



**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)**

Leitfaden für Mesh

Version 1.0

Status:

Veröffentlicht durch AdV-Arbeitskreis Geotopographie am 05.11.2024

**Bearbeitet von der Projektgruppe ATKIS-DOP
im AdV-Arbeitskreis Geotopographie**

Bearbeitungsstand: 21.10.2024

Inhalt

Inhalt

1	Vorbemerkung	3
2	Definition	3
3	Spezifikation	3
3.1	Produkte.....	3
3.2	Verwendete Normen.....	4
3.3	Geometrische Merkmale	4
3.4	Textur, radiometrische und spektrale Merkmale	4
3.5	Datenqualität, Anforderungen an das Produkt	5
3.5.1	<i>Vollständigkeit</i>	5
3.5.2	<i>Geometrische Genauigkeit</i>	5
3.6	Dateimerkmale.....	5
3.6.1	<i>Dateiformate für großräumige Datenmengen</i>	5
3.6.2	<i>Dateibenennung</i>	6
4	Metainformationen / Angaben für den Datensatz	6
4.1	Inhalt der Metainformationen.....	6
4.2	Benennung der Metainformationsdatei.....	7
4.3	Dateiablage	8
4.4	Qualitätssicherung	8
4.5	Aktualisierung	9

Anlage 1: Beispiele vorhandener Mesh in den Mitgliedsverwaltungen

Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

Das vorliegende Dokument ist unter der Federführung des AdV-Arbeitskreises Geotopographie von der Projektgruppe ATKIS-DOP erarbeitet worden. Es wurde vom Arbeitskreis Geotopographie am 05.11.2024 eingeführt.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Stand: 21.10.2024
Version 1.0

1 Vorbemerkung

Der vorliegende Leitfaden beschreibt die Merkmale eines photogrammetrischen Mesh auf Basis von digitalen Luftbildern. Die im Leitfaden enthaltenen Inhalte beruhen auf praktischen Erfahrungen.

2 Definition

Ein Mesh bildet die Erdoberfläche und die darauf befindlichen Objekte ab. Ein Mesh-Modell ist eine Ansammlung von Eckpunkten (eng. vertices), Kanten (eng. edges) und Flächen (eng. polygons), die zusammen ein dreidimensionales Objekt bilden. Die Eckpunkte sind die Koordinaten im dreidimensionalen Raum, die Kanten verbinden jeweils zwei benachbarte Eckpunkte und die Flächen schließen die Kanten ein, um die Oberfläche des Objekts zu bilden. Die am häufigsten verwendeten Polygone in Mesh-Modellen sind Dreiecke und Vierecke. Die so entstehenden Flächen können anschließend bspw. mit Ausschnitten aus zugehörigen Bildern texturiert werden.



Abbildung 1: texturiertes Mesh (Ausprägung 3D)

Abhängig von der Datengrundlage weist das Mesh unterschiedliche Eigenschaften auf (siehe Tabelle).

Ausprägung	Eigenschaften	Datengrundlagen	Textur
2,5D	ein Höhenwert pro Lagekoordinate	Nadir-Luftbilder, optional Airborne Laserscanning	sowohl texturiert als auch untexturiert möglich
3D	ein oder mehrere Höhenwerte pro Lagekoordinate	Nadir- und Oblique-Luftbilder, optional Airborne und terrestrisches Laserscanning	sowohl texturiert als auch untexturiert möglich

2,5D-Mesh und 3D-Mesh werden in diesem Leitfaden unter dem Begriff „Mesh“ zusammengefasst. Die tatsächliche Ausprägung kann den Metadaten entnommen werden.

3 Spezifikation

3.1 Produkte

Momentan existieren keine AdV Standardprodukte.

3.2 Verwendete Normen

Das Dokument wurde auf der Grundlage der DIN-Reihe 18740 des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) erstellt.

3.3 Geometrische Merkmale

Die Geometrie eines Mesh ist abhängig von der zugrundeliegenden Auflösung der Ausgangsdaten (z.B. Bodenauflösung der Luftbilder, Rasterweite des DOM), der natürlichen Oberflächen (z.B. Feld, Wald) und den Vorgaben der Vermaschung (z.B. feine/grobe Vermaschung, z.B. längste zulässige Dreiecksseite).

		
Mesh (Ausprägung 3D): Datengrundlage Oblique-Luftbilder, GSD 10, LÜ/QÜ 80/60	Mesh (Ausprägung 2,5D): Datengrundlage Oblique-Luftbilder, GSD 10, LÜ/QÜ 80/60	Mesh (Ausprägung 2,5D): Datengrundlage nur Verwendung der Nadir-Luftbilder, GSD 10, LÜ/QÜ 80/60

Tabelle 1: Unterschiede eines Mesh aus einer Befliegung mit Nadir- und Oblique-Luftbildern (hier Beispiel Tordurchfahrt)

Wird als Datengrundlage eine 2,5D-Punktwolke genutzt, kommt es zu sogenannten "Vorhangeffekten", da nur ein Höhenwert pro Lagekoordinate existiert. Somit können keine "Überhänge" dargestellt werden. Dies wird insbesondere an Bäumen, Brücken, Tordurchfahrten, Kränen oder Hochspannungsleitungen sichtbar. Ebenso können die Seitenansichten von Objekten (z.B. Fassaden) zwar grob texturiert werden, jedoch weisen diese keine geometrischen Strukturen auf.

	
Mesh (Ausprägung 3D): Datengrundlage Nadir-Luftbilder GSD 10, LÜ/QÜ 80/60	Mesh (Ausprägung 2,5D): Datengrundlage Nadir-Luftbilder GSD 10, LÜ/QÜ 80/60

Tabelle 2: Unterschiede eines Mesh aus einer Befliegung mit Nadir-Luftbildern (hier Beispiel Kran)

3.4 Textur, radiometrische und spektrale Merkmale

Als Textur im Sinne dieses Leitfadens gilt die Bildinformation.

Die Textur des Mesh ist abhängig von der Radiometrie und Auflösung der Bilder, mit denen das Mesh texturiert wird. Im Endprodukt beträgt die Farbausgestaltung in der Regel drei Kanäle mit je 8 Bit (z.B. RGB, CIR) und ist in komprimierter Form abgelegt.

3.5 Datenqualität, Anforderungen an das Produkt

3.5.1 Vollständigkeit

Das Mesh sollte in Abhängigkeit von der Datengrundlage (z.B. Bodenauflösung der Luftbilder, Befliegungszeitraum) alle im Luftbild sichtbaren Objekte enthalten. Ausnahmen können bewegte und kleinere Objekte wie z.B. Autos, Bäume, Verkehrszeichen bilden.

Beispiele zur mangelhaften Vollständigkeit des Mesh sind in der nachfolgenden Tabelle aufgezeigt:



Abbildung 2: Fehlende Bäume



Abbildung 3: Fehlende Fahrzeuge



Abbildung 4: Fehlende Strommasten, Stromleitungen

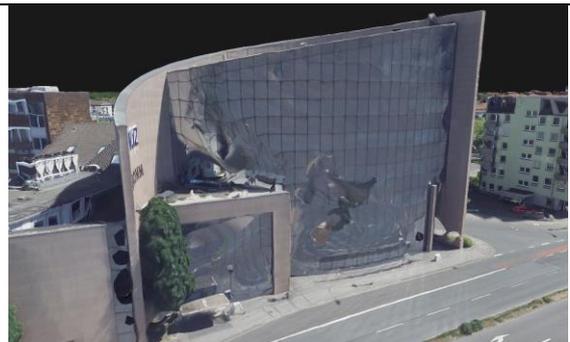


Abbildung 5: fehlerhafte Glasfassade (3D-Mesh aus Oblique- und Nadir-Luftbildern, GSD 5, LÜ/QÜ 80/60)

3.5.2 Geometrische Genauigkeit

Sowohl die absolute als auch die relative Lage- und Höhengenaugigkeit des Mesh sind primär von der Qualität der zugrundeliegenden Daten (siehe Standards zu bDOM, DOM, 3D-Messdaten), der natürlichen Oberfläche und den Vorgaben der Vermaschung abhängig.

3.6 Dateimerkmale

3.6.1 Dateiformate für großräumige Datenmengen

Derzeit gebräuchliche Datenformate für großflächige Mesh sind in folgender Tabelle gelistet:

Format	Dateiendung	Quelle
Open Scene Graph Binary	.osgb	http://www.openscenegraph.com/
Indexed 3D Scene Layer and Scene Layer Package	.i3s, .slpk	https://www.ogc.org/standard/i3s/

3D Tiles	.b3dm	https://www.ogc.org/standards/3DTiles
----------	-------	---

Die Ablage der Dateien bei den Formaten osgb, i3s und b3dm erfolgt in einer Ordnerstruktur. Diese drei Formate arbeiten mit Level of Details, d.h. die Detailfülle der Ansicht hängt von der Entfernung des Betrachters zu den Daten ab. Dies ermöglicht eine schnelle Darstellung großer Gebiete. Die Detailfülle nimmt mit zunehmend höherer Zoomstufe zu.

3.6.2 Dateibenennung

Der Dateiname soll sich aus folgenden Informationen zusammensetzen:

mesh_<bundeslandspezifisch eindeutige Identifizierung des Gebiets>_<Bundeslandkürzel>_<Befliegungsdatum JJJJMMTT>.*

z.B. mesh_1221000_by_20240514.* oder mesh_1403T45_nw_20240528.*

4 Metainformationen / Angaben für den Datensatz

Es empfiehlt sich für jedes Projektgebiet begleitende Metadaten im Format *.csv zu erzeugen, die wesentliche Angaben zur Aktualität und zur Ausprägung beinhalten. Außerdem ist zur Beschreibung der geometrischen Ausdehnung der Umring des Mesh im shape-Format oder als Geopackage abzulegen.

4.1 Inhalt der Metainformationen

Für den Inhalt der Metadatenfilei werden folgende Informationen empfohlen.

Schlüsselwort	Bedeutung
Land	vollständiger Name des Bundeslandes
Eigentümer	vollständiger Name des Eigentümers (freie Textzeile), Bsp.: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern (LDBV)
Bildflugnummer	Eindeutige Bezeichnung des Befliegungsprojekts (freie Textzeile) Bsp.:1403T45
Textur	Angabe, ob das Mesh texturiert oder untexturiert vorliegt. Mögliche Angaben: 0 (Nein) 1 (Ja)
Texturformat	Datenformat der vorliegenden Textur. Mögliche Angaben sind: jpg; jpeg; dds; web-P; sonstige
Ausprägung_Mesh	Angabe, ob als Datengrundlage 2,5D oder 3D Daten zugrunde liegen Mögliche Angaben sind: 3D; 2.5D [Dezimaltrennung ist der Punkt]
Quelldaten_Luftbild	Angabe, ob die Daten aus Nadir- oder Oblique-Luftbildern gerechnet wurden. Mögliche Angaben sind: nadir; oblique
Quelldaten_GSD	Bodenpixelgröße der zur Berechnung verwendeten Luftbilder in [cm]
Koordinatenreferenzsystem_Lage	EPSG-Code des Bezugssystems (Integer), Bsp.: 25832 (ETRS89/UTM Zone 32 ohne Zonenkennung)
Koordinatenreferenzsystem_Höhe	EPSG-Code des Bezugssystems (Integer), Bsp. für das DHHN2016: 7837

Aktualitaet	Datum der Aufnahme des ältesten Flächenanteils (JJJJ-MM-TT) ¹
Software	Verwendete Software für Meshgenerierung inkl. Versionsnummer
Bemerkungen	Optionale Angaben, z.B. zu Qualitätseinschränkungen (freie Textzeile); Leerfelder sind nicht zulässig! Bsp.: "Wolke", "keine"

4.2 Benennung der Metainformationsdatei

Die Metainformationsdatei und die shape-Datei mit dem Umring oder die Geopackage-Datei sollten entsprechend dem Mesh benannt werden; siehe „Dateibenennung“:

mesh_<bundeslandspezifisch eindeutige Identifizierung des Gebiets>_<Bundeslandkürzel>_<Be-
fliegungsdatum JJJJMMTT>.csv

Beispiel:

```
mesh_1221000_by_20240514.csv
mesh_1403T45_nw_20240528.csv
```

Beispiel Metainformationsdatei *.csv Datei:

Land;Eigentuermer;Bildflugnummer;Textur;Texturformat;Auspraegung_Mesh;Quelldaten_Luftbild;Quelldaten_GSD;Koordinatenreferenz-
system_Lage;Koordinatenreferenzsystem_Hoehe;Aktualitaet;Software;Bemerkungen

Bayern;Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern (LDBV);1221000;1;jpg;3D;oblique;20;25832;7837;2024-05-
14;SURE Version 5.2.1 (Aug 17 2023);keine

Beispiel für die grafische Darstellung der Umringsdatei im shp-Format oder gpkg-Format:

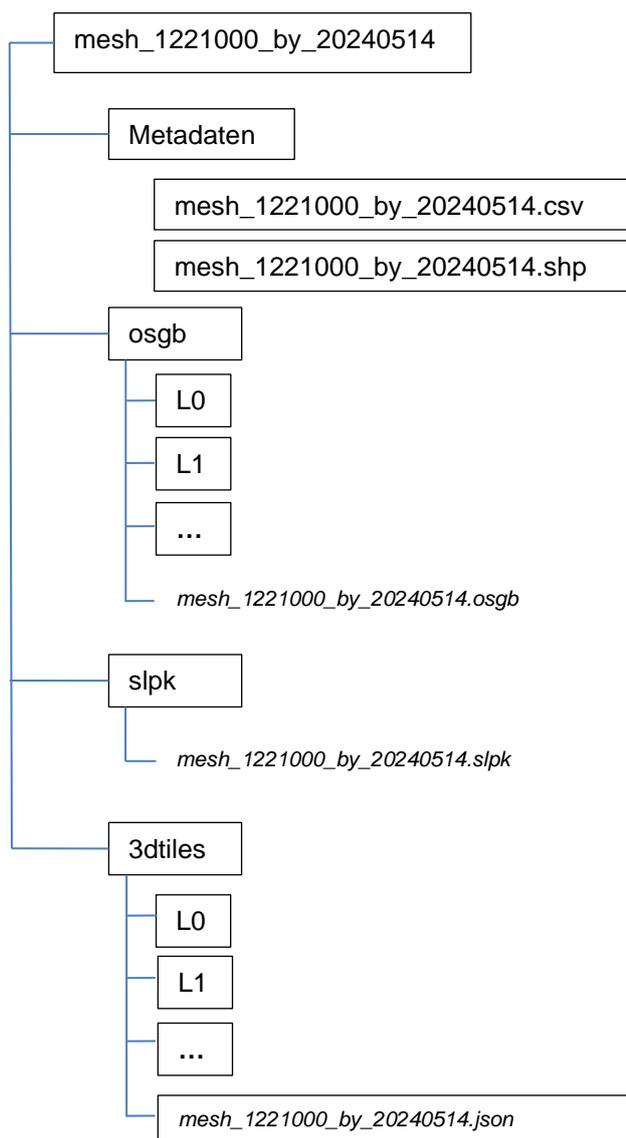


Abbildung 6: Gebietsumring

¹ Ist eine Datumsangabe JJJJ-MM-TT mit Tagesgenauigkeit aus technischen oder inhaltlichen Gründen nicht möglich, kann bei den Angaben je Erfassungseinheit eine Datumsangabe JJJJ-MM mit Monatsgenauigkeit erfolgen. Eine ausschließliche Jahresangabe ist nicht ausreichend.

4.3 Dateiablage

Als Ordnerstruktur wird folgende Struktur empfohlen:



Weitere Abgabeformate sind möglich und sollten in der Benamungsstruktur entsprechend abgelegt werden.

4.4 Qualitätssicherung

Alle Maßnahmen, die zur Qualitätssicherung der Ausgangsdaten getroffen werden, wirken sich direkt auf die Qualität des Mesh aus. Die manuelle Nachbearbeitung des Mesh ist mit den momentan vorhandenen Tools sehr aufwendig.

Mögliche Qualitätssicherungsmaßnahmen sind:

- Prüfung auf Vollständigkeit und Flächendeckung
- Prüfung des Mesh an den Rändern
- Höhenkontrolle mit Passpunkten, mit einem vorhandenem DOM/DGM oder über ein vorhandenes Mesh
- Lagekontrolle mit Passpunkten, über eine 3D Linie (z.B. Gebäude oder Straßen) oder mit LoD2-Daten

- Prüfung auf grobe Artefakte/Geometriefehler (z.B. durch Ausreißer)

4.5 Aktualisierung

Die Aktualisierung eines Mesh erfolgt in der Regel durch Neuberechnung aus neuen Bildflugdaten.

Beispiele vorhandener Mesh in den Mitgliedsverwaltungen

Bundesland	NW
Kurzbeschreibung	<p>Im Zusammenhang mit der turnusmäßigen Luftbildbefliegung wird seit dem Bildflug 2023 ein Mesh für Nordrhein-Westfalen abgeleitet. Mit Abschluss des Bildfluges 2024 wird ein flächendeckendes Mesh für NRW vorliegen. Die Mesh-Oberfläche wird hierbei mit den zugrundeliegenden Luftbildern texturiert.</p> <p>Auslöser für dieses Vorhaben waren mehrere Anfragen von Kommunen nach Schrägluftbildern für diverse kommunale Zwecke sowie der Stand der technischen Entwicklung.</p> <p>Das von Geobasis NRW erzeugte Mesh wird u.a. vom Innenministerium NRW für das Projekt „Digitaler Zwilling Gefahrenabwehr“ verwendet.</p>
	
Format	osgb für die Datenhaltung i3s/slpk für die Datenabgabe
Koordinatenbezugssystem	Lage: EPSG 25832 (ETRS89/ UTM Zone 32) Höhe: EPSG 7837 (DHHN2016)
Ausgangsdaten	Ausschließlich Nadirluftbilder GSD 10, LÜ/QÜ 80/60
Verwendete Software für Berechnung / Visualisierung	Berechnungssoftware: nFrames/ESRI sure Visualisierung: nFrames sure Editor (osgb), ESRI ArcGISEarth (i3s/slpk)
Veröffentlichung der Daten	Produkteinführung erfolgte 09/2024 weitere Informationen unter https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw/produkte-und-dienste/luftbild-und-satellitenbildinformationen/aktuelle-luftbild-und-5
Beispiellink	Download des Mesh über OpenGeodata.NRW Visualisierung in https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw/tim-online , GEOportal.NRW REST-API-Dienst
Aktuelle Qualitätssicherungsmaßnahmen	Prüfen auf Flächendeckung und Vollständigkeit Überprüfung, ob benachbarte Mesh zueinander passen
Anwendungsfälle	Digitaler Zwilling NRW (https://www.dz.nrw.de)

Bundesland	BY
Kurzbeschreibung	<p>Im Zusammenhang mit der turnusmäßigen Bayernbefliegung wird seit dem Bildflug 2019 ein DOM Mesh (2,5D) für Bayern flächendeckend abgeleitet. Das Mesh liegt seit 2020 flächendeckend für ganz Bayern vor und wird jedes Jahr mit der laufenden Bayernbefliegung aktualisiert. Die Mesh-Oberfläche wird hierbei mit den zugrundeliegenden Luftbildern texturiert.</p> <p>Ende 2024 startet die "Pilotphase DOM Mesh" mit dem Ziel, Informationen der unterschiedlichen Nutzer (v.a. Kommunen und GIS-Nutzer) zu sammeln, ob das Angebot ausreicht ist oder Anpassungen benötigt werden.</p>
	
Format	<p>osgb für die Datenhaltung b3dm für die Datenabgabe</p>
Koordinatenbezugssystem	<p>osgb: Zahlenraum UTM 32, ETRS89, DHHN2016 b3dm: geogr. WGS84, ellipsoidische Höhe GRS80</p>
Ausgangsdaten	Nadirluftbilder GSD 20, LÜ/QÜ 80/50
Verwendete Software für Berechnung / Visualisierung	<p>Berechnungssoftware: nFrames sure Visualisierung (nur intern): Acute 3D Viewer, Sure Editor, Cesium Viewer</p>
Veröffentlichung der Daten	Pilotphase DOM Mesh startet Ende 2024, danach Abgabe über Open Data geplant
Beispiellink	nur intern
Aktuelle Qualitätssicherungsmaßnahmen	Prüfen auf Flächendeckung und Vollständigkeit Überprüfung, ob benachbarte Mesh zueinander passen
Anwendungsfälle	<p>3D Karten - Flughafen München Visualisierung von Raumplanungselementen (Windräder, Solarflächen) - LRA Cham</p>

Bundesland	BY
Kurzbeschreibung	<p>Obliquebefliegung Würzburg (Sonderprojekt)</p> <p>Im Jahr 2022 wurde die Stadt Würzburg in einer Sonderbefliegung mit einer Obliquebefliegung aufgenommen. Die Befliegung fand in einer Kooperation mit der Stadt Würzburg und der Hochschule Würzburg zum Erfahrungsaustausch statt. Aus der Sonderbefliegung wurde ein 3D-Mesh abgeleitet, das mit den Schrägluftbildern texturiert wurde.</p>
	
Format	osgb, b3dm, slpk, obj
Koordinatenbezugssystem	osgb: Zahlenraum UTM 32, ETRS89, DHHN2016 b3dm: geogr. WGS84, ellipsoidische Höhe GRS80 slpk: UTM32, ETRS89, EGM96 obj: UTM32, ETRS89, DHHN2016
Ausgangsdaten	Obliqueluftbilder GSD 7, LÜ/QÜ 80/80
Verwendete Software für Berechnung / Visualisierung	Berechnungssoftware: nFrames sure Visualisierung (nur intern): Acute 3D Viewer, Sure Editor, Cesium Viewer
Veröffentlichung der Daten	nur innerhalb des Projektes mit der Stadt und der Hochschule Würzburg
Beispiellink	nur intern
Aktuelle Qualitätssicherungsmaßnahmen	Prüfen auf Flächendeckung und Vollständigkeit Überprüfung, ob benachbarte Mesh zueinander passen Überprüfung der Höhenbezugssysteme mit Passpunkten
Anwendungsfälle	Grundlage für die Erfassung des Stadtmobiliars von Würzburg für den Digitalen Zwilling Würzburg (Stadt Würzburg) Grundlage für Abschlussarbeiten im Bereich Geovisualisierung an der Hochschule Würzburg

Bundesland	NI
Kurzbeschreibung	<p>Obliquebefliegung Osnabrück (Sonderprojekt – 212km²)</p> <p>Die Befliegung fand 2023 in Kooperation mit der Stadt Osnabrück statt. Aus der Befliegung wurde ein 3D-Mesh abgeleitet, das mit den Schrägluftbildern texturiert wurde.</p>
	
Format	osgb, b3dm, slpk
Koordinatenbezugssystem	<p>osgb: Zahlenraum UTM 32, ETRS89, DHHN2016</p> <p>b3dm: UTM32, ETRS89, DHHN2016</p> <p>slpk: UTM32, ETRS89, DHHN2016</p>
Ausgangsdaten	Nadirluftbilder GSD 5cm, Obliqueflugluftbilder GSD 10cm, Überdeckung 80/60
Verwendete Software für Berechnung / Visualisierung	<p>Berechnungssoftware: nFrames sure</p> <p>Visualisierung (nur intern): nFrames sure Editor</p>
Veröffentlichung der Daten	durch die Stadt Osnabrück
Beispiellink	https://geo.osnabrueck.de/osnabrueckin3d/
Aktuelle Qualitätssicherungsmaßnahmen	Prüfen auf Flächendeckung und Vollständigkeit

Bundesland	MV
Kurzbeschreibung	In Kooperation mit der zuständigen Katasterbehörde hat das Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen Mecklenburg-Vorpommern im Sommer 2022 insgesamt 4 Städte mit einer Obliquekamera befliegen lassen und die Produkte bDOM, TrueDOP und 3D-Mesh erstellt. Die Meshdaten sind in den Geoportalen abrufbar.
	
Format	osgb für die Datenhaltung 3d Tiles und slpk für die Datenabgabe und Web-Visualisierung
Koordinatenbezugssystem	Lage: EPSG 25833 (ETRS89/ UTM Zone 33) Höhe: EPSG 7837 (DHHN2016)
Ausgangsdaten	Obliqueluftbilder (Kamera Osprey 4.1), GSD 10, LÜ/QÜ 80/60
Verwendete Software für Berechnung / Visualisierung	Aerotriangulation: Trimble INPHO MatchAT Berechnungssoftware: nFrames sure Visualisierung: nFrames sureEditor (osgb), ESRI ArcGISEarth (slpk) Interne Visualisierung: VCS Publisher (3d Tiles)
Veröffentlichung der Daten	Web: Geoportal Schwerin (Masterportal) und Geoportal Mecklenburg-Vorpommern
Beispiellink	https://www.schwerin.de/mein-schwerin/leben/planen-bauen/geodaten_katats-ter_vermessung/geoportal-schwerin/ oder https://www.geoportal-mv.de/portal/Geodatenviewer/GAIA-MVlight/3D?v=1271663.9070927864y7099635.591544823r1.8257910008776868 (Thema: 3D-Oberflächenmodell / Schwerin aktivieren)
Aktuelle Qualitätssicherungsmaßnahmen	Visuelle Kontrolle, Randkontrolle zum DOP, zur Karte und zu benachbarten Mesh, gleichzeitige Visualisierung mit LoD2 zur Plausibilitätsprüfung
Anwendungsfälle	Verschattungsanzeige, 3D-Visualisierung zur TrueDOP Auswertung im ATKIS-DLM