



Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster

Wegleitung digitale Datenschnittstelle – Esri File Geodatabase (GDB)

Version 2.0

Autor BSF Swissphoto AG
Seyhan Kähya

Bächtold & Moor AG
Silvan Wermelinger

Datum 31.03.2023

Erstellung und Änderungen

Datum	Version	Wer	Was
09.03.2015	1.0	LAN	Initiale Version für das MGDM V1.0
23.03.2015	1.1	LAN	Angepasste Version
23.02.2023	2.0	WS (B&M)	Überarbeitete Version für das MGDM V2.0
19.01.2024	2.0	SMD	Attribut «Document» in «OlsCadastre» eingefügt

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	File Geodatabase Format	5
2.2	Koordinatensystem.....	5
2.3	Tabellen und Feature Classes	5
2.4	Wertebereiche	5
2.5	Integritätsüberprüfungen	5
3	Die File Geodatabase-Schnittstelle	7
3.1	Allgemeines	7
3.2	Wertebereiche	7
3.3	Spezifikation der Feature Classes 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 (2022): 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 File Geodatabase (GDB), 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 File Geodatabase-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. Die vollständige File Geodatabase kann unter diesem [Hyperlink](#) heruntergeladen und als Vorlage genutzt werden.

2 Allgemeine Definitionen

2.1 File Geodatabase Format

Die Schnittstelle wurde für die Verarbeitung von File Geodatabases in ESRI ArcGIS Pro 3.0 und neuer sowie ESRI ArcMap 10.8 und neuer ausgelegt. Die File Geodatabase (.gdb) ist ein proprietäres Format der Firma ESRI, welches aber dank einer offen dokumentierten API² von verschiedenen GIS-Programmen unterstützt wird.

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 Tabellen und Feature Classes

Die File Geodatabase-Schnittstelle verfügt über eine Tabelle mit Angaben zum Kataster und Feature Classes. Feature Classes sind Sammlungen einer thematischen Klasse (zum Beispiel 'DeterminingArea' für die massgebende Hindernisbegrenzungsfläche) mit einer dazugehörigen Geometriedefinition (z.B.: 2D-Polygone).

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 in der File Geodatabase definiert, allerdings werden diese seitens der File Geodatabase nicht erzwungen, um die Kompatibilität zwischen verschiedenen Versionen der ESRI Produkte zu gewährleisten. 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 in der Feature Class HeightAboveGround nicht NULL ist. Die Überprüfung, ob diese Bedingungen eingehalten wurden, wird durch das BAZL im Zuge der Interlis-Validierung vorgenommen.

² File Geodatabase API V1.4 (Stand 14.03.2023): https://appsforms.esri.com/products/download/index.cfm?fuseaction=#File_Geodatabase_API_1.4

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 File Geodatabase-Schnittstelle

3.1 Allgemeines

Die wichtigsten Hilfsmittel zur Strukturierung der Information in der File Geodatabase sind Feature Classes. Die Klassen des Datenmodells sind in vier Geometrie-Feature Classes und einer Tabelle abgebildet. Anzahl und Namen der Feature Classes 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 2Tabelle 10*, Spalte Attribut) und Wertebereichen (Tabellen *Tabelle 2Tabelle 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).

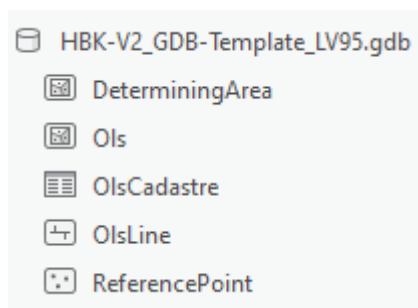


Abbildung 1: Tabelle und Feature Classes der GDB-Schnittstelle

3.2 Wertebereiche

Die Wertebereiche für 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) in der Feature Class DeterminingArea und OlsLineElevation für Höhenangaben in der Feature Class OlsLine.

Die verschiedenen Wertebereiche sind in der bereitgestellten File Geodatabase-Templatedatei 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 File Geodatabase-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 Horizontalfläche
	Inner_transitional_surface	Innere seitliche Übergangsfläche
	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 VIL
	false	VIL

3.3 Spezifikation der Feature Classes und Tabellen

Nachfolgend werden die Spezifikationen der fünf zu liefernden Elementen (*Abbildung 1*) aufgeführt. Die **ausgegrauten Zeilen** weisen darauf hin, dass diese Informationen direkt durch die ESRI GIS Software befüllt werden und vollständigkeithalber ebenfalls aufgeführt sind.

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 Feature Classes 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
CadastreType	Text	Nicht erlaubt	255	
IcaoLocationIndicator	Text	Erlaubt	4	
Document	Text	Erlaubt	1023	
ValidFrom	Date	Erlaubt		
ValidUntil	Date	Erlaubt		
LatestModification	Date	Nicht Erlaubt		

Tabelle 3: OlsCadaastre: Beschreibung der Attribute

Attribut	Beschreibung
CadaastreName	Eindeutige Bezeichnung des OLS-Katasters
CadaastreType	Bezugstyp für den Kataster gemäss Art. 2m VIL
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)

OlsCadaastre							
Field: Add Calculate		Selection: Select By Attributes		Zoom To	Switch	Clear	Delete Copy
Rows: Insert							
	OBJECTID *	CadaastreName	CadaastreType	IcaoLocationIndicator	ValidFrom	ValidUntil	LatestModification
1	1	HBK_LSPV	AerodromeHeliport	LSPV	31.08.2022	31.08.2032	31.08.2022

Abbildung 3: OlsCadaastre für LSPV

3.3.2 Ols

Die Hindernisbegrenzungsflächen (OLS) werden durch eine Dreiecksvermaschung (TIN) erstellt. Eine TIN kann nicht direkt in einer File Geodatabase gespeichert werden. Deshalb müssen die TINs in 3D-Polygone überführt werden. Unter Tabelle 4 werden die Anforderungen an die Attribute der Feature Class 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 beim Attribut RunwayCodeNumber keinen Wert (NULL) enthalten.

Tabelle 4: Spezifikation der Attribute der Feature Class Ols

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
Shape_Length	Double			
Shape_Area	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

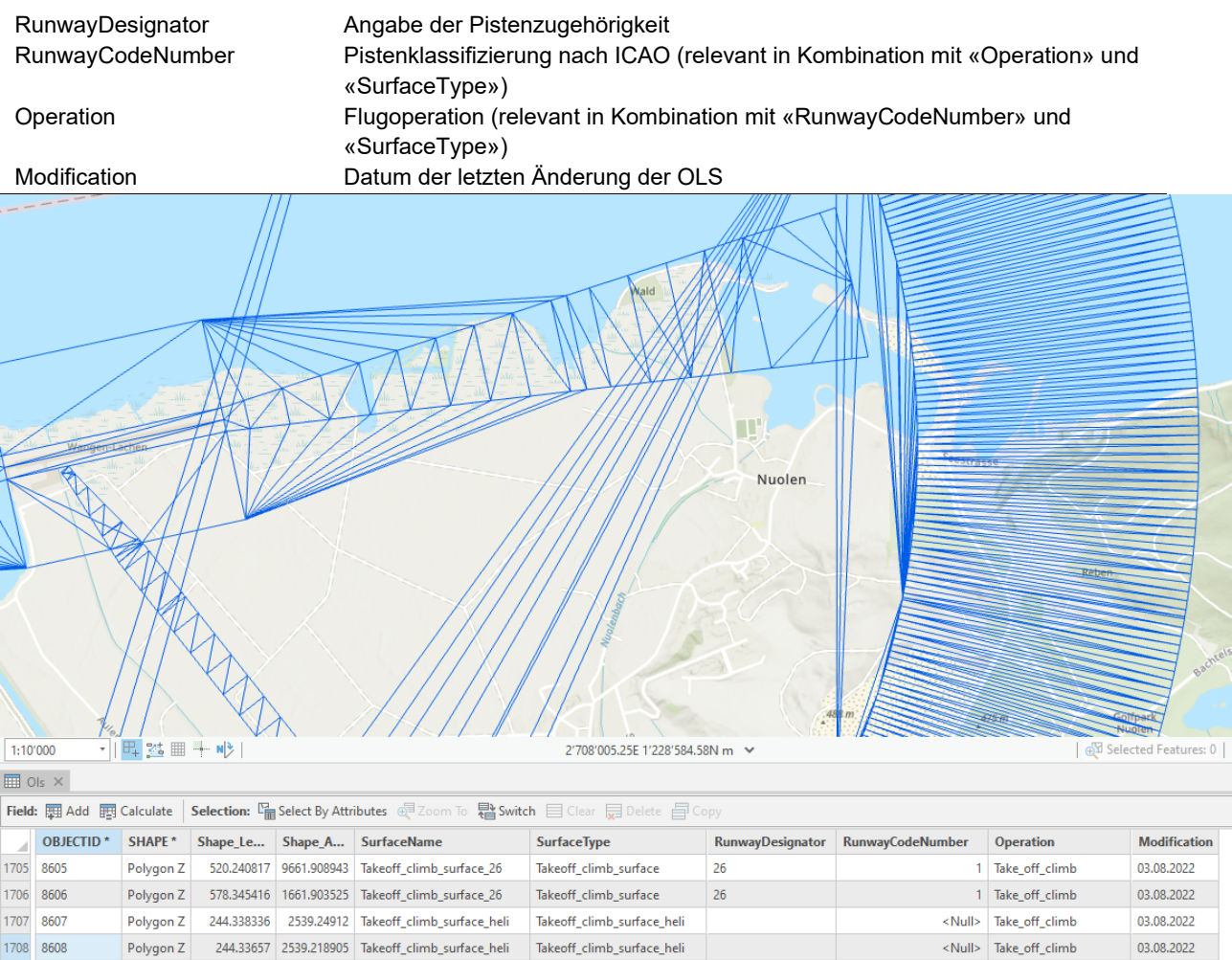


Abbildung 4: Bildschirmauszug: Feature Class Ols

3.3.3 OlsLine

Die Linienelemente von OLS-Objekten werden in der Feature Class OlsLine als 2D-Linien (Polyline) abgebildet. Neben den unter ESRI ArcGIS Pro üblich aufgeführten Attributen umfasst die Feature Class 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 der Feature Class 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 Höhenschichtlinien und horizontale Umrandungslinien zwingend erforderlich)

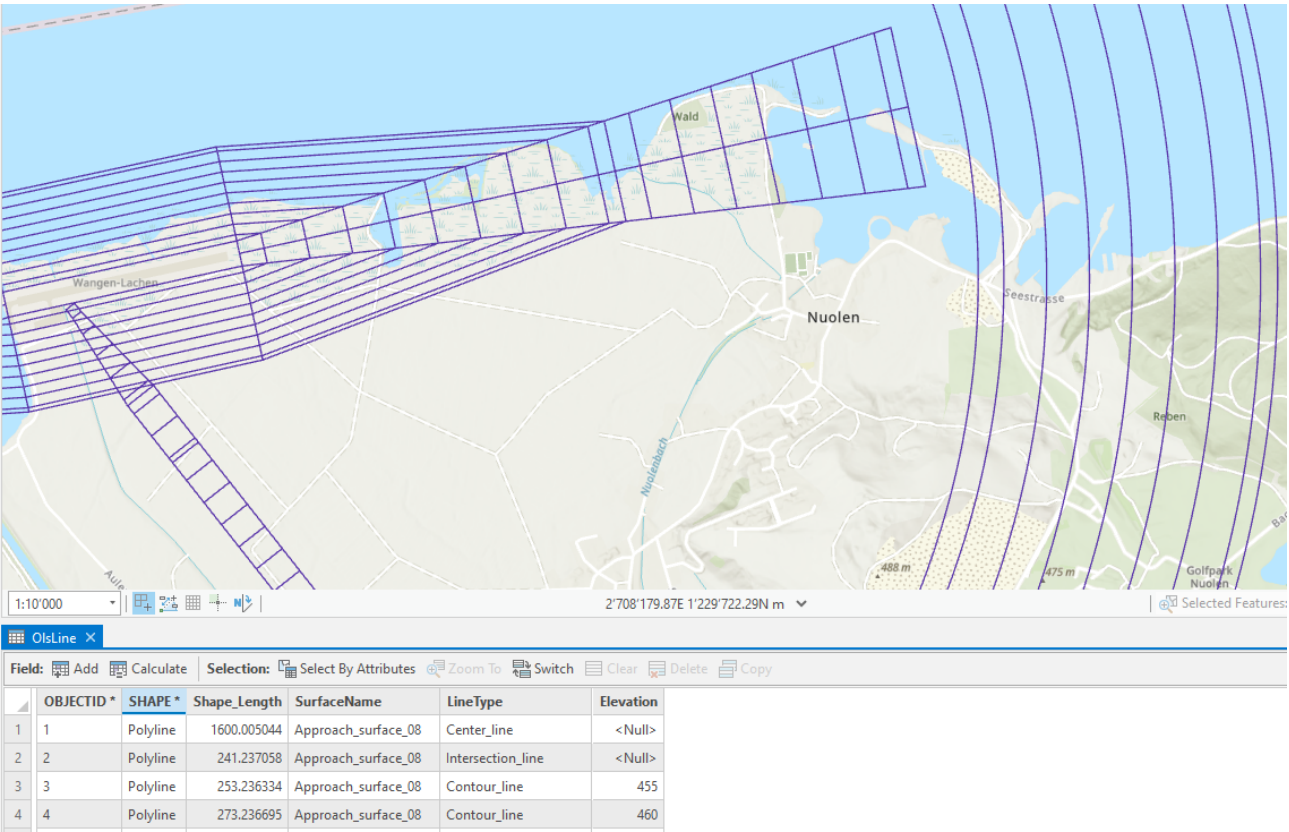


Abbildung 5: Bildschirmauszug: Feature Class OlsLine

3.3.4 DeterminingArea

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

Geländedurchstossungen werden neu in die Feature Class 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 Attributintegrität 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 (NULL) sein.

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

Tabelle 8: Spezifikation der Attribute der Feature Class DeterminingArea

Attribut	Datentyp	Nullwerte	Länge	Wertebereich
OBJECTID	Object ID			
SHAPE	Geometry			
Shape_Length	Double			
Shape_Area	Double			
SurfaceName	Text	Nicht erlaubt	60	
HeightAboveGround	Integer	Erlaubt		HeightAboveGround
HeightAccordingingVIL	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)
HeightAccordingingVIL	Angabe, ob in einem Gebiet mit einer Geländedurchstossung die Objekthöhen gemäss VIL gelten (alternativ zu Kalotte und fixer Objekthöhe)

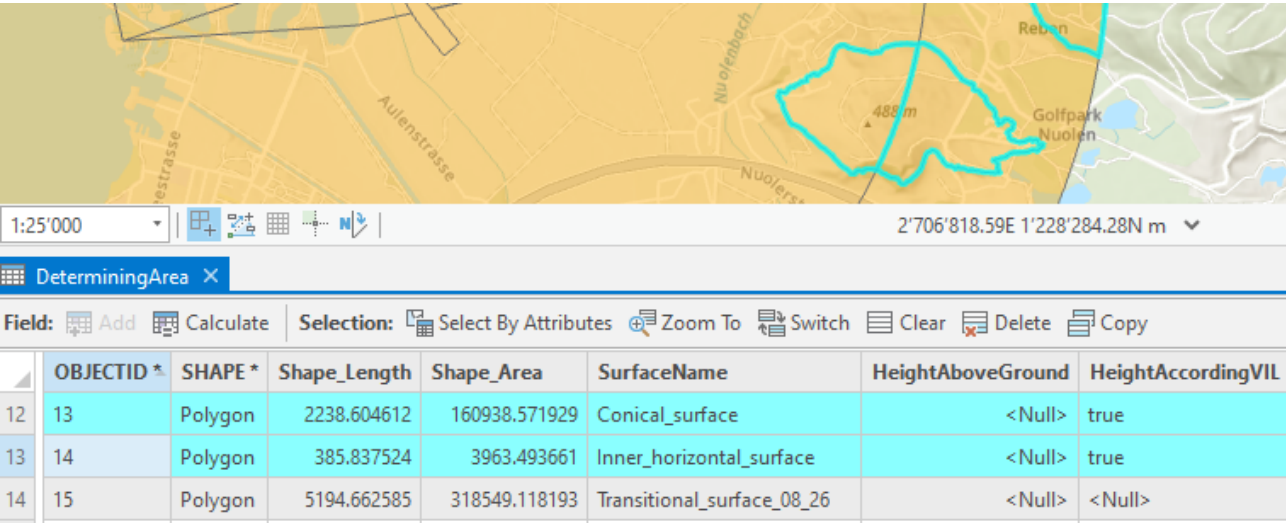


Abbildung 6: Geländedurchstossungen (blaue Umrandung) und Attributtabelle der Feature Class DeterminingArea

3.3.5 ReferencePoint

Räumliche Bezugspunkte der OLS werden in der Feature Class 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 der Feature Class ReferencePoint

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

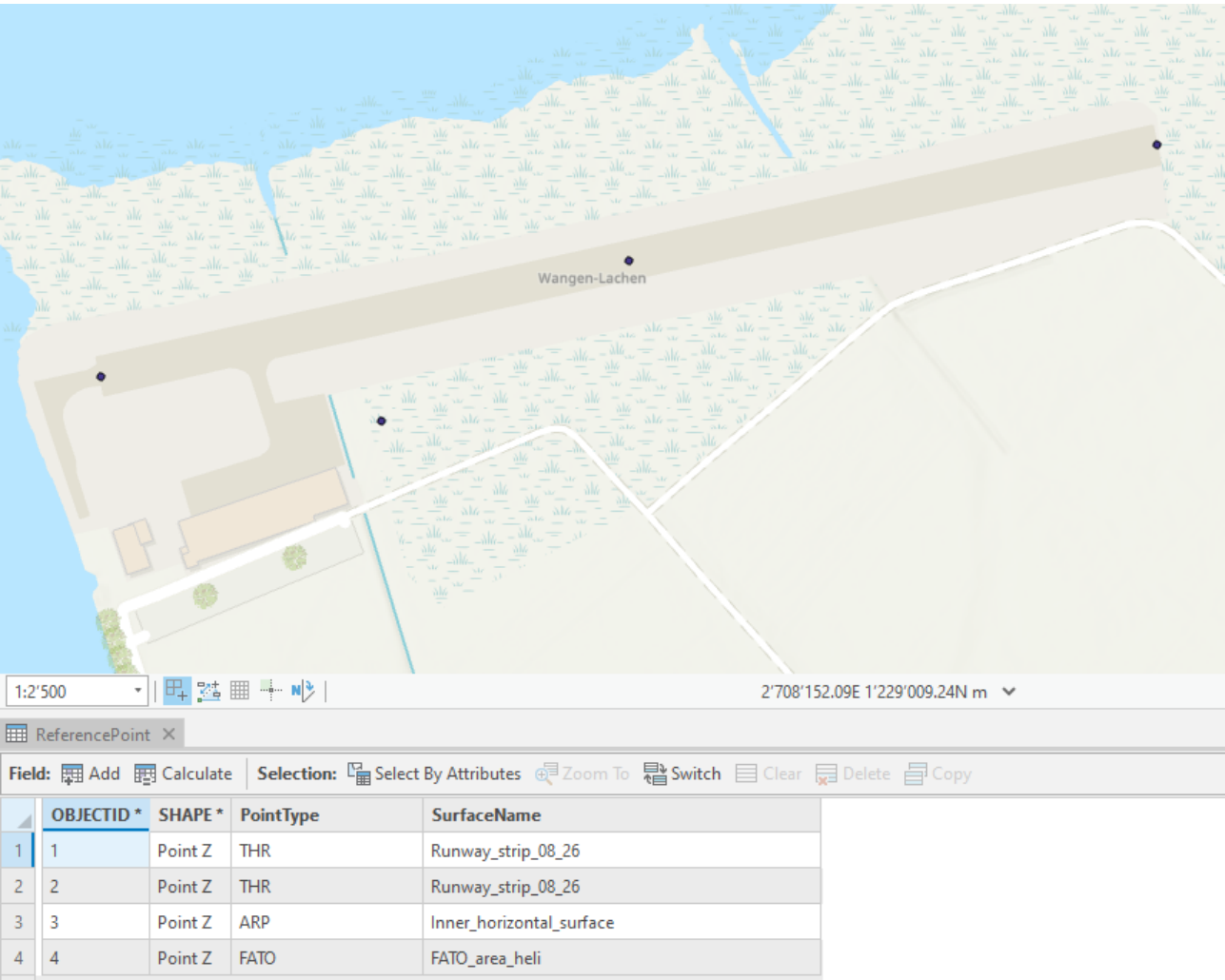


Abbildung 7: Bildschirmauszug: ReferencePoint mit Attributtabelle

4 Konstruktionsvorschriften

4.1 Erlaubte Geometrietypen

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

Tabelle 11: Geometrietypen der Feature Classes in der File Geodatabase

Feature Class	Geometrietyp	3D?
Ols	Polygon	Ja
OlsLine	Polyline	Nein
DeterminingArea	Polygon	Nein
ReferencePoint	Point	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 => $f_{\max} = 2.7\text{m}$.

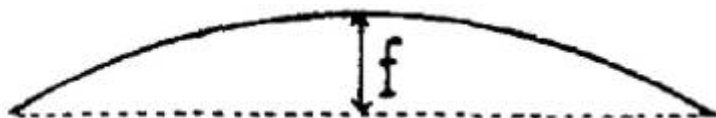


Abbildung 8: Darstellung der Abweichung f und der Geradensegmente (gestrichelte Linie)

Für den äusseren Rand einer 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. Bei der Feature Class 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 in der Feature Class 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 der Feature Class DeterminingArea keine Überlappungen oder Lücken vorkommen.

Die topologische Integrität ist verletzt, wenn sich die Anzahl und Anordnung der Stützpunkte ändert. Dies ist beispielsweise in der Feature Class 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 FeatureClass 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.

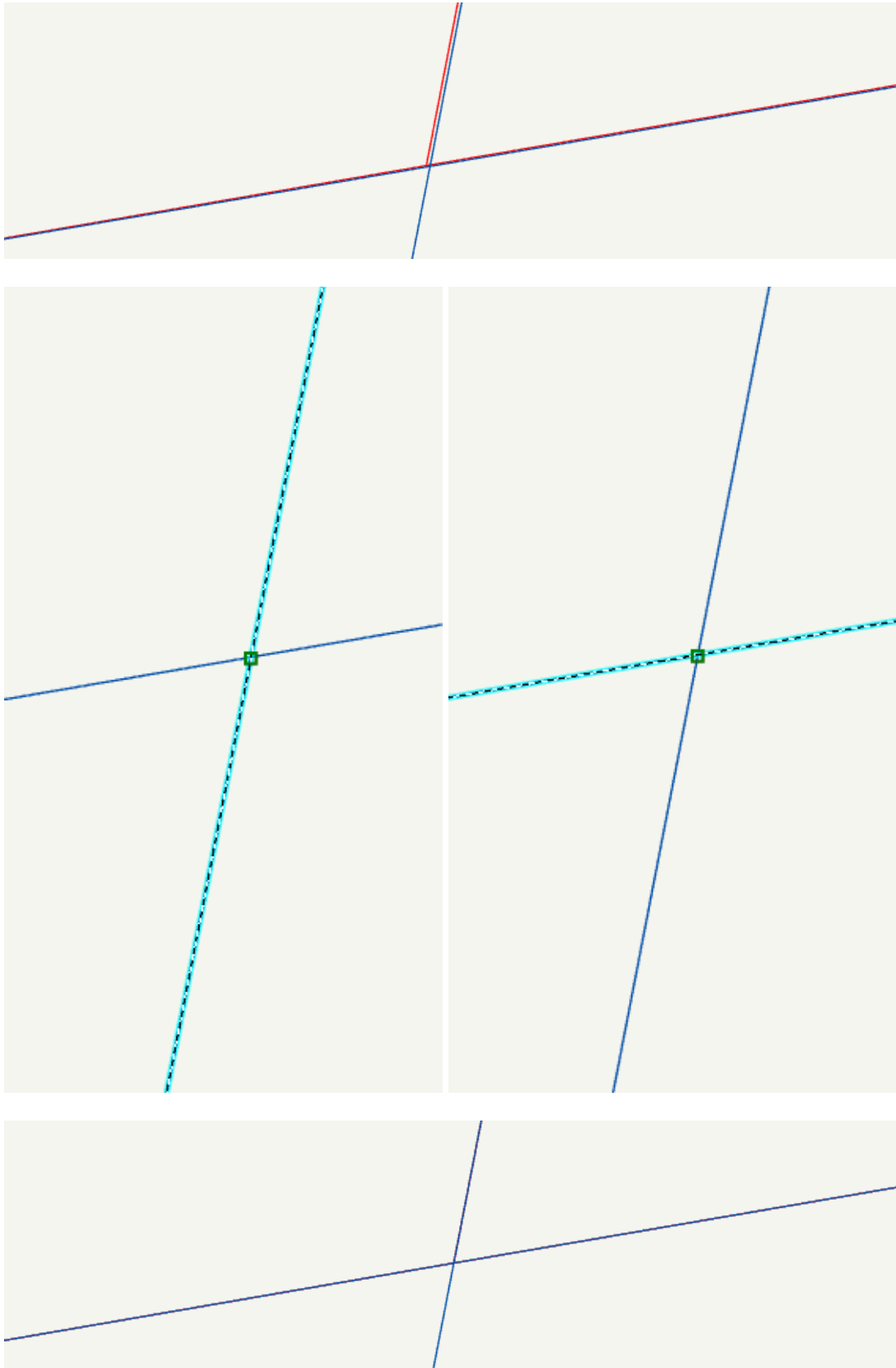


Abbildung 9: Illustration der topologischen Integrität. Oben: Linien (blau) stimmen nicht mit den dazugehörigen Polygonlinien (rot) überein. Mitte: Einsetzen von zusätzlichen Stützpunkten. Unten: Topologische Integrität erfüllt (rote Linie nicht sichtbar, weil unterhalb der blauen Linie).

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.gdb (Datum = Datenstand der letzten Modifikation)

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

HBK_LSPV_31-08-2022.gdb

Die fertiggestellte File Geodatabase kann letztlich an das BAZL zur Überprüfung und Abnahme gesendet werden.