. Beispielhaft ist der Knoten Richard-Wagner-Straße/Hindenburgstraße/Ettinger Straße in Ingolstadt in Abbildung 7.15 abgebildet. Dieser leitet die Fahrzeuge in Ost-West-Richtung (bzw. West-Ost-Richtung) durch eine Unterführung. Die entsprechende Spurführung ist für den nördlichen Teil des Knotens schematisch in Abbildung 7.16 dargestellt, wobei die Unterführung mit durchgängigen Spuren in hellblau bzw. hellgrün gekennzeichnet ist.



Abbildung 7.15: Beispiel einer Unterführung am Knoten Richard-Wagner-Straße/Ettinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt

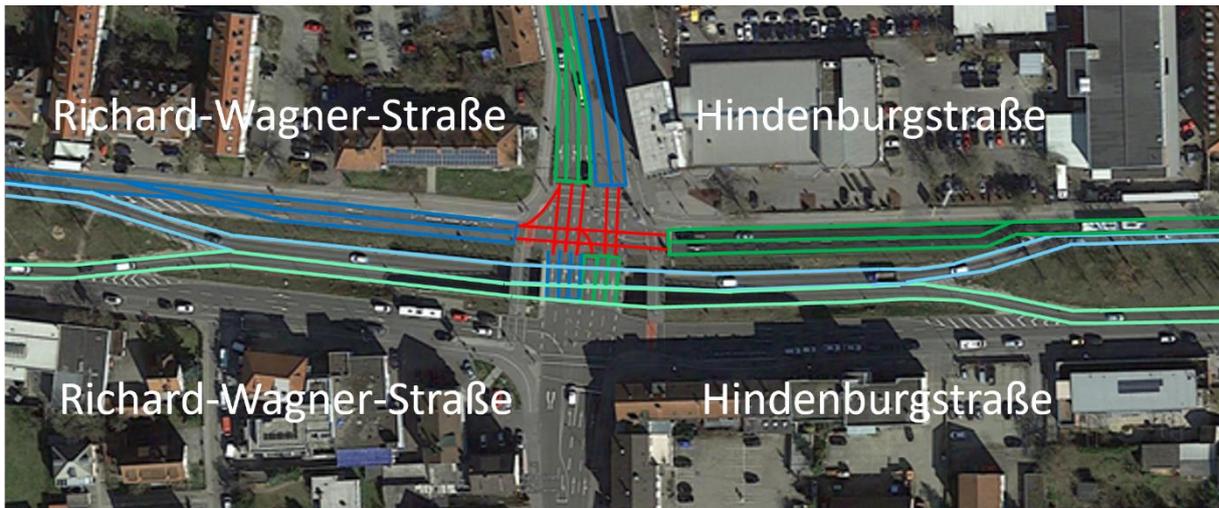


Abbildung 7.16: Schematische Spurversorgung mit Unterführung am Knoten Richard-Wagner-Straße/Éttinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde vorliegendes Versorgungsproblem mit der Fa. Schlothauer (Hersteller VIAP LISA+) diskutiert und nachfolgender Lösungsvorschlag erarbeitet. Da eine genaue Höhenattributierung aus UC-Sicht nicht erforderlich ist, genügt es prinzipiell die entsprechenden Spuren in der Map „höhenunterschiedlich“ zu kennzeichnen. Hierfür können den Spuren bspw. spezielle Kennwerte hinsichtlich ihres Höhenlevels am KP zugeordnet werden. Die in eine automatisierte Zwischenzeitenberechnung involvierten Spuren würden in diesem Beispiel mit dem Höhenlevel „0“ versorgt werden. Die der Unterführung zugehörigen Spuren würden mit Höhenlevel „-1“ versorgt (vgl. Abbildung 7.17). Der zuständige Planer bräuchte in dem Fall keine detaillierten Höheninformationen der einzelnen Spurpunkte, sondern könnte ganzen Spuren über ein entsprechendes Versorgungsfeld im VIAP ihre Höhenlevel zuordnen. Der VIAP versorgt unter Nutzung dieser Informationen die entsprechenden Werte für das Feld *dElevation* automatisiert. Sollte keine Unter- oder Überführung vorliegen, geht der VIAP per default von einem Höhenlevel „0“ für den gesamten KP aus und es wird keine Höhenattributierung exportiert. Da der derzeitige Standard für das *dElevation*-Feld einen Wertebereich von -512..511 (cm) vorsieht, wäre auf diese Weise theoretisch eine Versorgung von bis zu 3 verschiedenen Höhenleveln für einen KP möglich. Eine entsprechende Implementierung in dem VIAP LISA+ ist Seitens Schlothauer prinzipiell möglich. Rückmeldungen der anderen VIAP-Hersteller zu diesem Thema stehen derzeit noch aus.

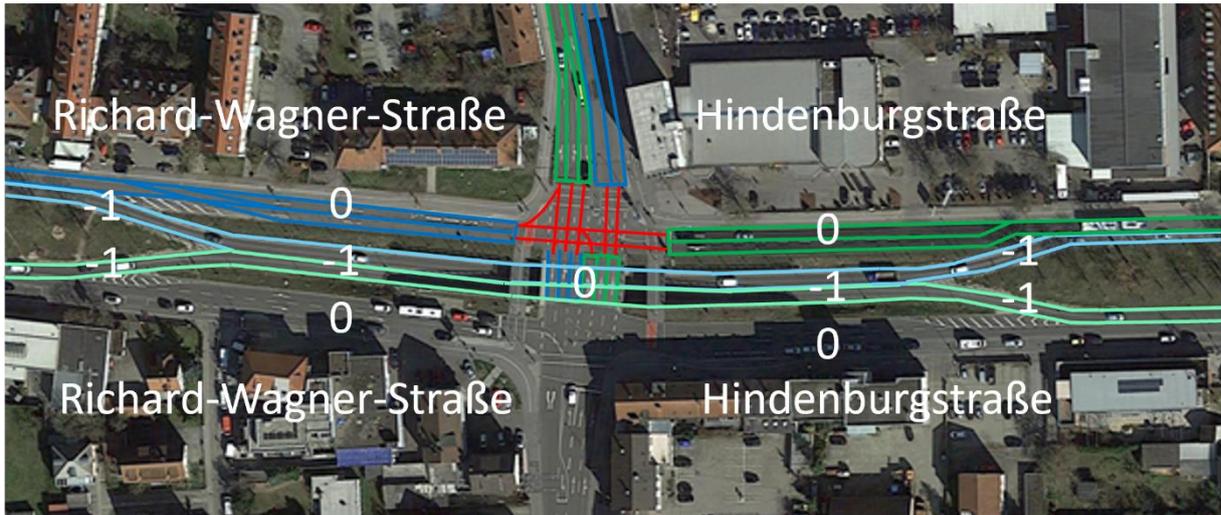


Abbildung 7.17: Schematische Darstellung verschiedener Höhenlevel am Knoten Richard-Wagner-Straße/Ettinger Straße/Hindenburgstraße in Ingolstadt

7.3.2.4 Dynamic / Revocable lane

Dynamische Fahrzeugspuren – dynamic, revocable lanes oder reversible Spuren – sind Fahrzeugspuren, die abhängig vom (zu erwartendem) Verkehrsaufkommen den Verkehr in eine bestimmte Richtung führen oder zusätzliche Fahrzeugspuren, z. B. Seitenstreifen auf der Autobahn, temporär freigeben.

Beispielhaft zu nennen ist der Knoten Humboldtstraße/Oefelestraße in München (siehe Abbildung 7.18). Hier ist das Linksabbiegen auf die Oefelestraße – aufgrund des zu erwartenden Verkehrsaufkommens – zu Hauptverkehrszeiten verboten.



Abbildung 7.18: Beispiel einer revocable lane: Humboldtstraße / Oefelestraße München Wendepisma

Demzufolge ist das Linksabbiegen nur zu Nebenverkehrszeiten erlaubt. Die entsprechenden Linksabbieger-Spuren sind revocable Lanes und überlagern – wie in Abbildung 7.19 zu erkennen ist – die jeweilige Geradeaus-Spur. Hierbei ist ebenso das entsprechende „overlays“-Attribut zu setzen (vgl. Abbildung 7.20).

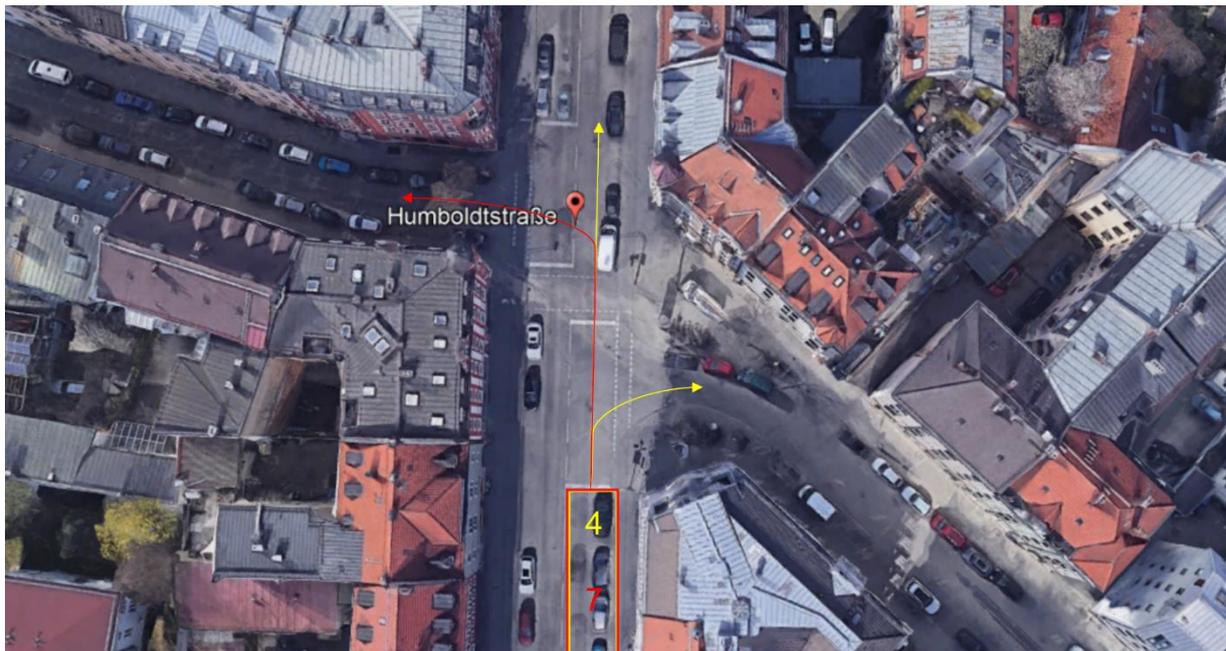


Abbildung 7.19: Beispiel einer revocable lane: Humboldtstraße / Oefelestraße München – Vogelperspektive

Um derartige Fahrzeugspuren in der Map als reversibel zu kennzeichnen, hat die ISO/TS 19091:2019-06 [3] das *RevocableLane* Attribut für verschiedene Spurtypen (→ *LaneAttributes* → *laneType* (vgl. Tabelle 4.3)) spezifiziert. Tabelle 7.14 ordnet den gebräuchlichsten Spurtypen das entsprechende *RevocableLane* Attribut zu.

Tabelle 7.14: Zuordnung der gebräuchlichsten *RevocableLane* Attribute zu den entsprechenden Spurtypen

LaneTypeAttribute	RevocableLane Attribut
vehicle	isVehicleRevocableLane
crosswalk	crosswalkRevocableLane
bikeLane	bikeRevocableLane
trackedVehicle	spec-RevocableLane
parking	parkingRevocableLane

Generell überlagert eine dynamische/temporäre Fahrzeugspur eine nicht widerrufbare/ständige Fahrzeugspur. Beide Lanes werden mit dem identischen *NodeSet* beschrieben, da sich diese exakt an derselben Position befinden. Im obigen Beispiel überlagert die Links-Abbieger-Spur (Lane 7) die Geradeaus-Spur (Lane 4), Lane 7 und Lane 4 werden also mit dem identischen *NodeSet* beschrieben.

Das entsprechende *RevocableLane* Attribut muss hierbei bei der temporär zur Verfügung stehenden Spur gesetzt werden (hier Spur 7). Diese ist über die *enabledLaneList* der SPaT direkt unter Angabe ihrer ID aktivierbar, wobei dort lediglich derzeit aktivierte/befahrbare reversible Lanes gelistet werden.

Entsprechende Versorgungsmöglichkeiten in den gängigen VIAPs sind noch nicht verfügbar, aus technischer Sicht aber nachversorgbar. Rückmeldungen der VIAP-Hersteller hierzu stehen noch aus.

Bei der Versorgung von widerrufbaren/temporären Fahrzeugspuren im VIAP ist zu beachten, dass für diese eine zusätzliche Lane erstellt, oder zumindest über den VIAP exportiert werden muss. Da beide Lanes mit dem gleichen *NodeSet* beschrieben werden, liegen diese übereinander und müssen weiterhin über das entsprechende *overlays*-Attribut definiert werden. Ferner ist zu beachten, dass die Fahrzeugbahnen durch unterschiedliche Manöver beschrieben werden. Unter Berufung des obigen Beispiels ist für Lane 7 nur das Linksabbiegen und für Lane 4 das Geradeausfahren und Rechtsabbiegen erlaubt. Während der Arbeit im VIAP muss berücksichtigt werden, dass das *revocableLane*-Attribut nur bei der dynamischen/temporären Fahrzeugspur versorgt wird.

Ferner muss beachtet werden, dass die *revocableLane* über die *enabledLaneList* der SPaT aktiviert werden muss. Das bedeutet, dass die Versorgung des *revocableLane*-Attributes in der Map nur einen weiteren Nutzen für den Map-Anwender bringt, wenn zugehörige SPaTs erstellt und von derselben Anwendung verwendet werden.

Abbildung 7.20 zeigt einen exemplarischen Map-Ausschnitt für die *revocableLane* für Spur 7 für den gezeigten Beispiel-Knoten. Das Attribut wird lediglich im *vehicle*-Attribut über die erste Stelle des BitStrings gesetzt. Lane 7 kann über eine entsprechende SPaT aktiviert (bzw. als derzeit zulässige lane gekennzeichnet) werden. Folglich ist die Spur für das Fahrzeug „sichtbar“ und kann für das Routing verwendet werden.

```

<laneSet>
  ...
  <GenericLane>
    <laneID>4</laneID>
    ...
    <laneAttributes>
      ...
      <laneType>
        <vehicle>00000000</vehicle>
      </laneType>
    </laneAttributes>
    <overlays>
      <laneID>7</laneID>
    </overlays>
  </GenericLane>
  <GenericLane>
    <laneID>7</laneID>
    ...
    <laneAttributes>
      ...
      <laneType>
        <vehicle>10000000</vehicle>
      </laneType>
    </laneAttributes>
    <overlays>
      <laneID>4</laneID>
    </overlays>
  </GenericLane>
  ...
</laneSet>

```

Abbildung 7.20: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung einer revocableLane am Beispiel Knoten Humboldtstraße/Oefelestraße in München

7.3.2.5 Kurze Knotenabstände

Im urbanen Bereich sind die räumlichen Abstände zwischen zwei separat geplanten KP nicht selten sehr gering. Aufgrund der in solchen Fällen getrennt voneinander durchgeführten LSA-Planungen, ist eine Definition von dichten Signalisierungsabfolgen nach dem Vorgehen aus Kapitel 7.3.2.1 nicht möglich. Um insbesondere Fahrzeuge dennoch in die Lage zu versetzen möglichst frühzeitig relevante Signalgruppeninformationen des stromabwärtigen Knotens abgreifen und verarbeiten zu können, sieht der Standard das Feld *remoteIntersection* (vgl. Tabelle 4.3) vor. Diese soll am Beispiel des Münchener Knotens Maximiliansplatz/Max-Joseph-Straße kurz erläutert werden. Dieser besteht aus zwei separat geplanten Einzelknoten mit jeweils eigener eindeutiger KP-ID. Die entsprechenden Spurversorgungen für einen Linksabbieger sind für den nördlichen und südlichen Knoten schematisch in Abbildung 7.21 und Abbildung 7.22 abgebildet (Einfahrtsspur rot, Ausfahrtsspur hellblau). Dabei wurden fiktive Spur- und Knotenpunkt-IDs verwendet.



Abbildung 7.21: Schematische Darstellung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur für einen Linksabbieger am nördlichen Knoten Maximiliansplatz./Max-Joseph-Straße



Abbildung 7.22: Schematische Darstellung der Einfahrts- und Ausfahrtsspur für einen Linksabbieger am südlichen Knoten Maximiliansplatz/Max-Joseph-Straße

Wie bereits in Kapitel 7.3.2 einleitend erwähnt, findet eine fahrzeugseitige Informationsverarbeitung der Linksabbieger-Signalgruppe des Knotens 1011 erst nach Überfahrt der Ausfahrtsspur mit ID 2 des Knotens 1010 statt. Mittels Versorgung der zum Knoten 1010 zugehörigen *remoteIntersection* ist fahrzeugseitig bereits eine Informationsverarbeitung des Folgeknotens während des Abbiegevorgangs möglich. Das Attribut wird dabei gemäß Tabelle 4.3 im Feld *connectsTo* unter Verwendung der für den Folgeknoten gültigen *id* gesetzt (vgl.

Tabelle 4.2). Eine entsprechende Versorgungsmöglichkeit in den VIAPs ist bisher nicht gegeben, kann jedoch aus technischer Sicht für künftige Versionen nachversorgt werden. Rückmeldungen der einzelnen VIAP-Hersteller hierzu stehen bisher allerdings noch aus. Für das hier gezeigte Beispiel ist die Attributierung der *remoteIntersection* in Abbildung 7.23 dargestellt.

```

<map>
  <msgIssueRevision>0</msgIssueRevision>
  <intersections>
    <IntersectionGeometry>
      <id>
        <region>49089</region>
        <id>1010</id>
      </id>
      ...
      <laneSet>
        <GenericLane>
          <laneID>1</laneID>
          ...
          <connectsTo>
            <Connection>
              <connectingLane>
                <lane>2</lane>
                <maneuver>010000000000</maneuver>
              </connectingLane>
              <remoteIntersection>
                <region>49089</region>
                <id>1011</id>
              </remoteIntersection>
              ...
            </Connection>
          </connectsTo>
        </GenericLane>
        ...
      </laneSet>
    </IntersectionGeometry>
  </intersections>
</map>

```

Abbildung 7.23: Exemplarischer Map-Ausschnitt zur Versorgung von remoteIntersection am Knoten Maximiliansplatz./Max-Joseph-Straße in München

7.3.2.6 Bahnübergang

Anhand des in Abbildung 7.24 abgebildeten Bahnübergangs in der Brunhamstraße in München soll hier kurz die vorgeschlagene Versorgung beschrieben werden. Diese soll vereinfacht gesehen die Überquerung der Bahntrasse selbst über reine Verbindungsspuren beschreiben. Somit lassen sich die dem Bahnübergang vorgelagerten Schranken nebst zugehöriger Rotlichtsignalisierung mittels SPaT ins Fahrzeug übertragen, sofern diese über eine entsprechende Schnittstelle verfügbar sind. Für dieses Beispiel ist eine gesonderte Haltlinie für die Einfahrtsspur 2 gegeben, um bei gesperrtem Bahnübergang Fahrzeugen aus der Einfahrtsspur 3 das Einbiegen auf Einfahrtsspur 1 zu ermöglichen. Dieser Sachverhalt wurde hier gemäß dem Versorgungsvorschlag aus Kapitel 7.3.2.1 beschrieben, wobei in diesem Fall den Einfahrtsspuren 2 und 3 keine Signalgruppe zugeordnet wird. Alternativ kann eine solche Aufstellzone auch über das Attribut *doNotBlock* beschrieben werden. Für eine derartige Umsetzung soll an dieser Stelle auf die Ausführungen in [11] verwiesen werden.

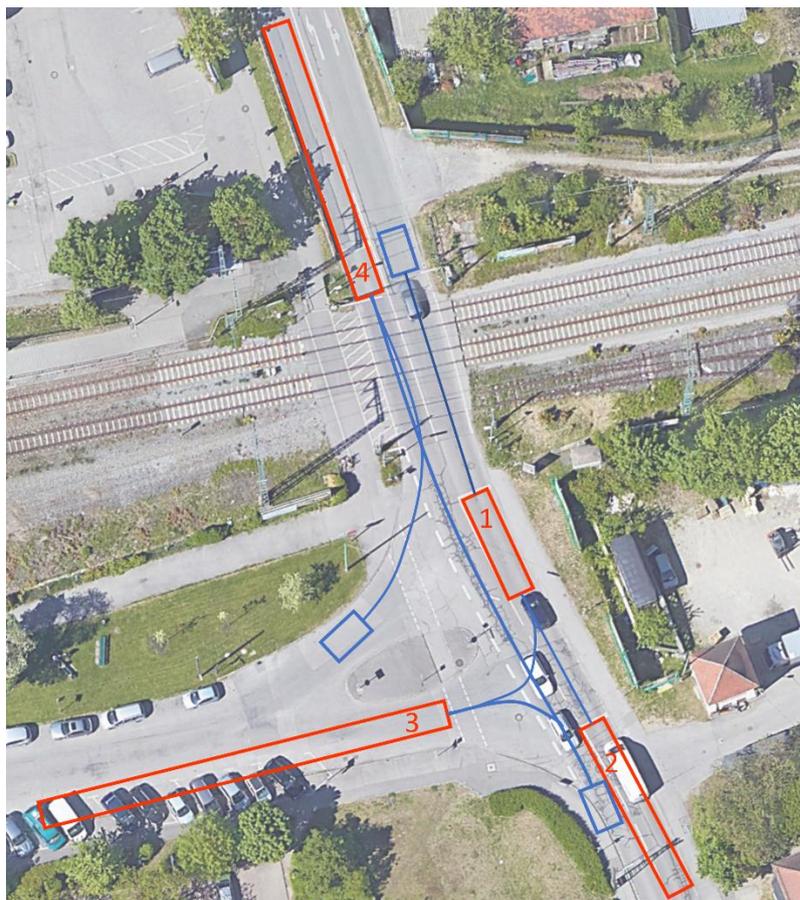


Abbildung 7.24: Schematische Spurversorgung eines Bahnübergangs (nur MIV) in der Brunhamstraße in München

7.3.2.7 Klappbrücken

Anhand der in Abbildung 7.25 abgebildeten Klappbrücke Mahatma-Ghandi-Brücke in Hamburg soll hier kurz die vorgeschlagene Versorgung beschrieben werden. Diese soll vereinfacht gesehen die Brücke selbst über eine reine Verbindungsspur beschreiben. Somit lassen sich die der Brücke vorgelagerten Schranken nebst zugehöriger Rotlichtsignalisierung mittels SPaT ins Fahrzeug übertragen, sofern diese über eine entsprechende Schnittstelle verfügbar sind. Im Grunde folgt die Versorgung hier den allgemeinen Regeln der Technik hinsichtlich einer einfachen Fußgängerschutzanlage.

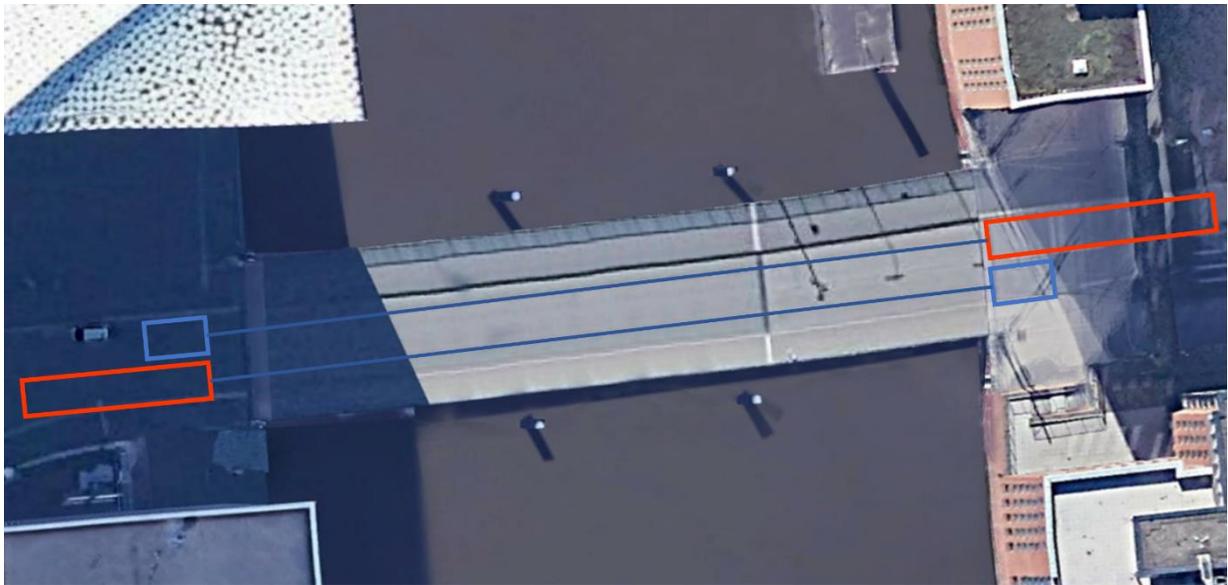


Abbildung 7.25: Schematische Darstellung einer Spurversorgung einer Klappbrücke am Beispiel Mahatma-Gandhi-Brücke in Hamburg

7.3.3 Umgang mit Überplanungen / Baustellen

Da sich sowohl bestehende LSA-Planungen als auch deren zugrunde liegenden Topologien mit der Zeit ändern können, sollen an dieser Stelle Handlungsempfehlungen hinsichtlich einer möglicherweise erforderlichen Map-Aktualisierung erläutert werden.

Im Falle einer Überplanung erfolgt die Map-Aktualisierung dabei nach den bisher gängigen Regeln der Technik, da für eine Überplanung ohnehin eine erneute Spurversorgung durch den Planer mittels VIAP erforderlich ist. Die zugehörige und somit aktualisierte Map kann einfach exportiert werden.

Das Thema Baustellen wurde innerhalb verschiedener Workshops ausführlich diskutiert. Die eigentliche Problemstellung liegt dabei in zwei wesentlichen Punkten begründet.

Zum einen besteht ein grundsätzlicher Mangel an Baustelleninformationen. Diese sind für eine zielführende Map-Aktualisierung elementar (bspw. Spersperrung am KP). Selbst über ein an das städtische Verkehrsmanagement angekoppelte Baustellenmanagementsystem sind keine sicher verlässlichen Informationen zu erwarten. Beispielhaft sei hier genannt, dass ein entsprechender Operator eine bereits langfristig geplante Baustelle zwar im System versorgen kann (mit geplantem Startdatum und -uhrzeit), diese verfügbaren Planungsdaten aber keinesfalls einen entsprechenden Beginn der Baustelleneinrichtung garantieren. In der Folge lässt sich nicht sicherstellen, ob die am bzw. für den KP ausgestrahlte Map zu jeder Zeit die tatsächliche Topologie widerspiegelt.

Zum anderen ist der Aufwand für eine flächendeckend angemessene Map-Aktualisierung aufgrund der Vielzahl parallel betriebener Baustellen (vor allem in Ballungsräumen) enorm hoch. Insbesondere vor dem Hintergrund begrenzter Personalressourcen, sowohl auf städtischer als auch privater Seite, stellt dieser Punkt realistisch gesehen eine derzeit unüberwindbare Hürde dar.

Um dem Thema Baustellen dennoch zukünftig Rechnung zu tragen, wurden im AwK DiMAP verschiedene Lösungsansätze diskutiert, die nachfolgend kurz dargestellt werden sollen. Dabei ist anzumerken, dass sich die hier andiskutierten Ansätze ebenfalls auf Maps nicht signalisierter KP bzw. Maps freier Streckenabschnitte übertragen lassen.

Intelligente Bake

Wenn im Baustellenfall die Bereitstellung einer entsprechend angepassten (und auch qualitätsgeprüften) Map nicht möglich ist, so soll zumindest die Gültigkeit der aktuell ausgestrahlten, mit Baustellenbeginn jedoch fehlerhaften Map ausgesetzt werden. Hierfür wird bei Baustelleneinrichtung die Installation einer so genannten intelligenten Bake vorgeschlagen,

über die somit direkt eine für die Map-Abnehmer erkennbare (Zusatz)Information ausgestrahlt werden kann, mittels derer diese die empfangene Map verwerfen und darauf aufbauende Dienste für den betreffenden Abschnitt deaktivieren können. Welche Art Information oder Nachricht über diese Bake genau verteilt werden soll, konnte im Projekt nicht abschließend geklärt werden.

DENM überlagert Map-Informationen

Eine weitere vorgeschlagene Möglichkeit ist die Bereitstellung baustellenbedingter Map-Abänderungen über eine zusätzlich versendete DENM. Diese würde bspw. Informationen zu gesperrten Spuren oder geänderten Fahrbahnverläufen im á la carte Container beinhalten. Die vor Baustellenbeginn gültige Map wird hierbei weiterhin ausgestrahlt, deren Inhalte abnehmerseitig jedoch mit denen der in diesem Falle komplementären DENM abgeglichen. Wer genau in einem solchen Fall die DENM erstellen soll ist derzeit noch offen. Vorstellbar wären hier neben geeigneten stadtinternen Abteilungen auch zu beauftragenden Ingenieurbüros oder Service-Provider. Grundlage für die zu liefernden DENM-Inhalte könnte hier die zugrunde liegende Baustelleneinrichtungsplanung sein. Die Versendung der DENM selbst könnte lokal über die bereits zuvor erwähnte intelligente Bake oder aber eine bereits vorhanden RSU erfolgen.

Vorbereitete Map via Baustellenplanung

Alternativ kann eventuell eine während der Bauphase gültige Baustellen-Map vorbereitet und mit Beginn der Baustelleneinrichtung anstatt der zuvor ausgestrahlten Map im Feld verteilt werden. Grundlage für die hierfür erforderliche Spurversorgung würde die Baustellenplanung bilden. Die Versendung könnte lokal wiederum über eine intelligente Bake erfolgen.

Die hier vorgestellten Lösungsvorschläge sind sicherlich nicht final durchdacht, sollen an dieser Stelle aber zumindest erwähnt werden, um eventuell als Anlaufpunkt künftiger Entwicklungen aufgegriffen werden zu können.

8 Integrierte Prozessanalyse und Rollenmodell

Kapitel 7 erläutert die harmonisierten Prozesse zur Map-Erstellung und den Umgang mit Spezialfällen. Es steht die Fragestellung aus, wie sich die Erstellungsprozessbeschreibungen in den behördlichen Prozess der LSA-Planung und des Verkehrsmanagements integrieren lassen (Kapitel 8.1) und wie eine automatisierte Versorgungskette (siehe Kap 8.3) gewährleistet werden kann. Damit einhergehend ist die Verteilung der Aufgaben zwischen den beteiligten Stakeholdern elementar. Diese wird in Kapitel 8.2 beschrieben.

8.1 Eingliederung des Workflows in den Planungsprozess und die Prozesse des Verkehrsmanagements

Die in Kapitel 7 vorgestellten harmonisierten Prozesse zur Map-Erstellung müssen in die behördlichen Prozesse der LSA-Planung und des Verkehrsmanagements integriert werden. Die Spezifizierung erfolgt auf Grundlage der Instrumentarien, die von den Städten zur Map-Erstellung verwendet werden. Diese sind laut Kapitel 6.1.2 die VIAPe Sitraffic Office und Sitraffic Map2X von der Firma YUNEX TRAFFIC, LISA+ von der Firma SCHLOTHAUER & WAUER und CROSSIG von der Firma GEVAS software GmbH. Die Workflowanalyse der Map-aktiven OCA Referenzstädte hat aufgezeigt, dass eine Differenzierung zwischen dem Prozess der Map-Erstellung in Kombination mit einer Neu- oder Überplanung von LSAs und der Ersterstellung von Maps für LSA Bestandsplanungen erfolgen muss. Des Weiteren wird zwischen der Verwendung der VIAPe LISA+ / CROSSIG und Sitraffic Office unterschieden.

Wenn eine Map im Zuge einer LSA Neu- oder Überplanung mit Hilfe von LISA+ oder CROSSIG erstellt wird, erfolgt zuerst der State of the Art Planungsprozess (Spurgeometrierung, Zwischenzeitenberechnung, Phaseneinteilung etc.) unter Berücksichtigung der in Kapitel 7.3 aufgeführten Handlungsempfehlungen. Nachfolgend werden eventuell zusätzliche Map-Attribute (hängt von der angestrebten Attributierungsgüte ab), die sich nicht automatisiert aus der konventionellen LSA-Planung ergeben, im VIAP versorgt. Dies kann bspw. die Angabe einer *remoteIntersection* sein (siehe Kapitel 7.3.2.5). Wenn die LSA-Planung bzw. die weitere Versorgung der Attribute abgeschlossen ist, wird neben den verkehrstechnischen Unterlagen (inkl. Signallageplan) die OIVD, die Steuerungsdatei und der Map-Teil der ETSI-konformen MAPEM im XML-Format sowie ggf. eine entsprechende KML für Google Earth exportiert.

Falls der VIAP Sitraffic Office verwendet wird, wird auch hier die LSA Planung unter Berücksichtigung der behördeninternen Vorschriften und den in Kapitel 7.3 aufgeführten Handlungsempfehlungen vorgenommen. Im Nachgang werden die VTU (inkl. Signallageplan), die OIVD und die Steuerungsdatei exportiert. Da mit dem VIAP Sitraffic Office keine Map

erstellt bzw. exportiert werden kann, kann nach der LSA Planung die Kreuzungsgeometrie über ein Export Tool als GeoJSON exportiert werden. Die GeoJSON und damit die während der LSA Planung erstellte Kreuzungsgeometrie kann in das Sitraffic Map2X Tool importiert werden. Mit Hilfe des Map2X Tools lassen sich – je nach gewünschter Detailtiefe – zusätzliche Map-Merkmale, die von der LSA Planung unabhängig sind, beispielsweise die dataParameters, attribuieren. Nach Abschluss der Bearbeitung kann eine ETSI konforme Map im XER-Format sowie zusätzlich eine KML für Google Earth exportiert werden.

Der AwK DiMAP empfiehlt, bei der Map-Erstellung im Zuge von LSA Neu- oder Überplanungen – wenn möglich – gleich auf eine „ausreichende“ Spurlänge zu achten, um die dahinterliegenden UCs möglichst qualitativ umsetzen zu können (vgl. Kapitel 7.1 und 7.2).

Falls eine Map erstmals für einen KP mit einer bestehenden LSA Planung mit Hilfe von LISA+ oder CROSSIG generiert werden soll, kann die LSA Planungsdatei im jeweiligen VIAP geöffnet werden. Wenn die Bestandsgeometrierung hinreichend ist, kann der Map-Teil der ETSI-konformen MAPEM (XML-Format) sowie eine zusätzliche KML Map für Google Earth direkt aus dem VIAP exportiert werden. Zuvor kann – wenn gewünscht – eine weitere Attributierung erfolgen.

Falls die Bestandsgeometrierung nicht hinreichend ist, kann eine Neugeometrierung vorgenommen werden. Dazu ist es empfehlenswert, die aktuelle LSA Planungsdatei zu öffnen und die zugehörige OIVD zu exportieren³. Für die Neugeometrierung kann der Verkehringenieur entweder ein Luftbild in die bestehende VIAP-Planung importieren und die Lanes entsprechend anpassen oder die Lanes mit Hilfe eines erweiterten Lageplans komplett neu zeichnen. Bei beiden Vorgehensweisen soll die bestehende Planungsdatei natürlich nicht überschrieben werden, sondern eine weitere Planungsdatei unter entsprechender Namensweiterung gespeichert werden. Weiterhin ist es wichtig, dass der Verkehrsplaner eine Georeferenzierung vornimmt und die entsprechenden SGs via der exportierten OIVD zuordnet. Optional kann die Versorgung optionaler bzw. regionaler Map Attribute erfolgen. Im Anschluss kann eine ETSI-konformer Map-Teil im XML-Format sowie zusätzlich eine KML für Google Earth exportiert werden.

³ Normalerweise wird die OIVD nach Beendigung der LSA Planung exportiert. Da bei einer Neugeometrierung die OIVD zur SG-Zuordnung benötigt wird, ist es empfehlenswert, diese zuvor nochmals zu exportieren. Somit wird sichergestellt, dass die zuzuordnenden SGs mit der aktuellen LSA Bestandsplanung übereinstimmen

Diese Vorgangsweise lässt sich auf die Sitraffic Office / Map2X Tools übertragen. Falls die Bestandsgeometrierung hinreichend ist, muss die LSA Planungsdatei in Sitraffic Office geöffnet und die Kreuzungsgeometrie über eine GeoJSON exportiert werden. Die GeoJSON muss dann in das Map2X Tool importiert werden. Vor dem ETSI konformen Map-Export (XER-Format) und ggf. KML-Export können optional Map-Merkmale, die von der LSA Planung nicht attributiert werden, versorgt werden.

Wenn die Bestandsgeometrierung des Knotens unzureichend ist, kann der KP im Map2X Tool neu geometriert werden. Dazu ist es empfehlenswert, die aktuelle LSA Planungsdatei in Sitraffic Office zu öffnen und die zugehörige OIVD zu exportieren⁴. Für die Neugeometrierung kann der Verkehrsingenieur entweder ein Luftbild in das Map2X Tool importieren oder die Lanes mit Hilfe eines Lageplans komplett neu zeichnen. Bei beiden Vorgehensweisen ist es wichtig, dass der Verkehrsplaner eine Georeferenzierung vornimmt und die entsprechenden SGs via der exportierten OIVD zuordnet. Optional kann die Versorgung optionaler bzw. regionaler Map Attribute erfolgen. Im Anschluss kann eine ETSI konforme Map im XER-Format (entspricht 1:1 einer XML Map) sowie zusätzlich eine KML für Google Earth exportiert werden.

Die hier beschriebenen Vorgehensweisen zur Neugeometrierung lassen sich dabei auch auf eine Umgeometrierung (ohne Änderung der bestehenden verkehrstechnischen Versorgung) übertragen.

⁴ Siehe vorherige Fußnote

8.2 Aufgabenverteilung und Abgrenzung zwischen den Stakeholdergruppen

Kapitel 5.2 hat im Rahmen einer Stakeholderanalyse die Interessensträger an den Prozessen der Map-Erstellung und Map-Verwertung für den RSU-basierten und zentralen, mobilfunkgestützten Ansatz identifiziert und mögliche Kooperationsformen zwischen diesen vorgestellt.

Zwischen der Map-Erstellung und -Anwendung lassen sich noch die Aufgaben der Map-Bereitstellung, der Qualitätssicherung der Map und ihrer Formate, die Map-Wartung / -Pflege und die Verantwortlichkeit für die Map erschließen. Die einzelnen Teilaufgaben, die mit diesen Prozessen einhergehen, sind in nach den Kommunikationsansätzen differenzierten Prozessbeschreibungen – (siehe Kapitel 9.2) zusammengefasst worden. Diese sind so aufgebaut, dass für jeden Teilschritt die benötigten Voraussetzungen / Eingangsgrößen, das Ergebnis des Teilprozesses und der Empfänger des Ergebnisses definiert sind. Somit wird sichergestellt, dass sich ein Stakeholder – wie bspw. eine ÖFV – keinen Aufgaben stellen muss, die für spezifische Umsetzungen eines anderen Stakeholders relevant sind. Beispielhaft zu nennen ist die Komprimierung der Map-Dateien in ein JSON-Format im Falle einer Backend-basierten Kommunikation.

Die oben genannten Aufgaben können von verschiedenen Stakeholdern übernommen werden. Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Betrachtung der Aufgabenverteilung zwischen den Stakeholdern. Da auf Grund der verschiedenen Kooperationsformen zwischen den unterschiedlichen Stakeholdern mehrere Aufgabenverteilungen möglich sind, sind diese zusammenfassend in Tabelle 8.1 - Tabelle 8.2 dargestellt.

Da die Aufgaben zum Teil auch unterschiedlich ausgeprägt sein können, erfolgt die Betrachtung UC-spezifisch.

Tabelle 8.1: Aufgabenverteilung für die UCs SPaT-Info, GLOSA, Emergency Vehicle Warning, Red light violation protection, Intersection Collision Warning

	ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X (RSU)				Mobilfunkgestützt 4G/5G (zentral)			
	ÖFV	RSU	OEM / Tier 1	AM / APP	ÖFV	SP	OEM / Tier 1	AM / APP
Map-Erstellung	x				(x)	x		
Map-Bereitstellung	(x)	x			(x)	x		
QA der Maps und ihrer Formate	x	nur als SP	erfahrungsgemäß über „Clearinghaus“ / SP	ggf. über SP	(x)	x		
Map-Anwendung			x	x			x	x
Map-Wartung / -Pflege	x		erfahrungsgemäß über „Clearinghaus“ / SP	ggf. über SP	(x)	x		
Map-Verantwortung	x				(x)	x		

Tabelle 8.2: Aufgabenverteilung UC Vehicle Priorization

	ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X (RSU)				Mobilfunkgestützt 4G/5G (zentral)			
	ÖFV	RSU	OEM / Tier 1	AM / APP	ÖFV	SP	OEM / Tier 1	AM / APP
Map-Erstellung	x				(x)	x		
Map-Bereitstellung	(x)	x			(x)	x		
QA der Maps und ihrer Formate	x	nur als SP	erfahrungsgemäß über „Clearinghaus“ / SP	ggf. über SP	(x)	x		
Map-Anwendung	x		x	x	x		x	x
Map-Wartung / -Pflege	x		erfahrungsgemäß über „Clearinghaus“ / SP	ggf. über SP	(x)	x		
Map-Verantwortung	x				(x)	x		

8.3 Automatisierte Versorgungskette

Während in Kapitel 8.1 Vorgaben für die Integration der harmonisierten Prozesse zur Map-Erstellung in den behördlichen Prozess der LSA-Planung und des Verkehrsmanagements erarbeitet wurden, thematisierte das vorangegangene Kapitel die Aufgabenverteilung und Abgrenzung zwischen den Stakeholdern. Es steht nun die Fragestellung aus, wie die Maps möglichst automatisiert von den VIAPen zu den RSUs bzw. Backends⁵ und / oder ggf. Drittabnehmern verteilt werden können.

Zu beachten ist, dass die Verteilung der Maps an die unterschiedlichen Abnehmer durch unterschiedliche Prozesse / Prozessumstände definiert ist. Wenn eine Map durch einen Techniker (vgl. PB 1.4.1 (Abbildung 9.6) und PB 1.4.2 (Abbildung 9.7)) auf eine RSU aufgespielt wird, ist diese sofort aktiv.

Auf einer RSU, einem Backend und etwaigen anderen Verbreitungskanälen, wie beispielsweise einer publicData Cloud müssen gültige Map-Versionen aufgespielt werden. Das bedeutet, dass alle Betreiber der in Kapitel 5.2 aufgezeigten Verbreitungskanäle informiert werden müssen, ab wann diese gültig ist. Dies kann ggf. zu Problemen führen.

Beim RSU-basierten Kommunikationsansatz stellt sich dieses Problem in den meisten Fällen nicht. Eine Map kann auf die RSU entweder durch einen Techniker (vgl. PB 1.4.1 (Abbildung 9.6) und PB 1.4.2 (Abbildung 9.7)) oder per Remote (siehe Beispiel Kassel, Kapitel 6.1.1.3) im Zuge der entsprechenden Steuergeräteversorgung aufgespielt werden.

Wenn ein zentraler SP für die Map-Bereitstellung über ein Backend verantwortlich ist, (vgl. PB 2.4.1 (Abbildung 9.16)), leitet dieser die Map direkt an seine Kunden weiter und ist in seiner Rolle dabei für die zugrunde liegende Aktualität/Gültigkeit/Qualität der Map mitverantwortlich.

Ein einheitlicher Prozess zur automatisierten Map-Verteilung konnte im Projekt nicht abschließend definiert werden. Jedoch sollen an dieser Stelle andiskutierte Lösungswege erläutert werden.

Zunächst soll festgehalten werden, dass im Zuge des automatisierten Map-Exports laut den Herstellern der VIAPs eine ebenfalls automatisierte Publikation auf einer öffentlichen Plattform (welcher Art auch immer, bspw. MDM/MDS/Mobilithek) möglich ist. Entsprechende softwaretechnische Erweiterungen hierfür befinden sich bereits auf den jeweiligen Agenden der Hersteller. Weiterhin sind innerhalb der verschiedenen Planungsabteilungen Dienstanweisungen denkbar, die mögliche Prozesse einer Map-Verteilung genau definieren,

⁵ An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der Begriff „Backend“ sowohl OEM- als auch SP-Backends umfasst.

jedoch letztendlich nicht voll automatisiert ablaufen können. Hier sei bspw. die Ablage der exportierten Map in einen Netzwerkordner mit eventuellen Zugriffsrechten für Techniker oder Dritte oder aber die Bereitstellung über einen FTP-Server genannt. In beiden Fällen sind in einem weiteren Schritt automatisierte Benachrichtigungen an potenzielle Map-Abnehmer/-verteiler/-veredeler über diverse Kanäle (Mail, Messenger, etc.) denkbar.

Allen vorangegangenen Ansätzen liegt jedoch das Problem zugrunde, dass eine über derartige Verbreitungskanäle verteilte Map keinerlei Informationen über den Zeitpunkt ihrer tatsächlichen RSU-seitigen Aufspielung liefert (respektive wann die hinterlegte LSA-Planung auf das Steuergerät gespielt wird). Eine andiskutierte Lösungsmöglichkeit stellt hier ebenfalls eine zu definierende Dienstanweisung dar, über die ein Techniker, sei es vor Ort oder per Fernzugriff, bei Aufspielung einer LSA-Steuerung auf ein Steuergerät oder einer Map auf eine RSU, eine entsprechende Information/Nachricht/Flag an einen zuvor festgelegten Verteiler triggern muss. Wie genau in diesem Fall eine entsprechende Information strukturiert bzw. aufgebaut sein soll oder über welchen Kanal diese verbreitet wird, müssen zukünftige Entwicklungen zeigen. Denkbar wäre bspw. eine bei Aufspielung abgesetzte Aktivierungsnachricht unter Nutzung der entsprechenden Anlagen-ID (region und id) über eine öffentlich zugängliche Plattform mit eigenem Topic, das potenzielle Map-Verteiler/-abnehmer/-veredeler abonnieren können.

9 Anhang

9.1 Stichwortverzeichnis

A	E
attributes 32, 69, 77, 98	egress 30, 68, 76, 92, 93, 94, 95, 97, 104, 105
AutoCAD 13, 45, 63	elevation 30, 68, 76
B	Emergency Vehicle Warning 82, 86, 130
basicType 29, 67, 75	enabled 32, 69, 77, 98, 99
bikeLane 31, 68, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 95, 116	G
bikeRevocableLane 116	geoidUsed 29, 67, 75
BricsCAD 13, 59	GLOSA 17, 33, 80, 81, 83, 84, 86, 130
C	H
computed 31, 68, 76, 92	Hamburg 28, 42, 46, 51, 52, 67, 69, 123
connectingLane 31, 68, 76, 92, 97	HLN-EVA 17
connectionID 31, 69, 76	HLN-PTVC 17, 33
connectsTo 31, 68, 76, 92, 96, 97, 120	HLN-PTVS 17, 33
countryCode 30, 68, 76, 90	HLN-RLX 17
CROSSIG 13, 59, 64, 65, 66, 126, 127, 149, 151	I
crosswalk 31, 68, 76, 80, 84, 92, 95, 116	id 29, 30, 67, 68, 75, 89, 120, 132
crosswalkRevocableLane 116	ingress 30, 31, 68, 76, 92, 93, 94, 95, 97, 105
D	Intersection Collision Warning 33, 82, 86, 130
data 32, 69, 77	intersections 29, 30, 32, 67, 68, 69, 75, 76, 77, 88, 89, 92, 98
dataParameters 29, 67, 75, 101, 127	isVehicleRevocableLane 116
dElevation 32, 69, 77, 112, 113	K
delta 32, 69, 77, 98	Kassel 42, 53, 54, 55, 67, 69, 131
directionalUse 30, 68, 76, 92, 95	Köln 42, 56, 57, 58, 67, 108, 109, 110, 111, 150, 151
disabled 32, 69, 77, 98, 99	L
diverge point 32, 69, 77, 98, 99, 100, 101	lane 31, 32, 68, 76, 92, 97, 98, 101, 105, 115, 116, 117
doNotBlock 32, 69, 77, 98, 99, 100, 122	
Düsseldorf 14, 42, 43, 45, 46, 67, 69, 90, 102, 103	
dWidth 32, 69, 77, 92, 98, 101	

laneAttributes 30, 68, 76, 92

laneID 30, 68, 76, 92, 93

laneSet 30, 32, 68, 69, 76, 77, 89, 92, 98

laneType 30, 68, 76, 92, 95, 116

laneWidth 30, 68, 69, 76, 89, 92, 101

lastCheckedDate 29, 67, 75

lat 30, 32, 68, 69, 75, 77, 89, 98

layerID 29, 67, 75

layerType 29, 67, 75

LISA+ 14, 45, 51, 53, 54, 63, 64, 65, 66, 113, 126, 127, 148, 150

localNode 32, 69, 77, 98, 99

lon 32, 69, 77, 98

long 30, 68, 75, 89

M

maneuver 31, 68, 76, 93, 96, 97

maneuvers 31, 68, 76, 92, 96

MAPEM 14, 24, 27, 29, 67, 75, 88

maxVehicleHeight 31, 68, 76

maxVehicleWeight 31, 68, 76

median 31, 68, 76

merge point 32, 69, 77, 98, 99, 100, 101

msgIssueRevision 29, 67, 75, 88

München 22, 42, 59, 60, 61, 67, 69, 115, 116, 118, 121, 122

N

name 30, 68, 75, 76

node-LatLon 32, 98

nodeList 31, 32, 68, 69, 76, 77, 92, 98, 112

nodes 31, 32, 68, 69, 76, 77, 92, 97, 98

node-XY1 32, 98

node-XY2 32, 98

node-XY3 32, 98

node-XY4 32, 98

node-XY5 32, 98

node-XY6 32, 98

O

Ortsnetzkennzahl 90, 91

overlays 31, 69, 76

P

parking 31, 68, 69, 76, 77, 95, 116

parkingRevocableLane 116

preemptPriorityData 30, 68, 76

processAgency 29, 67, 75, 91

processMethod 29, 67, 75

R

Red light violation protection 15, 33, 83, 86, 130

refPoint 30, 68, 75, 89, 91

region 30, 68, 75, 89, 90, 132

regional 29, 30, 31, 32, 67, 68, 69, 75, 76, 77, 90

remoteIntersection 31, 68, 76, 119, 120, 121, 126

restrictionList 29, 31, 67, 75

restrictionUserType 29, 67, 75

revision 30, 68, 75, 88, 89, 91

roadSegments 29, 67, 75

S

sharedWith 30, 68, 76, 77, 79, 92, 95

sidewalk 31, 68, 76

SI-EVP 17

signalGroup 31, 69, 76, 93, 97

signalHeadLocations 29, 67, 75

SI-ISVW 17, 33

SI-SPTI 17, 33

SI-TLP 17

SiTraffic MAP2X 15, 58

SiTraffic Office 15, 56

SPATEM 15, 24

SPaT-Info 33, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 86, 130

spec-RevocableLane 116

speedLimits 30, 68, 76

stopLine 32, 69, 77, 98

STRATIS 15

striping 31, 68, 76

Stuttgart 42, 62, 63, 67, 69

T

taperToLeft 32, 69, 77, 98, 100

taperToRight 32, 69, 77, 98, 100

timeStamp 29, 67, 75

trackedVehicle 31, 68, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 95,
116

U

userClass 31, 69, 76

users 29, 67, 75

V

vehicle 31, 68, 76, 92, 95, 116, 117

Vehicle Priorization 33, 84, 86, 130

Verkehrsausscheidungsziffer 90, 91

Z

Zufahrtslänge 45, 79

9.2 Prozessbeschreibungen für den RSU-basierten und zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatz

Im Folgendem sind Prozessbeschreibungen (PB) für die in Kapitel 8.2 aufgelisteten Aufgaben jeweils für den RSU-basierten und den zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatz zu finden. Mit Hilfe der SIPOC-Methode (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer) wird jeder einzelner Prozessschritt mit den Eingangs- und Ausgangsgrößen dargestellt.

1) RSU-basierter Kommunikationsansatz (ETSI ITS-G5 bzw. C-V2X)

Untenstehend sind die Prozesse des RSU-basierten Kommunikationsansatzes aufgeführt, die entsprechenden Prozessbeschreibungen können den Abbildung 9.1 – Abbildung 9.13 entnommen werden.

1.1: Map-Erstellung

1.2: Übergabe Versorgungsdaten

1.2.1: Bereitstellung Versorgungsdaten an Signalbaufirmen / RSU Hersteller (Fremdwartung)

1.2.2: Bereitstellung Versorgungsdaten an städtischen Techniker (Eigenwartung)

1.2.3: Map-Veröffentlichung / Bereitstellung an Dritte

1.3: Qualitätsprüfung / -sicherung Map durch SP (RSU / zentral)

1.4: Aufspielen Versorgungsdaten

1.4.1: Signalbaufirmen / RSU Hersteller spielen Dateien auf Geräte auf (im Falle der Fremdwartung der LSAs / RSUs)

1.4.2: Techniker der Stadt spielt Dateien auf Geräte auf (im Falle der Eigenwartung der LSAs / RSUs)

1.5: Bereitstellung / Anwendung Map

1.5.1: Stadt stellt die Map über die RSUs dem OEM zur Anwendung bereit (RSU Hersteller fungiert als SP)

1.5.2: Stadt stellt die Map über die RSUs dem AM / APP zur Anwendung bereit (RSU Hersteller fungiert als SP)

1.5.3: zentraler SP stellt die Map einem OEM zur Anwendung bereit

1.5.4: zentraler SP stellt die Map einem AM / APP zur Anwendung bereit

1.6: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege Map

1.6.1: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege städtisch

1.6.2: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege zentraler SP

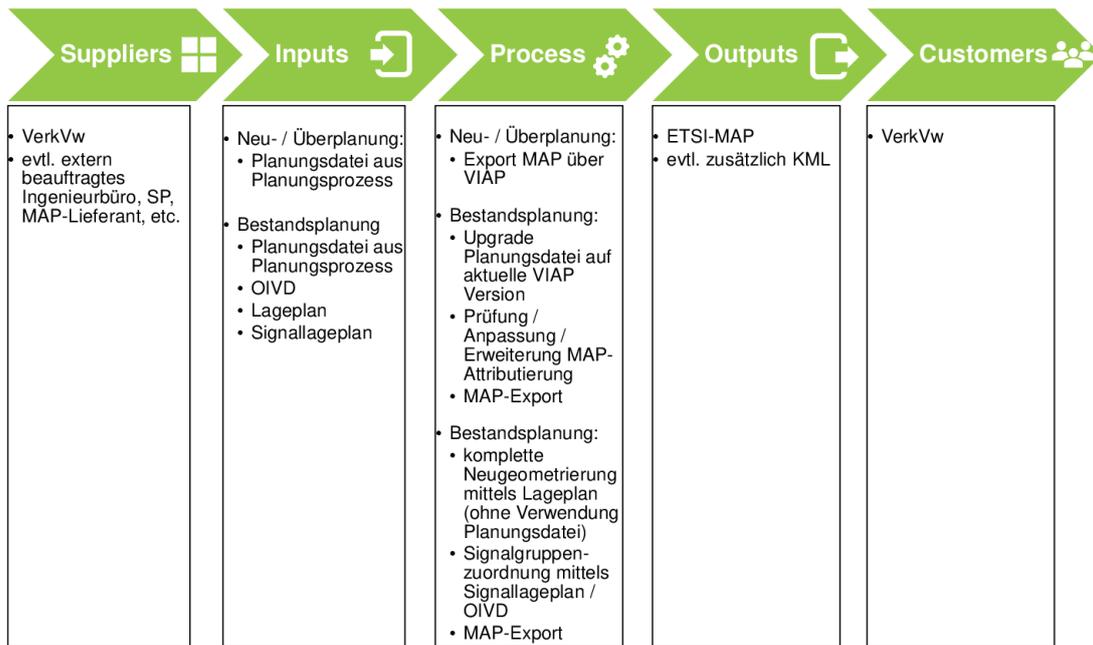


Abbildung 9.1: PB 1.1 – Map-Erstellung (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

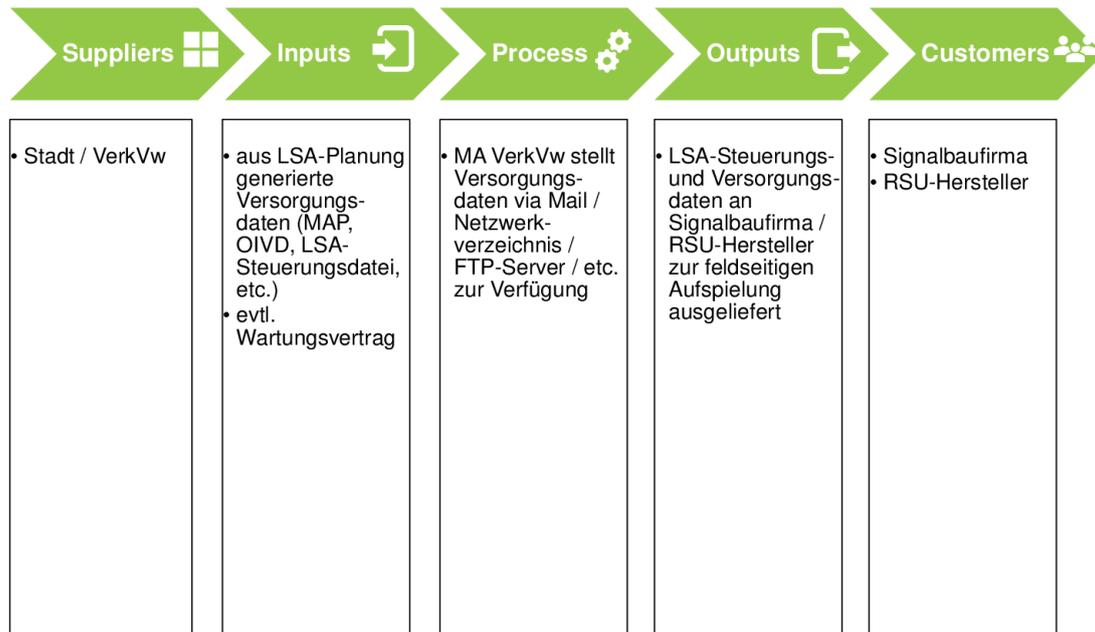


Abbildung 9.2: PB 1.2.1 – Bereitstellung Versorgungsdaten an Signalbaufirmen / RSU Hersteller (Fremdwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

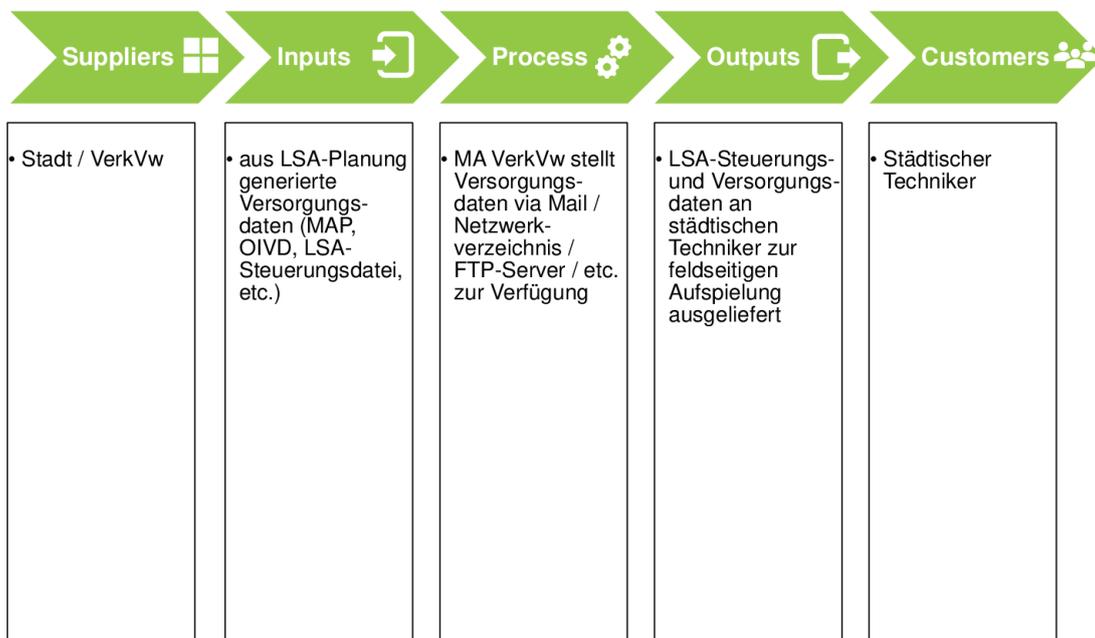


Abbildung 9.3: PB 1.2.2 – Bereitstellung Versorgungsdaten an städtischen Techniker (Eigenwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

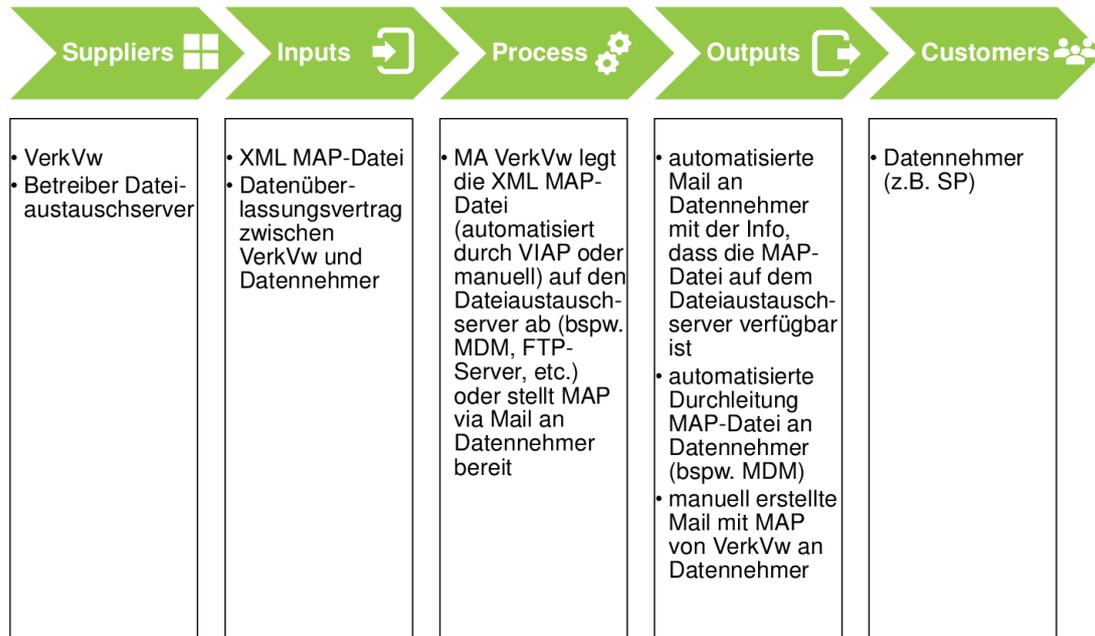


Abbildung 9.4: PB 1.2.3 – Map-Veröffentlichung / Bereitstellung an Dritte (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

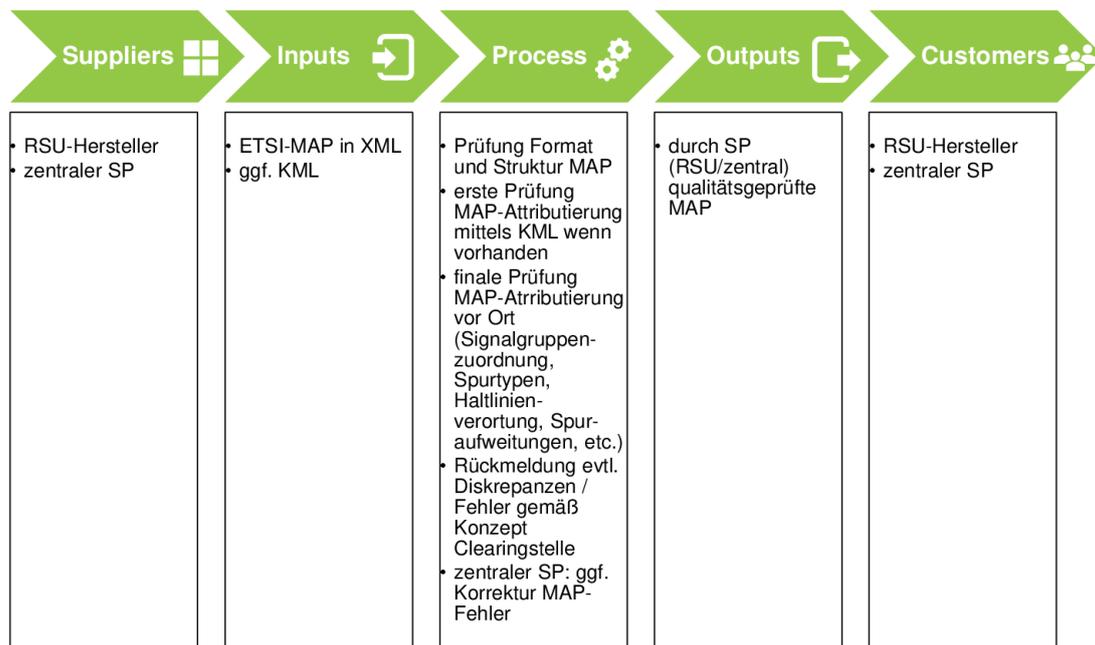


Abbildung 9.5: PB 1.3 – Qualitätsprüfung / -sicherung durch SP (RSU-basierter / zentraler Kommunikationsansatz)

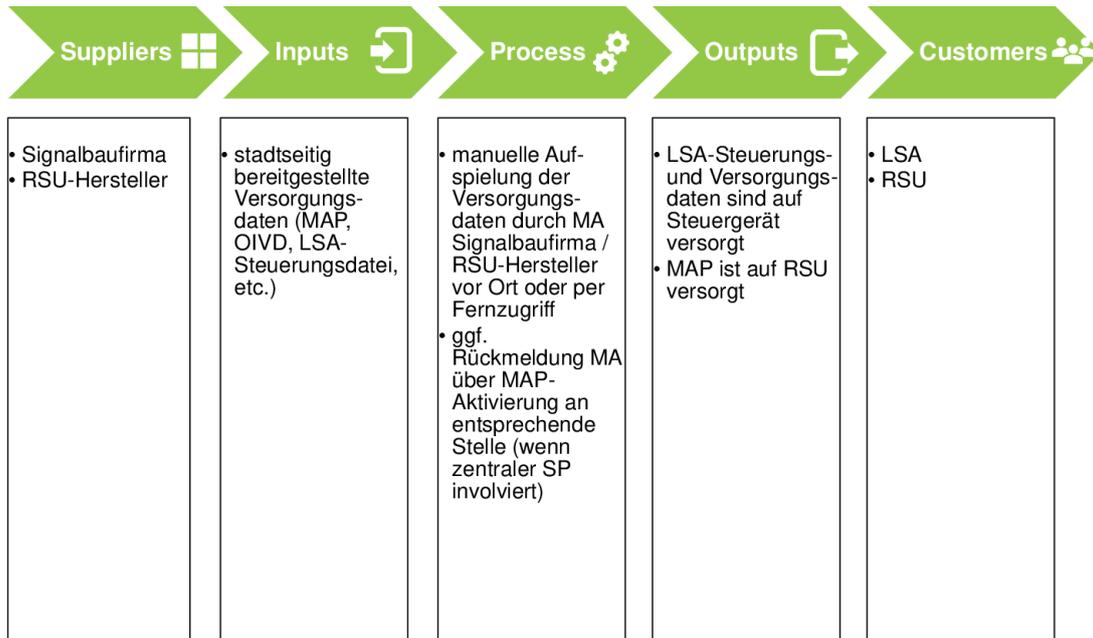


Abbildung 9.6: PB 1.4.1 – Aufspielen Versorgungsdaten durch Signalbaufirma / RSU Hersteller (Fremdwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

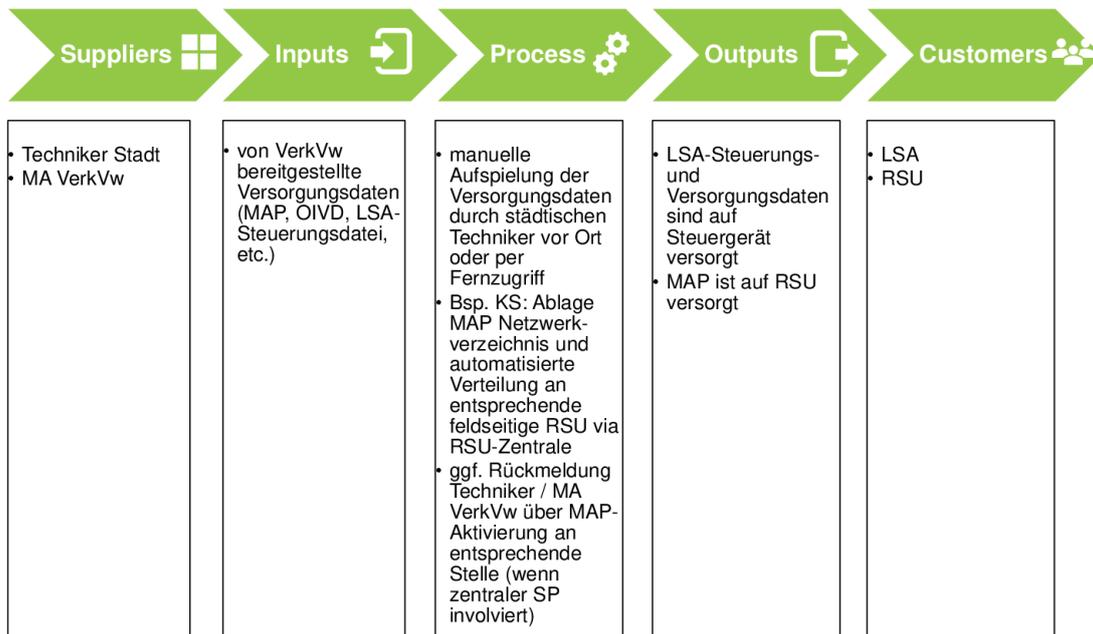


Abbildung 9.7: PB 1.4.2 – Aufspielen Versorgungsdaten durch städtischen Techniker (Eigenwartung) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

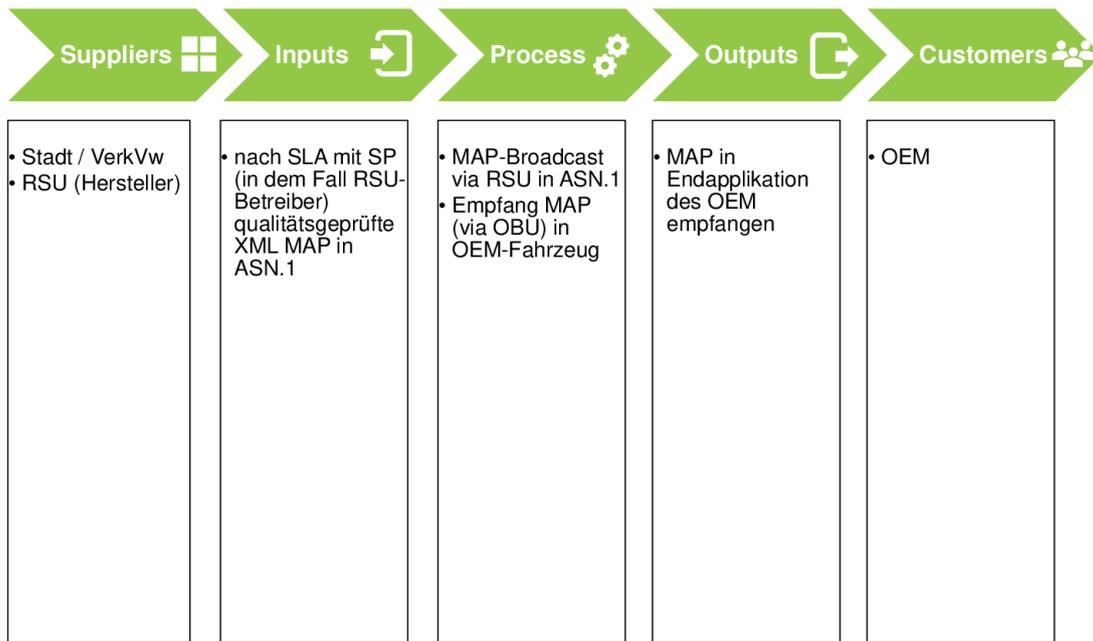


Abbildung 9.8: PB 1.5.1 – Map-Bereitstellung für OEM via RSU (RSU-Hersteller = SP, Voraussetzung Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

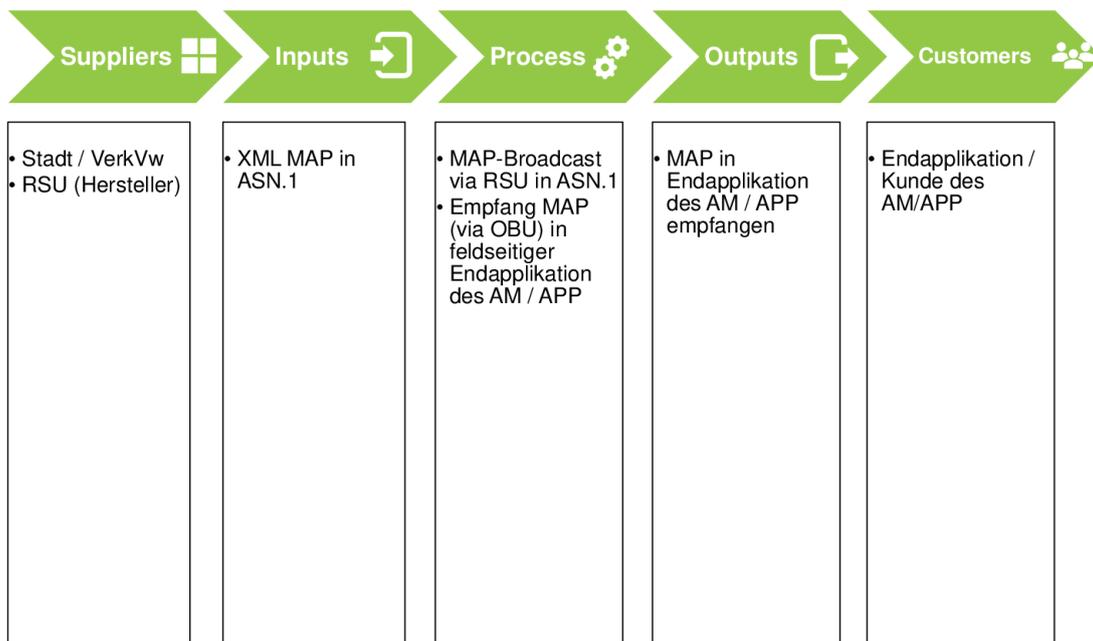


Abbildung 9.9: PB 1.5.2 – Map-Bereitstellung für AM / APP via RSU (RSU-Hersteller = SP, Voraussetzung ggf. Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

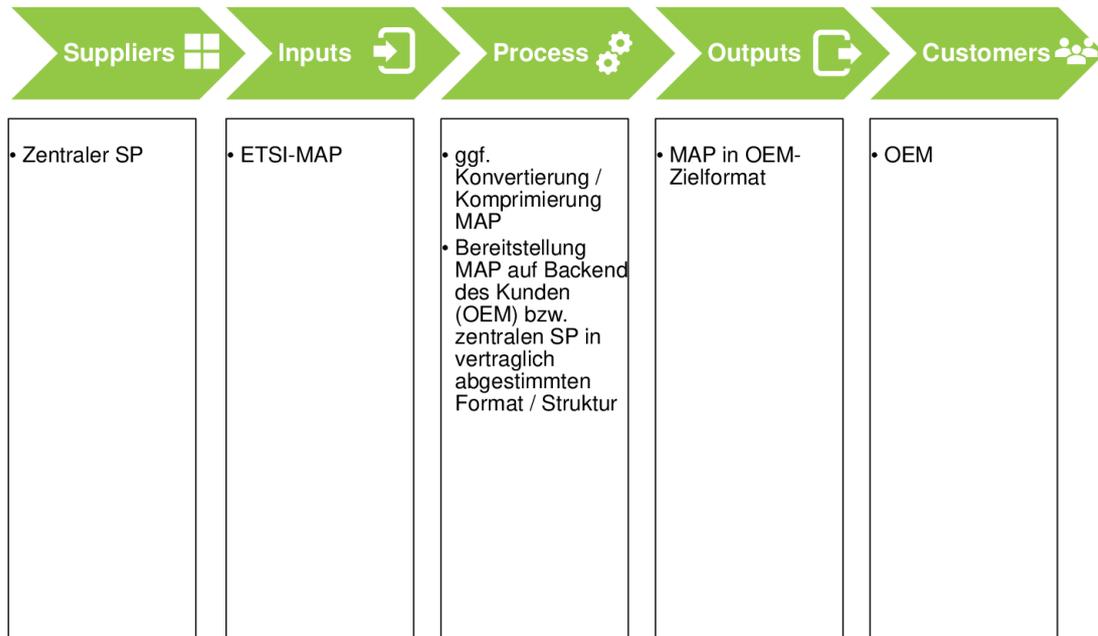


Abbildung 9.10: PB 1.5.3 – Map-Bereitstellung für OEM via zentralem SP (Voraussetzung Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

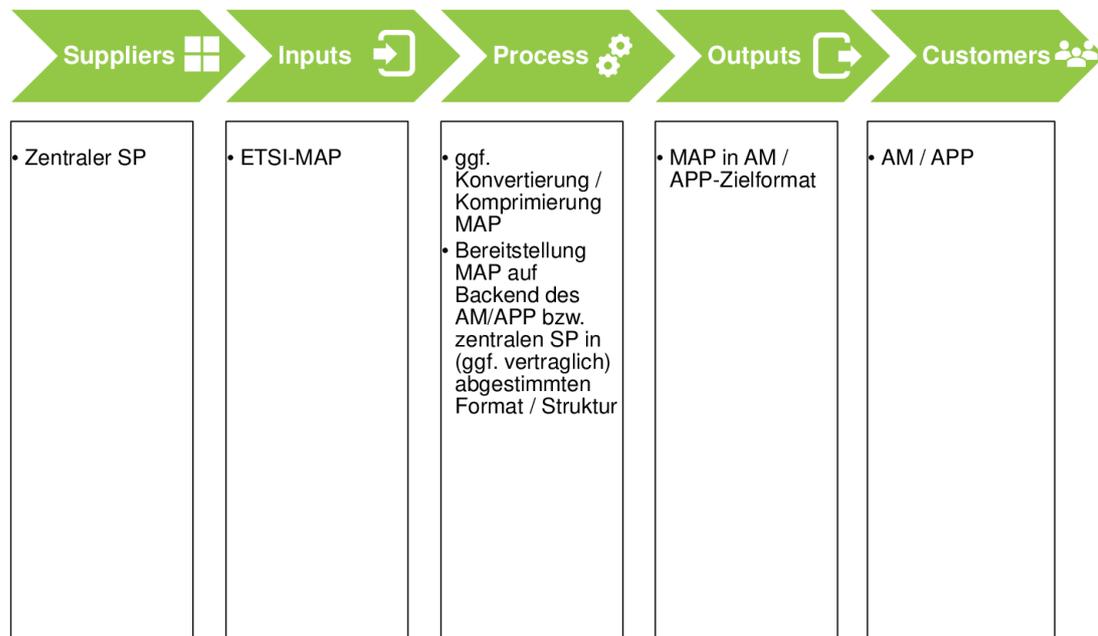


Abbildung 9.11: PB 1.5.4 – Map-Bereitstellung für AM / APP via zentralem SP (Voraussetzung ggf. Schritt 1.3 Qualitätssicherung Map) (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

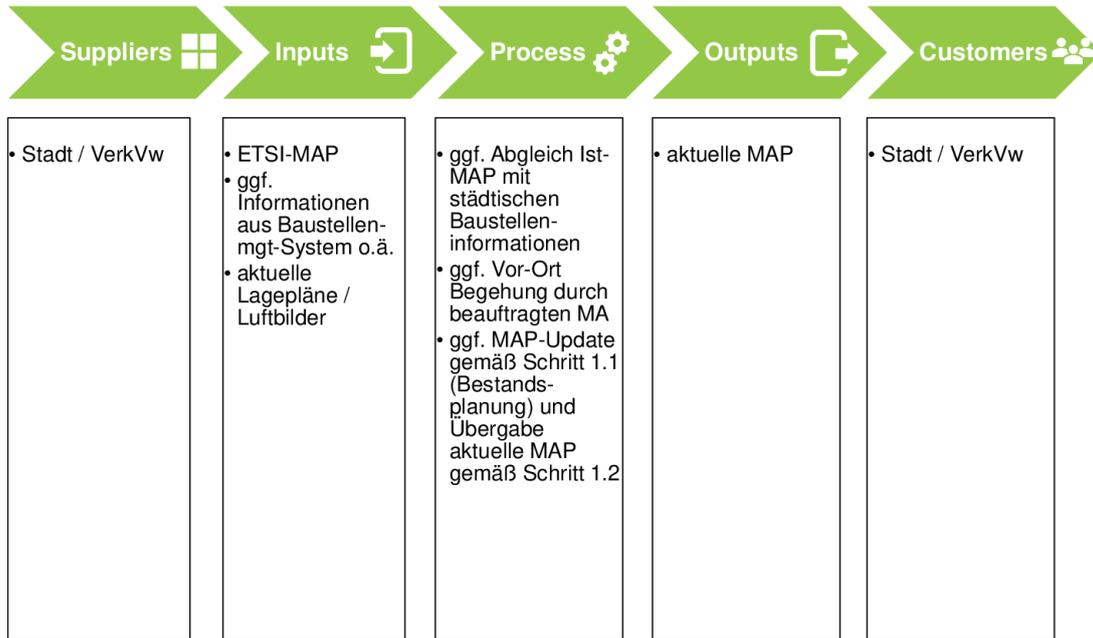


Abbildung 9.12: PB 1.6.1 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege städtisch (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

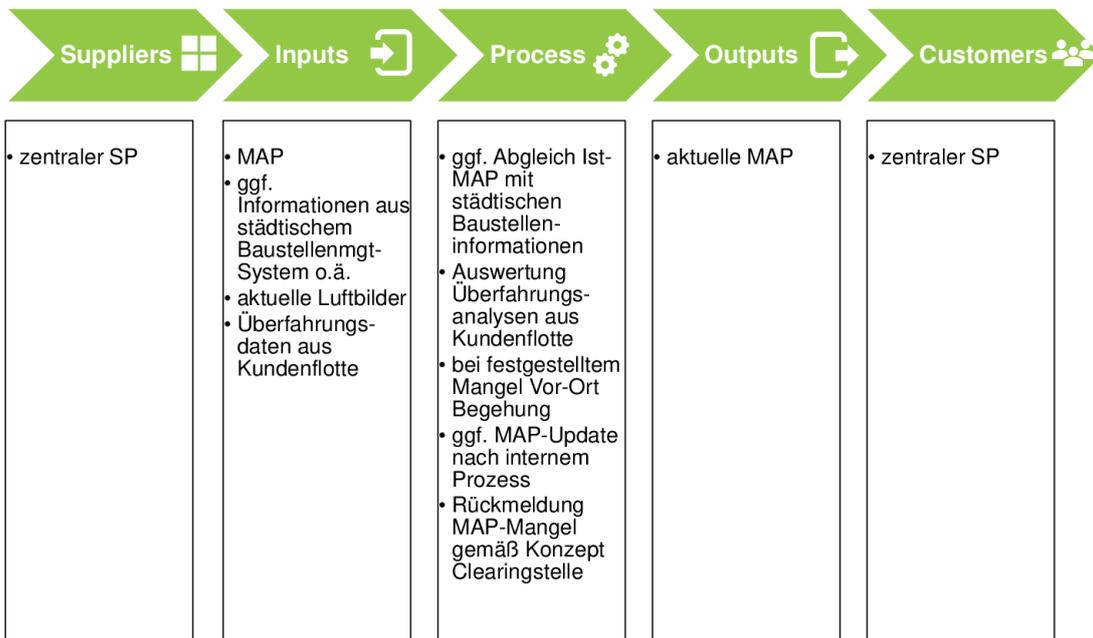


Abbildung 9.13: PB 1.6.2 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege zentraler SP (RSU-basierter Kommunikationsansatz)

2) Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G) – Übersicht der Prozesse

Prozessbestandteile des zentralen, mobilfunkgestützten Kommunikationsansatzes sind mit den Prozessen des RSU-basierten Kommunikationsansatzes identisch. Die zentralen spezifischen PBen werden in der Abbildung 9.14 – Abbildung 9.18 dargestellt.

2.1: Map-Erstellung

2.1.1: Map-Erstellung VerkVw (siehe PB 1.1)

2.1.2: Map-Erstellung zentraler SP

2.2: Übergabe Map von VerkVw an zentralen SP (siehe PB 1.2.3)

2.3: Qualitätsprüfung / -sicherung Map durch SP

2.4: Bereitstellung / Anwendung Map

2.4.1: zentraler SP stellt die Map einem OEM zur Anwendung bereit

2.4.2: zentraler SP stellt die Map einem AM / APP zur Anwendung bereit

2.5: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege Map

2.5.1: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege städtisch (siehe PB 1.6.1)

2.5.2: Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege SP

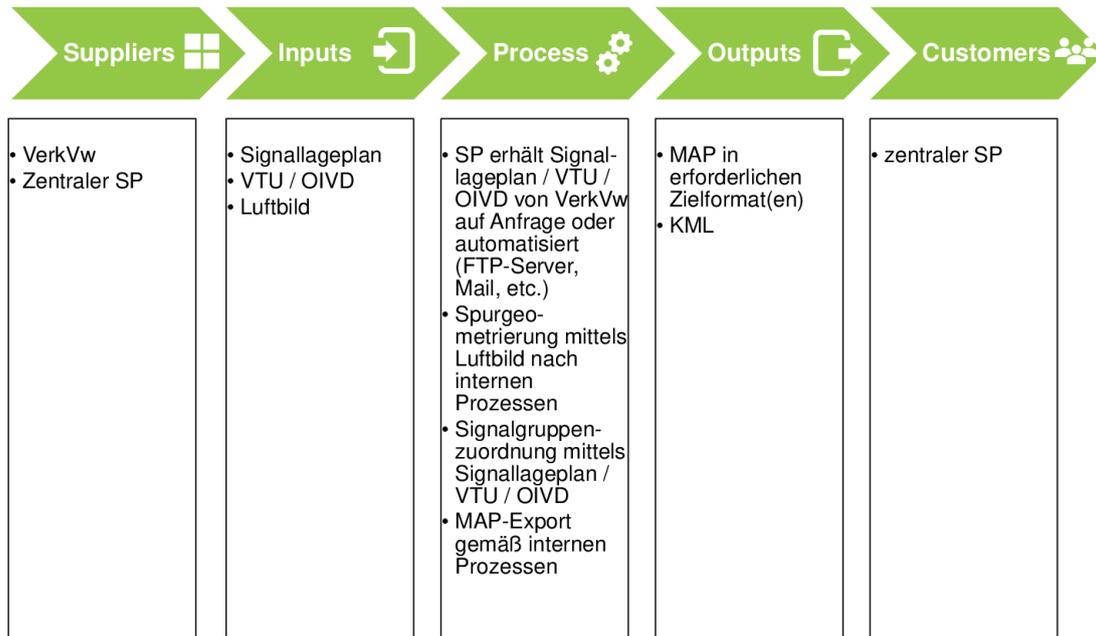


Abbildung 9.14: PB 2.1.2 – Map-Erstellung zentraler SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))

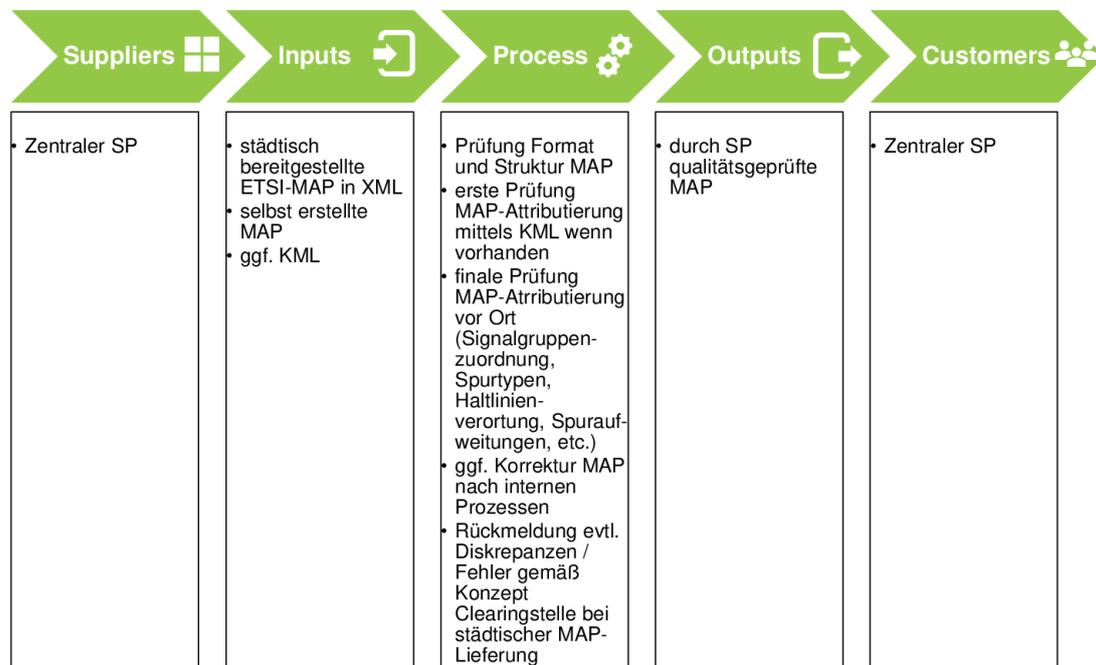


Abbildung 9.15: PB 2.3 – Qualitätsprüfung / -sicherung durch SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))

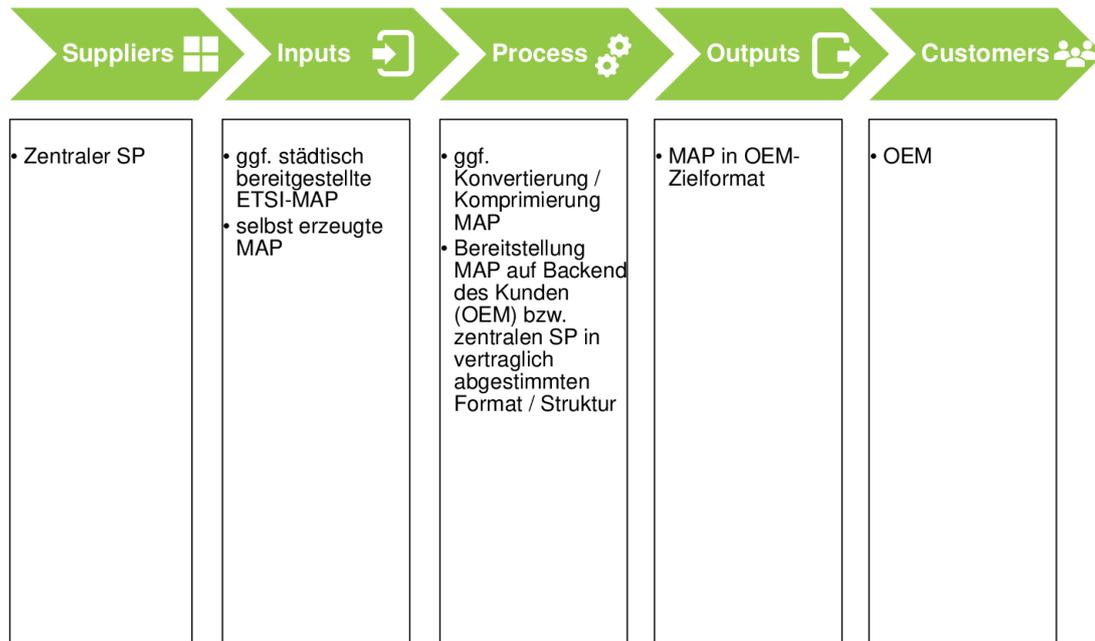


Abbildung 9.16: PB 2.4.1 – Map-Bereitstellung für OEM via SP (Voraussetzung Schritt 2.3 Qualitätssicherung Map) (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))

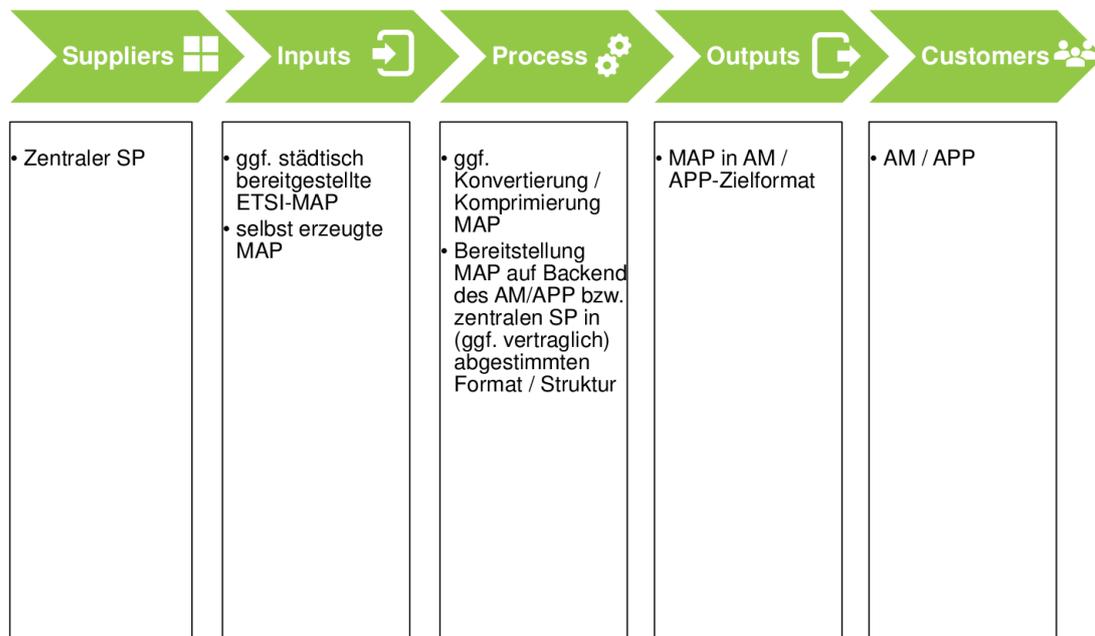


Abbildung 9.17: PB 2.4.2 – Map-Bereitstellung für AM / APP via SP (Voraussetzung ggf. Schritt 2.3 Qualitätssicherung Map) (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))

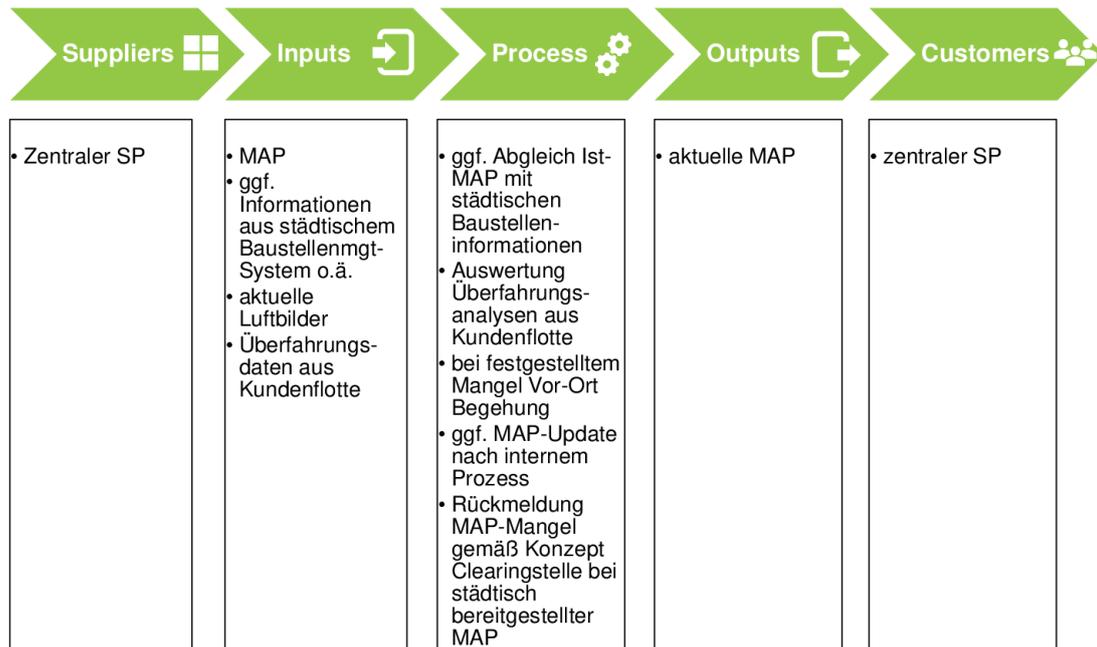


Abbildung 9.18: PB 2.5.2 – Qualitätsüberwachung / Wartung / Pflege SP (Zentraler mobilfunkgestützter Kommunikationsansatz (4G/5G))

9.3 Versorgungsbeispiel verkehrstechnische Teilknoten

9.3.1 LISA+

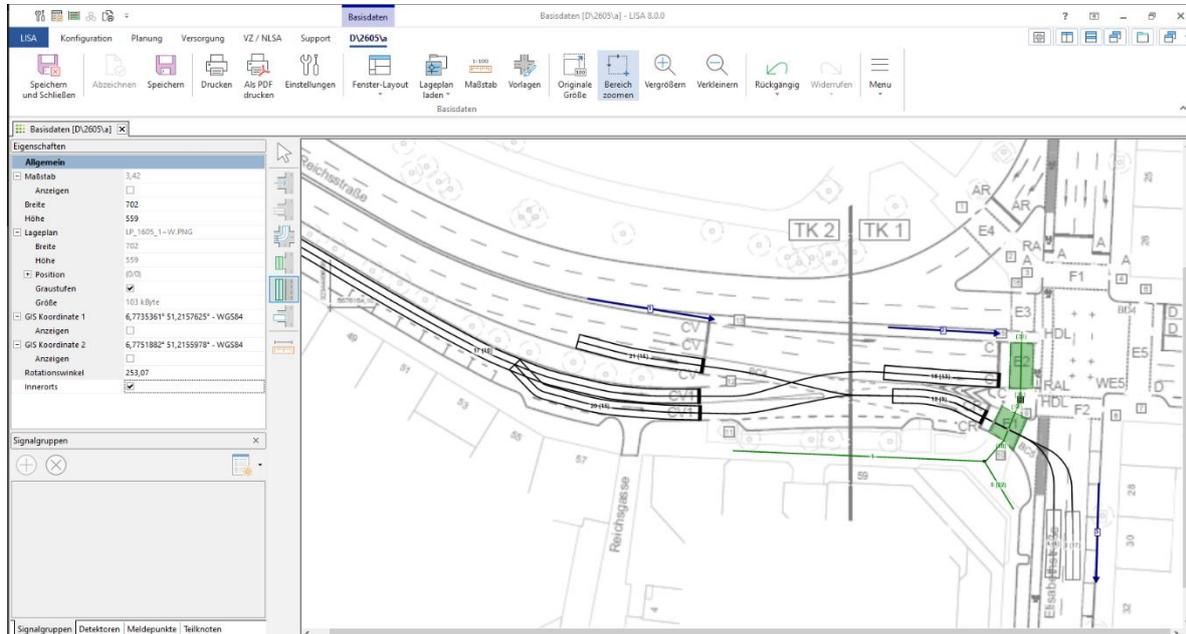


Abbildung 9.19: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem VIAP LISA+

9.3.2 Map2X



Abbildung 9.20: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem Map2X-Tool

9.3.3 CROSSIG

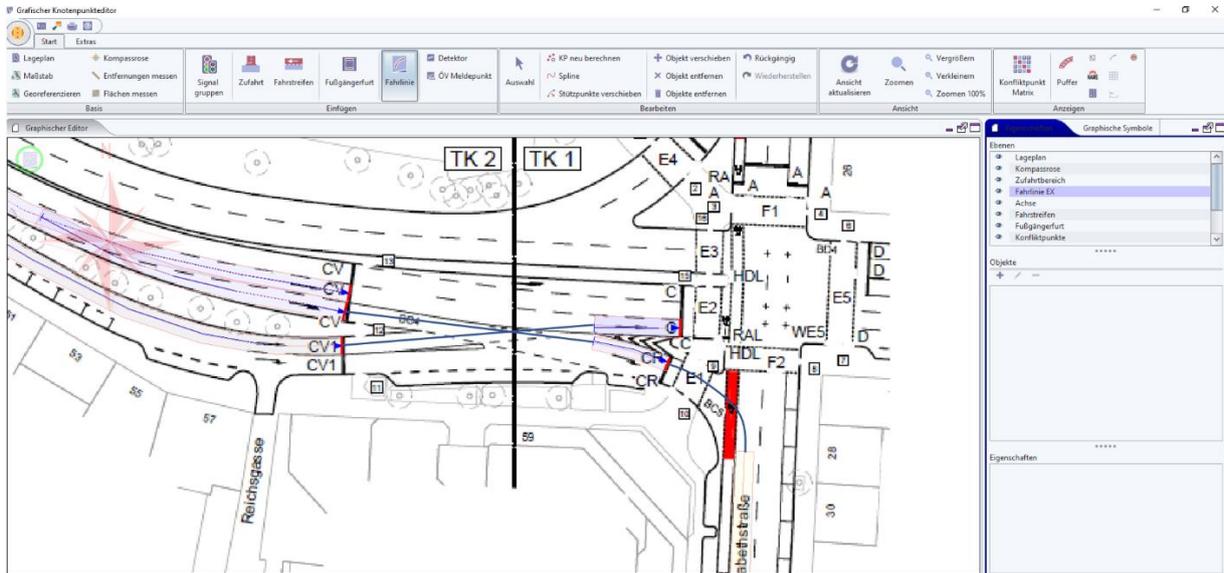


Abbildung 9.21: Beispielhafte Versorgung der Einfahrtsspuren der Teilknoten 1 und 2 sowie der Ausfahrtsspur des Teilknoten 2 Rheinkniebrücke/Elisabethstraße/Herzogstraße mit dem VIAP CROSSIG

9.4 Versorgungsbeispiel komplexer Kreisverkehr

9.4.1 LISA+

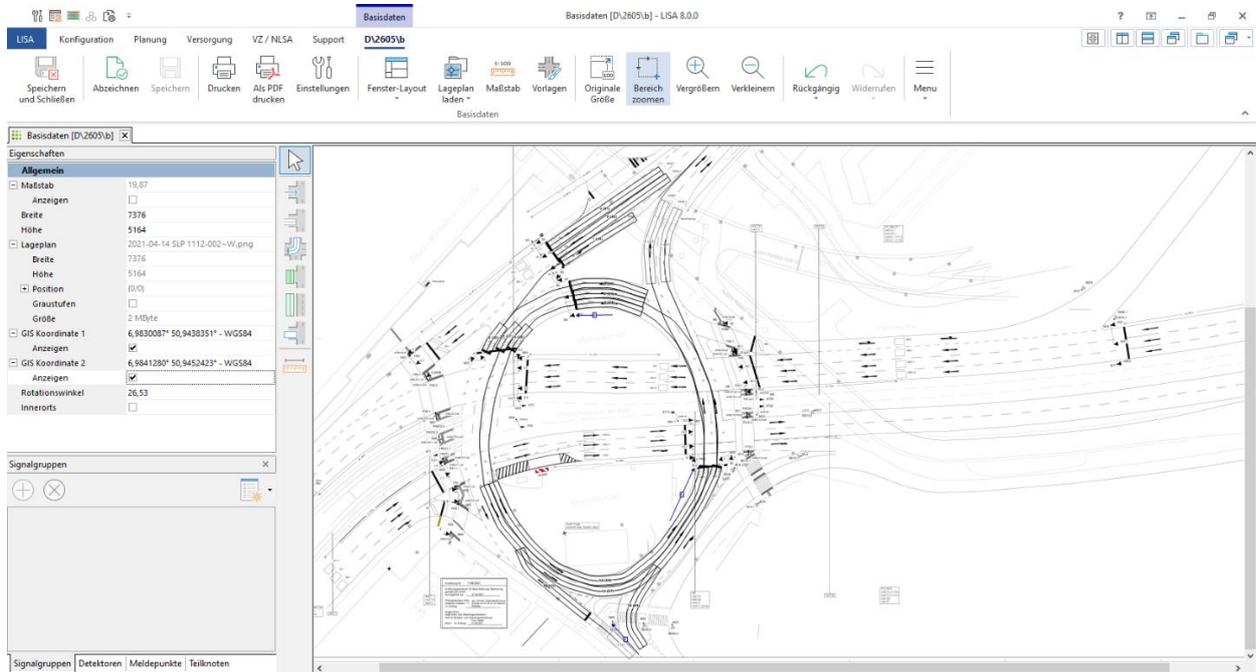


Abbildung 9.22: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem VIAP LISA+

9.4.2 Map2X

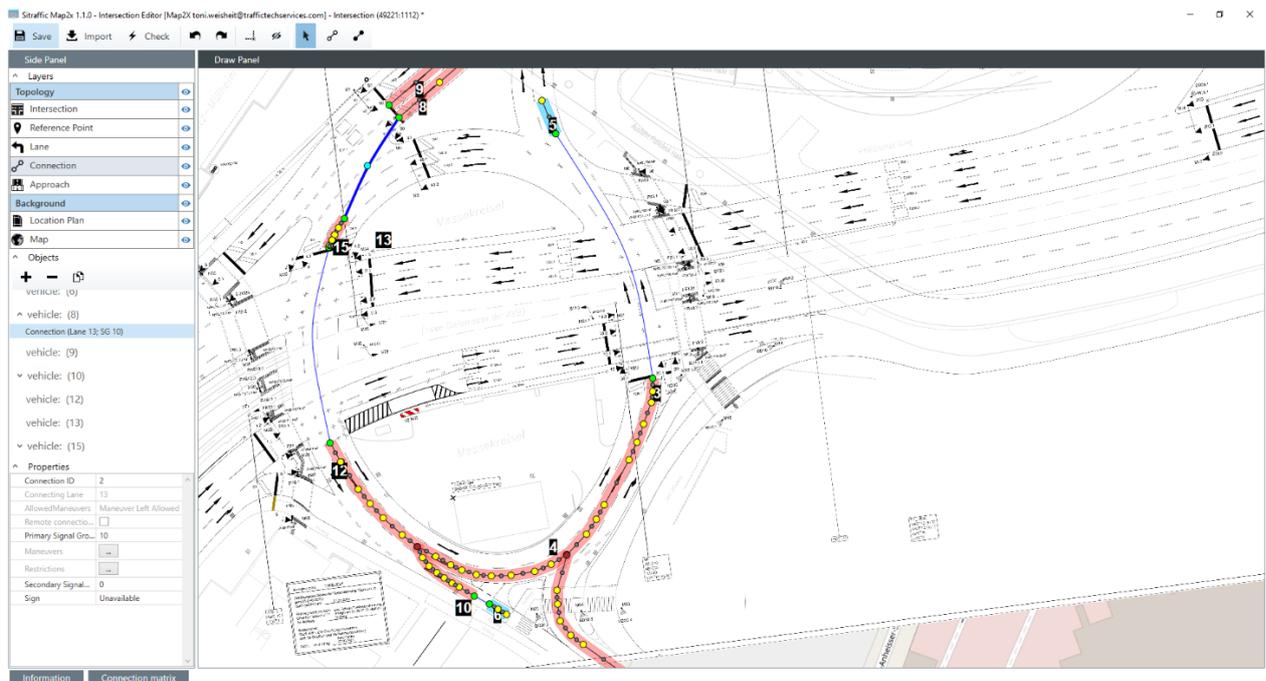


Abbildung 9.23: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtsspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem Map2X-Tool

9.4.3 CROSSIG

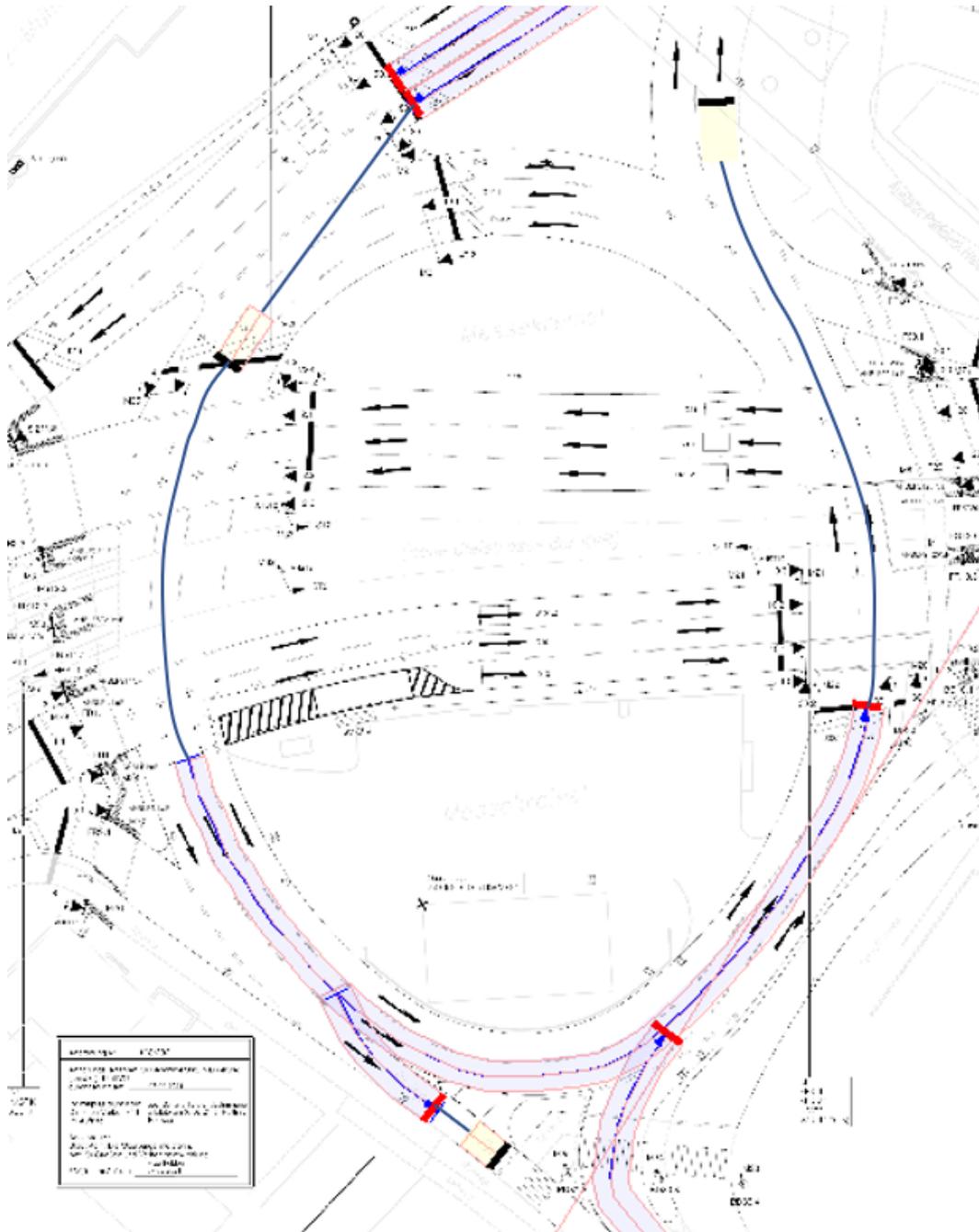


Abbildung 9.24: Beispielhafte Versorgung der Einfahrts- und Ausfahrtspuren der verschiedenen Teilknoten am Messekreisel Köln mit dem VIAP CROSSIG