Leitfaden zur Dimensionierung von Flight Geography, Contingency Volumen und Ground Risk Buffer

Hinweis

Diese Informationen werden vom Luftfahrt-Bundesamt (LBA) herausgegeben, um seinen Interessenträgern eine konsolidierte und leicht lesbare Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen. Die Begrifflichkeiten weichen teils von der Deutschen Nomenklatur in den Übersetzungen der europäischen Durchführungsverordnung ab. Alle dargelegten Sachverhalte und Prozeduren sind ohne Gewähr auf Vollständigkeit.
Das LBA übernimmt keine Haftung für Schäden jeglicher Art, die sich aus der Nutzung dieses Dokuments ergeben. Aus den in diesem Dokument gegebenen Informationen lässt sich kein Rechtsanspruch ableiten.
Wenn nicht explizit anders angegeben, beziehen sich alle Verweise auf Rechtsvorschriften auf die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947.
Das Dokument wurde zum Zeitpunkt seiner Erstellung nach bestem Wissen verfasst.

Sie dürfen dieses Dokument nicht kopieren oder an Dritte ohne Zustimmung des Herausgebers weitergeben.

Referenzen

- DVO (EU) 2019 / 947, Stand September 2021
- AMC zu DVO 2019/947, Stand September 2021

Inhaltsverzeichnis

Referenzen....3
Inhaltsverzeichnis....4
Nomenklatur....5
1 Disclaimer....6
2 Einleitung....6
3 Definitionen....6
3.1 Flight Geography....6
3.2 Contingency Volume....6
3.3 Ground Risk Buffer....7
4 Beispielrechnungen für Contingency Volumen und Ground Risk Buffer....9
4.1 Definitionen....9
4.2 Berechnung Flight Geography....9
4.3 Berechnung Contingency Volumen....10
4.4 Berechnung Ground Risk Buffer....12
5 Berechnung VLOS/BVLOS – Grenze....13
6 Erstellung von *.kml Dateien....14
6.1 Grundlagen....14
6.2 Beispiel 1 zur Erzeugung einer *.kml Datei in Google Earth....15
6.3 Beispiel 2 zur Erzeugung einer *.kml Datei in Google Earth....19

Nomenklatur

Abbreviation	Meaning	Übersetzte Bedeutung
a		Beschleunigung
ALOS	Attitude Line Of Sight	Maximale Distanz der Lageerkennung
AMC	Acceptable Means of Compliance	Akzeptable / annehmbare Nachweisverfahren
baro		barometrisch
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight	Betrieb außerhalb direkter Sicht
C_A		Auftriebsbeiwert
CD	Characteristic Dimension	Maximale UAS Größe einschließlich Propeller
CM	Contingency Maneuver	Contingency Manöver
CV	Contingency Volume	Contingency Volumen
C_w		Widerstandsbeiwert
DLOS	Detection Line of Sight	Maximale Distanz zur rechtzeitigen Erkennung anderer Luftfahrzeuge
DVO		Durchführungsverordnung
FG	Flight Geography	Fluggeografie
g		Erdbeschleunigung=9,81m/s²
GM	Guidance Material	Anleitungsmaterial/Leitfaden
GPS	Global Positioning System	Global Positioning System
GRB	Ground Risk Buffer	Bodensicherheitsbereich
GV	Ground Visibility	Bodensicht
H	Height	Höhe
K		Kartenfehler
m	UAS mass	UAS Masse
Pos	Position	Position
RZ		Reaktionszeit
S	Distance	Distanz
t		Zeit
TO/LD	Take-off/Landing location	Start und Landepunkt
UAS	Unmanned Aircraft System	Unbemanntes Flugsystem
V_0		Maximale im Betrieb geflogene Geschwindigkeit.
V_{Stall_clean}	Stall speed in clean configuration	Strömungsabrissgeschwindigkeit ohne Auftriebshilfen (Klappen)
VLOS	Visual Line of Sight	Betrieb in direkter Sicht
z		vertikale Richtung
ε		Gleitzahl

1 Disclaimer

Dieser Leitfaden setzt inhaltliche Kenntnisse aus dem „Leitfaden Betriebsgenehmigung“ des LBA voraus. Daher empfehlen wir zuerst diesen Leitfaden eingehend zu studieren. Des Weiteren sollte der Aufbau der Beantragungsformulare für Betriebsgenehmigungen in der speziellen Kategorie bekannt sein. Sämtliche Dokumente sind auf der LBA Homepage im Bereich Drohnen unter dem Reiter „Betriebsgenehmigungen / LUC“ zu finden.

2 Einleitung

Zur Beantragung einer Betriebsgenehmigung in der speziellen Kategorie nach DVO (EU) 2019/947 ist zwingend die Definition eines konkreten Betriebsraums (Flight Geography + Contingency Volume), sowie eines Bodenrisikopuffers (Ground Risk Buffers) notwendig. Hierfür nimmt das LBA geografische Koordinaten bei Antragstellung entgegen, welche Teil der Betriebsgenehmigung werden. Der Leitfaden gibt Erklärungen und Hinweise zur konformen Berechnung und Darstellung der Volumina und Flächen.

3 Definitionen

Zum Verständnis des Zusammenhangs von Betriebsraum (Operational Volume= Flight Geography + Contingency Volume) und des Bodenrisikopuffers (Ground Risk Buffer) wird Abbildung 1 genutzt. Im Nachfolgenden werden die einzelnen Volumina und Flächen analog zur DVO (EU) 2019/947 und dem AMC und GM Material beschrieben und weiterführende Erklärungen gegeben.

3.1 Flight Geography

Die Flight Geography ist das Volumen, in welchem der Betreiber das UAS im Rahmen seiner Betriebsgenehmigung unter Einhaltung der normalen Betriebsbedingungen bewegen darf. Die Größe der Flight Geography ergibt sich üblicherweise aus dem gewünschten Fluggebiet des Betreibers oder bei Streckenflügen aus der Flugroute.
In speziellen Fällen ergibt sich die Größe der Flight Geography auch aus dem noch verfügbaren Fluggebiet, welches z.B. innerhalb eines abgesperrten Bodenbereichs genutzt werden kann.

3.2 Contingency Volume

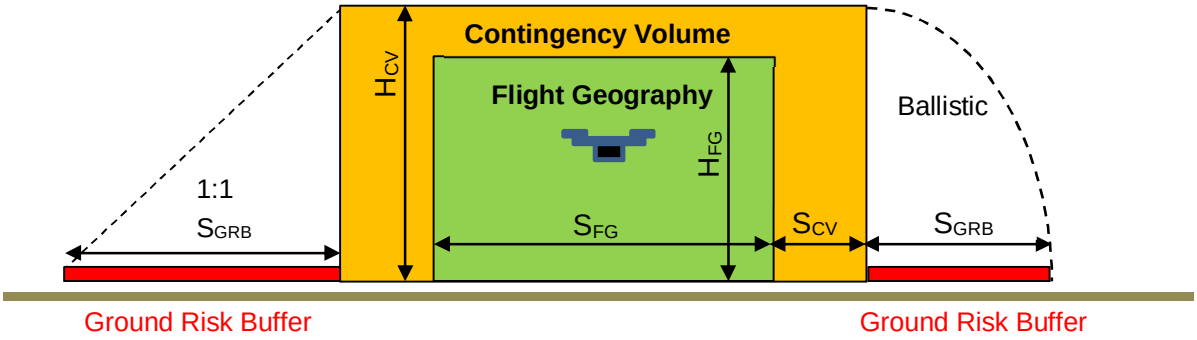
Hierbei handelt es sich um das Volumen, welches unmittelbar außerhalb der Flight Geography liegt. Dabei umschließt das Contingency Volumen die Flight Geography vollständig. Verlässt das UAS die Flight Geography und dringt in das Contingency Volumen ein, sind „Contingency Procedures“ anzuwenden. Es wird davon ausgegangen, dass sich das UAS im Contingency Volumen noch unter Kontrolle befindet, aber eine abnormale Situation vorliegt.

Ziel der Contingengy Procedures ist es eine weitere Eskalation der Situation zu verhindern. Ein Contingency Procedure kann beispielsweise die Nutzung der return-to-home Funktion oder eine Sicherheitslandung sein.

Die Größe des Contingency Volumes ergibt sich aus der Addition mehrerer Fehlerquellen sowie dem Platzbedarf der Contingency Procedures. Zu den Fehlerquellen zählen unter anderem die GPS-Ungenauigkeit, der Positionshaltefehler und Ungenauigkeit des Kartenmaterials. Der Platzbedarf der Contingency Procedures ist stark abhängig vom gewählten Verfahren.

3.3 Ground Risk Buffer

Hierbei handelt es sich um einen definierten Bereich am Boden, welcher unmittelbar an das Contingency Volumen angrenzt. Sollte das UAS das Contingency Volumen nach außen hin verlassen, wird davon ausgegangen, dass das UAS nicht mehr unter Kontrolle ist. Der Flug des UAS muss terminiert werden und das UAS stürzt zu Boden. Hierbei muss das UAS die Erdoberfläche innerhalb des Ground Risk Buffers erreichen. Für die Flugterminierung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung (z.B. Abschalten der Rotoren oder Fallschirmauslösung), welche einen Einfluss auf die Größe des Ground Risk Buffers haben.



Draufsicht (Ground Risk Buffer mit Ballistic)

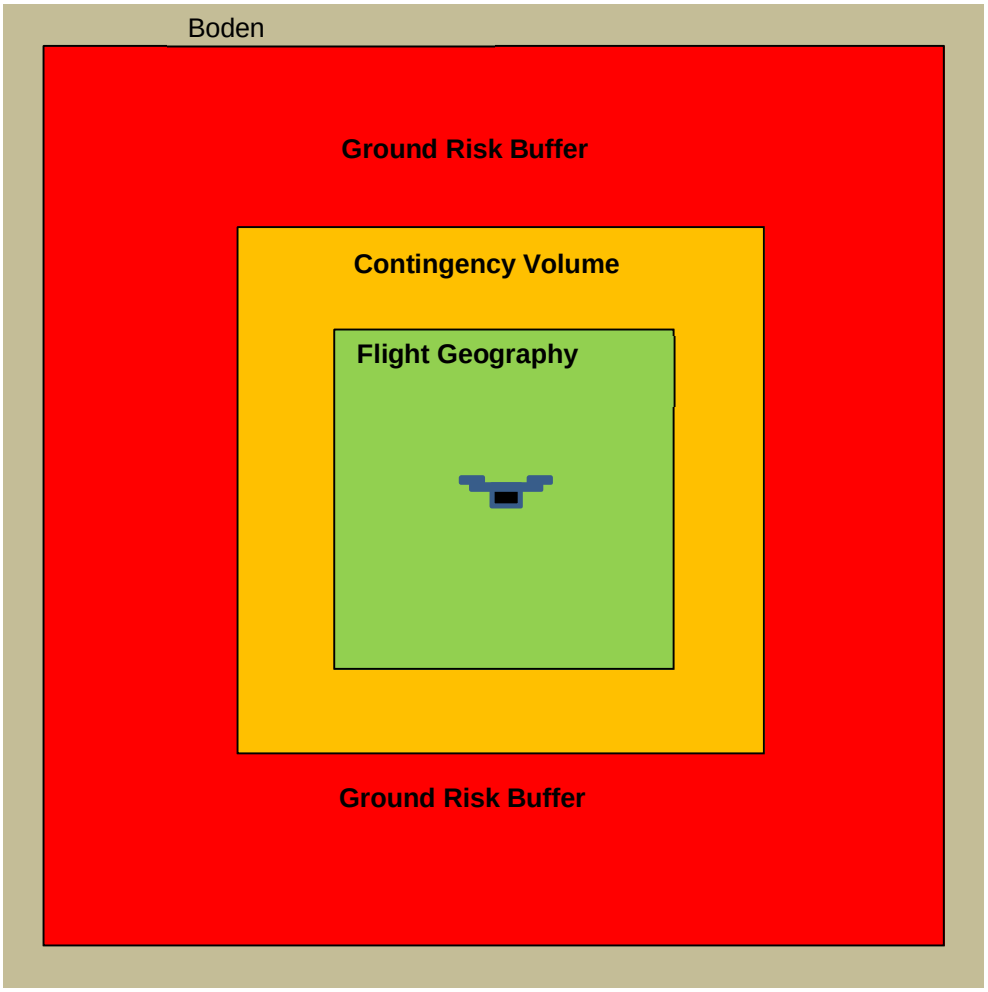


Abbildung 1 Flight Geography, Contingency Volumen und Ground Risk Buffer

Hinweis: Zur Bestimmung der Bodenrisikoklasse muss die auf den Boden projizierte Fläche von Flight Geography und Contingency Volumen und die Fläche des Ground Risk Buffers berücksichtigt werden. Hierbei wird die in der gesamten Fläche auftretende höchste Bodenrisikoklasse für die SORA angenommen. Wenn also beispielsweise beim VLOS Betrieb nur der Ground Risk Buffer im Bereich „populated area“ liegt, so ist dennoch der gesamte Betrieb als Betrieb über „populated area“ zu bewerten.

4 Beispielrechnungen für Contingency Volumen und Ground Risk Buffer

Dieses Kapitel stellt Beispiele für die Berechnung der Dimensionen des Contingency Volumen und des Ground Risk Buffers bereit. Alle folgenden Rechnungen sind nur als Beispielrechnungen zu verstehen. Eine genauere Betrachtung ist unter Verwendung einer flugmechanischen Berechnung möglich. Sie können diese Berechnungen und den Rechenweg unter Anpassung auf Ihren speziellen Betrieb in Ihrem Betriebshandbuch verwenden. Sollten Sie abweichende Rechnungen vorlegen, achten Sie bitte auf eine ausreichende Begründung und Dokumentation.

4.1 Definitionen

V_0, m/s	Maximale im Betrieb geflogene Geschwindigkeit. Entspricht der Angabe unter Feld 1.7 des SORA Formulars, bzw. Feld 7 des PDRA Formulars. *Hinweis: Eine Geschwindigkeit von unter* $3\frac{m}{s}$ *für Multirotor und unter 1,25∗* V_{Stall_clean} *für Flächenflieger wird als unrealistisch erachtet.*
CD, m	Die „Maximum UAS characteristic dimension“ kurz „CD“ ist die maximal mögliche Länge einer geraden Linie, welche von einem Punkt auf der UAS Geometrie zu einem weiteren Punkt aufgespannt werden kann. Propeller und Rotoren zählen hierbei zur Geometrie, wobei deren ungünstigste Stellung betrachtet wird. Entspricht der Angabe unter Feld 1.5 des SORA Formulars, bzw. Feld 5 des PDRA Formulars. *Hinweis: Üblicherweise zu verwendende Maße:* *Flächenflugzeuge* • *Flügelspannweite oder* • *Rumpflänge* *Multicopter* • *Diagonaler Abstand der Rotorspitzen in ungünstigster Rotorposition*
V_{Wind}, m/s	Im Betriebshandbuch festgeschriebene maximale Windgeschwindigkeit, bis zu der das UAS betrieben werden darf.
FG	Flight Geography
CV	Contingency Volumen
GRB	Ground Risk Buffer

4.2 Berechnung Flight Geography

Variante 1:
Die Größe der Flight Geography ergibt sich üblicherweise aus dem gewünschten Fluggebiet des Betreibers.

Variante 2: (advanced)
Bestimmung der maximal zur Verfügung stehenden Flight Geography beim Betrieb über kontrolliertem Bodengebiet.
Dazu muss die Bodenprojektion von Flight Geography, Contingency Volumen und auch der Ground Risk Buffer vollständig im kontrollierten Bodengebiet enthalten sein. Hier empfiehlt sich eine Rechnung von außen nach innen:

Die äußere Grenze des Ground Risk Buffers entspricht maximal der Topologie des kontrollierten Bodengebiets. Von der Topologie des kontrollierten Bodengebiets wird zuerst die laterale Ausdehnung (Breite) des Ground Risk Buffers (siehe Kapitel 4.4) abgezogen. Dies ergibt die Grenze zwischen Contingency Volumen und Ground Risk Buffer. Im zweiten Schritt wird dann wiederum von dieser Grenze die laterale Ausdehnung (Breite) des Contingency Volumens (siehe Kapitel 4.3) abgezogen. Daraus ergibt sich als verbleibende Fläche die maximal mögliche Ausdehnung der Flight Geography. (siehe Beispiel in Kapitel 6.3)

Hinweise zur realistischen Definition von besonders kleinen Flight Geographys:

FG Lateral	
Breite Flight Geography: S_{FG}	$S_{FG} \geq 3CD$
FG Vertikal	
Höhe Flight Geography: H_{FG}	$H_{FG} \geq 3CD$
Hinweis: Werte kleiner als $H_{FG} = 3CD$ und $S_{FG} = 3CD$ werden auch für automatische Streckenflüge als unrealistisch erachtet.	

4.3 Berechnung Contingency Volumen

Hinweise zur realistischen Dimensionierung des Contingency Volumens:

CV Lateral	
GPS – Ungenauigkeit: S_{GPS}	$S_{GPS} = 3m$
Positionshaltefehler: S_{Pos}	$S_{Pos} = 3m$
Kartenfehler: S_K	$S_K = 1m$
Reaktionsweg: S_{RZ}	<u>Manuelle Einleitung der Maßnahmen</u> Reaktionszeit: t=1s, mit V_0 ergibt sich $S_{RZ} = V_0 \cdot 1s$ *Hinweis: S_{RZ} kann bei voll automatischen Systemen (z.B. geofence) auch kleiner sein.*
Contingency Manöver: S_{CM}	<u>Multirotor - Anhalten</u> Aus $S = \frac{1}{2}at^2 + V_0 t$ folgt bei einem Schub-Gewichtsverhältnis ≥ 2 $Standschub \geq 2mg$ und einem Rollwinkel von mehr als 45° $\gamma_{max} \geq 45^\circ$ Die minimale Strecke zum Übergang in den Schwebeflug $S_{CM} = \frac{3{V_0}^2}{2g \tan(\gamma_{max})}$

	<u>Flächenflieger - Umkehrkurve:</u> Annahme: Rollwinkel $\gamma_{max} \geq 30^{\circ}$ Der Radius für die Umkehrkurve ergibt sich zu $$S_{CM} = \frac{{V_0}^2}{g \tan(\gamma_{max})}$$
Alternatives Contingency Manöver Fallschirm: S_{CM}	Flug terminiert mit Fallschirmöffnung direkt beim Verlassen der FG $t =$ Zeit bis zum Öffnen des Fallschirms $$S_{CM} = V_0 t$$
Laterale Ausdehnung Contingency Volumen: S_{CV}	$$\boldsymbol{S_{CV} = S_{GPS} + S_{Pos} + S_K + S_{RZ} + S_{CM}}$$
Beispiele	
Bsp. Multicopter: $V_0 = 10\frac{m}{s}$, $\gamma_{max} \geq 45^{\circ}$	$$S_{CV} = 3m + 3m + 1m + 10m + \frac{3}{2} * \frac{\left(10\frac{m}{s}\right)^2}{9{,}81\frac{m}{s^2}} = 32{,}29m$$
Bsp. Flächenflieger: $V_0 = 30\frac{m}{s}$, $\gamma_{max} \geq 30^{\circ}$	$$S_{CV} = 3m + 3m + 1m + 10m + \frac{\left(30\frac{m}{s}\right)^2}{9{,}81\frac{m}{s^2}\tan(30°)} = 175{,}9m$$

CV Vertikal	
Höhenmessfehler: H_{baro}	$H_{baro} = 1m$ für barometrische Höhenmessung, oder $H_{baro} = 4m$ für GPS-basierte Höhenmessung
Reaktionshöhe: H_{RZ}	<u>Manuelle Einleitung der Maßnahmen</u> Reaktionszeit: t=1s, mit 45° Bahnneigewinkel ergibt sich $$H_{RZ} = V_0 \cdot 0{,}7 \cdot 1s$$ *Hinweis: H_{RZ} Kann bei voll automatischen Systemen (z.B. geofence) auch kleiner sein.*
Contingency Manöver: H_{CM}	<u>Für Multirotor</u> Die kinetische Vorwärtsenergie wird komplett in potentielle Energie umgewandelt. Es ergibt sich die Höhe zu $$H_{CM} = \frac{1}{2}\frac{{V_0}^2}{g}$$ <u>Für Flächenflieger</u> Austritt aus der FG nach oben mit 45° Bahnneigewinkel, danach Flug auf einer konstanten Kreisbahn mit V_0 und Radius r bis zum Erreichen des Horizontalfluges mit $$r = \frac{{V_0}^2}{g}$$

	ergibt sich die Contingency Manöver Höhe annähernd zu $$H_{CM} = \frac{{V_0}^2}{g} \cdot 0{,}3$$
Alternatives Contingency Manöver Fallschirm: H_{CM}	Flug terminiert mit Fallschirmöffnung direkt beim Verlassen der FG Austritt aus FG nach oben mit 45° Bahnneigewinkel $t =$ Zeit bis zum Öffnen des Fallschirms $$H_{CM} = V_0 \cdot t \cdot 0{,}7$$
Höhe des Contingency Volumens: H_{CV}	$$\boldsymbol{H_{CV} = H_{FG} + H_{baro} + H_{RZ} + H_{CM}}$$
Beispiele	
Höhe der Flight Geography	$$H_{FG} = 100m$$
Bsp. Multicopter: $V_0 = 10\frac{m}{s}$	$$H_{CV} = 100m + 1m + 7m + \frac{1}{2}\frac{\left(10\frac{m}{s}\right)^2}{9{,}81\frac{m}{s^2}} = 113{,}1m$$
Bsp. Flächenflieger: $V_0 = 30\frac{m}{s}$	$$H_{CV} = 100m + 1m + 7m + \frac{\left(30\frac{m}{s}\right)^2}{9{,}81\frac{m}{s^2}} \cdot 0{,}3 = 135{,}52m$$

4.4 Berechnung Ground Risk Buffer

GRB Lateral	
Vereinfachter Ansatz: 1:1 Regel: S_{GRB}	$$S_{GRB} = H_{CV} + \frac{1}{2}CD$$
Ballistischer Ansatz: S_{GRB} ***Hinweis: Nur zulässig für Drehflügler und Multicopter!***	$$S_{GRB} = V_0\sqrt{\frac{2H_{CV}}{g}} + \frac{1}{2}CD$$
Terminierung mit Fallschirm: S_{GRB} *Hinweis: Werte unter $V_{Wind} = 3\frac{m}{s}$ werden für diese Betrachtung als nicht realistisch angesehen.*	$t =$ Zeit bis zum Öffnen des Fallschirms Aus der Sinkgeschwindigkeit mit geöffnetem Fallschirm (V_z) und der maximal zulässigen Windgeschwindigkeit für den Betrieb (V_{Wind}) ergibt sich $$S_{GRB} = V_0 t + V_{Wind} * \frac{H_{CV}}{V_z}$$
Terminierung Flächenflieger: S_{GRB}	<u>Antrieb wird ausgeschaltet</u> Mit der Gleitzahl ($\varepsilon = \frac{c_W}{c_A}$) ergibt $$S_{GRB} = \frac{H_{CV}}{\varepsilon}$$ <u>Antrieb wird ausgeschaltet und die Ruderstellung wird dauerhaft so gewählt, dass kein Gleitflug möglich ist:</u> Der Vereinfachte Ansatz kann gewählt werden (1:1 Regel).

Beispiele	
Vereinfachter Ansatz: Multicopter: $V_0 = 10\frac{m}{s}$, CD=1,5m, $H_{CV} = 113{,}1m$	$S_{GRB} = 113{,}1m + \frac{1}{2} \cdot 1{,}5m = 113{,}85m$
Ballistischer Ansatz: Multicopter: $V_0 = 10\frac{m}{s}$, CD=1,5m, $H_{CV} = 113{,}1m$	$S_{GRB} = 10\frac{m}{s}\sqrt{\frac{2 \cdot 113{,}1\frac{m}{s}}{9{,}81\frac{m}{s}}} + \frac{1}{2} \cdot 1{,}5m = 48{,}77m$
Flächenflieger nur Antrieb wird ausgeschaltet: $V_0 = 30\frac{m}{s}$, CD=3m, $H_{CV} = 135{,}52m$	$\varepsilon = \frac{1}{20}$ $S_{GRB} = 135{,}52m \cdot 20 = 2710{,}4m$
Flächenflieger Antrieb wird ausgeschaltet und Ruderstellung so gewählt das kein Gleitflug möglich ist: $V_0 = 30\frac{m}{s}$, CD=3m, $H_{CV} = 135{,}52m$	$S_{GRB} = 135{,}52m + \frac{1}{2} \cdot 3m = 137{,}02m$
GRB Vertikal	- entfällt -

5 Berechnung VLOS/BVLOS – Grenze

Bei der Bestimmung des Betriebsbereichs für Visual Line of Sight (VLOS) Operationen ist darauf zu achten, dass der Fernpilot das UAS auch tatsächlich in Sichtweite betreiben kann. Zur Prüfung, ob der beschriebene UAS-Betrieb in VLOS oder Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) stattfindet, können folgende Rechnungen genutzt werden.

Definitionen	
VLOS Grenze	Die maximal mögliche VLOS Entfernung zwischen Fernpilot und UAS ergibt sich aus dem **kleineren Wert von ALOS und DLOS**. Alles darüber hinaus gilt als **BVLOS**.
ALOS	Attitude Line Of Sight Die Attitude Line Of Sight definiert die maximale Distanz der Lageerkennung. Bis an diese optische Grenze ist der Fernpilot fähig den Flugweg des UAS zu steuern, also die Lage und die Position des UAS zu bestimmen. Diese wurde in praktischen Versuchen ermittelt.
DLOS	Detection Line of Sight Die Detection Line Of Sight definiert die Entfernung bis zu derer andere Luftfahrzeuge rechtzeitig erkannt werden können und ausreichend Zeit für ein Ausweichmanöver zur Verfügung steht. Hierfür ist die Bodensicht entscheidend.
GV	Ground Visibility – Bodensicht Die Bodensicht ist abhängig vom Einsatzort und den meteorologischen Bedingungen und muss zum jeweiligen Betriebszeitpunkt bestimmt werden. Das Verfahren, wie die Bodensicht genau ermittelt wird, soll im Betriebshandbuch beschrieben werden. Denkbar sind hier die Verwendung von Landmarken oder die Verwendung eines Transmissometers. Die maximal anzunehmende Bodensicht beträgt **5km**, analog zur Sichtweite nach den VFR-Sichtweiten für den Luftraum Golf.

ALOS - Grenze	<u>Für Drehflügler und Multicopter</u> $ALOS_{max}$ = 327 · CD + 20 in Meter <u>Für Flächenflieger:</u> $ALOS_{max}$ = 490 · CD + 30 in Meter
DLOS - Grenze	$DLOS_{max}$ = 0,3 · GV GV abhängig von tatsächlicher Bodensicht am Ort und zum Zeitpunkt des Betriebs. Es gilt aber immer: GV_{max} = 5km

Hinweis: Ist die größtmögliche Entfernung zwischen Pilotenstandort und der Grenze zwischen Contingency Volumen und Ground Risk Buffer größer als die VLOS-Grenze kann kein VLOS-Betrieb stattfinden. Der Betrieb muss dann in BVLOS erfolgen.

6 Erstellung von *.kml Dateien

Zur Bestimmung von Flight Geography, Contingency Volumen und Ground Risk Buffer sollen die äußeren Koordinaten dieser Volumina und Flächen bereitgestellt werden. Hierbei handelt es sich bei Flight Geography und Contingency Volumen um die auf den Boden projizierten äußeren Koordinaten.
Aus den Koordinaten soll die Topologie von Flight Geography, Contingency Volumen und Ground Risk Buffer eindeutig hervorgehen. Die äußeren Koordinatenpunkte werden dabei der Reihenfolge nach mit geraden Linien verbunden.

6.1 Grundlagen

Zur einfachen Bearbeitung empfiehlt es sich die obigen Gebiete mit einer Kartografie Software digital zu definieren und als *.kml Datei zu speichern.
Diese Datei wird dem Antrag auf Betriebsgenehmigung beigelegt. Die durch diesen Vorgang in der *.kml Datei gespeicherten Koordinaten werden Teil der Betriebsgenehmigung.
Eine *.kml Datei kann auch direkt mit einem Texteditor oder Tabellenprogramm geöffnet werden, was eine Anzeige und einen Export der Koordinaten z.B. in ein Geofence System ermöglicht.

Es gibt mehrere kostenlose Softwaretools welche zur Erstellung von *.kml Dateien genutzt werden können.

Hierzu zählen unter anderem:

- Google Earth Browser Modus
- Google Earth Pro Desktop
- QGIS
- GPS Prune
- etc.

Je nach Software besteht die Möglichkeit für die erzeugten Flächen eine Höhe zu definieren. Damit kann für Flight Geography und Contingency Volumen ein 3D-Volumen erzeugt werden. Bei einer konstanten maximale Höhe der Flight Geography und Contingency Volumen ist dies nicht notwendig. Die Höhe von Flight Geography und Contingency Volumen muss dann im Betriebshandbuch eindeutig angegeben werden.
Die folgenden Elemente sollen in der *.kml Datei enthalten sein, wobei deren Nomenklatur hier in fett dargestellt ist.

- **Flight Geography** - als Polygon in grün
- **Contingency Volumen** - als Polygon in gelb
- **Ground Risk Buffer** - als Polygon in rot
- **Pilot** - Pilotenposition als Ortsmarkierung
- **TO/LD** - Start- und Landeposition des UAS als Ortsmarkierung

Es ist strikt darauf zu achten, dass die zuvor berechneten Mindestgrößen von Contingency Volumen und Ground Risk Buffer auch tatsächlich durch die eingereichten Koordinaten in der *.kml Datei eingehalten werden können. Wenn Contingency Volumen und Ground Risk Buffer händisch in einer Software als Polygon gezeichnet werden, ist eine exakte Positionierung oftmals schwierig.

Hinweis: *Die Einhaltung der berechneten Größen von Contingency Volumen und Ground Risk Buffer wird mit automatischen Softwaretools geprüft. Unterschreitungen der berechneten Größen werden nicht toleriert.*
Wir empfehlen daher dringend einen konservativen Ansatz beim Zeichnen!

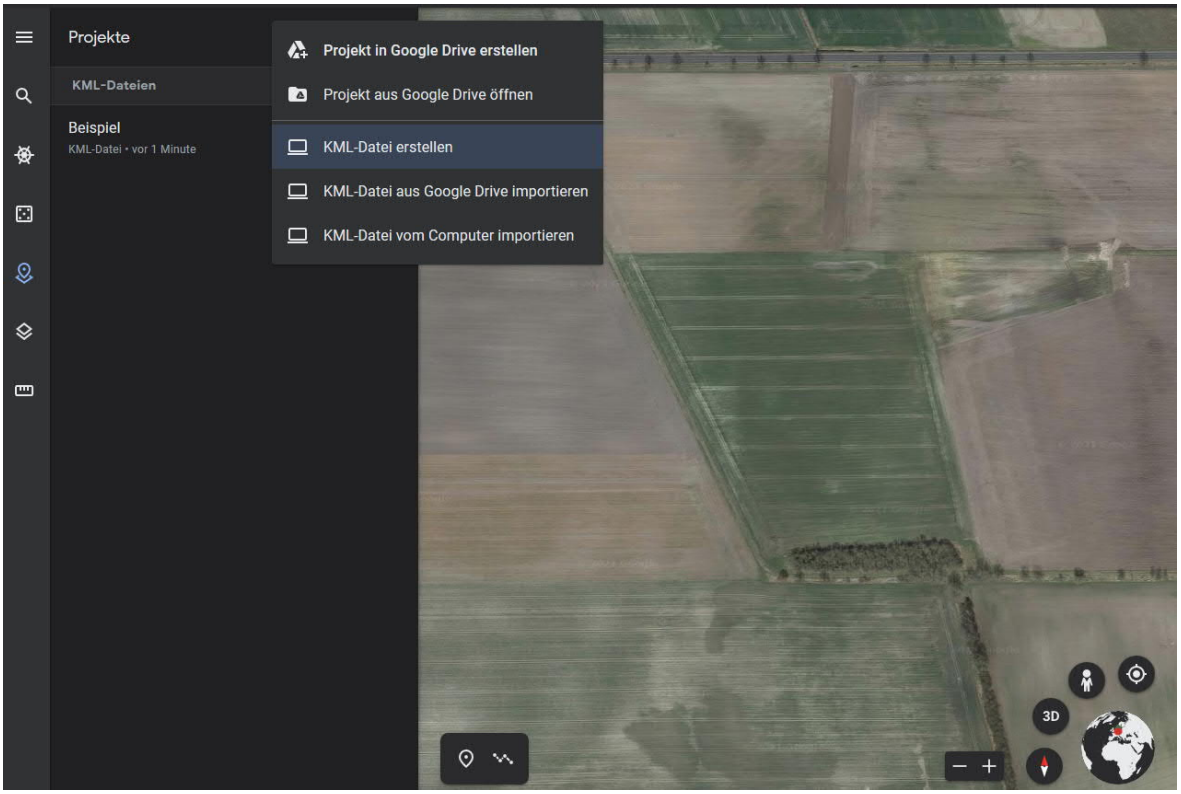
6.2 Beispiel 1 zur Erzeugung einer *.kml Datei in Google Earth

Das folgende Beispiel erläutert wie mit der Browser Version von Google Earth eine konforme *.kml Datei erzeugt werden kann.
In diesem Beispiel soll ein landwirtschaftliches Feld überflogen werden. Die Größe der Flight Geography ergibt sich dabei aus der Größe des Feldes.

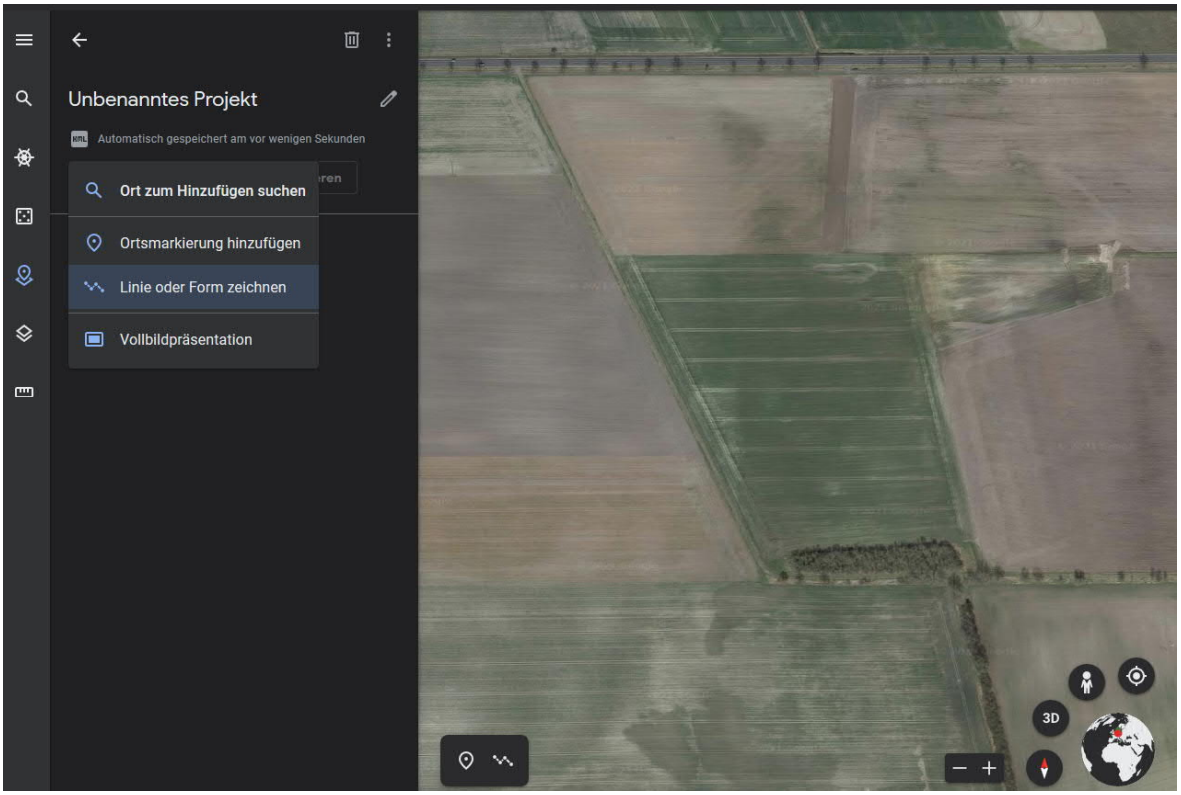
Die Browser Version von Google Earth ist unter https://www.google.com/intl/de_de/earth/ verfügbar.
Es wird das in Kapitel 4 genutzte Beispiel eines Multicopters verwendet.

- $V_0 = 10\frac{m}{s}$
- $CD = 1{,}5m$
- $H_{FG} = 100m$
- $H_{CV} = 113{,}1m$
- $S_{CV} = 32{,}29m$
- $S_{GRB} = 48{,}77m$

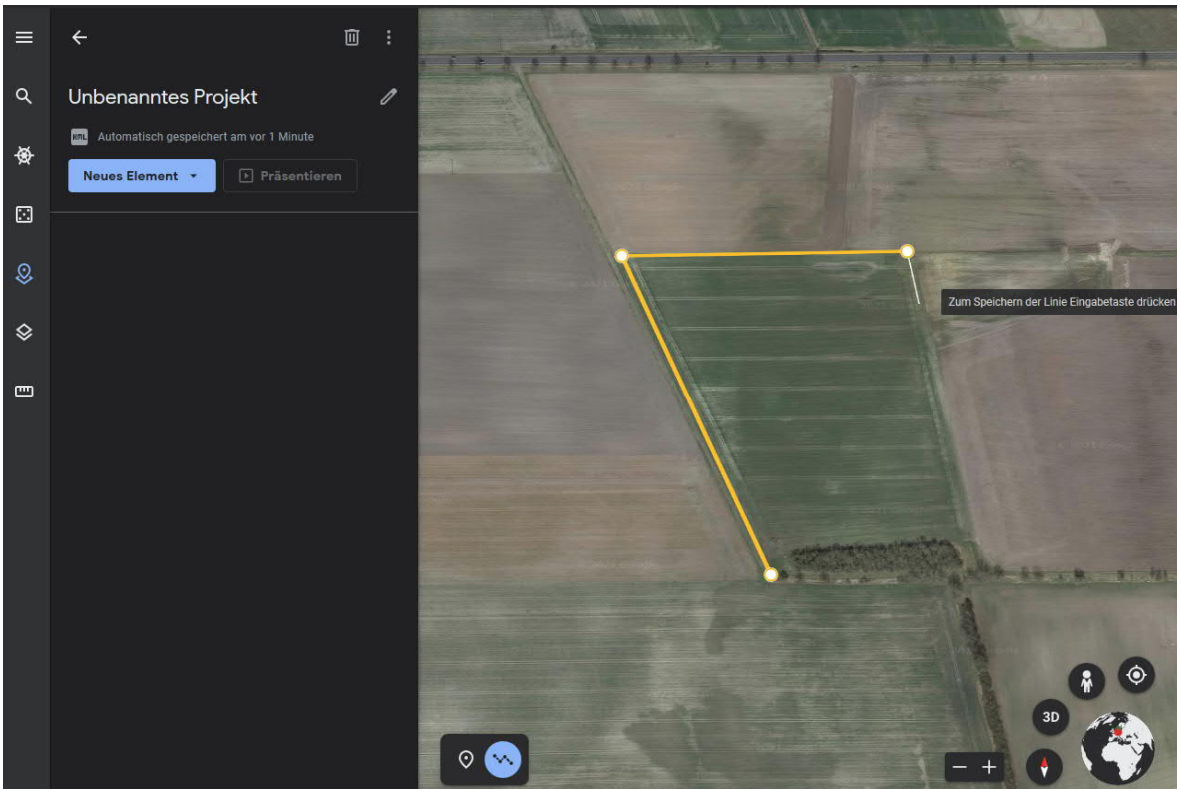
1. Über den Reiter *Projekte* wird eine neue KML Datei erstellt.



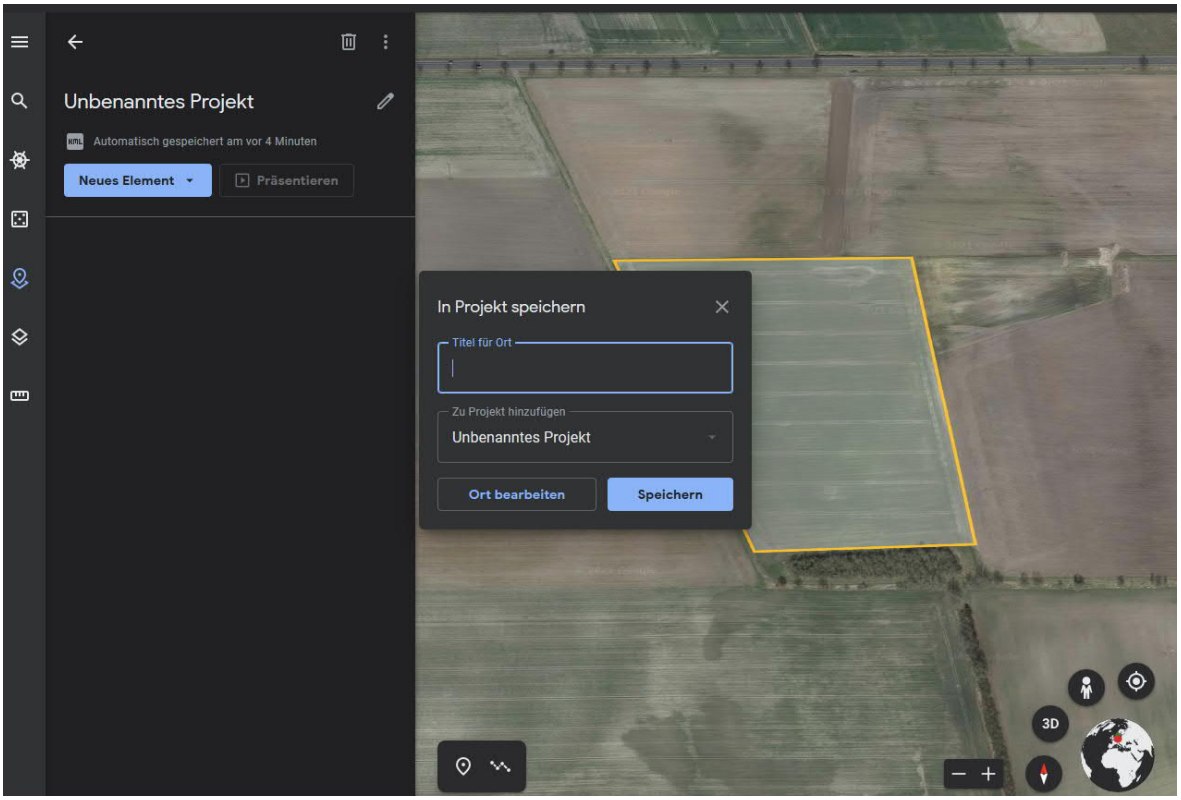
2. Über das Menü *Neues Element* wird eine Linie oder Form gezeichnet



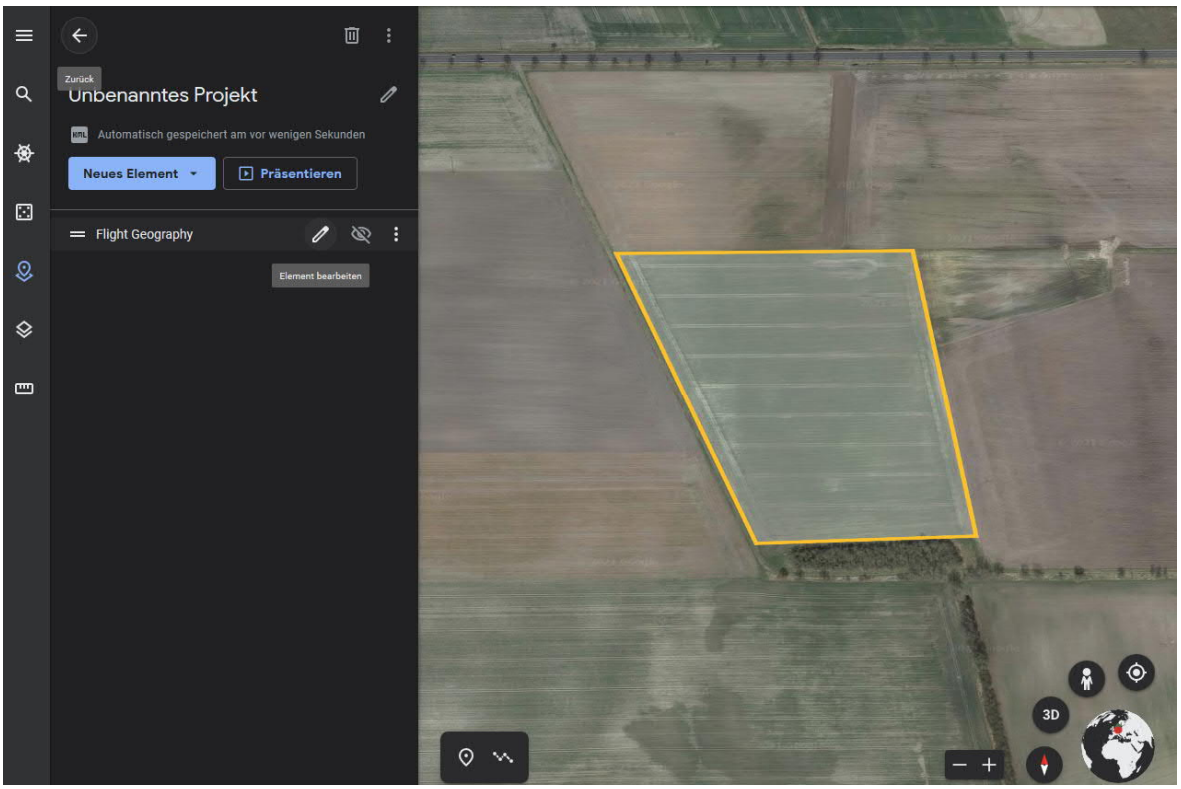
3. Es werden Linien als äußere Kontur der Flight Geography gezogen, wobei durch Klicken ein Eckpunkt erzeugt wird. Die Koordinaten dieser Eckpunkte (hier im Bild kleine Kreise) werden später in der *.kml Datei gespeichert. Die Kontur wird mit einem Klick auf den Ausgangspunkt geschlossen.

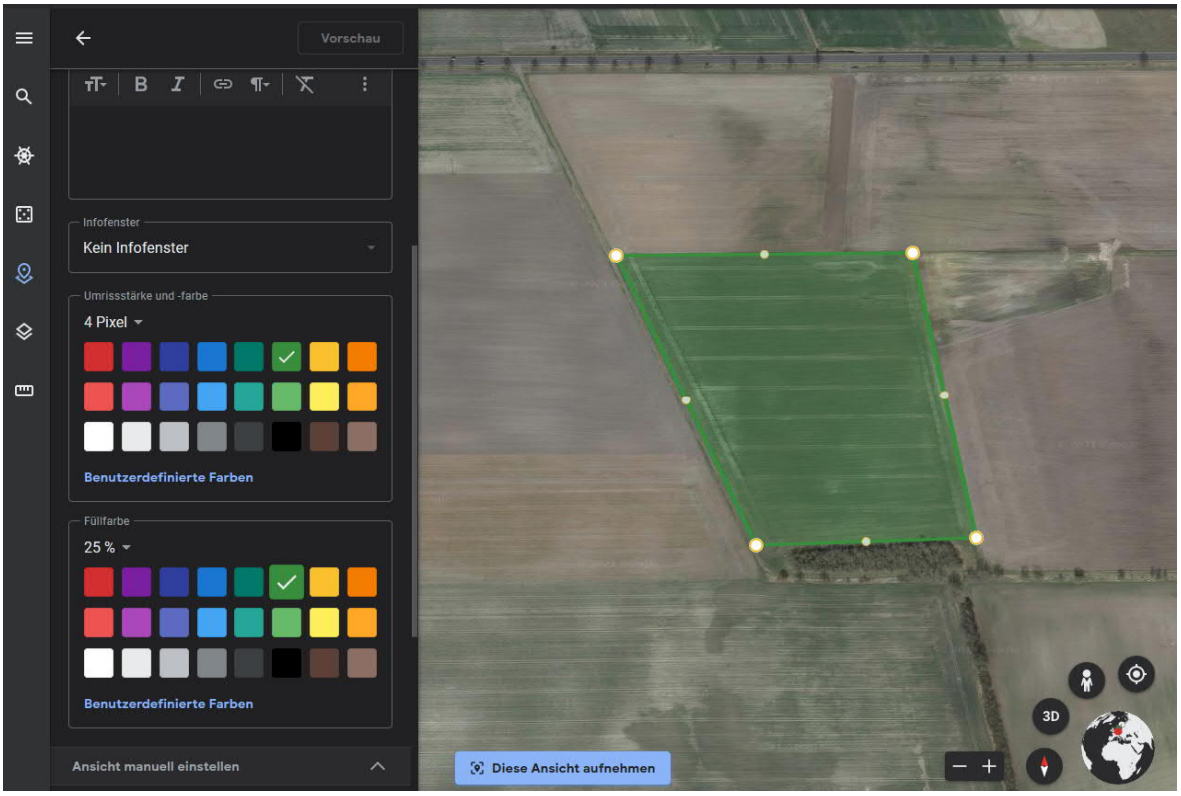


4. Nach Schließen der Form wird dieser ein Name gegeben. Die Nomenklatur soll eindeutig sein und der aus Kapitel 6.1 entsprechen.



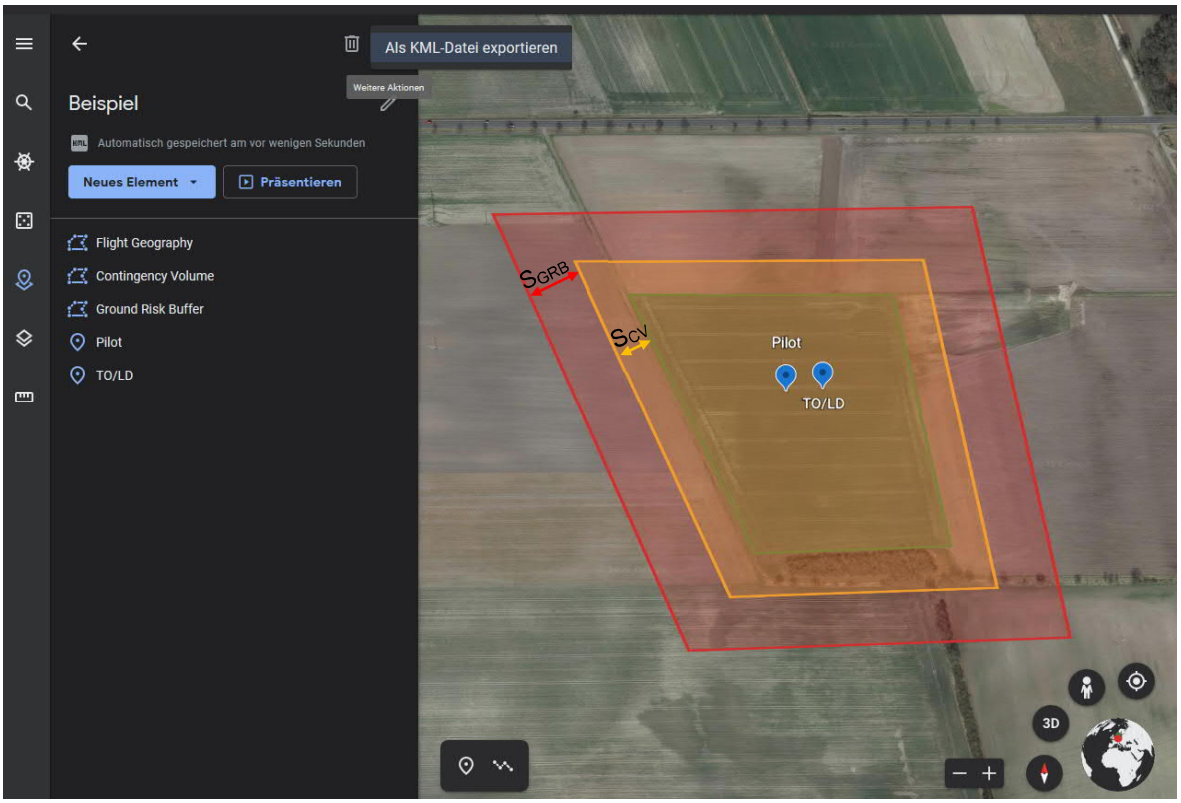
5. Die erzeugte Flight Geography kann nach einem Klick auf *Element Bearbeiten* entsprechend der Vorgaben aus Kapitel 6.1 eingefärbt werden.





6. Der Vorgang wird für das Contingency Volumen und den Ground Risk Buffer wiederholt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die zuvor berechneten Abstände nicht unterschritten werden. Hier hilft das Entfernungsmessungstool von Google Earth (Linealsymbol). Bei händischer Zeichnung empfiehlt sich eine konservative Herangehensweise.

7. Die Pilotenposition soll als Ortsmarkierung hinzugefügt werden (*Neues Element*). Der gleiche Vorgang wird mit der UAS Start- und Landeposition wiederholt.



8. Die fertige Darstellung kann als *.kml Datei exportiert und dem Luftfahrt-Bundesamt übermittelt werden.

6.3 Beispiel 2 zur Erzeugung einer *.kml Datei in Google Earth

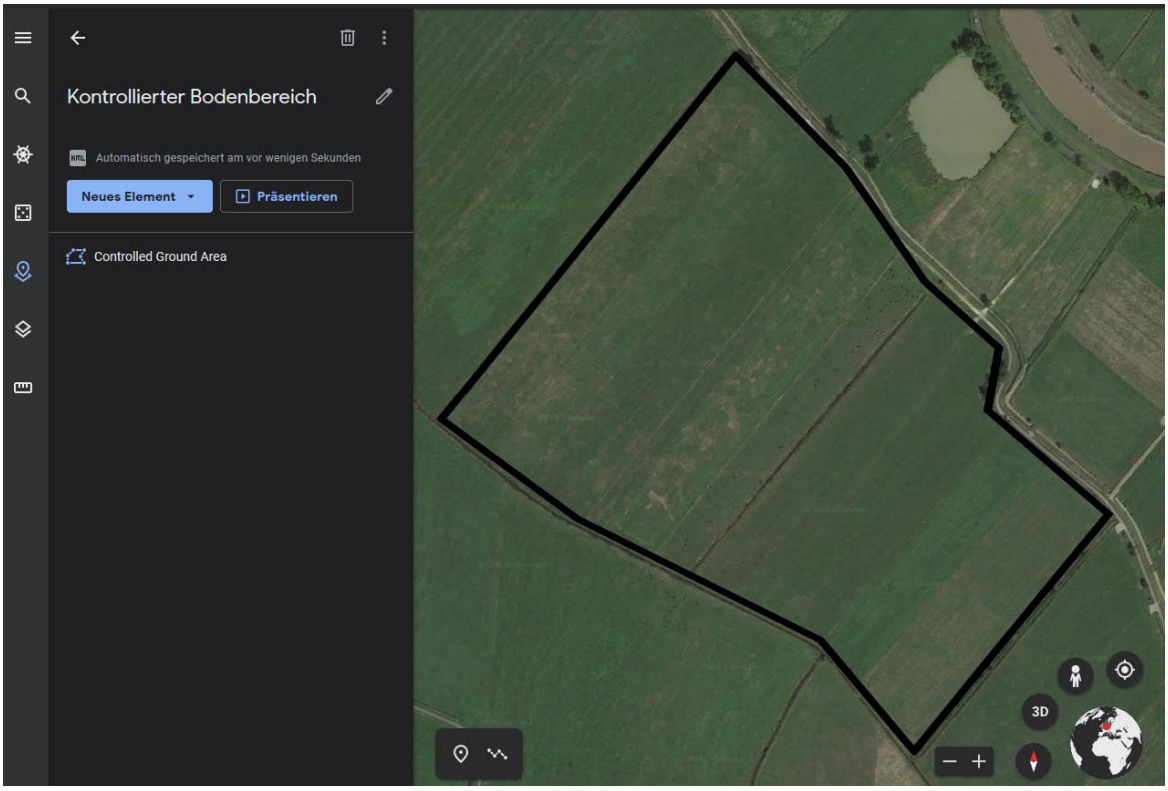
In diesem Beispiel soll UAS-Betrieb über kontrolliertem Bodengebiet realisiert werden. Hierzu müssen sowohl Flight Geography, Contingency Volumen als auch Ground Risk Buffer vollständig im kontrollierten Bodengebiet enthalten sein. Es empfiehlt sich daher entsprechend der Beschreibung in Kapitel 4.2 eine Bestimmung der Gebiete von außen nach innen.

Es wird wiederum das in Kapitel 4 genutzte Beispiel eines Multicopters verwendet.

1. Der kontrollierte Bodenbereich wird eingezeichnet (hier als schwarze Linie)

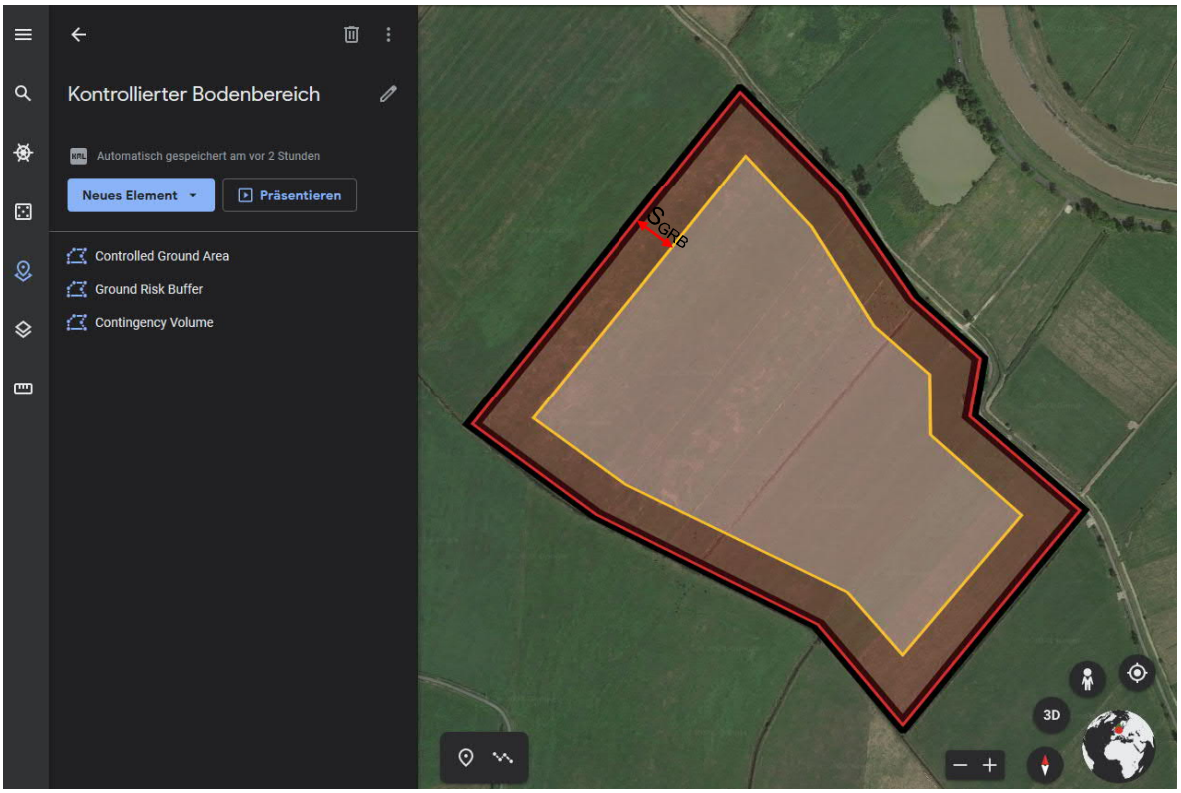
   Hinweis:
   nach Artikel 2 – 21 DVO (EU) 2019/947 ist ein „kontrollierter Bereich am Boden“: ein Bereich am Boden, innerhalb dessen das UAS betrieben wird und ***der UAS-Betreiber*** *dafür sorgen kann, dass nur beteiligte Personen anwesend sind.*

   Wer zu den beteiligten Personen gehören kann, ist festgelegt unter:
   GM1 Article 2(18) Definitions - DVO (EU) 2019/947

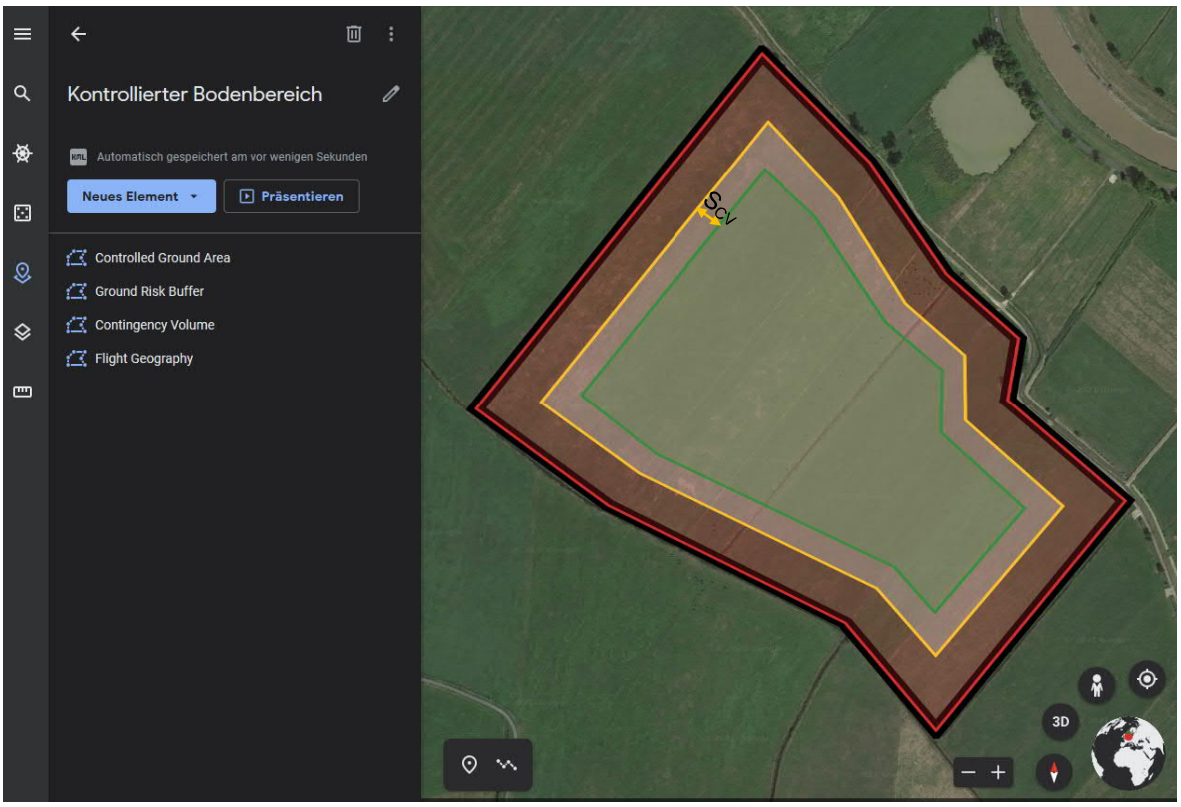


2. Die äußere Kontur des Ground Risk Buffers entspricht dem kontrollierten Bodengebiet.

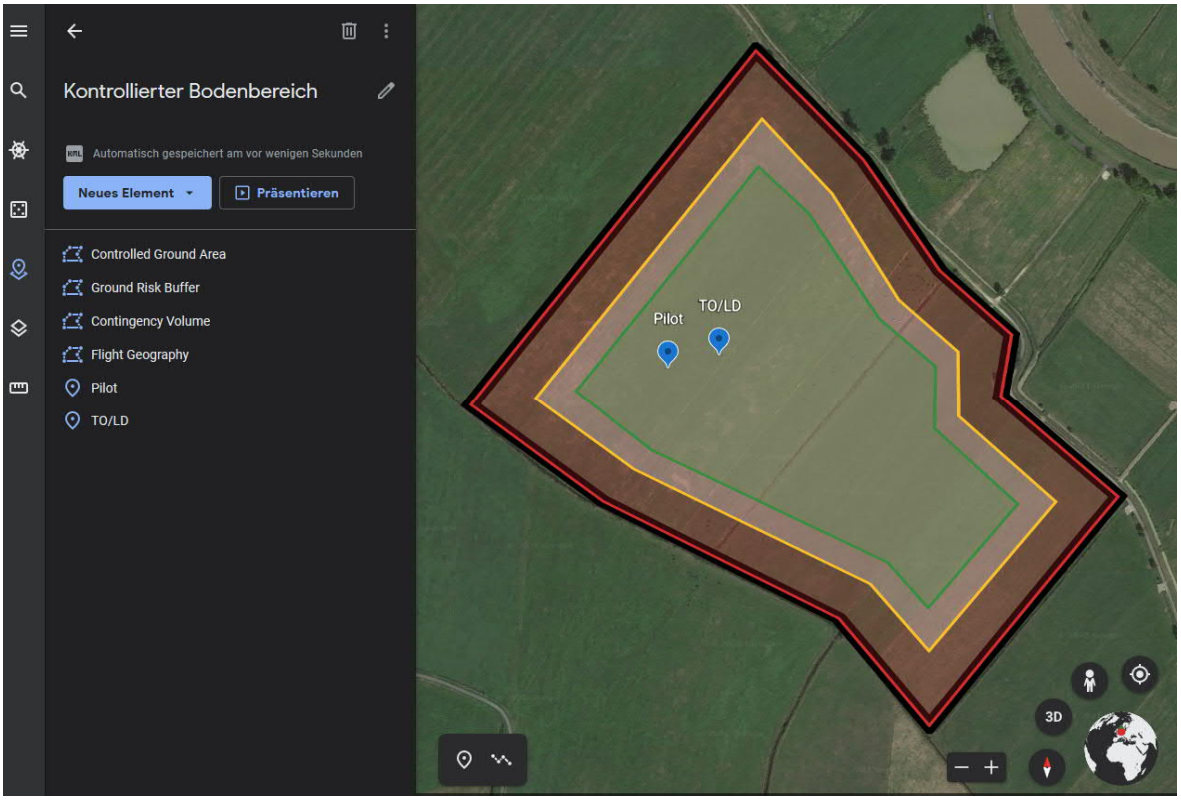
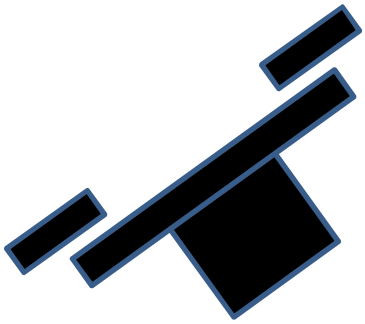
3. Das Contingency Volumen wird mittels des berechneten Ground Risk Buffers eingezeichnet.



4. Die Flight Geography ergibt sich wiederum aus dem noch zur Verfügung stehenden Bereich nach Abzug der Breite des Contingency Volumens.



5. Der Standort des Piloten und der Start- und Landepunkt des UAS werden eingezeichnet. Die *.kml Datei kann exportiert werden.



intentionally left bank: