



Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster

Wegleitung digitale Datenschnittstelle – OGC GeoPackage (GPKG)

Version 1.0

Autor Bächtold & Moor AG
Silvan Wermelinger

Datum 19.01.2024

Erstellung und Änderungen

Datum	Version	Wer	Was
31.03.2023	1.0	WS (B&M)	Initiale Version für das MGDM V2.0
19.01.2024	1.0	SMD	Attribut «Document» in «OlsCadastre» hinzugefügt

Aktenzeichen: BAZL-155.43-6/8



Inhaltsverzeichnis

1	Kontext und Zweck	3
1.1	Grundlagen.....	3
1.2	Ausgangslage.....	3
1.3	Zweck	3
1.4	Ziele.....	4
2	Allgemeine Definitionen	5
2.1	GeoPackage Format	5
2.2	Koordinatensystem.....	5
2.3	Datenbank und Tabellen	5
2.4	Wertebereiche	5
2.5	Integritätsüberprüfungen	5
3	Die GeoPackage-Schnittstelle	7
3.1	Allgemeines	7
3.2	Wertebereiche	7
3.3	Spezifikation der Vector Features und Tabellen	9
4	Konstruktionsvorschriften	15
4.1	Erlaubte Geometrietypen	15
4.2	Approximation von Kreisbögen	15
4.3	Snapping	15
4.4	Featureübergreifende Konsistenz	16
4.5	Topologische Integrität	16
4.6	Schneidende und übereinander liegende Ebenen	18
5	Abgabe	19

1 Kontext und Zweck

1.1 Grundlagen

- [1] Bundesamt für Zivilluftfahrt (2024): Interlis 2.3-Modell (.ili) CadastreOfObstacle-LimitationSurfaces_V2, Version 2 vom 19.01.2024
- [2] Bundesamt für Zivilluftfahrt (2024): Dokumentation "Minimales Geodatenmodell" Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster, Version 2.0 vom 19.01.2024

1.2 Ausgangslage

Der Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster (HBK, engl. *OLS*) wird nach Art.62 der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL; 748.131.1) durch die Flugplatzhalter gemäss ICAO Annex 14 erstellt und nachgeführt. Die Lieferung ans Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) erfolgt in Karten-/Planform und digital.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) gibt gemäss Art. 9 der Geoinformationsverordnung (GeoIV; SR 510.620) als zuständige Stelle des Bundes ein minimales Geodatenmodell (MGDM) für Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster (ID 106, Anhang 1 GeoIV) vor, welches die Struktur und den Detaillierungsgrad des Inhalts vorgibt. Das revidierte MGDM in der Version 2.0 [1] wurde am 29.03.2022 verabschiedet (Aktenzeichen: BAZL-155.43-6/3/2).

1.3 Zweck

Dieses Dokument definiert und beschreibt die **digitale Datenschnittstelle**, über welche das BAZL gemäss dem minimalem Geodatenmodell [1] Geometrie- und Attributinformationen der Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster (HBK) entgegennimmt. Das BAZL transformiert schliesslich die Daten ins INTERLIS-Format¹. Die Geodaten der Flugplatzhalter (oder von ihm beauftragter Ingenieurbüros) können somit zur weiteren Verarbeitung, Analyse und Publikation in eine digitale Prozesskette übernommen werden.

Damit die Erstellung digitaler HBKs einer breiten Schicht von Lieferanten und Dienstleistern offensteht, wurden drei **Austausch- und Schnittstellenformate** definiert:

1. das File Geodatabase Format (GDB) von ESRI
2. das Drawing Interchange File Format (DXF) von Autodesk
3. das plattformunabhängige und nicht-proprietäre GeoPackage Format (GPKG) des Open Geospatial Consortiums (OGC)

Das vorliegende Dokument beschreibt die **Erfassungs- und Attributierungsregeln** für das Schnittstellenformat GeoPackage (GPKG), um eine automatische Transformation in die HBK-Zielstruktur zu ermöglichen. Für grundlegende Definitionen und Hintergründe wird auf die Modelldokumentation [2] verwiesen.

¹ INTERLIS Webseite: <https://www.interlis.ch/>

1.4 Ziele

In diesem Dokument werden die Anforderungen an die Geometrie- und Attributinformationen der Inputdateien spezifiziert. Unter Kapitel 2 werden allgemeine Definitionen erläutert und in Kapitel 3 werden die Spezifikationen der GeoPackage-Schnittstelle erklärt. Kapitel 4 fasst die wichtigsten Konstruktionsvorschriften zusammen und Kap. 5 enthält Hinweise zur Datenabgabe. Der Flugplatz Wangen-Lachen (LSPV) wurde zu Anschauungszwecken als Vorzeigemodell aufgeführt. Das vollständige GeoPackage kann unter diesem [Hyperlink](#) heruntergeladen und als Vorlage genutzt werden.

2 Allgemeine Definitionen

2.1 GeoPackage Format

Das GeoPackage (.gpkg) ist ein offenes, nicht proprietäres und plattformunabhängiges Format, welches vom Open Geospatial Consortium (OGC) entwickelt wurde. Die Schnittstelle ist für die Verarbeitung von GeoPackages 1.0 und neuer ausgelegt. Das Format GeoPackage wird von vielen gängigen Geoinformationssystemen genutzt. Eine nicht abschliessende Liste der unterstützten Programme kann in der GPKG Dokumentation² entnommen werden. Die hier dokumentierten Festlegungen sind in ArcGIS Pro 3.0.3 getestet.

2.2 Koordinatensystem

Das minimale Geodatenmodell für Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster [1] basiert auf dem schweizerischen Landeskoordinatensystem im Bezugsrahmen der neuen Landesvermessung (1995). Die HBKs müssen im Bezugsrahmen LV95 (Bezugssystem CH1903+) erstellt werden. Für den Höhenbezugsrahmen ist das Landesnivellementnetz LN02 zu verwenden.

2.3 Datenbank und Tabellen

Die GeoPackage-Schnittstelle basiert auf einer SQLite-Datenbankdatei, welche sämtliche Informationen zu Kataster und thematischen Klassen eines HBK in Feature Tables (Tabellen) abbildet. Diese Tabellen können unter anderem auch die für den HBK erforderlichen Geometrieinformationen als Vektordaten speichern.

2.4 Wertebereiche

Der Wertebereich (Englisch: Domain) einer Datenbank beschreibt die Menge an gültigen Werten, die einem bestimmten Attribut zugeordnet werden kann. Diese werden unter Kapitel 4.2 in der Modelldokumentation [2] oder in diesem Dokument unter *Tabelle 1* aufgeführt.

2.5 Integritätsüberprüfungen

2.5.1 Integrität der Attribute

Die Integrität der Attribute beschreibt den Zustand der Datenbank, bei der alle Attribute aus dem jeweiligen Wertebereich stammen. Zwar werden die Wertebereiche im GeoPackage definiert, allerdings werden diese seitens GeoPackage nicht erzwungen. Die Integritätsüberprüfung wird durch das BAZL im Rahmen der späteren Interlis-Validierung vorgenommen.

2.5.2 Bedingungen

Einzelne Werte unterliegen Bedingungen (Englisch: *constraints*). Diese Bedingungen umfassen beispielsweise, dass HeightAccordingVIL den Wert 'false' aufweisen muss, wenn im Vector Feature HeightAboveGround nicht NULL ist. Die Überprüfung, ob diese Bedingungen eingehalten wurden, wird durch das BAZL im Zuge der Interlis-Validierung vorgenommen.

² GeoPackage Encoding Standard (OGC, V1.3.1): <https://www.geopackage.org/spec131/>

2.5.3 Topologische Integrität

Die Integrität bezüglich der Geometrien wird topologische Integrität genannt. Die Überprüfung dieser wird ebenfalls durch das BAZL vorgenommen. Hinweise dazu werden in Kapitel 4.5 gegeben.

3 Die GeoPackage-Schnittstelle

3.1 Allgemeines

Die wichtigsten Hilfsmittel zur Strukturierung der Information im GeoPackage sind Feature Tables. Die Features des Datenmodells sind in vier Vector Features (Typ: gpkg_geometry_columns) und einem generellen Data Feature (Typ: gpkg_data_columns) abgebildet. Anzahl und Namen der Features sind vorgegeben und dürfen daher nicht verändert werden (*Abbildung 1*).

Die nachfolgenden Spezifikationen beruhen auf den Vorgaben des Minimalen Geodatenmodells [1]. Die Angaben bezüglich Attributnamen (Tabellen *Tabelle 2**Tabelle 10*, Spalte Attribut) und Wertebereiche (Tabellen *Tabelle 2**Tabelle 10*, Spalte Wertebereich) wurden der Modelldokumentation [2] aus dem Kapitel 4.2, 4.3 und 5 entnommen. Zusätzliche Wertebereiche wurden, wo notwendig, definiert (zum Beispiel: Numerische Wertebereiche oder Bool'sche Ausdrücke).

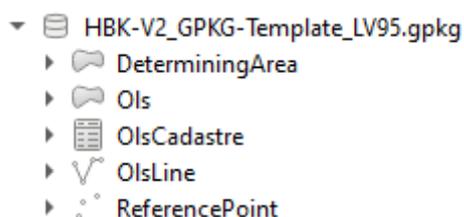


Abbildung 1: Tabelle und Vector Features der GeoPackage-Schnittstelle

3.2 Wertebereiche

Wertebereiche CadastreType, SurfaceType, Operation, LineType und PointType wurden aus der Modelldokumentation entnommen [2, Kapitel 4.2] und sind unter *Tabelle 1* aufgeführt. Weitere Wertebereiche wurden hinzugefügt, wenn diese zwar nicht explizit als Wertebereiche in der Modelldokumentation aufgelistet sind, jedoch als Restriktion erwähnt werden. Namentlich sind das die Wertebereiche Boolean für Boolesche Wahrheitswerte *true* / *false* (wahr / falsch) im Vector Feature DeterminingArea und OlsLineElevation für Höhenangaben im Vector Feature OlsLine.

Die verschiedenen Wertebereiche sind in der bereitgestellten GeoPackage-Template-datei abgelegt (*Abbildung 2*). Diese dienen zum Nachschlagen des gültigen Wertebereichs.

Domain Name	Description	Field Type	Domain Type
Boolean	Boolean: true/false	Text	Coded Value Domain
CadastreType	Aufzählung für den Bezugstyp des Katasters gemäss Art. 2m VIL	Text	Coded Value Domain
LineType	Aufzählung für OLS-Linientyp	Text	Coded Value Domain
OlslineElevation	Gültigkeitsbereich 0-5000	Float	Range Domain
Operation	Aufzählung für Flugoperation	Text	Coded Value Domain
PointType	Aufzählung für Typ des OLS-Bezugspunkts	Text	Coded Value Domain
SurfaceType	Aufzählung für OLS-Flächentyp	Text	Coded Value Domain
HeightAboveGround	Zulässige, fixe Objekthöhe	Float	Range Domain

Abbildung 2: Wertebereiche als GeoPackage-Domains

Tabelle 1: Wertebereiche des minimalen Geodatenmodells

Wertebereich	Wert	Beschreibung
CadastreType	AerodromeHeliport	Flugplatz oder Heliport
	AirNavigationFacility	Flugsicherungsanlage
	FlightPath	Flugweg
LineType	Auxiliary_line	Graphische Hilfslinie, z. B. Linie einer nicht massgebenden Fläche
	Boundary_line	(Teil-)Umrandung einer OLS
	Center_line	Achse der Pisten sowie der An- und Abflugwege
	Contour_line	Höhenlinie / Höhenschichtlinie
	HzBoundary_line	Horizontale (Teil-)Umrandung einer OLS
	Intersection_line	Schnittlinie zweier Flächen
Operation	Circuit	Voltenflug
	Non_instrument_approach	Sichtanflug
	Non_precision_approach	Nicht-Präzisionsanflug
	Precision_approach	Präzisionsanflug
	Take_off_climb	Abflug
PointType	ARP	Flugplatzbezugspunkt
	CLP	Achspunkt
	DER	Operationelles Pistenende
	FATO	Mittelpunkt der FATO (<i>Final approach and take-off area</i>)
	THR	Bezugspunkt auf Pistenschwelle
SurfaceType	Approach_surface	Anflugfläche
	Approach_surface_heli	Anflugfläche für Helikopter
	Balked_landing_surface	Durchstartfläche
	Calotte_area	Kuppel-Teilfläche bei Anomalien / Kalotte
	Conical_surface	Konische Fläche
	Critical_sensitive_area	Schutzfläche für Navigationsanlagen
	FATO_area_heli	Endanflug- / Startfläche für Helikopter
	Inner_approach_surface	Innere Anflugfläche
	Inner_horizontal_surface	Innere Horizontalfäche
	Inner_transitional_surface	Innere seitliche Übergangsfäche
	Obstacle_protection_surface	VASIS-Schutzfläche
	One_engine_out_surface	One Engine Inoperative-Fläche
	PANS OPS_surface	PANS-OPS-Fläche
	Protected_side_slope_heli	Geschützte seitliche Neigung für Helikopter
Runway_strip	Pistenstreifen	

	Safety_area_heli	Sicherheitsbereich für Helikopter
	Takeoff_climb_surface	Abflugfläche
	Takeoff_climb_surface_heli	Abflugfläche für Helikopter
	Takeoff_flightpath_area	AOC-Fläche
	Transitional_surface	Seitliche Übergangsfläche
Boolean	true	Boolescher Wahrheitswert: wahr
	false	Boolescher Wahrheitswert: falsch
OlsLineElevation	[0,...,5000]	Erlaubte Werte in Meter
HeightAboveGround	[0,...,100]	Erlaubte Werte in Meter
HeightAccordingVIL	NULL	Besitzt keine Informationen bez. Geltung VIL
		Geländedurchstossung nach VIL
	true	Geländedurchstossung entspricht nicht nach
	false	VIL

3.3 Spezifikation der Vector Features und Tabellen

Nachfolgend werden die Spezifikationen der fünf zu liefernden Elementen (*Abbildung 1*) aufgeführt. Die ausgegrauten Zeilen sind jeweils Objektkennungsmerkmale der GPGK-Tabellen welche standardmässig vorhanden sein müssen. Sie werden hier vollständigshalber ebenfalls aufgeführt.

Die jeweiligen Attribute wurden aus der Dokumentation zum Minimalen Geodatenmodell [2, Kapitel 4.3 und Kapitel 5] entnommen. Die Information, ob Nullwerte erlaubt sind, wurde aus den Kardinalitätsangaben übersetzt. Somit sind Nullwerte, beispielsweise bei einer minimalen Kardinalität von 1, nicht erlaubt.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Attribut SurfaceName die Einträge zwischen den jeweiligen Vector Features bzw. Tabellen eindeutig referenziert.

3.3.1 OlsCadastre

Die Tabelle OlsCadastre beinhaltet Angaben zum Kataster. Nachfolgend sind die Spezifikationen zu finden (*Tabelle 2: Spezifikationen der Tabelle OlsCadastre*), Beschreibungen der Attribute erklärt (*Tabelle 3*) und ein Bildschirmfoto vom Zielzustand (*Abbildung 3*) zu Illustrationszwecken aufgeführt.

Tabelle 2: Spezifikationen der Tabelle OlsCadastre

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
CadastreName	Text	Nicht erlaubt	30	
CadastreType	Text	Nicht erlaubt	255	CadastreType
IcaoLocationIndicator	Text	Erlaubt	4	
Document	Text	Erlaubt	1023	
ValidFrom	Date	Erlaubt		
ValidUntil	Date	Erlaubt		
LatestModification	Date	Nicht Erlaubt		

Tabelle 3: OlsCadastre: Beschreibung der Attribute

Attribut	Beschreibung
CadastreName	Eindeutige Bezeichnung des OLS-Katasters

CadastreType	Bezugstyp für den Kataster gemäss Art. 2m VII
IcaoLocationIndicator	ICAO-Code für Flug- und Helikopterlandeplätze
Document	Link zum PDF-Plan (Wird vom BAZL ausgefüllt)
Validity	Gültigkeitsdauer und Zeitpunkt der letzten Änderung (Datum der Genehmigung / Inkraftsetzung durch das BAZL)

OBJECTID *	CadastreName	CadastreType	IcaoLocationIndicator	ValidFrom	ValidUntil	LatestModification
1	HBK_LSPV	AerodromeHeliport	LSPV	31.08.2022	31.08.2032	31.08.2022

Abbildung 3: OlsCadastre für LSPV

3.3.2 Ols

Die Hindernisbegrenzungsflächen (OLS) werden durch eine Dreiecksvermaschung (TIN) erstellt. Eine TIN kann nicht direkt in einem Vector Feature gespeichert werden. Deshalb müssen die TINs in 3D-Polygone überführt werden. Unter *Tabelle 4* werden die Anforderungen an die Attribute des Vector Feature OLS zusammengefasst und unter

Tabelle 5 werden die Attribute beschrieben. *Abbildung 4* dient zur Veranschaulichung des Zielzustands.

Hinweis: Alle OLS, die mit Helikopter in Zusammenhang stehen, sollten bei dem Attribut RunwayCodeNumber keinen Wert (NULL) haben.

Tabelle 4: Spezifikation der Attribute des Vector Features Ols

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
ShapeLength	Double			
ShapeArea	Double			
SurfaceName	Text	Nicht erlaubt	60	
SurfaceType	Text	Nicht erlaubt	255	SurfaceType
RunwayDesignator	Text	Erlaubt	20	
RunwayCodeNumber	Short	Erlaubt		[1,...,4]
Operation	Text	Erlaubt	255	Operation
Modification	Date	Erlaubt		

Tabelle 5: Ols: Beschreibung der Attribute

Attribut	Beschreibung
SurfaceName	Eindeutige Bezeichnung der OLS, beispielsweise: <ul style="list-style-type: none"> Anflug Fläche 07: <i>Approach_surface_07</i> Anflug Fläche 07 (Segelflug): <i>Approach_surface_07S</i>
SurfaceType	Typ der OLS
RunwayDesignator	Angabe der Pistenzugehörigkeit
RunwayCodeNumber	Pistenklassifizierung nach ICAO (relevant in Kombination mit «Operation» und «SurfaceType»)

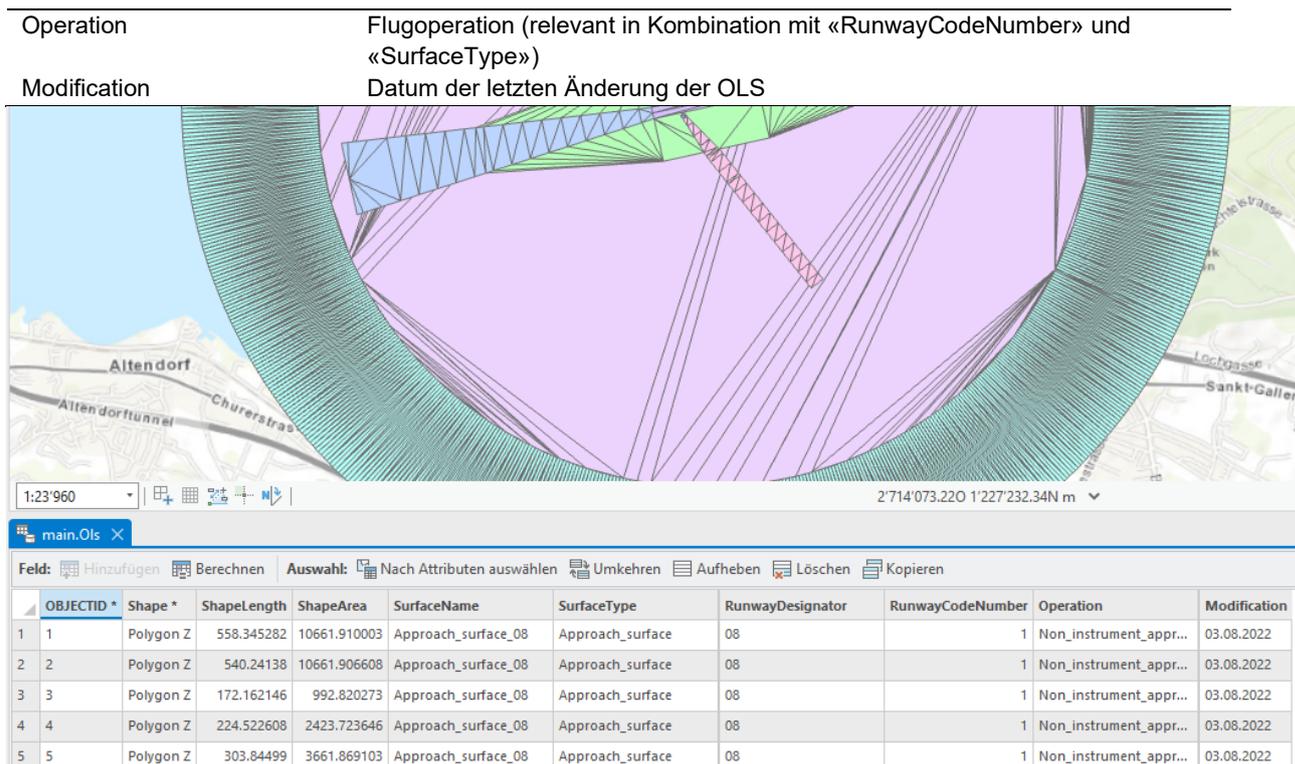


Abbildung 4: Bildschirmauszug: Vector Feature main.Ols

3.3.3 OlsLine

Die Linienelemente von OLS-Objekten werden im Vector Feature OlsLine als 2D-Linien (LineString) abgebildet. Neben den unter ESRI ArcGIS Pro üblich aufgeführten Attributen hat das Vector Feature OlsLine zusätzlich die Attribute LineType und Elevation (Tabelle 6).

Des Weiteren gilt die Bedingung: Wenn die LineType als HzBoundary_line oder Contour_line aufgeführt ist, darf das Attribut Elevation nicht leer bleiben [2, S. 22, Fussnote 3].

Tabelle 6: Spezifikation der Attribute des Vector Features OlsLine

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
Shape_Length	Double			
SurfaceName	Text	Nicht erlaubt	60	
LineType	Text	Nicht erlaubt	255	LineType
Elevation	Float	Erlaubt		OlsLineElevation

Tabelle 7: OlsLine: Beschreibung der Attribute

Attribut	Beschreibung
SurfaceName	Eindeutige Bezeichnung der OLS
LineType	Eindeutige Bezeichnung des OLS-Katasters

Elevation

Höhe über Meer in Metern (für Höhengschichtlinien und horizontale Umrandungslinien zwingend erforderlich)

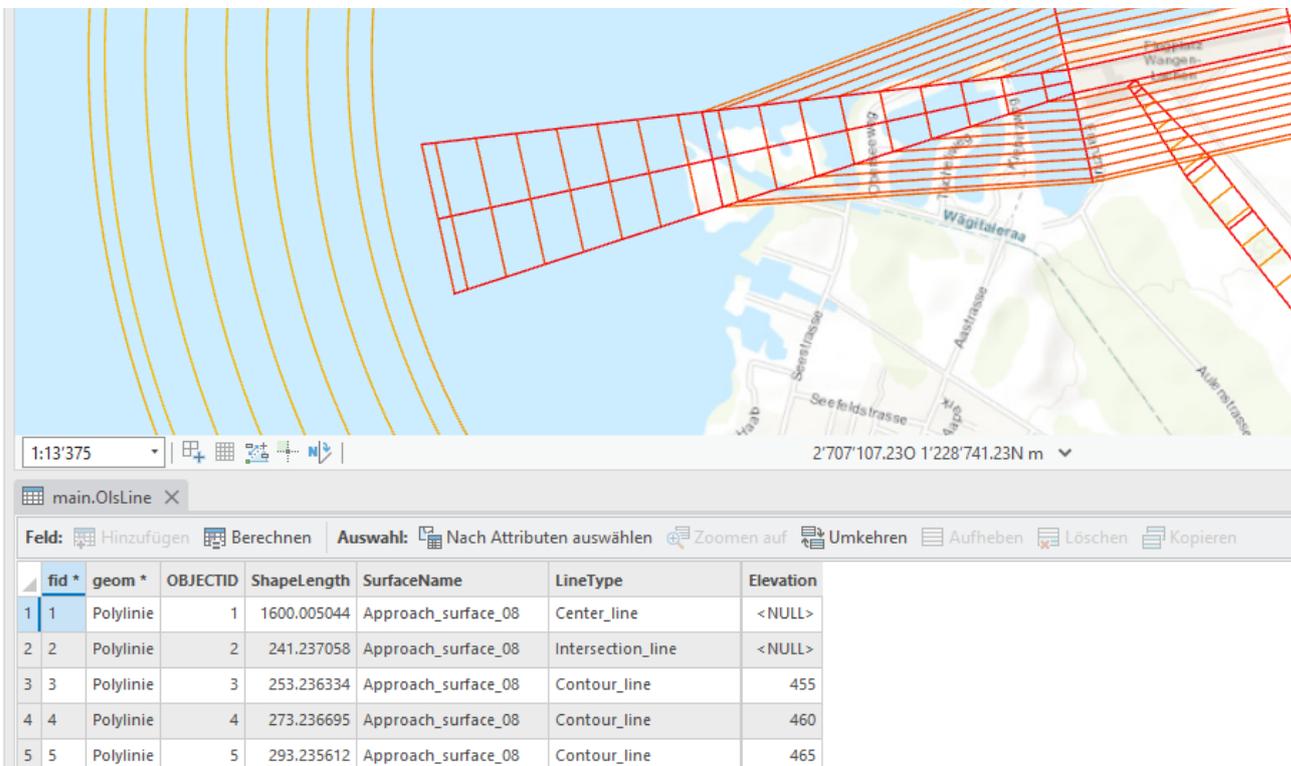


Abbildung 5: Bildschirmauszug: Vector Feature main.OlsLine

3.3.4 DeterminingArea

Bisher wurden die jeweils restriktivsten Flächen in der Klasse RestrictiveArea abgebildet. Neu heisst diese Klasse DeterminingArea. Die massgebenden OLS-Flächen werden als eine lücken- und überlappungsfreie Sammlung von 2D-Polygonen abgebildet.

Geländedurchstossungen werden neu im Vector Feature DeterminingArea abgebildet. Diese Einträge sind unter dem Attribut SurfaceName mit dem Namen der entsprechenden, durchstossenen Oberfläche gekennzeichnet (Abbildung 6).

Für die Geländedurchstossungen und Kalotten führt das minimale Geodatenmodell zwei Bedingungen hinsichtlich der Attributsintegrität auf [2, S. 22, Fussnoten 4 und 5]:

1. Wenn HeightAboveGround definiert ist, muss HeightAccordingVIL false sein.
2. Wenn HeightAccordingVIL true ist, muss HeightAboveGround leer sein.

Bezüglich der übrigen OLS-Flächen wird darauf hingewiesen, dass HeightAboveGround und HeightAccordingVIL leer, bzw. NULL, bleiben sollten (Abbildung 6).

Tabelle 8: Spezifikation der Attribute des Vector Features DeterminingArea

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
ShapeLength	Double			
ShapeArea	Double			
SurfaceName	Text	Nicht erlaubt	60	
HeightAboveGround	Integer	Erlaubt		HeightAboveGround
HeightAccordingVIL	Text	Erlaubt	255	Boolean

Tabelle 9: DeterminingArea: Beschreibung der Attribute

Attribut	Beschreibung
SurfaceName	Eindeutige Bezeichnung der OLS
HeightAboveGround	Zulässige, fixe Objekthöhe über Grund in Metern für Gebiete mit einer Geländedurchstossung (alternativ zu Kalotte)
HeightAccordingVIL	Angabe, ob in einem Gebiet mit einer Geländedurchstossung die Objekthöhen gemäss VIL gelten (alternativ zu Kalotte und fixer Objekthöhe)

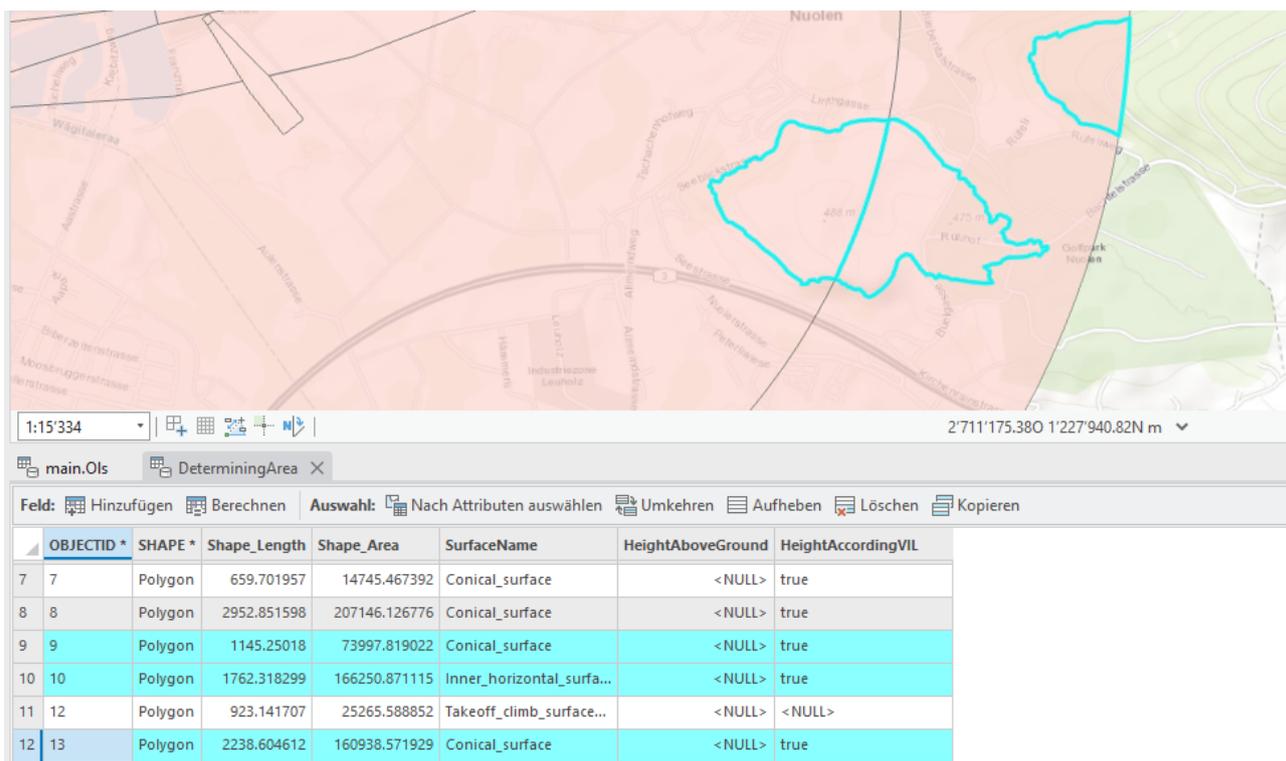


Abbildung 6: Geländedurchstossungen (blaue Umrandung) und Attributtabelle des Vector Features DeterminingArea

3.3.5 ReferencePoint

Räumliche Bezugspunkte der OLS werden im Vector Feature ReferencePoint als 3D-Punkte abgebildet. Das Attribut SurfaceName referenziert die Punkte zu der jeweiligen OLS (Abbildung 7). Das Attribut PointType beinhaltet den Typ des Referenzpunkts.

Tabelle 10: Spezifikation der Attribute des Vector Features ReferencePoint

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
SurfaceName	Text	Nicht erlaubt	255	
PointType	Text	Nicht erlaubt	255	PointType

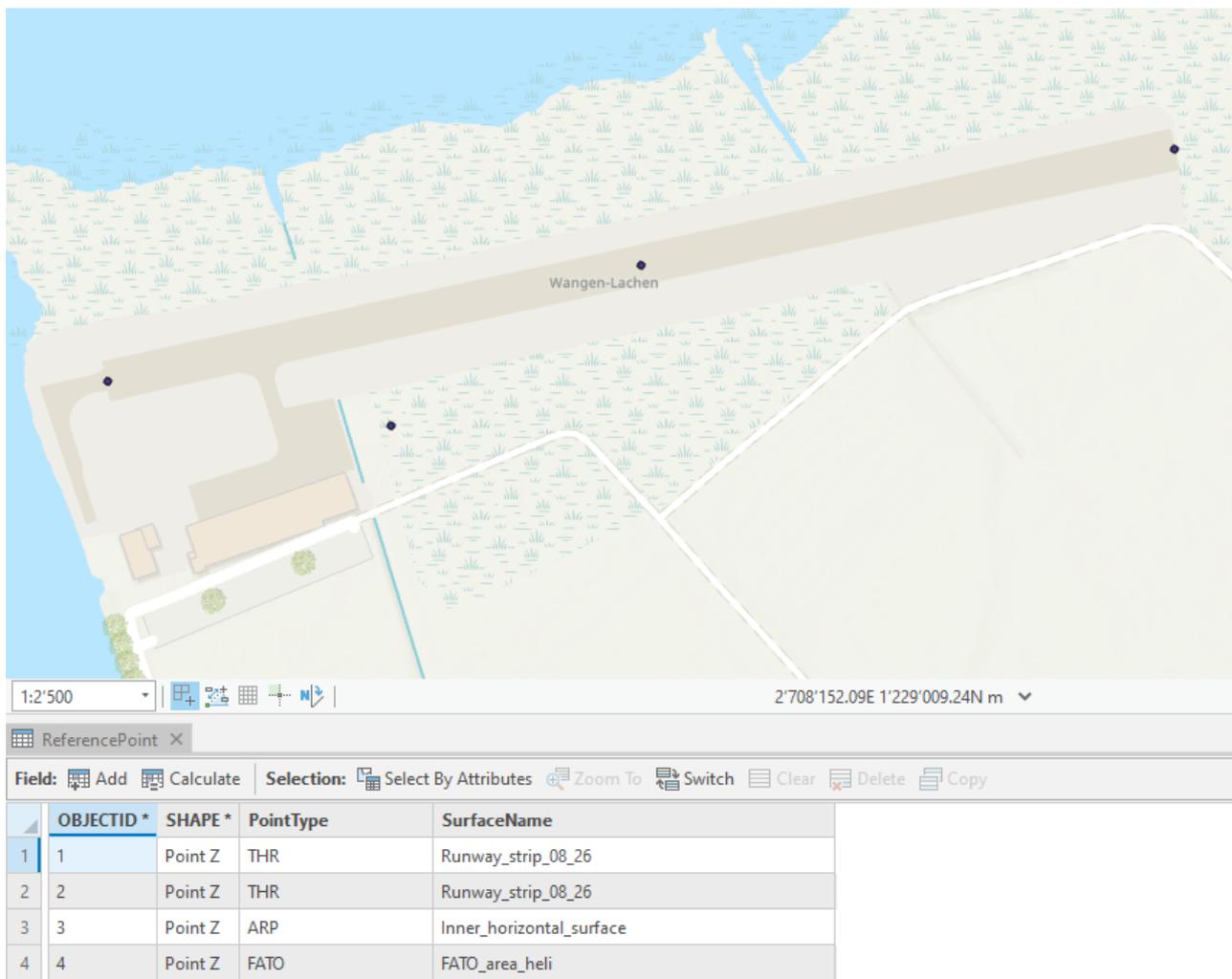


Abbildung 7: Bildschirmauszug: ReferencePoint mit Attributtabelle

4 Konstruktionsvorschriften

4.1 Erlaubte Geometrietypen

Die vorgegebenen Geometrietypen der verschiedenen Klassen sind in *Tabelle 11* zusammengefasst und dienen als Grundlage zur Konstruktion. Es soll insbesondere geachtet werden, dass keine zusammengesetzten Geometrien vorkommen und die 2D/3D-Vorgaben eingehalten werden.

Tabelle 11: Geometrietypen der Vector Features im GeoPackage

Vector Feature	Geometrietyp	3D?
Ols	PolygonZ	Ja
OlsLine	LineString	Nein
DeterminingArea	Polygon	Nein
ReferencePoint	PointZ	Ja

4.2 Approximation von Kreisbögen

Da Kreisbögen auch für geschwungene Segmente von OLS (z. B. Conical Surface) nicht gestattet sind, müssen diese durch Geradensegmente approximiert werden. Hierbei gilt eine maximale Abweichung (Pfeilhöhe) der Approximation vom Original von maximal 1‰ des Radius. Beispiel: Radius 100m => $f_{\max} = 0.1\text{m}$ oder Radius 2700m => $f_{\max} = 2.7\text{m}$.



Abbildung 8: Darstellung der Abweichung f und der Geradensegmente (gestrichelte Linie)

Für den äusseren Rand eines Conical Surface mit 2700 m Radius resultiert so eine maximale Länge der Geradensegmente von 241 m, für den inneren Rand ($r = 2000\text{ m}$) eine maximale Länge von 178 m. Für gekrümmte An- und Abflugwege gelten dieselben Vorschriften.

Die maximale Länge der Geradensegmente lässt sich durch die folgende Formel annähern³:

$$s_{\max} \cong \sqrt{0.008 * r^2}$$

4.3 Snapping

End- resp. Stützpunkte aneinanderstossender Geometrieelemente müssen zwingend dieselben 3D-Koordinaten aufweisen (3D-Snap in X, Y und Z). So müssen z. B. sämtliche Randlinien einer OLS (Attribut "LineType" mit Wert „Boundary_line“) diese lückenlos umranden.

³ Die Formel zur Berechnung der Kreissehne wurde vereinfacht, weil der zweite Term ($f^2 = 0.000001 * r$) vernachlässigbar klein ist. Formel: Kreissehne (s), Abweichung (f) und Radius (r).

$$s = 2\sqrt{2rf - f^2}$$

4.4 Featureübergreifende Konsistenz

Die unter Kapitel 4.3 beschriebenen Bedingungen gelten auch featureübergreifend. So müssen z. B. die äusseren Randlinien der Inner Horizontal Surface identisch sein mit den inneren Randlinien der Conical Surface.

Dasselbe gilt für die Konsistenz zwischen den einzelnen Dreiecken einer Flächentriangulation und den dazugehörigen Randlinien oder den benachbarten Kanten. Beim Vector Feature Ols dürfen die Dreiecke verschiedener SurfaceTypes sich überlappen.

4.5 Topologische Integrität

Die Stützpunkte und Linien jeweiliger Elemente müssen dieselben Koordinaten aufweisen. Das heisst, dass beispielsweise die Linien, die im Vector Feature OlsLine die Umrandung einer Anflugfläche abbilden, dieselben x- und y-Koordinaten aufweisen müssen, wie die Linien des jeweiligen 3D-Polygones, das dieselbe Anflugfläche umrandet. Zudem sollen im Falle des Vector Features DeterminingArea keine Überlappungen oder Lücken vorkommen.

Die topologische Integrität ist verletzt, wenn sich die Anzahl und Anordnung der Stützpunkte ändert. Dies ist beispielsweise im Vector Feature DeterminingArea der Fall, wenn eine Geländedurchstossungsfläche modelliert wird (*Abbildung 6*). Dabei entstehen zusätzliche Stützpunkte an der Inner Horizontal Surface und dadurch können sich die Polygone zwischen beispielsweise den Vector Features Ols und DeterminingArea für dieselbe Oberfläche unterscheiden (*Abbildung 9*). Dies kann behoben werden, indem zusätzliche Stützpunkte hinzugefügt werden, sodass letztlich alle Geometrien an denselben Stellen einen Stützpunkt aufweisen. Dies wurde beispielsweise an der Kreuzung zweier Linien (*Abbildung 9*, Mitte) gemacht. Schliesslich konnte so die topologische Integrität gewährleistet werden.

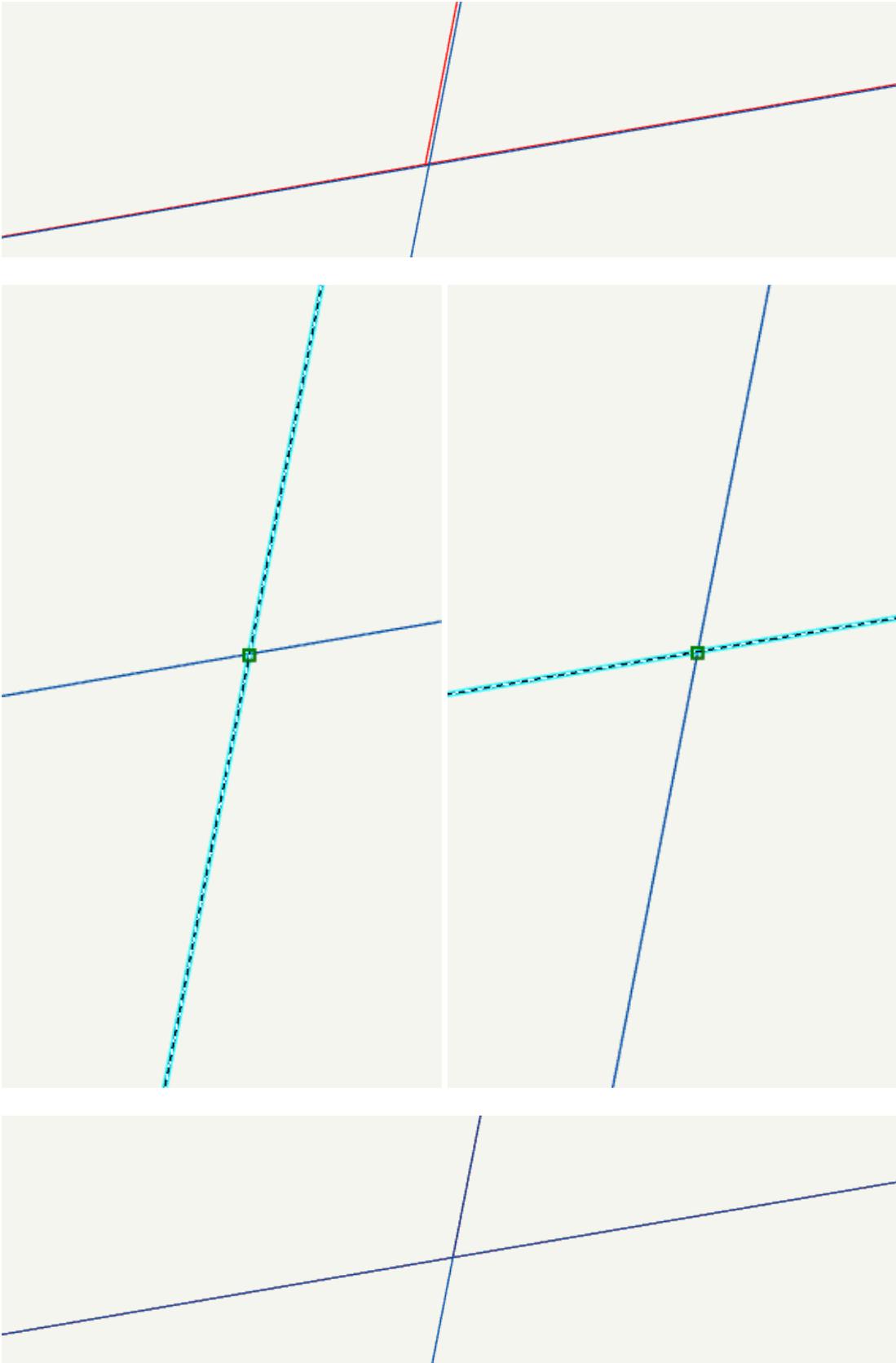


Abbildung 9: Illustration der topologischen Integrität. Oben: Linien (blau) stimmen nicht mit den dazugehörigen Polygonlinien (rot) überein. Mitte: Einsetzen von zusätzlichen Stützpunkten. Unten: Topologische Integrität erfüllt (rote Linie nicht sichtbar, weil unterhalb der blauen Linie).

4.6 Schneidende und übereinander liegende Ebenen

Hindernisbegrenzungsflächen sind immer unabhängig voneinander und vollständig zu konstruieren und abzuspeichern. Auch nicht-massgebende Flächenteile müssen enthalten sein.



Abbildung 10: Schneidende und übereinander liegende OLS sind unabhängig und vollständig zu konstruieren (von der Seite betrachtet).

Auf die Aufteilung der TIN-Dreiecksvermaschung entlang von 3D-Schnittlinien zwischen Ebenen kann verzichtet werden. Allerdings müssen die Schnittlinien für die Bestimmung der DeterminingAreas konstruiert werden, um die tiefst liegende Ebene an jeder Stelle exakt ausweisen zu können.

5 Abgabe

Die Namenskonvention für das Abgabedokument ist wie folgt definiert:

HBK_ICAO-NAME_DD-MM-JJJJ.gpkg (Datum = Datenstand der letzten Modifikation)

Im Falle des Beispiels Flugplatz Wangen-Lachen lautet die Dateibezeichnung:

HBK_LSPV_31-08-2022.gpkg

Das fertiggestellte GeoPackage kann an das BAZL zur Überprüfung und Abnahme gesendet werden.