



**Befahrung des Straßennetzes des Landes Berlin**

**- Technische Leistungsbeschreibung -**

---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1.</b>	<b>Allgemeine Informationen</b>	<b>4</b>
1.1.	Begriffsdefinition	4
1.2.	Kontext	4
1.3.	Beschreibung der Aufgabenstellung	5
1.4.	Koordinatensysteme	6
1.5.	Termine und Fristen	6
<hr/>		
<b>2.</b>	<b>Datengrundlagen</b>	<b>7</b>
2.1.	Knoten-Kanten-Modell des zu erfassenden Strassennetzes	7
2.2.	Digitales Höhenmodell	8
2.3.	Digitales Orthophoto	8
2.4.	Luftbilder	9
2.5.	Passpunkte	9
2.6.	FIS-Broker Berlin	9
2.7.	SAPOS	9
<hr/>		
<b>3.</b>	<b>Leistungen des Auftragnehmers</b>	<b>10</b>
3.1.	Planung und Projektmanagement	10
3.2.	Durchführung der Datenerfassung	11
3.2.1.	Befahrungsgebiet	11
3.2.2.	Anforderungen an die Aufnahmesensorik des Strassenmessfahrzeugs	12
3.2.3.	Anforderungen an das Schmalspurmessfahrzeug oder das tragbare Mobile Aufnahmesystem	14
3.2.4.	Befahrungssystematik	15
3.3.	Datenaufbereitung	17
3.3.1.	Anforderungen an die Daten	17
3.3.2.	Anonymisierung	18
3.4.	Lieferung Projektergebnisse	19
3.4.1.	Regelmässige Projektberichte	19
3.4.2.	Spezifikation Schnittstelle	19
3.4.3.	Datenbereitstellung	20
3.4.4.	Dokumentation, Qualitätsnachweise	20

---

<b>4.</b>	<b>Testarbeit innerhalb des Angebots</b>	<b>21</b>
4.1.	Aufgabenstellung	21
4.1.1.	Befahrungsgrundsätze	22
4.1.2.	Teststrecke	22
4.2.	Prüfkriterien	23
4.2.1.	Vollständigkeit	23
4.2.2.	Bildauflösung	23
4.2.3.	Lesbarkeit von Schriften	23
4.2.4.	Anonymisierung	23
4.2.5.	Abtastrate der 3D-Information	23
4.2.6.	Relative Georeferenzierung	23
4.2.7.	Absolute Georeferenzierung	24
4.2.8.	Genauigkeit von relativen Massen	24
4.3.	Prüfverfahren	25
4.3.1.	Vollständigkeit	25
4.3.2.	Bildauflösung	25
4.3.3.	Lesbarkeit von Schriften	25
4.3.4.	Anonymisierung	25
4.3.5.	Abtastrate der 3D-Information	25
4.3.6.	Relative Georeferenzierung	26
4.3.7.	Absolute Georeferenzierung	26
4.3.8.	Genauigkeit von relativen Massen	27
4.4.	Bewertungsskala	27
<b>5.</b>	<b>Beilagen</b>	<b>28</b>
	Beilage 1: Knoten-Kanten Modell des zu erfassenden Strassennetzes	28
	Beilage 2: Blattübersicht digitales Höhenmodell	28
	Beilage 3: Metainformationen zu den Luftbildern	28
	Beilage 4: Metainformationen zum Passpunktdatensatz	28
	Beilage 5: Spezifikation Datenschnittstelle für Datenbereitstellung	28

## 1. Allgemeine Informationen

### 1.1. Begriffsdefinition

In der vorliegenden Ausschreibung werden folgende Begriffe und Abkürzungen für die Beschreibung der Leistungen verwendet:

Begriff	Erklärung
3D-Information	hochaufgelöste 3D-Punktwolke (Basis für Generierung der 3D-Bilder)
3D- Korridor	links- und rechts der Befahrungsspur 5 m und bis 6 m oberhalb der Strassenoberfläche.
AG	Auftraggeberin (Land Berlin)
AN	Auftragnehmerin oder Auftragnehmer
ASB	Anweisung Straßeninformationsbank
AWS Snowball	Von AWS zur Verfügung gestelltes Import-Device für Datentransfer im Tera- bis Petabytebereich. ( <a href="https://aws.amazon.com/de/snowball">https://aws.amazon.com/de/snowball</a> )
Boresight-Parameter	Fehlausrichtung und Hebelarm
Mobile Mapping System (MMS)	Fahrzeuggebundenes Messsystem für die kinematische Erfassung von georeferenzierten Bildern und 3D-Informationen.
OKSTRA	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
RBS	Regionales Bezugssystem des Landesamtes für Statistik Berlin Brandenburg
s und 2s	Standardabweichung und Doppelte Standardabweichung
StEP- MoVe	Stadtentwicklungsplan Mobilität und Verkehr des Landes Berlin
Web-Viewer	Web-basierter 3D-Geo-Strassenbild Service

### 1.2. Kontext

In den Jahren 2014 und 2015 wurde der gesamte öffentliche Straßenraum Berlins erstmals durch eine vermessungstechnische Straßenbefahrung erfasst und digitalisiert. Im Ergebnis liegen nun digitalisierte Daten über Straßenobjekte, Verkehrszeichen und Verkehrsflächen im Haupt- und Nebenstraßennetz sowie teilweise auch in Wegen von öffentlichen Parkanlagen vor.

Die erhobenen Daten werden berlinweit einheitlich für die in den Bereichen Verkehr und Straße tätigen Fachverwaltung sowie für die Öffentlichkeit über das Geoportal des Landes bereitgestellt.

Die große Spannbreite der Anwendungen innerhalb und außerhalb der Verwaltung führt zu hohen Anforderungen an die Datenqualität für eine zweite vermessungstechnische Straßenbefahrung, um eine zukünftige Nutzung des umfangreichen und komplexen Datenbestandes zu gewährleisten.

In der zweiten berlinweiten Straßenbefahrung sollen nun Bild- und dazugehörige 3D-Informationen (Punktwolke) erfasst werden, um diese ortsbezogenen Informationen über

einen berlinweit einheitlichen Web-Viewer den zuständigen Behörden zur Verfügung zu stellen. Zu einem späteren Zeitpunkt wird der Geodatenbestand aktualisiert.

### 1.3. Beschreibung der Aufgabenstellung

Der AN soll den öffentlichen Strassenraum des Landes Berlin mittels eines bild- und 3D-Information-gebenden Mobile Mapping System erfassen und die Daten anschliessend als Grundlage für den berlinweiten Web-Viewer bereitstellen. In der Planungsphase ist die Durchführung des Projekts durch den AN zu planen und in einem Konzept zu beschreiben. Neben den technischen und operativen Aspekten sollen auch ein Koordinierungs- und Qualitätssicherungsmanagement ausgewiesen werden. In der Datenerfassungsphase soll das Strassennetz mit der geplanten Systematik befahren und die Bilddaten und 3D-Informationen erfasst werden. In der Datenaufbereitungsphase sollen die Bilder anonymisiert und zusammen mit der 3D-Information präzise georeferenziert werden. In der abschliessenden Lieferungsphase sollen die Daten gemäss der vorgegebenen Schnittstelle abgegeben und die Ergebnisse dokumentiert und entsprechende Qualitätsnachweise erbracht werden.

Folgende Leistungen sind somit von Seiten des AN zu erbringen:

- Planung des Projektes und Erstellung eines detaillierten Konzeptes.
- Projektmanagement und Controlling.
- Möglichst vollständige Erfassung des öffentlichen Strassenraum unter Vorgabe des Strassennetzes und einer Befahrungssystematik (die genaue Abschätzung liegt in der Verantwortung des AN und muss entsprechend im Angebotspreis einkalkuliert werden).
- Das mobile Erfassungssystem ermöglicht die Datenaufnahme unter Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen bei Geschwindigkeiten nach StVO, damit die Datenaufnahme im städtischen Verkehr mitschwimmend ohne Behinderung erfolgen kann.
- Erfassung des Strassenraumes mit bildgebender Sensorik und zusätzliche Erfassung von 3D-Information mit einem fahrzeugbasierten MMS. Zum Strassenraum gehören neben der eigentlichen Fahrbahn je links- und rechts 5 m seitlich der Befahrungsspur und bis 6 m oberhalb der Fahrbahnoberfläche (3D-Korridor).
- Erfassung der Wege, die nicht mit dem Auto befahren werden können, mit einem Schmalspurfahrzeug oder einem tragbaren Erfassungssystem.
- Die Höhe der bildgebenden Sensorik auf der Trägerplattform muss zwischen 2 m und 3 m über Grund betragen und konform den Datenschutzrichtlinien (EU - DSGVO) erfolgen.
- Hochauflösende Bilddaten (Schriften mit 5 cm Schrifthöhe und 1 cm Strichstärke müssen auf 15 m zum Kamerazentrum entfernten Verkehrszeichen klar lesbar sein).
- Die Abtastrate, der geforderten 3D-Information muss in einer Aufnahmedistanz von 10 m in fahrt- und quer- zur Fahrtrichtung kleiner 3 cm betragen. Filigrane Objekte im Strassenraum müssen in der 3D-Information erhalten bleiben und Kanten bildpixelscharf abgebildet werden können.
- Der Bildabstand der RGB Bilder zweier Fahrzeugpositionen entlang einer Befahrungssachse muss auf Hauptverkehrsachsen kleiner gleich 3 m und auf Nebenstrassen kleiner gleich 2 m betragen.

- Georeferenzierung mit absolut 10 cm und relativ 5 cm Genauigkeit (2s) unter Verwendung bereitgestellter Datengrundlagen.
- Anonymisierung der Daten (Unkenntlichmachung von Personen und Fahrzeug-Kennzeichen) mit automationsgestützten State-of-the-Art Verfahren wie zum Beispiel Deep Learning / Künstliche Intelligenz mit manueller Nachbearbeitung / Kontrolle.
- Nachweise über die erreichten Genauigkeiten bei z.B. Georeferenzierung, Vollständigkeit und Anonymisierung
- Limitierung der Mobile Mapping Daten auf die laut Befahrungssystematik und 3D Korridor geforderten Bereiche und Eliminierung von Doppel oder überflüssigen Befahrungsabschnitten.
- Physische Lieferung der abgenommenen Daten gemäss der spezifizierten Schnittstelle.
- Verfügbarkeit eines tragbaren- oder eines Schmalspur Mobile Mapping Systems für die ergänzende Erfassung von Plätze und Fussgängerzonen.

#### 1.4. Koordinatensysteme

Alle zu liefernden Daten müssen sich auf das amtliche Referenzsystem der Lage: ETRS89/UTM (EPSG-Code 25833) bzw. das amtliche Referenzsystem der Höhe: DHHN2016 (EPSG-Code 7837) beziehen.

#### 1.5. Termine und Fristen

Die ausgeschriebenen Leistungen müssen nach vorgegebenem Zeitplan und den definierten Fristen erbracht werden:

- Abgabe und Abnahme des Durchführungskonzeptes: Ende März 2021
- Freigabe der Befahrung ab April 2021
- Abschluss der Befahrung bis Ende August 2021
- Finale Bearbeitung und Bereitstellung der Daten bis Ende November 2021

Final bearbeitete Daten können in sinnvollen Mengenpaketen bereits ab Juni 2021 bereitgestellt werden.

## 2. Datengrundlagen

Für die Ausführung bzw. Unterstützung der Arbeiten stehen dem AN folgende Daten zur Verfügung. Diese Datensätze werden dem AN bei Bedarf ausschliesslich für die Bearbeitung der hier ausgeschriebenen Leistungen während der Auftragsbearbeitung als Unterstützung zur Verfügung gestellt. Der AN verpflichtet sich auch diese Daten ausschliesslich für diesen Zweck einzusetzen. Die Rechte verbleiben bei der AG. Davon ausgenommen sind die Datensätze welche als Open Data deklariert sind.

### 2.1. Knoten-Kanten-Modell des zu erfassenden Strassennetzes

Im Land Berlin existiert seit 2011 ein Knoten-Kanten-Modell, welches das Berliner Straßennetzes digital abbildet, das sog. Detailnetz. Es ist über das Geodatenportal des Landes Berlin für jedermann frei verfügbar. Das Detailnetz stellt die Referenzierungsgrundlage für weitere Fachanwendungen und -datensätze dar, wie z.B. das übergeordnete Straßennetz des StEP MoVe.

Im Rahmen dieser Beauftragung soll jedoch **der vom AG bereitgestellt Datensatz** (Beilage 1 - detailnetz\_befahrung\_2020.shp) **verwendet werden**, da der frei verfügbare Datensatz fortgeschrieben wird.

Zusätzlich werden dem Auftraggeber auf das Detailnetz referenzierte Fahrstreifen (Beilage 1 - Anzahl\_Fahrstreifen.shp und Fahrstreifen.shp) zur Verfügung gestellt. Diese stellen keinen aktuellen Stand der bestehenden Fahrstreifen dar, sondern dienen lediglich dazu dem Auftraggeber einen groben Überblick über die Abschnitte des Berliner Straßennetzes mit mehreren Fahrstreifen zu geben. Diese Information soll dem AN ermöglichen aufgrund der geforderten Befahrungssystematik (siehe Kapitel 3.2.4) die Anzahl notwendigen Durchfahrten und damit die zu produzierende Datenlänge abzuschätzen.

Die Struktur des Detailnetzes beruht u. a. auf den Prinzipien der Netzmodelle der ASB und dem OKSTRA. Die Netzkanten wurden von West nach Ost und von Süd nach Nord nummeriert. Die Knotenbezeichnungen ergeben sich entsprechend aus Koordinatenquadrat und fortlaufender Nr. Das Attribut der ELEM\_NR (Straßenabschnittskante) ergibt sich aus Anfangs- und Endknoten & Version-Nr.: 44570006\_44570007.08.

Übersicht der relevanten Sachdaten-Attribute im Detailnetz Shape-File «detailnetz\_befahrung\_2020.shp»:

Spalte	Inhalt
EBENE	Ebene, auf der sich der Streckenabschnitt befindet
ELEM_NR	Element-Nummer (Segment-Nr.)
VON_VP	Verbindungspunkt von
BIS_VP	Verbindungspunkt bis
LAENGE	Länge des Streckenabschnittes
VRICHT	Fahrriichtung (R: Richtung, G: Gegenrichtung, B: beide Richtungen)
STRSCHL	Straßenschlüssel
STR_NAME	Straßenname, Name der Grünanlage
STRKLASSE	OKSTRA Straßenklasse
STRKLASSE1	Straßenklasse nach StEP
STRKLASSE2	Straßenklasse nach RBS
STR_BEZ	Straßenbezeichnung
BEZIRK	Stadtbezirk
STADTTEIL	Ortsteil
BEZ_KENNZ	Stadtbezirk-Schlüssel
OT_KENNZ	Stadtteil-Schlüssel

Darüber hinaus befinden sich noch weitere Spalten im Shape-File, doch werden diese für die Projektbearbeitung voraussichtlich keine Rolle spielen (GID, DNEB\_GID, VLAENGE, EL\_ART, EL\_LAGE, GILT\_VON, GILT\_BIS, BL\_KENNUNG, Baulast, GST\_NETZ, HERKUNFT, ERHEBUNG etc.).

## 2.2. Digitales Höhenmodell

Digitales Geländemodell (DGM1) des Landes Berlin. Das Geländemodell liegt in einem 1m Gitter vor. Die Gitterpunkte des DGM besitzen eine Genauigkeit der georeferenzierten Höhe von:

- flach bis wenig geneigtes, offenes Gelände: bis zu +/-10 cm + 5% der Gitterweite
- bei stark geneigtem Gelände mit dichter Vegetation: bis zu +/-10 cm + 20% der Gitterweite

Nähere Informationen zur Blattübersicht sind in der Beilage 2 zu finden. Das DGM1 kann erst nach Beauftragung dem AN bereitgestellt werden.

## 2.3. Digitales Orthophoto

Digitales Orthophoto (DOP) des Landes Berlin in folgenden Versionen:

- DOP20RGB: Digitales Orthophoto mit 20cm Auflösung (Open Data im FIS Broker verfügbar)
- DOP10RGB: Digitales Orthophoto mit 10cm Auflösung

Das digitale Orthophoto ist auf Basis des Digitalen Geländemodells DGM5 entzerrt. Das DOP10RGB kann erst nach Beauftragung dem AN bereitgestellt werden.

#### 2.4. Luftbilder

Luftbilder mit einer Bodenauflösung von 10cm aus der Befliegung 2019. Die Befliegung wurde mit einer 80% / 60% Längs- und Querüberdeckung aus einer mittleren Flughöhe von 2500m ausgeführt. Nebst den Luftbildern können die Parameter der inneren und äusseren Orientierung (Aerotriangulation) mit zur Verfügung gestellt werden. Die Luftbilder sind gelagert auf den im Abschnitt 2.5 beschriebenen Passpunkten. Nähere Informationen zum Datensatz sind in der Beilage 3 beschrieben. Die Luftbilder können erst nach Beauftragung dem AN bereitgestellt werden.

#### 2.5. Passpunkte

900 3D-Passpunkte verteilt über das Land Berlin, über welche die Luftbilddaten gelagert werden. Die Lage- und Höhengenaugigkeit dieser Passpunkt kann mit 5cm angegeben werden. Die Passpunkte sind sehr unterschiedlich ausgeprägt (Kanal-Deckel, Geländerecke, Mauerecke, Fahrstreifenmarkierung, u. a.) und können nur über die Einmessungsskizzen (tlw. mit Fotos) identifiziert werden. Eine Garantie für die Aktualität der Daten kann der AG nicht übernehmen. D. h., es muss immer damit gerechnet werden, dass Punkte sich verändert haben oder nicht mehr bestehen.

Nähere Informationen zu diesem Datensatz sind in der Beilage 4 zusammengestellt und können erst nach Beauftragung dem AN bereitgestellt werden.

#### 2.6. FIS-Broker Berlin

Öffentliche Geobasisdaten des Landes Berlin, welche über den FIS-Broker (Geoportal Berlin GDI-BE) zugänglich sind:

<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/fis-broker/>

#### 2.7. SAPOS

Im Land Berlin, wie in anderen Ländern der Bundesrepublik Deutschland, steht SAPOS® (<https://sapos.de/>) über eine Registrierung bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Abt. Geoinformation, kostenfrei zur Verfügung. Der AN hat die SAPOS-Daten für das Projekt zu verwenden.

### 3. Leistungen des Auftragnehmers

#### 3.1. Planung und Projektmanagement

In der Projektplanungsphase hat der AN der AG ein schriftliches Durchführungskonzept vorzulegen. Dieses soll eine Planung und Erläuterung der geplanten Schritte und Methoden der Datenerfassung, der Datenaufbereitung, der Qualitätskontrolle und der Übermittlung der Lieferobjekte beinhalten. Im Konzept muss auf folgende Themen eingegangen werden:

- Projektmanagement
  - Organigramm und Kontaktdaten der Ansprechpersonen des AN
  - Geplanter zeitlicher und logistischer Ablauf der zu erbringenden Leistungen. Der Zeitplan soll Umsetzungszeiträume und Meilensteine für die Datenerfassung, die Datenaufbereitung, die Datenlieferung inkl. technischem Bericht und der Qualitätsnachweise beinhalten.
- Informationen zur geplanten Umsetzung der Datenerfassung
  - Information über das geplante Messsystem inkl. Datenblätter der Messinstrumente (bildgebende Sensorik, Navigationssensorik, etc.)
  - Informationen über die Erfassung der 3D Informationen und der zu erwartenden Genauigkeiten im zu erfassenden 3D-Korridor
  - Geplante Befahrungsparameter
    - Mittlere Fahrgeschwindigkeit
    - Abstand zwischen Bildaufnahmen,
    - Öffnungswinkel / räumliche Abdeckung des Aufnahmesystems
    - usw.
  - Umgang mit Bereichen ohne natürliches Licht (Tunnelabschnitte)
  - Strategie der Datenerfassung, geplante Gebietsaufteilung
- Informationen zur geplanten Umsetzung der Datenaufbereitung
  - Information über das zentrale Datenmanagement für die Bearbeitung der erfassten Daten
  - Strategie zur Georeferenzierung der Daten
  - Strategie des internen Qualitätsmanagements zur Qualitätsüberprüfung von Vollständigkeit, Georeferenzierung und Bildqualität
  - Strategie der Umsetzung von Datenschutz und Anonymisierung
  - Erläuterung der technischen Umsetzung der Anonymisierung und der zugehörigen Qualitätskontrolle, sowie Erläuterung der an die AG übermittelten Nachweise
  - Erläuterung der Strategie, mit der die Qualität der Anonymisierung nachgewiesen wird
- Informationen zu den Lieferungen
  - Abschätzung der zu erwartenden Datenmengen und Anzahl der Lieferungen
  - Geplante technische Umsetzung der Datenlieferung
  - Strategie der Qualitätskontrolle für die Datenlieferung

## 3.2. Durchführung der Datenerfassung

### 3.2.1. Befahrungsgebiet

Die mittels MMS zu erfassenden Straßen und Wege (Befahrungsgebiet) sind durch die in Abschnitt 2.1 beschriebenen Datengrundlagen vorgegeben. Zusätzlich sind Restriktionen in der Befahrungssystematik zu beachten, die im Kapitel 3.2.3 beschrieben sind. In der Spalte „Achslänge“ findet sich die jeweilige Kilometeranzahl des Teilbereiches, wobei hier keine Mehrfachbefahrungen aufgrund der geforderten Befahrungssystematik berücksichtigt sind (vgl. Kapitel 3.2.3). Mehrfachbefahrungen sind in der Regel nur in den StEP-Stufen I bis IV notwendig. Zur groben Abschätzung der Anzahl der Mehrfachbefahrungen kann die Anzahl der Fahrstreifen bzw. die Fahrstreifen (Beilage 1 - Anzahl\_Fahrstreifen.shp und Fahrstreifen.shp) herangezogen werden. Die tatsächliche Anzahl anfallende und bereitzustellenden Datenkilometer muss aufgrund der Befahrungssystematik den bereitgestellten Datengrundlagen abgeschätzt und im Preis einberechnet werden. Nachstehende Tabelle zeigt die generell zu befahrenden Strassenklassen im Detailnetz.

<b>Art</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Strassenklassen RBS im Detailnetz</b>	<b>ca. Achslänge</b>
Strassennetz	Strassen, Wege, Tunnel, Brücken, Fussgängerzone	BRB, BRUE, FUBR, STRA, TUN, ZUFA	5'700 Km
Plätze	Plätze & Parkplätze	PAPL, PLAT	60 Km

Alle Strassen, Wege und Plätze sollten, wenn möglich, mit dem Strassenmessfahrzeug erfasst werden. Nur auf Abschnitten, welche nicht befahren werden können, muss für die Erfassung ein Schmalspurmessfahrzeug oder ein tragbares mobiles Aufnahmesystem bereitstehen und für die Digitalisierung eingesetzt werden können.



*Abbildung: Detailnetz (zu befahrende Strassenklassen)*

### 3.2.2. Anforderungen an die Aufnahmesensorik des Strassenmessfahrzeugs

Die eingesetzten bildgebenden Sensoren müssen in Bereichen mit wenig vorhandenem natürlichem oder künstlichem Licht ausreichend sensitiv sein, um Objekte erkennen zu können.

Die bildgebenden Sensoren müssen einen hohen Dynamikumfang aufweisen (z.B. bei Übergängen Licht-Schatten), und die in der Natur gegebenen Farben müssen weitgehend abbildungstreu wiedergeben werden können.

Verwendung eines INS/GNSS basierten Navigationssystems als Basis für die Verortung der erfassten Bild- und 3D-Information.

Die Aufnahmesensorik muss auch mit der spezifizierten minimalen Aufnahmegeschwindigkeit Bilddaten mit möglichst geringer Bewegungsunschärfe erzeugen und die geforderte Abtastrate hinsichtlich 3D-Information gewährleisten.

Damit anschliessend messbare 3D-Bildsequenzen aufbereitet und über den Web-Viewer zur Verfügung gestellt werden können, müssen die erfassten Daten folgende Eigenschaften aufweisen:

- Betreffend der einzusetzenden Aufnahmesensorik besteht Methodenfreiheit und es müssen georeferenzierte Bilder mit der dazugehörigen 3D-Information bereitgestellt werden. (Dichte Bildzuordnung (Image Matching) oder Kombination aus Bild- und Laserscandaten)

- Die erzeugten Bildaufnahmen (RGB) müssen den Strassenraum hochaufgelöst aufzeichnen.
- Der Strassenraum (inkl. der zur Strasse gerichteten Gebäudefassaden) muss mittels Panoramakamera oder durch eine entsprechende Kameraanordnung vollständig erfasst werden können. Die dafür einzusetzende bildgebende Sensorik muss mindestens eine räumliche Pixelauflösung im Objektraum im Abstand von 10 m von 1 cm gewährleisten.
- Die Aufnahmestandorte dürfen entlang der Durchfahrt keine grösseren Abstände als 3 m auf Hauptverkehrsachsen und 2 m auf Nebenstrassen aufweisen.
- Zusätzlich zur spezifizierten bildgebenden Sensorik müssen für den definierten 3D-Korridor die Aufnahmen folgenden zusätzlichen Anforderungen genügen: Schriften mit **Strichstärken von 1 cm** auf Verkehrszeichen und Hinweistafeln bei einem Abstand von 15 Metern in den Bilddaten scharf abgebildet und lesbar sind, wobei die kleinste mindestens lesbare **Schriftgröße mit einem Wert von 5 cm** (Natur Maß) festgesetzt ist. Der Abstand bezieht sich auf den räumlichen Vektor zwischen dem Aufnahmezentrum eines Bildes und dem Zentrum eines Schildes.
- Die **Abtastrate**, der geforderten 3D-Information muss in einer Aufnahmedistanz von 10 m in Fahrtrichtung und quer dazu **kleiner 3 cm** betragen. Filigrane Objekte im Strassenraum müssen in der 3D-Information erhalten bleiben und Kanten bildpixelscharf abgebildet werden können.
- Die 3D-Information muss im 3D-Korridor vollständig sein.

### 3.2.3. Anforderungen an das Schmalspurmessfahrzeug oder das tragbare Mobile Aufnahmesystem

Für Strassennetzabschnitte, welche mit dem Strassenmessfahrzeug nicht befahren werden können, muss ein ergänzendes mobiles Messsystem auf einem Schmalspurfahrzeug oder alternativ als tragbares System zur Verfügung stehen und eingesetzt werden können.

Die bildgebenden Sensoren müssen einen hohen Dynamikumfang aufweisen (z.B. bei Übergängen Licht-Schatten), und die in der Natur gegebenen Farben müssen weitgehend abbildungstreu wiedergegeben werden können.

Verwendung eines INS/GNSS basierten Navigationssystems als Basis für die Verortung der erfassten Bild- und 3D-Information.

Die Aufnahmesensorik muss mit Aufnahmegeschwindigkeiten zwischen 5 und 15 km/h Bilddaten mit möglichst geringer Bewegungsunschärfe erzeugen und die geforderte Abtastrate hinsichtlich 3D-Information gewährleisten.

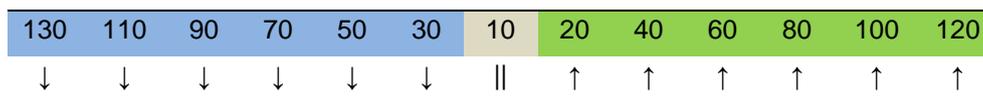
Damit anschliessend messbare 3D-Bildsequenzen aufbereitet und über den Web-Viewer zur Verfügung gestellt werden können, müssen die erfassten Daten folgende Eigenschaften aufweisen:

- Betreffend der einzusetzenden Aufnahmesensorik besteht Methodenfreiheit und es müssen georeferenzierte Bilder mit der dazugehörigen 3D-Information bereitgestellt werden. (Dichte Bildzuordnung (Image Matching) oder Kombination aus Bild- und Laserscandaten)
- Der 3D-Korridor muss mittels Panoramakamera (RGB) oder durch eine entsprechende Kameraanordnung vollständig erfasst werden können. Die dafür einzusetzende bildgebende Sensorik muss mindestens eine räumliche Pixelauflösung im Objektraum im Abstand von 10 m von 1 cm gewährleisten.
- Die Aufnahmestandorte dürfen entlang des Aufnahmeweges keine grösseren Abstände als 2 m aufweisen.
- Die **Abtastrate**, der geforderten 3D-Information muss in einer Aufnahmedistanz von 10 m in Fahrtrichtung und quer dazu **kleiner 3 cm** betragen. Filigrane Objekte im Strassenraum müssen in der 3D-Information erhalten bleiben und Kanten bildpixelscharf abgebildet werden können.
- Die 3D-Information muss im 3D-Korridor vollständig sein.

### 3.2.4. Befahrungssystematik

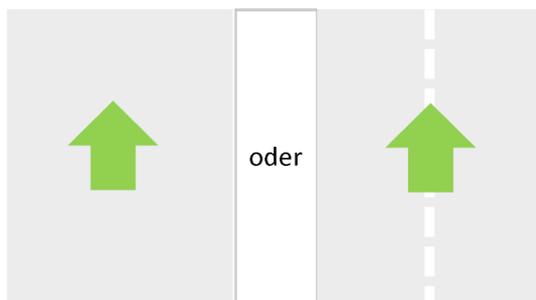
Die nachfolgenden Abschnitte zeigen schematisch wie Straßenzüge, abhängig von der Anzahl und der Anordnung der Fahrstreifen, zu befahren sind. Situationsbedingt ist es dem AN jedoch im Zuge der Befahrung freigestellt, die Befahrungssystematik entsprechend zu adaptieren, sofern dies die aktuellen Umstände der Befahrung erfordern.

In Berlin wird folgendes generelles Fahrstreifen-Nummerierungskonzept verwendet:



Die in 20-er Schritten aufsteigenden Zahlen stehen für die Fahrstreifen in Achsdefinitionsrichtung (20, 40, 60 ...). Die aufsteigenden Zahlen (30, 50, 70 ...) stehen für die Fahrstreifen entgegen der Achsdefinitionsrichtung. Einbahnstraßen erhalten, je nach Richtungsinformation die Nr. 20 oder 30. Die 10 steht stets für die Fahrbahnmittelleinie (Mittelstreifen, durchgezogene Mittellinie/n). Die Fahrstreifennummerierung ist in der Shape-Datei Fahrstreifen.shp (Beilage 1) im Attribut FSTR\_NR hinterlegt.

#### 3.2.4.1. Nebenstrasse



Einmalige Befahrung (immer einbahnig, keine Mehrbahnigkeit), in Richtung des „Detailnetz\_Befahrung“ (bestimmt Bildreihenfolge). Erfassung aller Daten für den kompletten Querschnitt. Diese Regel gilt auch für Nebenstraßen, die eine Einbahnstraße sind.

#### 3.2.4.2. Einbahnige Hauptstrasse



Befahrung erfolgt für jeden Fahrstreifen (FS). Die Erfassung aller Daten erfolgt für den kompletten Querschnitt.

3.2.4.3. Mehrbahnige Hauptstrasse

**A: Mehrbahnig mit 2 FS je Richtungsfahrbahn**



Befahrung erfolgt auf den Fahrstreifen Nr. 40 und 50.

**Ausnahmen**

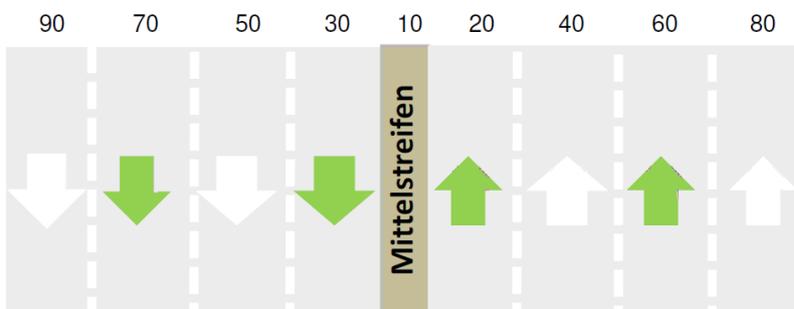
- Lastfahrstreifen teilweise, vollständig zugeparkt
- nicht durchgehend befahrbar
- markierte Radverkehrsanlage (RVA)

**B: Mehrbahnig mit 3 Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn**



Befahrung erfolgt für die Fahrstreifen 20, 40 und 30, 50 (grüne Pfeile).

**C: Mehrbahnig 4 Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn**



Befahrung erfolgt für die Fahrstreifen 20, 60, 30, 70 (grüne Pfeile).

Ggf. sind in Fällen mit mehr als 3 Fahrstreifen pro Richtung Einzelfallentscheidungen zu treffen.

#### 3.2.4.4. Kreuzungsbereiche mit zusätzlichen Abbiegespuren

In Kreuzungsbereichen mit zusätzlichen Abbiegespuren gelten folgende erweiterte Befahrungsgrundsätze:

- Tritt im Kreuzungsbereich eine Abbiegespur auf, ist es nicht nötig, diese extra zu befahren.
- Treten zwei oder mehrere Abbiegespuren pro Fahrtrichtung auf, muss zusätzlich der äußerste rechte Abbiegefahrstreifen befahren werden.

Sollte die Umsetzung der Vorgaben aufgrund der Situation vor Ort nicht möglich sein, hat der AN sicherzustellen, dass sämtliche relevanten Objekte des öffentlichen Raumes (bspw. Strassenmöblierung) ersichtlich sind, und in einer weiterführenden Auswertung auswertbar sind.

### 3.3. Datenaufbereitung

#### 3.3.1. Anforderungen an die Daten

Die aufbereiteten Bild-, 3D-Informations- und Navigationsdaten müssen über das gesamte Projekt folgenden Anforderungen genügen:

- Personen und Fahrzeugkennzeichen müssen in den erfassten und bereitgestellten Bilddaten gemäss den Datenschutz-richtlinien (EU - DSGVO) unkenntlich gemacht werden.
- Die Bildaufnahmen sowie die aufgezeichnete 3D-Information müssen im Abstand von 10 m mit einer Genauigkeit von besser **2 cm** (einfache Standardabweichung) zueinander co-registriert sein. Die entsprechenden Registrierungskalibrierprotokolle müssen zur Verfügung gestellt werden. Damit wird gewährleistet, dass bspw. Kanten in den Bilddaten mit der hinterlegten 3D-Information übereinstimmen.
- Die Genauigkeit von relativen Massen (z.B. Distanz) aus einer Durchfahrt innerhalb der aufgezeichneten 3D-Information muss folgenden Anforderungen genügen:
  - Die Genauigkeit der in den Testdaten gemessenen relativen Masse (z.B. Distanz) muss  $\leq 3 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall) sein.
- Die absolute Genauigkeit im geodätischen Referenzrahmen der bereitgestellten Bilddaten und der 3D-Information müssen folgenden Anforderungen genügen:
  - $L_{\text{abs}} \leq 10 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
  - $H_{\text{abs}} \leq 10 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

Die Lagequalität ist definiert durch die Länge des horizontalen 2D Vektors  $L_{\text{abs}}$  zwischen Referenz- und Testobjekt. Die Höhenqualität ist definiert durch den vertikalen Abstand  $H_{\text{abs}}$  zwischen Referenz- und Testobjekt.

- Die relative Genauigkeit beschreibt die innere Genauigkeit / Homogenität der aufgenommenen MMS Daten. Die zu erzielende Genauigkeit gilt für die mehrfachen Erfassungen eines räumlichen Ortes aus zwei oder mehreren Durchfahrten und / oder aus unterschiedlichen Blickwinkeln (z.B. doppelt befahrene Straßenabschnitte, Kreuzungsbereiche oder benachbarte Messungen). Die relative Referenzierungsgenauigkeit der bereitgestellten Bilddaten und der 3D-Information müssen folgenden Anforderungen genügen:
  - $L_{rel} \leq 5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
  - $H_{rel} \leq 5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

Die Lagequalität wird definiert durch den horizontalen 2D Vektors  $L_{rel}$  zwischen zwei unterschiedlichen Messungen eines homologen Punktes. Die Höhenqualität ist definiert durch den vertikalen Abstand  $H_{rel}$  zwischen zwei unterschiedlichen Messungen eines homologen Punktes.

- Allfällige Unzulänglichkeiten der geforderten Genauigkeit dürfen nicht systematischen Charakter aufweisen. Die erreichten Genauigkeiten müssen über unabhängige Kontrollpunkte ausgewiesen werden.

### 3.3.2. Anonymisierung

Die Anonymisierung der bereitgestellten Bilddaten muss den in Deutschland und Berlin gültigen Datenschutzgesetzen wie der EU-DSGVO genügen. Entsprechend muss durch den AN eine vollständige und qualitativ hochwertige Anonymisierung der Bilddaten mit folgenden Anforderungen durchgeführt werden:

- Die Anonymisierung muss einen, evtl. zuvor gegebenen Personenbezug permanent eliminieren. D. h. die Verpixelung geschieht direkt in den Bildern und nicht in einem überlagerten Layer, so dass die Verpixelung in diesen Daten nicht rückgängig gemacht oder ausgeschaltet werden kann.
- Die Anonymisierung ist mittels Verpixelung (Unschärfemaske) betroffener Bereiche zu realisieren.
- Die Größe der lokalen Unschärfemaske im Bereich eines betroffenen Objektes ist so minimal wie möglich zu halten, um die umliegenden Informationen der Bilddaten nicht zu beeinträchtigen, muss jedoch groß genug sein, um den Anforderungen des Datenschutzes zu genügen.
- In Bezug auf Personen ist darauf zu achten, dass der Kopf derart unkenntlich gemacht wird, dass keine Rückschlüsse auf die Identität der Person möglich sind.
- Personen in Fahrzeugen sind ebenfalls zu anonymisieren.
- Bei KFZ-Kennzeichen sind die Kennzeichen zu anonymisieren.
- Die Anonymisierung hat für den gesamten bereitgestellten Bilddatenbestand zu erfolgen.
- Die erreichte Qualität und Quantität ist von der/dem AN mit geeigneten Nachweisen zu belegen und muss dem Stand der Technik (automatische Detektion von Personen und KFZ-Kennzeichen) entsprechen.

### 3.4. Lieferung Projektergebnisse

#### 3.4.1. Regelmässige Projektberichte

Während des gesamten Projektes findet monatlich ein Statusmeeting statt. Dazu muss der AN eine Online-Meeting Plattform bereitstellen, das Meeting organisieren, durchführen und dokumentieren. Vor jedem Statusmeeting wird ein kurzer Statusbericht schriftlich inkl. Übersichtskarte zum Projektfortschritt verlangt. Der AN muss folgende Leistungen erbringen:

- Organisation (Vorbereitung, Nachbereitung, Dokumentation) des Statusmeetings
- Bereitstellung des Meetingraumes, mit Bildschirmteilmöglichkeiten und telefonischer Audiospur.
- Statusberichterstattung, inkl. Erläuterung (und Lieferung) der Trajektorien als Anlage, Erläuterungen der Probleme, die aufgetreten sind, etc.
- Protokollierung des Statusmeetings

#### 3.4.2. Spezifikation Schnittstelle

Die aufbereiteten Mobile Mapping Daten (Bild-, 3D-Punktwolke- und Metainformationen) müssen gemäss der in der Beilage 5 (index.html welche in einem Browser lokal ausgeführt werden kann) vorliegenden Datenschnittstelle dem AG bereitgestellt werden. Das Datenformat der Daten (Bilddaten und 3D-Information) selbst sowie die erforderlichen Metainformationen (bspw. äussere und innere Orientierung der bereitgestellten Bilder oder Informationen zur Sensorkonfiguration) zu den bereitgestellten Daten sind darin spezifiziert und sind verbindlich vorgegeben. Es wird davon ausgegangen, dass sämtliche über diese Schnittstelle bereitgestellten Daten die spezifizierten Anforderungen hinsichtlich Datenaufbereitung (Kap. 3.3) einhalten. Damit wird gewährleistet, dass die Daten entsprechend automatisiert übernommen und im Anschluss über den berlinweiten Web-Viewer (infra3D Service der Firma iNovitas) bereitgestellt und genutzt werden können. Es handelt sich hierbei um eine browserbasierte Softwarelösung, mit deren Hilfe es möglich ist, im Bilddatenbestand mit vermessungstechnischer Genauigkeit zu messen, zu digitalisieren oder vorhandene Geo-Daten zu prüfen etc. Bei der Datenübernahme werden durch den anschliessenden infra3D Veredelungsprozess aus den 3D-Informationen und Bilddaten echte 3D-Bilder erzeugt.

Ergänzend wird hier hingewiesen, dass die bereitgestellten Daten den im Abschnitt «Integration in infra3D» der Schnittstellenspezifikation beschriebenen Mehranforderungen genügen müssen. Zudem gelten folgende AG spezifische Mehranforderungen betreffend Datenbereitstellung:

- Zusätzliche Anforderungen an die Dateigrössen der 3D-Information (LAS-Files): Die 3D-Information muss in 100m Abschnitte unterteilt und in den dafür vorgesehenen las-Dateien (siehe Objekt *pointclouds* (pointcloud.json)) bereitgestellt werden.
- Kalibrierprotokolle der Aufnahmesensorik pro Messfahrzeug bzw. pro eingesetzte Konfiguration (*configuration*).
- Kalibrierparameter und Protokolle der Boresight-Parameter und der relativen Orientierung zwischen den Sensoren der eingesetzten Messfahrzeuge bzw. pro eingesetzte Konfiguration (*configuration*).

- Befahrungstrajektorien mit Zeitstempel, Positions- und Ausrichtungsinformation und Angaben zur inneren Genauigkeit in 100Hz.

#### 3.4.3. Datenbereitstellung

Die Daten müssen vom AN gemäss Schnittstelle (Kap. 3.4.2) entsprechend in einen vom AG bereitgestellten Cloud Daten-Bucket hochgeladen und darin bereitgestellt werden. Alternativ können die Daten über AWS Snowball entsprechend transferiert werden. Dabei gehen die entstehenden Kosten zu Lasten des AN.

#### 3.4.4. Dokumentation, Qualitätsnachweise

##### 3.4.4.1. Nachweis Befahrbarkeit des Detailnetzes

Achsen aus dem Detailnetz welche aufgrund einer Baustelle, baulicher Veränderung oder einem sonstigen Grund nicht befahren werden konnten, müssen in Form eines Geodatenatzes mit Nachweis (Begründung und Fotodokumentation) dokumentiert werden. Ebenfalls müssen Unterschiede vor Ort zur Situation im Detailnetz dokumentiert und dem AG bereitgestellt werden.

##### 3.4.4.2. Nachweise absolute Georeferenzierung

Ein Nachweis der erreichten Genauigkeit der absoluten Georeferenzierung muss vom AN erbracht werden. Die gewählte Nachweisform muss aufzeigen, dass die Genauigkeitsanforderungen netzdeckend unabhängig überprüft und dokumentiert sind. Einen unabhängigen Nachweis der Genauigkeit kann bspw. über ermittelte Differenzen in einem ausreichenden Set von Kontrollpunkten (nicht verwendet für Georeferenzierung der Mobile Mapping Daten) erbracht werden.

##### 3.4.4.3. Nachweise relative Georeferenzierung

Die relative Genauigkeit ist unter Verwendung gut definierter, homologer Punkte nachzuweisen. Diese können aus Daten von unterschiedlichen MMS Messepochen, unterschiedlichen Fahrzeugpositionen, unterschiedlichen Durchfahrten und / oder unterschiedlichen Sensoren ermittelt werden. Der AN hat im Sinne einer durchgreifend kontrollierten relativen Genauigkeit der MMS Daten selbstständig für eine ausreichende und räumlich gut verteilte Selektion von Kontrollpunkten zu sorgen.

#### 4. Testarbeit innerhalb des Angebots

Im Rahmen der Angebotslegung müssen die Ergebnisse einer Testarbeit abgegeben werden. Es ist dazu im Vorhinein ein Testgebiet mit dem angebotenen MMS zu befahren. Die Testarbeit dient als Beleg für die technische Leistungsfähigkeit hinsichtlich geforderter Bildqualität und 3D-Information. Folgende Qualitätsparameter werden im Zuge der Testarbeit überprüft:

- **Vollständigkeit:** Die Testdaten werden hinsichtlich der Einhaltung der Befahrungssystematik und der Vollständigkeit geprüft.
- **Bildqualität:** Die Bildqualität wird anhand der Pixelgrösse im Raum (GSD) und der Lesbarkeit von Schriften in den Bildern beurteilt.
- **Anonymisierung:** Prüfung der Qualität der verpixelten Personen und KFZ-Kennzeichen.
- **Qualität der 3D-Information:** Die Qualität der 3D-Information ist durch die Punktdichte, die Streuung und die Co-Registrierungsgenauigkeit der Bilder mit den 3D-Informationen definiert. Die Streuung und die Co-Registrierungsgenauigkeit werden nicht einzeln beurteilt, sondern haben einen direkten Einfluss auf die Resultate der relativen Messung.
- **Relative Georeferenzierung der Durchfahrten zueinander:** Die Differenz zwischen eines in den aufbereiteten 3D-Bilddaten aus zwei Durchfahrten gemessenen Referenzpunktes muss eine Genauigkeit von 5.0 cm (2s) in Lage in der Höhe aufweisen.
- **Absolute Georeferenzierung:** Die Differenzen zwischen den in den Testdaten gemessenen Kontrollpunkts und der terrestrisch bestimmten Position müssen mindestens eine Genauigkeit von 10.0 cm (2s) in Lage und Höhe aufweisen.
- **Messgenauigkeit relativer Messungen:** Die Differenz zwischen einer in den Testdaten gemessenen Länge und der terrestrisch gemessenen Länge darf die Genauigkeit von 3 cm (2s) nicht überschreiten.

Die MMS-Daten der Testarbeit müssen vollständig gemäss Schnittstellendefinition abgegeben werden.

##### 4.1. Aufgabenstellung

Für die Testarbeit muss die vordefinierte Teststrecke in der Stadt Berlin mit dem angebotenen MMS befahren werden und die Daten den Ausschreibungskriterien entsprechend aufbereitet und abgegeben werden. Die Testarbeit umfasst folgende Teile:

- Vollständige Befahrung der Teststrecke anhand der vorgegebenen Befahrungssystematik
- Anonymisierung der aufgezeichneten Bilder
- Georeferenzierung der Bilder und 3D-Information
- Abgabe der Teststrecke gemäss der Schnittstellendefinition

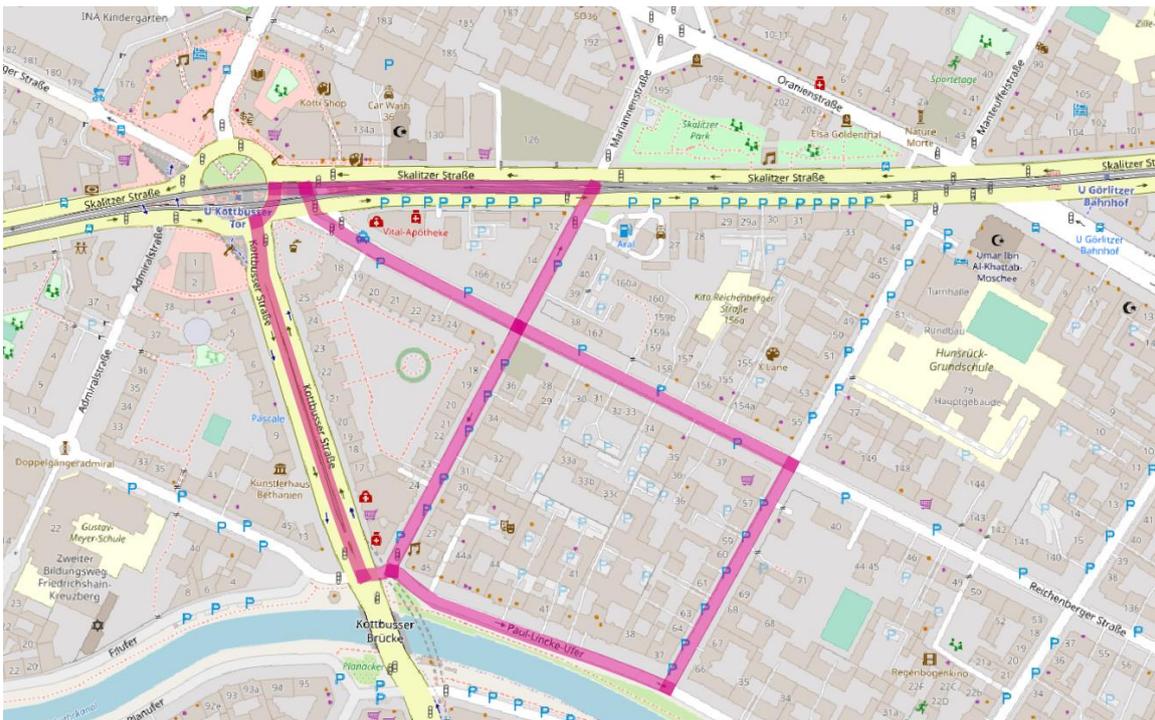
#### 4.1.1. Befahrungsgrundsätze

Die Befahrung der Teststrecke soll so durchgeführt werden, wie sie für das Hauptprojekt vorgesehen ist. Es müssen folgende Anforderungen eingehalten werden:

- Das MMS muss für die Teststrecke und das Hauptprojekt gleich sein. Die Sensoren und deren Konfiguration müssen auch bei der Hauptbefahrung eingesetzt werden können.
- Die Befahrung muss im fließenden Verkehr stattfinden. Sofern es die verkehrstechnische Situation zulässt, darf die Mindestgeschwindigkeit von **30 Km/h** nicht unterschritten werden.
- Die vorgegebene Befahrungssystematik (vgl. Kapitel 3.2.4 Befahrungssystematik) muss zwingend eingehalten werden.
- Die Befahrung hat bei möglichst optimalen Lichtbedingungen zu erfolgen. Der Zeitpunkt der Befahrung kann zwischen dem 14.12.2020 und dem 18.12.2020 frei gewählt werden. Sie muss aber irgendwann zwischen 10.00 Uhr vormittags und 15.00 Uhr nachmittags stattfinden.

#### 4.1.2. Teststrecke

Die Teststrecke befindet sich im Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg in der Nähe des Kottbusser Tors.



Zu erfassen sind die markierten Teile der Strassen:

- Kottbusser Strasse
- Reichenberger Strasse
- Skalitzer Strasse
- Paul-Lincke-Ufer
- Mariannenstrasse
- Manteuffelstrasse

## 4.2. Prüfkriterien

### 4.2.1. Vollständigkeit

Die Bildaufnahmestandorte dürfen entlang der Durchfahrt keine grösseren Abstände als **3 m** auf Hauptverkehrsachsen und **2 m** auf Nebenstrassen aufweisen.

### 4.2.2. Bildauflösung

Im **Abstand von  $\geq 10$  m** (räumlicher Vektor zwischen dem Aufnahmezentrum eines Bildes und dem Zentrum der Prüfoberfläche) muss die Pixelgröße am Objekt **kleiner oder gleich 1 cm** sein.

### 4.2.3. Lesbarkeit von Schriften

Im **Abstand von  $\geq 15$  m** muss die Lesbarkeit der Texte (retroreflektierende Oberfläche) mit **Schrifthöhe 5 cm und Schriftbreite 1 cm** gegeben sein.

### 4.2.4. Anonymisierung

Das bereitgestellte Bildmaterial muss die spezifizierten Datenschutzvorgaben einhalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Qualität der anonymisierten Bildstellen (Personen und KFZ-Kennzeichen) den Verhältniswert **0.99 in der Sensitivität** und den Verhältniswert **0.97 in der Genauigkeit** erreicht.

### 4.2.5. Abtastrate der 3D-Information

Die Abtastrate der 3D-Information wird definiert durch den mittleren Punktabstand auf einer Fläche innerhalb einer Punktwolke, die aus der 3D-Information generiert wurde. Dabei muss die Abtastrate auf Flächen parallel und quer zur Fahrtrichtung eingehalten werden. Für die Abtastrate wird folgende 3D-Punktdichte gefordert:

- Die mittlere Punktdichte bei einer **Fahrgeschwindigkeit von 30 Km/h muss  $\leq 3$  cm** auf einer Fläche im Abstand von 10 m sein (mindestens 1111 Punkte/m<sup>2</sup>). Diese Punktdichte muss mit Daten aus nur einer Durchfahrt erreicht werden. In orthogonalen Richtungen (horizontal und vertikal) dürfen die Punktabstände um ein Drittel vom Abstand von 3 cm abweichen, die Punktdichte insgesamt, die einem Punktabstand von 3 cm in quadratischer Anordnung entspricht, muss jedoch eingehalten werden (Ein Punktmuster mit orthogonalen Abständen von 2.3 cm x 4.0 cm ist gerade noch zulässig).
- Abstand von  $> 10$  m zwischen Schwerpunkt der Sensoren und Schwerpunkt der Referenzfläche

### 4.2.6. Relative Georeferenzierung

Die Co-Registrierung entspricht dem gegenseitigen Einpassen verschiedener Durchfahrten mit Verknüpfungspunkten. Die Genauigkeit der Co-Registrierung wird definiert durch den horizontalen 2D Vektors  $L_{rel}$  und den vertikalen Abstand  $H_{rel}$  zwischen zwei unterschiedlichen Messungen eines homologen Punktes. Es müssen folgende Genauigkeiten eingehalten werden:

- **$L_{rel} \leq 5$  cm** (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
- **$H_{rel} \leq 5$  cm** (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

#### 4.2.7. Absolute Georeferenzierung

Die absolute Messgenauigkeit ist definiert durch die Längen des horizontalen 2D Vektors  $L_{\text{abs}}$  und des vertikalen Vektors  $H_{\text{abs}}$  zwischen einer Messung in den Testdaten und der unabhängig bestimmten Referenzkoordinate. Die Messungen im absoluten Referenzrahmen müssen mindestens folgende Genauigkeiten aufweisen:

- $L_{\text{abs}} \leq 10 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
- $H_{\text{abs}} \leq 10 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

#### 4.2.8. Genauigkeit von relativen Massen

Die relative Messgenauigkeit ist definiert durch die Differenz einer gemessenen Distanz in den Testdaten und der vor Ort gemessenen Referenz. Die Differenzen müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Die Genauigkeit der in den Testdaten gemessenen relativen Massen (z.B. Distanz) muss  $\leq 3 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall) sein.

Mit diesem Prüfkriterium wird implizit auch die Streuung der 3D-Information und die Co-Registrierungsgenauigkeit der Bilder mit den 3D-Informationen geprüft, indem Messpunkte an bestimmten Objekten gemessen werden.

### 4.3. Prüfverfahren

#### 4.3.1. Vollständigkeit

Die Abstände der Bildaufnahmestandorte wird anhand einer zufällig ausgewählten Hauptverkehrsachse und einer zufällig ausgewählten Nebenverkehrsachse aus den bereitgestellten äusseren Orientierungen der Bildaufnahmen ermittelt und unter Einhaltung der vorgegebenen Minimalaufnahmegeschwindigkeit geprüft. Das Kriterium ist erfüllt, wenn die definierten Abstände eingehalten sind.

#### 4.3.2. Bildauflösung

Um die Bildauflösung im Objektraum zu bestimmen, wurden mehrere Referenzflächen definiert. In den abgegebenen Testdaten werden diejenigen Bilder gesucht, die in einem Abstand von mehr als 10 m Entfernung (Distanz zwischen Aufnahmezentrum des Bildes und dem Schwerpunkt der Referenzfläche) aufgenommen wurden und die gesamte Referenzfläche zeigen. Anschliessend wird in demjenigen Bild, das die Referenzfläche im besten Winkel und am grössten abbildet, die durchschnittliche Pixelgrösse in Breite und Höhe gemessen.

#### 4.3.3. Lesbarkeit von Schriften

Für die Prüfung der Lesbarkeit gibt es in der Umgebung der Teststrecke Tafeln, die einen Text mit der definierten Schriftgrösse (Höhe 5 cm, Strichdicke 1 cm) enthalten. In den abgegebenen Testdaten werden wiederum diejenigen Bilder gesucht, die diese Texttafeln im Abstand von mindestens 15 m zeigen. Anschliessend werden die Bilder anonym von mehreren unabhängigen Mitarbeitenden der Stadt Berlin auf die Lesbarkeit beurteilt. Das Kriterium ist erfüllt, wenn 75% aller Texttafeln in mindestens einem Bild von mehr als der Hälfte der beurteilenden Personen als lesbar definiert wurde.

#### 4.3.4. Anonymisierung

Die Anonymisierung wird anhand eines 100m langen Hauptverkehrsachsenabschnitts überprüft. Entsprechend wird im bereitgestellten Bildmaterial die Anzahl der korrekt verpixelten Bildstellen (true positive =  $t_p$ ), die fälschlicherweise nicht anonymisierten Bildstellen (false negative =  $f_n$ ) sowie die fälschlicherweise verpixelten Bildstellen (false positive  $f_p$ ) ermittelt. Daraus werden folgende Parameter ermittelt:

$$\text{Sensitivität (recall): } TPR = \frac{t_p}{t_p + f_n}$$

$$\text{Genauigkeit (precision): } PPV = \frac{t_p}{t_p + f_p}$$

#### 4.3.5. Abtastrate der 3D-Information

Die Abtastrate der 3D-Information wird auf vorgängig bestimmten Referenzflächen bestimmt. Die Punkte auf der Referenzfläche werden in eine Ebene projiziert. Über die Referenzfläche wird ein Gitternetz mit 4 cm x 4 cm grossen Feldern gelegt. In jedem der

Felder muss mindestens ein Punkt vorhanden sein. Zudem muss die mittlere Punktzahl pro Feld mindestens 1.78 betragen.

Es werden nur diejenigen Referenzflächen beurteilt, bei denen die Fahrtgeschwindigkeit zwischen 30 und 35 Km/h beträgt. Die Aufnahmegeschwindigkeit wird aus den bereitgestellten Daten ermittelt.

#### 4.3.6. Relative Georeferenzierung

Für die Ermittlung der lokal erreichten relativen Genauigkeit werden die Abweichungen an den in den Testdaten gemessenen homologen Punkten herangezogen. Hinsichtlich der Lagequalität ist die Länge des horizontalen 2D Vektors  $L_{rel}$  zwischen zwei unterschiedlichen Messungen eines homologen Punktes maßgebend. In Bezug auf die Höhenqualität ist der vertikale Abstand  $H_{rel}$  zwischen zwei unterschiedlichen Messungen eines homologen Punktes maßgebend. Die Anforderungen an die relative Georeferenzierung sind erfüllt, wenn folgende Genauigkeitswerte der Abweichungen in Lage und Höhe eingehalten werden:

- $L_{rel} \leq 5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
- $H_{rel} \leq 5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

#### 4.3.7. Absolute Georeferenzierung

Die absolute Genauigkeit beschreibt die Positionierungsgenauigkeit der aufgenommenen Daten im Zielsystem ETRS89 / UTM Zone 33N.

Für die Ermittlung der absoluten Positionierungsgenauigkeit werden Abweichungen an Passpunkten herangezogen, wobei ein Referenzpunkt mittels terrestrischer Vermessung (zum Beispiel durch Tachymetrie) als 3D Punkt bestimmt ist, und ein zugehöriger Test-Punkt (TP) in den Testdaten der MMS Daten mittels Messung als 3D Punkt ermittelt wird. Die Passpunkte werden mit einer Genauigkeit von 2 cm (PP) tachymetrisch im Referenzrahmen bestimmt. Die Messung in den Testdaten muss ebenfalls mit einer Genauigkeit von 2 cm (M) möglich sein. Die Anforderungen an die absolute Georeferenzierung sind erfüllt, wenn folgende Genauigkeitswerte bei den Differenzen zwischen gemessener Koordinate und Passpunkt eingehalten werden ( $\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{TP}^2 + \sigma_{PP}^2 + \sigma_M^2} = 5.74 \text{ cm}$ ):

- $\Delta L \leq 11.5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)
- $\Delta H \leq 11.5 \text{ cm}$  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

#### 4.3.8. Genauigkeit von relativen Massen

Die relative Messgenauigkeit lokal innerhalb benachbarter Bilder muss besser sein als 1.5 cm (M). Um diese Messgenauigkeit zu prüfen werden in aus den Testdaten aufbereiteten 3D-Bildern definierte Strecken in unterschiedlichen Abständen gemessen und mit der vor Ort gemessenen Strecke verglichen. Die Referenzstrecken können mit einer Genauigkeit von 2 cm bestimmt werden (R). Somit sind die Anforderungen an die relative Messgenauigkeit erfüllt, wenn folgende Genauigkeitswerte in den Differenzen der Streckenlängen eingehalten werden ( $\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_R^2} = 2.5 \text{ cm}$ ):

- **$\Delta d \leq 5.0 \text{ cm}$**  (doppelte Standardabweichung, 2s, 95% der Daten im Intervall)

#### 4.4. Bewertungsskala

Die im Kapitel 4.2 beschriebenen Prüfkriterien werden nach der untenstehenden Tabelle mit Punkten bewertet. Total können 40 Punkte erreicht werden:

Kriterium	Punkte	Erfüllung für halbe Punktzahl	Erfüllung für volle Punktzahl
Vollständigkeit	5	bei 90% der Abstände	bei 98% der Abstände
Bildauflösung	5	bei 4 von 5 Testobjekten	bei 5 von 5 Testobjekten
Lesbarkeit	5	Bei 4 von 5 Testobjekten	bei 5 von 5 Testobjekten
Anonymisierung	5	TPR $\geq$ 0.98 und PPV $\geq$ 0.95	TPR $\geq$ 0.99 und PPV $\geq$ 0.97
3D-Information	5	bei 2 von 3 Testobjekten	bei 3 von 3 Testobjekten
Relative Georeferenzierung	5	Einhaltung mit 80% der Stichproben	Einhaltung mit 95% der Stichproben
Absolute Georeferenzierung	5	Einhaltung mit 80% der Stichproben	Einhaltung mit 95% der Stichproben
Relative Masse	5	Einhaltung mit 80% der Stichproben	Einhaltung mit 95% der Stichproben
<b>Total</b>	<b>40</b>		

Pro Kriterium kann damit die volle Punktzahl, die halbe Punktzahl oder keinen Punkt erzielt werden.

## **5. Beilagen**

Beilage 1: Knoten-Kanten Modell des zu erfassenden Strassennetzes

Beilage 2: Blattübersicht digitales Höhenmodell

Beilage 3: Metainformationen zu den Luftbildern

Beilage 4: Metainformationen zum Passpunktdatensatz

Beilage 5: Spezifikation Datenschnittstelle für Datenbereitstellung