

Gutachten

Aeronautical Study zur Durchdringung von Hindernisbegrenzungsflächen bei geplantem Neubau des Verkehrslandeplatzes Coburg am Standort Meeder-Neida

Auftraggeber (AG):

Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg mbh

– Dresden, 27.04.2016 –

Umfang:

Dieser Bericht umfasst 115 Seiten (111 Seiten zuzüglich 4 Seiten Anhang)

Dokumentenname: Aeronautical_Study_COB_PFV2015_4.2_ct250416.docx



Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH

Hermann-Prell-Str. 8
01324 Dresden

Tel.: +49 (0)351/273 26 03

Fax: +49 (0)351/273 26 04

URL: www.gfl-consult.de

Email: info@gfl-consult.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Kurzfassung.....	7
1 Motivation und Zielstellung	13
2 Eingangsdaten.....	15
3 Prüfung der relevanten Hindernisflächen	19
3.1 Definition der Flächensysteme	19
3.2 Prüfung der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 (IFR).....	20
3.3 Prüfung der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 (VFR).....	23
3.4 Fazit Hindernisprüfung	24
4 Flugverfahrensprognose	25
4.1 Grundlagen der Verfahrensplanung.....	25
4.1.1 Einführung.....	25
4.1.2 Geschwindigkeitskategorien (Aircraft Approach Category)	25
4.1.3 Navigationsverfahren	26
4.1.4 Hindernisfreiheit	28
4.1.5 Anflugverfahren.....	32
4.1.6 Abflugverfahren.....	34
4.1.7 Fazit	34
4.2 Prüfung der Anflugverfahren.....	35
4.2.1 Horizontalanalyse.....	35
4.2.2 Vertikalanalyse.....	36
4.3 Prüfung der Abflugverfahren.....	43
4.3.1 Horizontalanalyse.....	43
4.3.2 Vertikalanalyse.....	44
5 Methodik der Aeronautical Study	45
5.1 Risikoanalysemethodik.....	45
5.2 Untersuchungsverfahren für Flugverkehr unter Standardbedingungen.....	47
5.2.1 Instrumentenflugverkehr.....	47
5.2.2 Sichtflugverkehr.....	51
5.3 Untersuchungsverfahren für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen	52
5.3.1 Allgemeine Methodik der Risikoanalyse	52
5.3.2 Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen	53
5.3.3 Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien	55
5.3.4 Prüfung der Realisierbarkeit des Überfluges anhand Flugleistungsanforderungen gemäß Zulassungsvorschrift	57
5.3.5 Prüfung möglicher Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugversuchen.....	60
5.3.6 Prüfung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen gemäß Flughandbüchern	64

6	Risikoanalyse für Flugverkehr unter Standardbedingungen	67
6.1	Instrumentenflugverkehr	67
6.2	Sichtflugverkehr.....	70
7	Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen.....	79
7.1	Festlegung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen	79
7.2	Feststellung von Kollisionstrajektorien	83
7.3	Feststellung der Hindernisrelevanz gemäß EASA CS-23	85
7.4	Feststellung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Versuchen im Flugsimulator ...	86
7.5	Feststellung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen.....	90
7.6	Fazit Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen.....	91
8	Ableitung von Risikominderungsmaßnahmen	95
	Abkürzungsverzeichnis	99
	Abbildungsverzeichnis	103
	Tabellenverzeichnis	105
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	107
	Anhang A.....	112
A1	Weiterführende Informationen	112
A2	Ergänzende Anforderungen der Verfahrensplanung.....	114

Kurzfassung

Die *Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg mbH* plant den Neubau des Verkehrslandeplatzes (VLP) Coburg. Im Rahmen des hierzu durchgeführten Planfeststellungsverfahrens wurde festgestellt, dass die Hindernisbegrenzungsflächen gemäß *Nachrichten für Luftfahrer NfL I 328/01* von Geländeerhebungen und Baumbewuchs des dortigen *Callenberger Forstes* im südlichen Bereich großflächig durchdrungen würden. Um trotz dieser Durchdringungen Genehmigungsfähigkeit für den Neubau des VLP Coburg zu erlangen, sehen die geltenden Richtlinien ICAO Annex 14 sowie EASA CS-ADR-DSN gleichermaßen die Möglichkeit der Prüfung auf Vereinbarkeit der Planung mit einem sicheren und regelmäßigen Flugbetrieb mittels einer *Aeronautical Study* (AS) vor. Die vorliegende AS soll hier konkret Aufschluss über das Kollisionspotenzial von an- und abfliegenden Luftfahrzeugen (LFZ) mit vermuteten topografischen Hindernissen liefern und dieses Potenzial gutachtlich bewerten.

Die zunächst durchgeführte Überprüfung der Durchdringungssituation am geplanten VLP Coburg basierte auf einem hochgenauen Digitalen Oberflächenmodell (DOM) mit einer Punktdichte von mindestens 4 Punkten pro m² für die im Fokus stehenden Bereiche des *Callenberger Forstes* und berücksichtigt somit die Topografie einschließlich Vegetation und Bebauung. Im Ergebnis der Hindernisprüfung zeigten sich – wie oben postuliert – in der Tat großflächige Durchdringungen der beiden relevanten Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 (IFR) bzw. NfL I 92/13 (VFR) im Bereich des *Callenberger Forstes* über mehr als 1.000 ha. Für die IFR-Flächen wurden die höchsten Durchdringungen im Bereich der sog. *Buchleite*, ca. 4,5 km südöstlich des Platzes gelegen, mit einer Höhe von 75 m oberhalb der Horizontalfläche festgestellt (siehe Kapitel 3.2). Bezüglich der VFR-Flächen wurde eine Durchdringung von bis zu 65 m im Bereich des sog. *Hahnberg*, ca. 1,5 km südwestlich des Platzes ermittelt (siehe Kapitel 3.3).

Zur Schaffung einer einheitlichen Bewertungsbasis, die zur Durchführung der AS notwendig ist, wurde eine Grobplanung der IFR- An- und Abflugverfahren im Rahmen einer Flugverfahrensprognose vorgenommen (siehe Kapitel 4). Hierbei erfolgte für jede Betriebsrichtung (BR) gemäß international standardisierter Planungsverfahren (ICAO PANS OPS) die laterale und vertikale Auslegung der Flugroutengeometrie sowie der zugehörigen Verfahrensschutzräume, um bspw. mögliche Interferenzen mit Kontrollsektoren bzw. Flugverfahren an anderen Flugplätzen zu berücksichtigen. Dabei wurden jedoch keine derartigen Abhängigkeiten aufgrund hinreichend großer jeweiliger Entfernung zu den anliegenden Flugplätzen erkannt (siehe Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.3.1). Die errechneten Hindernisfreihöhen (*Obstacle Clearance Altitude/Height – OCA/H*) liegen für die geplanten IFR-Verfahren LNAV und LNAV/VNAV am VLP Coburg bei maximal 1.650 ft bzw. 610 ft über Grund (OCH) und stellen somit übliche Werte und damit meteorologisch bedingte Verfügbarkeit des Platzes im nationalen Flugplatzvergleich dar (siehe Kapitel 4.2.2 und Kapitel 4.2.2.6). Allerdings wurden für die geplanten Flugverfahren unvermeidbar Durchdringungen der *Visual Segment Surface* (VSS) als bodennaher, unter Sicht geflogener Teil des IFR-Verfahrens in BR 11 im Bereich des *Hähnles* von bis zu 12 m festgestellt (siehe Kapitel 4.2.2.5).

Im Zwischenergebnis ist somit festzustellen, dass alleinig die Hindernissituation als potentielle Gefahr für den Flugbetrieb am VLP Coburg einzustufen ist. Infolge wurde diese Gefahr mittels Risikoanalyse innerhalb der AS bewertet: Hierzu war die Kollisionswahrscheinlichkeit eines an- oder abfliegenden LFZ am geplanten VLP Coburg mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* sowohl unter regulären, typischen Randbedingungen (im Folgenden als *Standardbedingungen* bezeichnet), als auch für Flugbewegungen, die aufgrund unvorhergesehener Vorkommnisse an Bord und/oder am Boden bzw. in unmittelbarer Umgebung des LFZ nicht entsprechend der Normalverfahren gemäß *Standard Operating Procedures* (SOPs) für den Betrieb von Luftfahrtgerät erfolgen (hier u. a. unterstellter

Triebwerksausfall verschärft durch ungünstige Windlagen, im Folgenden als *Ausnahmebedingungen* bezeichnet) zu erfassen und bewerten (siehe Kapitel 5). Als Akzeptanzkriterium wird hierfür der CRM-Grenzwert nach ICAO für Präzisionsanflüge von 10^{-7} pro Anflug (1 Kollision pro 10 Millionen Anflüge) auch für Starts und Landungen mittels Nichtpräzisionsanflugverfahren gewählt, da wie dargelegt für alle Flugphasen ein analoger Bewertungssachverhalt gegeben ist. Die Berechnungsergebnisse stellen sich wie folgt dar:

Flugbewegungen unter Standardbedingungen:

IFR-Verkehr

Der Bestimmung der Kollisionsrisiken während IFR-An- und Abflügen am VLP Coburg unter typischen, verfahrenskonformen Randbedingungen wurden umfangreiche Radardatenauswertungen zur Modellierung des jeweiligen Flugverhaltens zugrunde gelegt (siehe Kapitel 5.2.1). Im Anflug ergeben sich hiernach Kollisionsrisiken für LFZ mit der gegebenen Hinderniskulisse unterhalb von 1×10^{-30} pro Anflug. Diese Risiken liegen damit um Größenordnungen unter dem o. g. ICAO-Grenzwert. Im Abflug liegen diese Risiken im Bereich von 1×10^{-9} pro Abflug, somit zwar bedeutend höher als im Anflug, aber weiterhin knapp unterhalb des Grenzwertes. Für diesen Untersuchungsteil wird folglich Sicherheitsäquivalenz zu ICAO-Vorgaben festgestellt (siehe Kapitel 6.1).

VFR-Verkehr

Kollisionsrisiken für VFR-Verkehr können in Ermangelung statistischer Flugverlaufsdaten mittels Radar nicht quantitativ bestimmt werden. Um dem am geplanten VLP Coburg zukünftig erwartet hohen VFR-Verkehrsanteil dennoch adäquat Rechnung zu tragen, erfolgte eine qualitative Risikobewertung (siehe Kapitel 5.2.2). Diese basiert auf einer empirischen Flugunfallanalyse mit Analogieschlüssen auf den am VLP Coburg gegebenen Sachverhalt einer verletzten Horizontalfläche im Bereich der Platzrunde. Darüber hinaus wurden weitere Aspekte, die aus der Lage der Hindernisse im Bereich der Platzrunde resultieren, wie z. B. die Leewirkung des *Callenberger Forstes* und mögliche Gefahren für Flugzeugschleppverbände (F-Schlepp) analysiert und gewürdigt.

Die Analysen zeigen, dass Flugunfälle in der Platzrunde mit Boden-/Hindernisberührung ohne technisches oder menschliches Versagen empirisch nicht nachweisbar sind. Auch konnte für F-Schlepps gezeigt werden, dass selbst unter Berücksichtigung der minimalen Steiganforderungen an Schleppverbände gemäß NfL II 17/03 ein sicherer Überflug über die Hindernisse des *Callenberger Forstes* stets gewährleistet ist. Die Flugunfallanalyse hinsichtlich leewelleninduzierter Flugunfälle zeigte schließlich ein nur marginales Gefährdungspotenzial: Von 236 analysierten Flugunfällen im Bereich der Platzrunde waren lediglich acht (3 %) auf den (unbeabsichtigten) Einflug in eine Leewelle zurückzuführen, welche zudem ausnahmslos Flugunfälle mit Segelflugzeugen waren. Aufgrund der zudem hohen erforderlichen Windgeschwindigkeiten zur Ausprägung gefährdender Leewellen (> 30 kt) und der Südlage des *Callenberger Forstes*, lässt sich diese Gefahr auch aufgrund der sodann im Regelfall vorliegenden deutlichen Überschreitung zulässiger Seitenwindkomponenten von Segelflugzeugen bei derartigen Wetterlagen grundsätzlich ausschließen.

Somit ist festzustellen, dass bei Berücksichtigung der allgemeinen Vorschriften und Empfehlungen zur Flugvorbereitung und Einhaltung der ausgewiesenen Platzrunde keine signifikanten flugbetrieblichen Risiken für VFR-Verkehr unter Standardbedingungen vorliegen (siehe Kapitel 6.2).

Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen:

Zur Bewertung der Kollisionsrisiken von An-/Abflügen nach VFR und IFR am VLP Coburg unter äußerst seltenen, allerdings hochrisikobehafteten Ausnahmebedingungen, erfolgte die Anwendung eines Mehrstufenprüfplans wie folgt:

- Stufe 1:** Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen, im Wesentlichen:
- Ermittlung der kritischen Hindernisse aus Flugleistungsgesichtspunkten
 - Bestimmung der maßgeblichen Gefahrenszenarien und
 - Bestimmung der in Bezug auf die Gefahr kritischen Referenzluftfahrzeuge.
- Stufe 2:** Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien dieser LFZ bei unterstelltem Direktüberflug der in Stufe^o1 als kritisch erkannten Hindernisse (Horizontalanalyse):
Für welche Hindernisse ist entsprechend der Flugleistungen/-eigenschaften der Referenzluftfahrzeuge ein Direktüberflug überhaupt möglich?
- Stufe 3:** Prüfung der Realisierbarkeit des Überfluges mittels Flugleistungsberechnungen auf Basis der Minimalanforderungen gemäß Zulassungsvorschrift von LFZ (Vertikalanalyse):
Überfliegen LFZ bei Direktüberflug und unter Maßgabe der Zulassungsanforderungen sicher die kritischen Hindernisse?
- Stufe 4:** Prüfung möglicher Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugspuraufzeichnungen von Flugversuchen in Flugsimulatoren (Lateral-/Vertikalanalyse):
Ist die Lage der Hindernisse selbst bei Triebwerksausfall und ungünstiger Windsituation bei realistischem Steuerverhalten des Piloten als relevant bzw. kritisch einzustufen?
- Stufe 5:** Prüfung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen gemäß Flughandbüchern (Vertikalanalyse):
Gewährleisten die tatsächlichen Steigleistungen der Referenzluftfahrzeuge eine hinreichende Flughöhe über den kritischen Hindernissen?

Im Ergebnis wurden im Rahmen der Prüfstufe 1 (Prüfung flugbetrieblicher Randbedingungen, siehe Kapitel 7.1) insgesamt drei relevante Hindernisse mittels Relativhöhenanalyse identifiziert, die südlich der SLB im Bereich des *Callenberger Forstes* liegen. Sodann wurden alle in Bezug auf die Gefahr einer Kollision kritischen Szenarien konstruiert, hier für beide BR für Starts als Szenario 1 und 2 sowie Fehlanflüge als Szenario 3 und 4. Die Festlegung der Referenzluftfahrzeugmuster fiel auf die LFZ PA-28 (einmotoriges LFZ mit Kolbentriebwerk), B200GT (zweimotoriges Turboprop-LFZ) und C525A (zweimotoriger Jet), als typische und zugleich die Bandbreite der Flugleistungen abdeckende Vertreter von am geplanten VLP Coburg operierenden LFZ-Mustern.

Innerhalb der Prüfstufe 2 (Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien, siehe Kapitel 7.2) wurden unter Maßgabe von Kollisionsflugpfaden zur Ermittlung der minimalen Flugstrecken zu den kritischen Hindernissen (unterstellter Direktüberflug) spezifische Kollisionstrajektorien konstruiert. Ausgangspunkt war die Prüfung, ob ein hypothetischer Direktüberflug für die Referenzluftfahrzeuge unter Berücksichtigung realisierbarer Kurvenradien und weiterer flugleistungsspezifischer und verfahrensplanerischer Vorgaben und Randbedingungen überhaupt möglich ist. Hierbei erfolgte stets die Annahme eines Triebwerksausfalls für zweimotorige LFZ. Ein signifikantes Abdriften aufgrund von ungünstigen Seitenwindlagen unter Berücksichtigung flugleistungsspezifischer Grenzen gemäß Flughandbüchern kann grundlegend ausgeschlossen werden. Im Ergebnis konnten für alle Referenzluftfahrzeuge spezifische Kollisionstrajektorien ermittelt werden. Insofern ist diese Gefahr tatsächlich gegeben und die folgenden weiteren Prüfstufen 3 bis 5 wurden durchgeführt:

Im Rahmen der Prüfstufe 3 (Vertikalprüfung gemäß Mindestanforderung der Zulassungsvorschrift EASA CS 23, siehe Kapitel 7.3) wurden entlang der in Stufe 2 ermittelten potenziellen Kollisionstrajektorien die Überflughöhen der kritischen Hindernisse unter Berücksichtigung eines Triebwerksausfalls für zweimotorige LFZ anhand der generischen minimalen Steigleistungsanforderungen nach EASA CS-23 berechnet, die Auswirkungen des Kurvenfluges sowie Seitenwind nicht explizit einbeziehen. Im Ergebnis zeigt sich, dass das

Referenzluftfahrzeug PA-28 in allen vier Gefahrenszenarien die Hindernisse überfliegen kann. Gleiches gilt für die LFZ-Muster B200GT und C525A für die Szenarien 1, 3 und 4. Hingegen zeigte die Prüfung des Szenarios 2 (Starts in BR 29) für diese beiden LFZ-Muster, dass ein sicherer Überflug nicht gewährleistet ist, die errechneten Flughöhen die vorliegenden Hindernishöhen vertikal um bis zu 36 m (B200GT) bzw. 47 m (C525A) unterschreiten. Dieser Sachverhalt begründet eine weitere Detailprüfung der Kollisionsgefahr anhand Prüfstufe 4, nunmehr unter Einbeziehung kritischer Randbedingungen und zusätzlich realistischen Steuerverhaltens von Piloten. Ziel war die Nachweisführung, ob unter diesen kritischen Randbedingungen überhaupt signifikante laterale Ablagen vom Sollflugpfad zu erwarten sind, die infolge zu einem ungewollten Ansteuern des Hindernisses mit unzureichender Flughöhe führen könnten.

In dieser Prüfstufe 4 (Prüfung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugspuraufzeichnungen von Flugsimulatoren, siehe Kapitel 7.4) erfolgte die Lateral- und Vertikalanalyse für Starts und Landungen in Flugsimulatoren mit widrigen betrieblichen Randbedingungen. Insgesamt wurden mehr als 200 Flugversuche nach VFR und IFR mit unterschiedlichen LFZ-Mustern und Besatzungen durchgeführt, die im Ergebnis zeigten, dass für keinen der durchgeführten An- und Abflüge signifikante laterale Ablagen nachgewiesen werden konnten, die infolge in einen Kollisionsflugpfad mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* resultiert hätten (siehe Prüfstufe 2). Jedoch waren insbesondere im Abflug, trotz hinreichender Überflughöhen, bereichsweise nur geringe laterale Abstände zu den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* feststellbar. Im Ergebnis kann folglich eine Kollision mit den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Prüfstufe 5 (Ermittlung von Überflughöhen mittels Flugleistungsberechnungen gemäß AFM, siehe Kapitel 7.5) erfasste analog Stufe 3 die Ermittlung von Überflughöhen über den kritischen Hindernissen, hier allerdings unter Anwendung der zertifizierten AFM der Referenzluftfahrzeuge. Insofern standen demnach nicht die zulassungsseitig einzuhaltenden Minimalanforderungen im Fokus, sondern die tatsächlich vom LFZ-Hersteller nachgewiesenen (i.d.R. besseren) Steigleistungen unter expliziter Berücksichtigung des Kurvenfluges (reduzierte Steigleistung aufgrund Lastvielfachen). Erneut wurden die resultierenden Überflughöhen anhand der minimalen Wegstreckenlängen der relevanten Kollisionstrajektorien und gemäß AFM ermittelter Steiggradienten berechnet. Im Ergebnis ist festzustellen, dass für das LFZ-Muster PA-28 weiterhin für alle vier Gefahrenszenarien Unbedenklichkeit hinsichtlich eines sicheren Überfluges attestiert werden kann. Dies trifft ebenfalls auf die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A im Rahmen der Szenarien 1, 3 und 4 zu. Für diese LFZ-Muster wurde hinsichtlich Szenario 2 jedoch auch in dieser abschließenden Prüfstufe die Möglichkeit einer Kollision mit den kritischen Hindernissen nachgewiesen.

Somit ist im Endergebnis festzuhalten, dass nach Anwendung des Mehrstufenprüfplans ein Restrisiko für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A bei Starts von SLB 29 (Gefahrenszenario 2) bezüglich der Kollision mit dem Hindernis 2 (*Hahnberg*) verbleibt. Um auch in diesem äußerst seltenen Fall von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen den Anforderungen eines sicheren Flugbetriebes am zukünftigen VLP Coburg gerecht zu werden, ist die Umsetzung von Risikominderungsmaßnahmen wie folgt aus Gutachtersicht erforderlich.

Risikominderungsmaßnahmen:

Da nicht für alle Prüfschritte der vorliegenden AS ohne Vorbehalt sicherer und regelmäßiger Flugbetrieb im Sinne von ICAO/EASA attestiert werden kann, sind bei Realisierung des geplanten VLP Coburg aus gutachtlicher Sicht folgende Risikominderungsmaßnahmen (RM) umzusetzen (vgl. Kapitel 8):

RM 1: Rodungen im Bereich der Durchdringung der Anflugfläche bzw. seitlicher Übergangsfläche und der VSS sowie weitere, optionale Rodungen im Bereich des Hähnles

RM 1 sieht die Beseitigung von natürlichen Luftfahrthindernissen (Bäumen) überall dort vor, wo Durchdringung der Primärflächen nach nFl I 328/01 (An- und Abflugflächen und seitliche Übergangsfläche) und der VSS festgestellt wurde.

Im Bereich des *Hähnles* wurden die höchsten Kollisionsrisiken für abfliegende LFZ im Instrumentenflug unter Standardbedingungen bis zu einem Lateralabstand von 450 m zur verlängerten Bahnachse ermittelt. Der CRM-Grenzwert wird dort nicht überschritten, die ermittelten Kollisionsrisiken im Abflug liegen aber auch nur geringfügig darunter. Zudem wurde im Rahmen der Flugsimulatorversuche festgestellt, dass unter Ausnahmebedingungen (unterstellter TW-Ausfall mit signifikantem Seitenwind) auch dort die geringsten Hindernisabstände resultierten.

Es wird daher aus gutachterlicher Sicht der Hinweis gegeben, dass weitere zusätzliche Rodungen in diesem Bereich zur Verbesserung der Risikosituation führen würden. Das (derzeit innerhalb des Grenzwertes liegende) Kollisionsrisiko würde sich bei Umsetzung um fast eine Zehnerpotenz reduzieren (für Abflüge von $8,1 \times 10^{-8}$ auf dann $9,7 \times 10^{-9}$ pro Abflug).

RM 2: Hindernisbefeuern des höchsten und des kritischsten Hindernisses

RM 2 sieht die Aufstellung eines Hindernisbefeuernsmastes auf der jeweils höchsten Erhebung des *Hahnberg* und der *Buchleite* vor, die durch LFZ-Führer in der Platzrunde stets deutlich erkennbar sein müssen. RM 2 begründet sich mit den Analyseergebnissen der Verfahren unter *Ausnahmebedingungen*, nach denen auch in Prüfstufe 5 des Prüfplans ein Restrisiko für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A bei Starts in Richtung 29 bezüglich einer möglichen Kollision mit dem *Hahnberg* gegeben ist. Die insgesamt größte Durchdringung der Hindernisbegrenzungsflächen liegt mit ca. 75 m Durchdringungshöhe im Bereich der *Buchleite* im Osten des Platzes. Daher ist im Sinne von ALARP¹ auch für dieses Hindernis eine Befeuern vorzusehen.

RM 3: Hindernis-Monitoring

RM 3 sieht die Einrichtung eines Hindernis-Monitoring-Systems zur Sicherstellung vor, dass die mit RM 2 geforderten Hindernisfeuer stets durch die LFZ-Führer auch unter Beachtung von Wachstumszyklen der Flora und Optionsfenstern für die Einkürzung von Bäumen erkennbar bleiben.

RM 4: Verbindliches Online Briefing für alle nicht-regelmäßigen VFR-Platznutzer

RM 4 sieht die Einrichtung eines Online-Briefings (via Internet) für alle *unregelmäßig* den Platz unter VFR-Bedingungen nutzende Luftfahrzeugführer verbindlich vor, das über die Ausnahmesituation und damit verbundenen Randbedingungen für einen sicheren Flugbetrieb am Platz präzise aufklärt. Unregelmäßige Nutzer sind hierbei jene mit einem letzten An-/Abflug in Coburg, der *länger als 6 Monate* zurückliegt. Die Verbindlichkeit ist über eine entsprechende Selbstauskunft durch den verantwortlichen Luftfahrzeugführer herzustellen, die von ihm nach Absolvieren des Briefings online erklärt wird und sodann systemseitig zu archivieren ist. Eine Beeinträchtigung der Nutzbarkeit des Platzes durch diese Risikominderungsmaßnahme ist aus Gutachtersicht nicht feststellbar.

RM 5: Ausschluss von N-VFR An-/Abflügen

RM 5 sieht den Ausschluss von Nacht-VFR-Verkehr am geplanten VLP Coburg vor: Mit RM 2 werden zwar zwei Hindernisfeuer vorgesehen, das Gesamtausmaß der Hindernisdichte im

¹ Das ALARP-Prinzip (*As Low As Reasonably Practicable*) besagt, dass Risiken auf ein Maß reduziert werden sollen, welches den höchstmöglichen Grad an Sicherheit garantiert. Aus betrieblicher und ökonomischer Sicht verhältnismäßige Risikominderungsmaßnahmen sind hiernach umzusetzen.

Bereich des *Callenberger Forstes* ist hiermit jedoch nachts durch den Luftraumnutzer nicht verlässlich erkenn- und bewertbar.

RM 6: Anhebung der Platzrunde auf 2.200 ft MSL

RM 6 sieht die Anhebung der Platzrunde um 200 ft auf 2.200 ft MSL vor. Gemäß Richtlinie NfL I 37/00 ist eine Hindernisfreiheit im Bereich der Platzrunde von 800 ft über Grund sicherzustellen. Dies ist am geplanten VLP Coburg ab einer Platzrundenhöhe von 2.177 ft gewährleistet.

Zusammenfassend kommt das Gutachten zu dem Schluss, dass bei Umsetzung dieser sechs Risikominderungsmaßnahmen Sicherheitsäquivalenz zu ICAO-/EASA-Vorgaben am Standort des geplanten VLP Coburg erreicht wird.

1 Motivation und Zielstellung

Die *Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg mbH* (PGVC) plant den Neubau des Verkehrslandeplatzes (VLP) Coburg. Ursache hierfür ist die spätestens am 31.12.2019 auslaufende Betriebsgenehmigung des gegenwärtigen VLP Coburg-Brandensteinebene für Flugbetrieb nach Instrumentenflugregeln (engl. *Instrument Flight Rules*, IFR) aufgrund vorliegender Abweichungen von Vorgaben der Internationalen Zivilluftfahrtbehörde (*International Civil Aviation Organization*, ICAO) sowie der Europäischen Flugsicherheitsagentur (*European Aviation Safety Agency*, EASA) bzw. deren Überführung in nationales Recht, hier im Wesentlichen hinsichtlich der nicht richtlinienkonformen Auslegung der Anflugbefehrerung. Als Alternative wurde der Standort Meeder-Neida sieben Kilometer nordwestlich von Coburg im Rahmen eines vorgelagerten Raumordnungsverfahrens (ROV) festgelegt. So soll dem bestehenden Luftverkehrsbedarf für Werk- und Geschäftsreiseverkehr und der damit einhergehenden Bedeutung für die Region Rechnung getragen werden. Im Rahmen des seinerzeitigen ROV und nunmehr auch im Planfeststellungsverfahren (PFV) wurde festgestellt, dass Hindernisbegrenzungsflächen gemäß *Nachrichten für Luftfahrer NfL I 328/01* von Geländeerhebungen und Baumbewuchs des *Callenberger Forstes* im südlichen Bereich des geplanten VLP durchdrungen würden.

Im Zuge des PFV und hierfür erstellter Antragsunterlagen wurde analysiert, dass von einer großflächigen Durchdringung der Horizontalfläche von bis zu 75 m auszugehen ist. Aus Sicht der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) mit Schreiben vom 17.03.2015 gemäß [56] und der zuständigen Landesluftfahrtbehörde Luftamt Nordbayern mit Schreiben vom 19.08.2015 nach [57] sind die ungeeignete Topografie des Standortes, insbesondere die Durchdringungen der Horizontalfläche, gemäß § 6 Luftverkehrsgesetz (LuftVG), Absatz 2 und die hiermit einhergehenden Richtlinienverletzungen insofern nicht mit einer Genehmigung des Bauvorhabens vereinbar.

In diesem Falle sehen die geltenden Richtlinien ICAO Annex 14 [4] sowie EASA CS-ADR-DSN [48] gleichermaßen die Möglichkeit der Erstellung einer *Aeronautical Study* (AS) in Form einer detaillierten Sicherheitsbewertung vor, die nachweisen möge, dass trotz Durchdringung der vorgenannten Hindernisschutzräume dennoch sicherer und regelmäßiger Flugbetrieb am geplanten Standort gewährleistet werden kann. Die vorliegende AS soll folglich Aufschluss über das Kollisionspotenzial von an- und abfliegenden Luftfahrzeugen (LFZ) mit den topografischen Hindernissen und weiterführende Konsequenzen im Schadenseintritt liefern und dieses Potenzial gutachtlich bewerten.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Erstellung der AS für ein Bauprojekt erfolgt, das sich im Planungszustand befindet und somit bspw. nicht mit einer baulichen Erweiterung zu vergleichen ist. Folglich kann nicht auf empirische Daten einer genehmigten Bestandssituation (Flugroutengeometrie bzw. Flugverfahrensprognose, wie vom Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) mit Schreiben vom 08.05.2015 angeregt) zurückgegriffen werden, die für die Erstellung der AS allerdings erforderlich sind. Insofern ist diesbezüglich Eindeutigkeit in Bezug auf die Ausgangslage für die Untersuchungen herzustellen, um vornehmlich flugbetriebliche und flugsicherungstechnische Belange wie bspw. Interferenzen mit Kontrollsektoren und Flugverfahren (insbesondere nach IFR) umliegender Flugplätze hinreichend zu klären.

Unbenommen der Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen wurde der VLP Coburg vollständig richtlinienkonform für den IFR Flugbetrieb geplant.

2 Eingangsdaten

Geplanter VLP Coburg

Für die Durchführung der nachfolgenden Analysen sind zunächst infrastrukturelle Daten des geplanten VLP Coburg aufzunehmen. Dies sind die geografischen Koordinaten des Flughafenbezugspunktes (*Aerodrome Reference Point, ARP*) sowie der jeweiligen Bahnschwellen (*Threshold, THR*), da an ihnen die gemäß Richtlinien geltenden Hindernisfreiflächen verortet werden. Die entsprechenden Werte wurden den Planfeststellungsunterlagen [25] entnommen. Die relevanten Koordinaten sind im UTM-Format in nachfolgender Tabelle 1 aufgeführt.

Untersuchungspunkt	UTM 32U-Koordinaten		Höhe NHN [m]
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	
Flugplatzbezugspunkt	633820	5573728	316,95
THR 11	633204	5573963	316,95
THR 29	634532	5573495	316,95

Tabelle 1: UTM 32U-Koordinaten relevanter Untersuchungspunkte des geplanten VLP Coburg [25]

Wie in vorangegangenem Kapitel 1 bereits erläutert, liegt der geplante VLP Coburg im Bereich bewaldeter Geländeerhebungen. Insbesondere der *Callenberger Forst*, ein großflächiges und hügeliges Waldgebiet südlich des geplanten VLP, durchdringt die Hindernisbegrenzungsflächen großflächig. Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt daher die Lage des geplanten VLP Coburg in Relation zu den hier relevanten Bereichen des *Callenberger Forstes*:

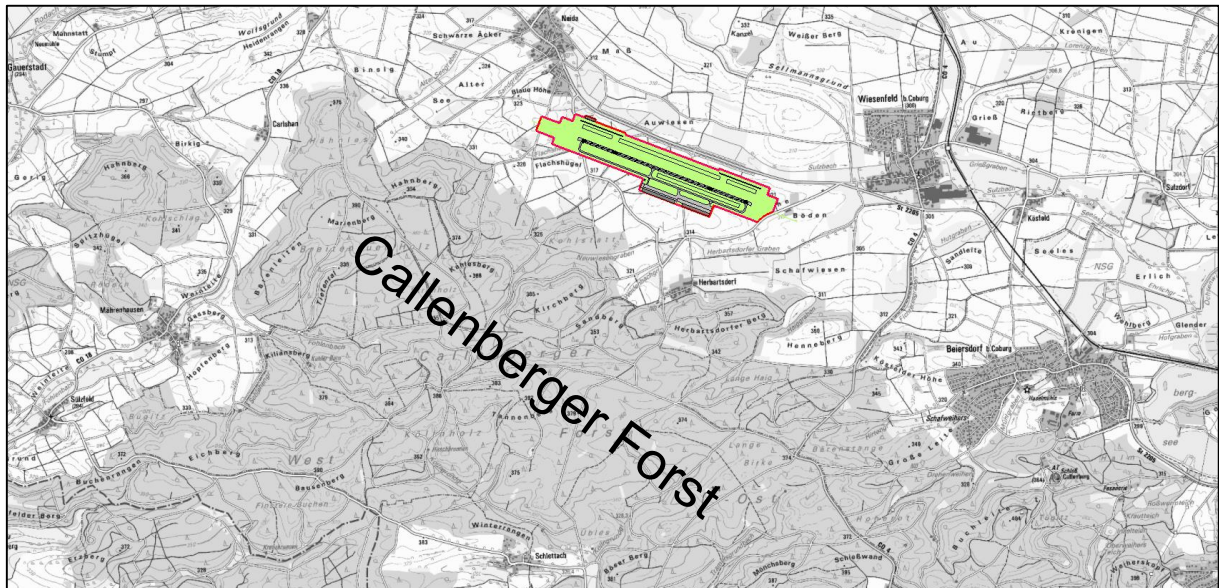


Abbildung 1: Lage des geplanten VLP Coburg relativ zum Callenberger Forst

Für den Flugverkehr nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules, VFR*) sind mehrere Platzrunden (Motorflug, Segelflug/Ultraleichtflugzeuge (UL), Flugzeugschlepp, sog. F-Schlepp) geplant, deren Ausgestaltung nach den Richtlinien NfL II 37/00 [49] erfolgte. Aufgrund der Hindernissituation im Bereich des *Callenberger Forstes* wurde die Größe der Motorflug-Platzrunde derartig angepasst, dass wesentliche Hindernisse (hier vor allen Dingen der *Hahnberg* und der *Hähnles* südwestlich des VLP) vermieden werden. Nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Lage der Platzrunden:

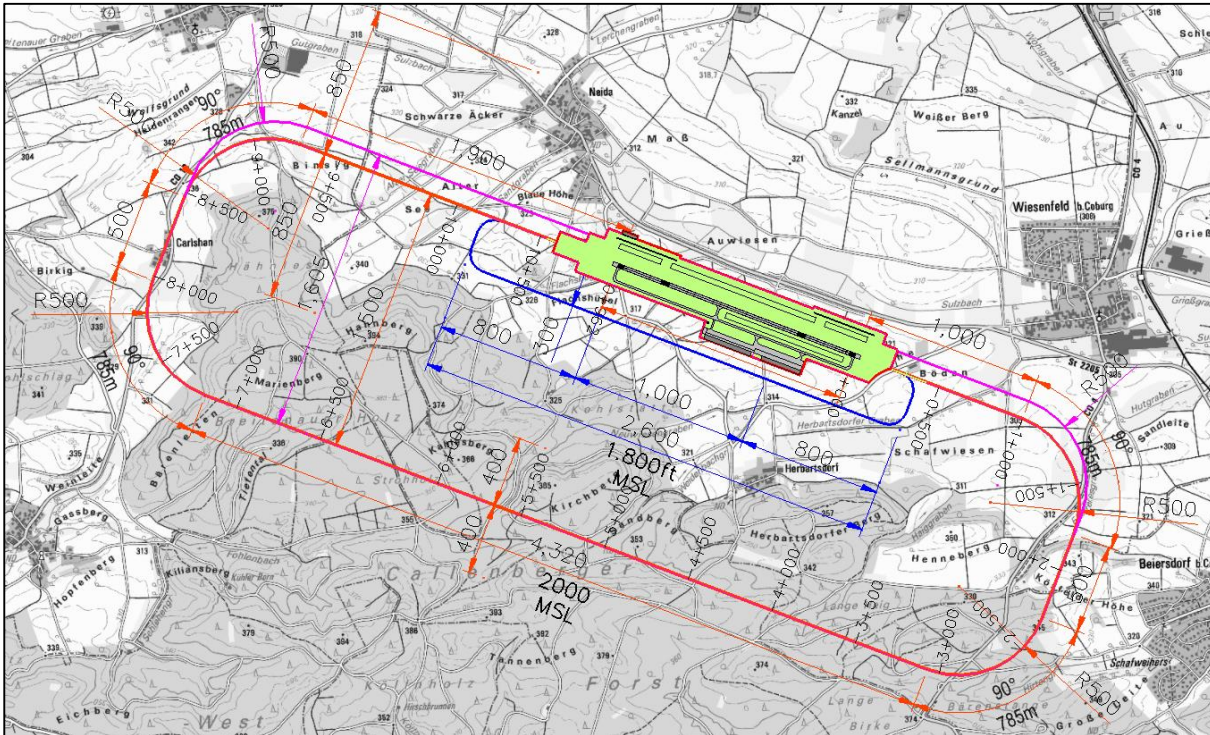


Abbildung 2: Lage der Platzrunden am geplanten VLP Coburg nach [50]

Wie in Abbildung 2 zu sehen, ist das westliche An-/Abflugsegment mit 1.900 m deutlich länger ausgestaltet, als die Minimalanforderungen nach NfL II 37/00 [49] gefordert, um wie oben ausgeführt Direktüberflüge über die Hindernisse weitestgehend zu vermeiden. Die geplante Platzrundenhöhe beträgt 2.000 ft über Meeresspiegel (*Mean Sea Level, MSL*), demnach 960 ft (ca. 290 m) über Platzhöhe.

Geländemodell/Hindernisdaten

Zur Bewertung der Hindernissituation wurde zunächst ein digitales Geländemodell (DGM) beschafft, welches die Oberflächenstruktur des umliegenden Geländes mit einer Rasterweite von 5 m beschreibt. Dieses umfasst einen Bereich von ca. 12 x 10 km um den geplanten VLP Coburg. Da dieses DGM zunächst keinen Aufschluss über weitere Höhenpunkte bzw. die Vegetation gibt, wurden weiterhin Bereiche mit Waldgebieten pauschal mit einer Baumhöhe von 30 m beaufschlagt. Diese Vorgehensweise gewährleistete eine erste grobe Feststellung der Durchdringungen der Flächensysteme (vgl. Kapitel 3). Für die sensitiven Bereiche des *Callenberger Forstes* wurde anschließend vom *Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern* (LDBV) ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) mit einer Punktdichte von mindestens 4 Punkten pro m² zur Verfügung gestellt [26]. Die Höhengenaugigkeit der Punkte beträgt ca. 0,1 m.

Datengrundlage des DOM ist die Aufnahme von Laserpunkten, die mittels Befliegung mit einem Laserscanner und Abtasten der Geländeoberfläche aufgezeichnet werden [8]. Das DOM stellt somit die tatsächlich vorhandene Landschaft mit zusätzlich allen festen und beweglichen Objekten (bspw. Bauwerke, Wälder und ruhender/fließender Verkehr)² zum Zeitpunkt der Befliegung dar.

Das DOM umfasst für die Bereiche des *Callenberger Forstes* mehr als 100 Millionen Datenpunkte. Da für alle nachfolgenden Untersuchungen ein derartig hochaufgelöstes Oberflächenmodell nicht erforderlich war und die hohe Punktzahl zudem rechentechnisch

² Zur Differenzierung wird die Laserpunktwolke durch geeignete Filtermethoden automatisch in Punktklassen unterteilt (bspw. Bodenpunkte oder Objekt-/Vegetationspunkte) [8].

stets nur sehr aufwendig weiter zu verarbeiten war, wurde das DOM in seiner horizontalen Auflösung auf eine Rasterweite von 5 x 5 m reduziert. Hierbei wurde das Untersuchungsgebiet in 5 x 5 m große Rasterzellen eingeteilt und nur der jeweils höchste Höhenpunkt je Rasterzelle verwendet. So konnte das Oberflächenmodell auf ca. 900.000 Datenpunkte verringert werden, ohne dabei die wichtigen Höheninformationen zu verlieren.

3 Prüfung der relevanten Hindernisflächen

3.1 Definition der Flächensysteme

Grundlage für die Planung der Anlage von Flughäfen in Bezug auf die Hindernisfreiheit ist ICAO Annex 14 [4]. Basierend auf dortige Regelungen wurden nationale Richtlinien (hier zunächst „Richtlinien über die Hindernisfreiheit für Start- und Landebahnen mit Instrumentenflugbetrieb“ nach NfL I 328/01 [2] (siehe auch Kapitel 3.2) erlassen, die die Basis zur Beurteilung der Hindernissituation eines Flugplatzes in Deutschland darstellen. Analog stellen die „Gemeinsamen Grundsätze des Bundes und der Länder für die Anlage und den Betrieb von Flugplätzen für Flugzeuge im Sichtflugbetrieb“ nach NfL I 92/13 [3] die Grundlage der Hindernisbegrenzungsflächen für Sichtflugplätze dar.

Ziel dieser Richtlinien ist es, den Luftraum um eine Start- und Landebahn (SLB) festzulegen, der von Hindernissen freizuhalten ist, so dass der beabsichtigte verfahrensabhängige IFR-/VFR-Flugbetrieb sicher durchgeführt werden kann. Diese Anforderung ist bei der Genehmigung der Anlage und des Betriebes eines Flugplatzes hinsichtlich vorhandener Bauwerke, aber auch bereits bei der Planung von Bauwerken, zu berücksichtigen.

In [4] bzw. [2] sind die aus mehreren Teilflächen bestehenden vorgenannten Hindernisbegrenzungsflächen definiert, bis zu deren Höhe Objekte in den Luftraum hineinragen dürfen.

Dies sind im Einzelnen:

- Streifen (um die SLB),
- Anflugfläche (Approach),
- Abflugfläche (Take-off Climb),
- Horizontalfläche (Inner Horizontal),
- Seitliche Übergangsfläche (Transitional) und die
- Obere Übergangsfläche (Conical).

Folgende Abbildung 3 zeigt diese Flächen gemäß Hindernisrichtlinie NfL I 328/01 [2] für den Anflugbereich in der isometrischen Ansicht:

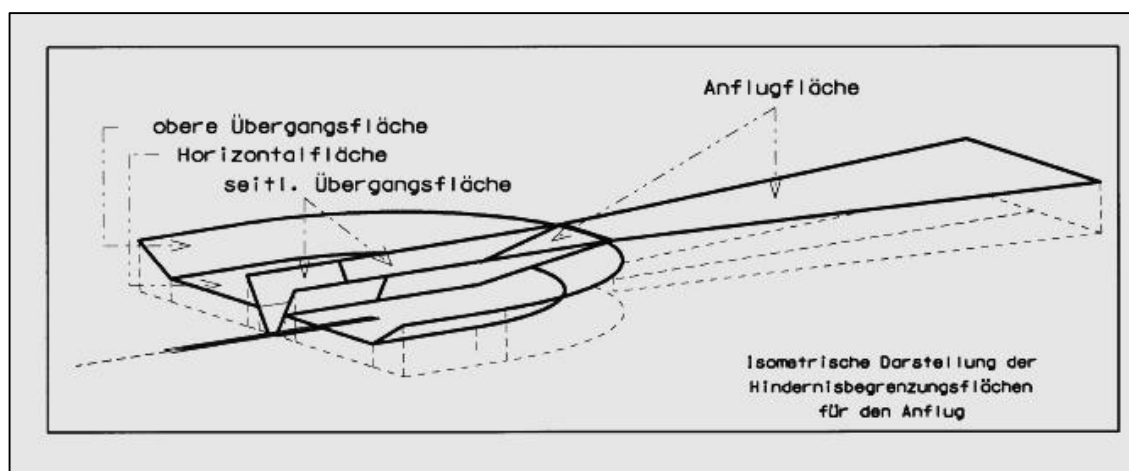


Abbildung 3: Hindernisbegrenzungsflächen für den Anflugbereich nach [2]

3.2 Prüfung der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 (IFR)

Wie bereits in Kapitel 2 erläutert, wurde im Rahmen einer Vorprüfung zunächst ein DGM mit einer Auflösung von 5 x 5 m verwendet, um die Durchdringungssituation am geplanten VLP Coburg vorerst grob zu erfassen. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die Durchdringungen des Flächensystems auf Basis dieses DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m in allen Waldgebieten. Das dargestellte Koordinatensystem (KOS) ist lokal auf die Landeschwelle 11 referenziert, d. h. der Ursprung des KOS liegt auf THR 11. Die x-Achse ist in Anflugrichtung ausgerichtet, die y-Achse entsprechend rechtwinklig hierzu. In allen nachfolgenden Abbildungen und Berechnungen wird dieses lokale KOS verwendet.

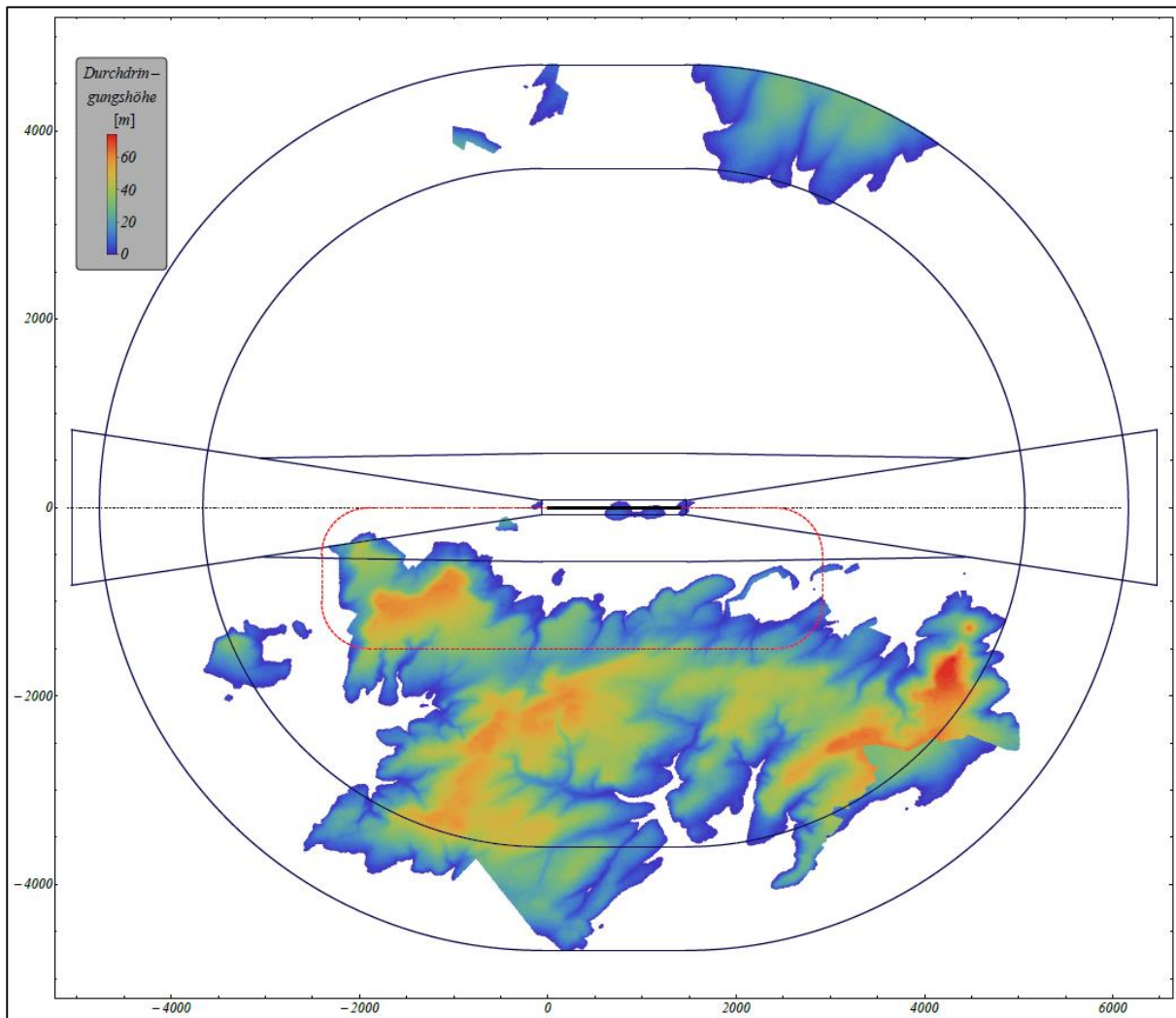


Abbildung 4: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m

Wie in Abbildung 4 zu sehen, ergeben sich großflächige Durchdringungen des Flächensystems im Bereich der Horizontalfläche und der oberen Übergangsfläche, vor allem südlich des geplanten VLP Coburg im Bereich des *Callenberger Forstes*. Die größte Durchdringungshöhe tritt dabei im südöstlichen Bereich der Horizontalfläche im Bereich der sog. *Buchleite* auf. Weiterhin ist zu sehen, dass in nördlichen Gebieten (*Ortelsberg*), allerdings

nur im Bereich der oberen Übergangsfläche, Durchdringungen des *Ortelsberges* von bis zu ca. 25 m auftreten³.

Um die Durchdringungssituation präziser zu erfassen, wurde für den südlichen Bereich des *Callenberger Forstes*, der die höchsten Durchdringungshöhen enthält, ein DOM inkl. Vegetation und sonstiger Höhenpunkte beschafft (vgl. Kapitel 2). Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt nun die Durchdringungssituation für diese Bereiche südlich des geplanten VLP Coburg:

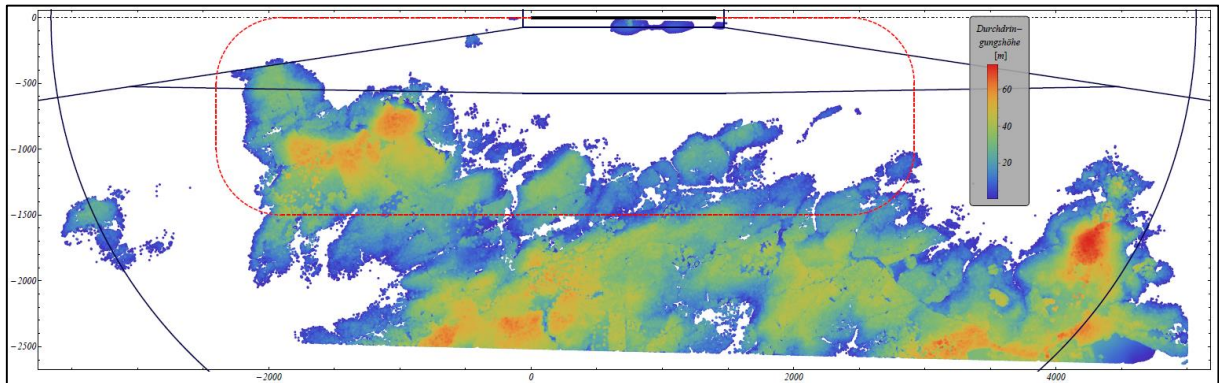


Abbildung 5: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM mit tatsächlicher Vegetation

Insgesamt ist erkennbar, dass zwar die Größe der durchdrungenen Flächen etwas geringer ausfällt, als zunächst bei 30 m pauschalisierter Baumhöhe festgestellt, aber dennoch weiterhin die Waldgebiete des *Callenberger Forstes* die Hindernisbegrenzungsflächen deutlich durchdringen. Die höchsten Durchdringungen treten dabei im Bereich der *Buchleite* (südöstlich des Platzes) mit einer Durchdringungshöhe von bis zu 75 m auf. Aber auch Gebiete westlich des Platzes, insbesondere der sog. *Hahnberg*, weisen große Durchdringungshöhen von bis zu 60 m auf. Durchdrungen werden dabei vor allem die Horizontalfläche und obere Übergangsfläche, aber auch, wenn auch nur sehr geringfügig, die Anflugfläche in Betriebsrichtung (BR) 11 und die seitliche Übergangsfläche im Bereich des *Hähnles*.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen daher diese Gebiete nochmals in verkleinertem Ausschnitt:

³ Die Durchdringungen im Bereich des SLB-Streifens (vgl. Abbildung 4) würden im Zuge des Neubaus des VLP Coburg durch notwendige Erdarbeiten zur Geländeanpassung beseitigt werden.

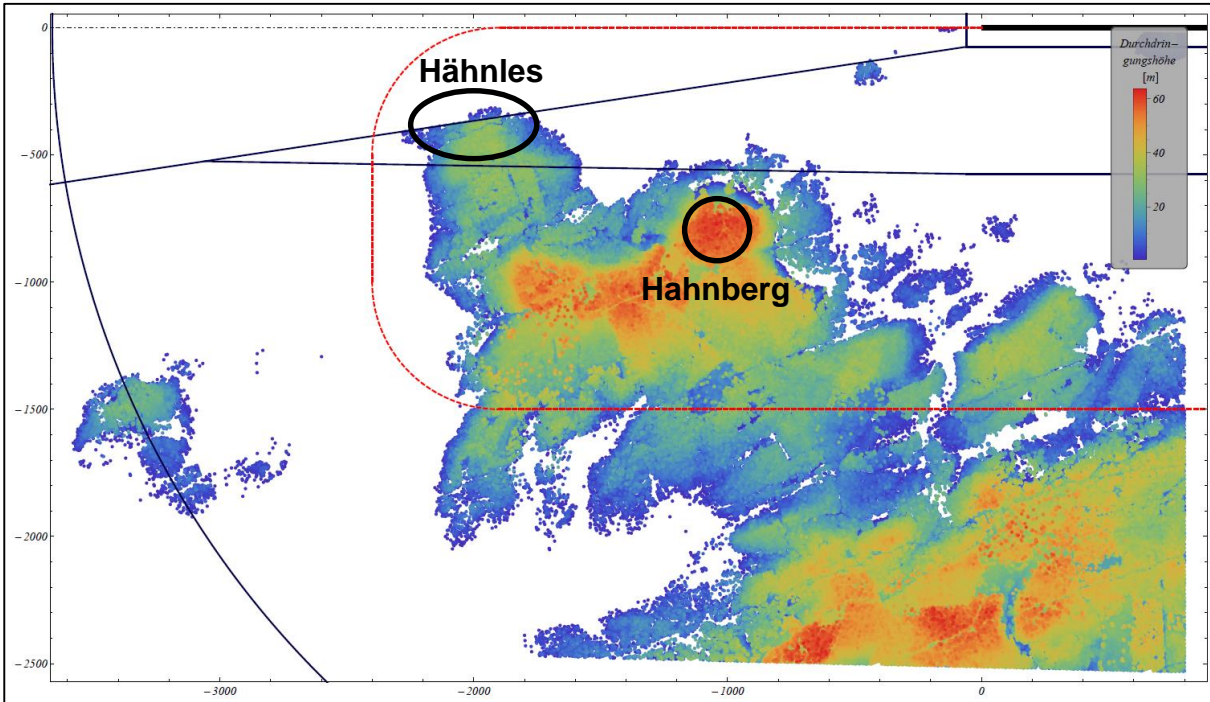


Abbildung 6: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM, südöstlicher Bereich

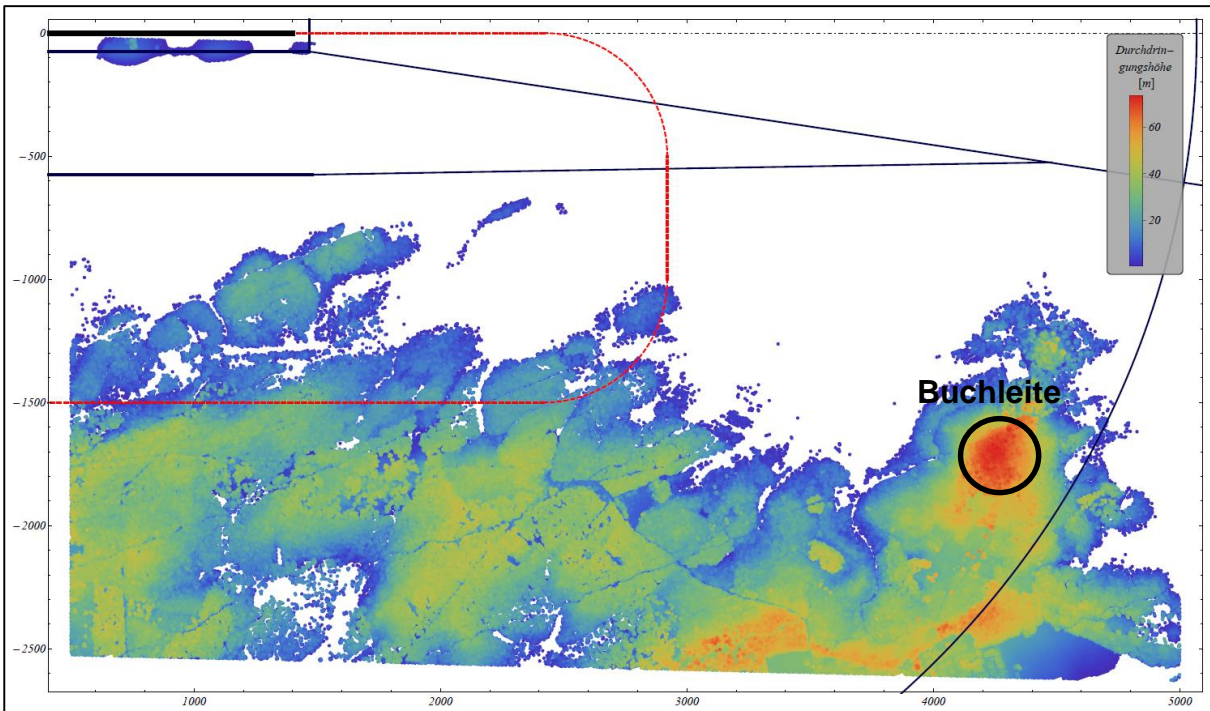


Abbildung 7: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM, südöstlicher Bereich

3.3 Prüfung der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 (VFR)

Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt die Durchdringungen des VFR-Flächensystems nach NfL I 92/13 [3] auf Basis des DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m in allen Waldgebieten:

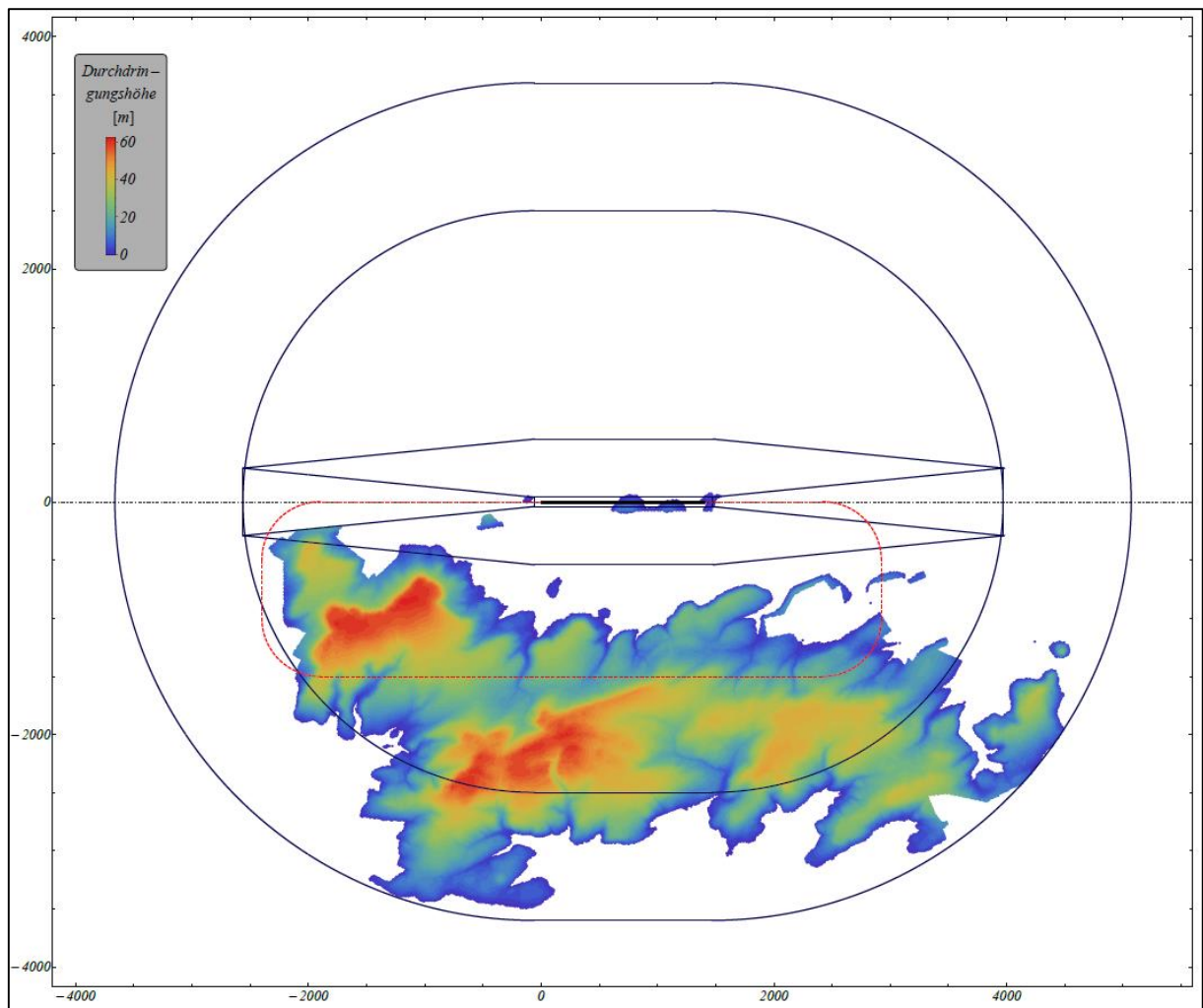


Abbildung 8: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 – DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m

Wie in Abbildung 8 zu sehen, durchdringen auch bei dem horizontal deutlich kleineren VFR-Flächensystem große Bereiche des *Callenberger Forstes* die Horizontalfläche und obere Übergangsfläche. Allerdings durchdringen die Bereiche des *Ortelsbergers* im Norden aufgrund der verkleinerten Geometrie des Flächensystems die obere Übergangsfläche nicht mehr.

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt erneut die Durchdringungen im Bereich des *Callenberger Forstes* auf Basis des DOM mit präziser Vegetationshöhe:

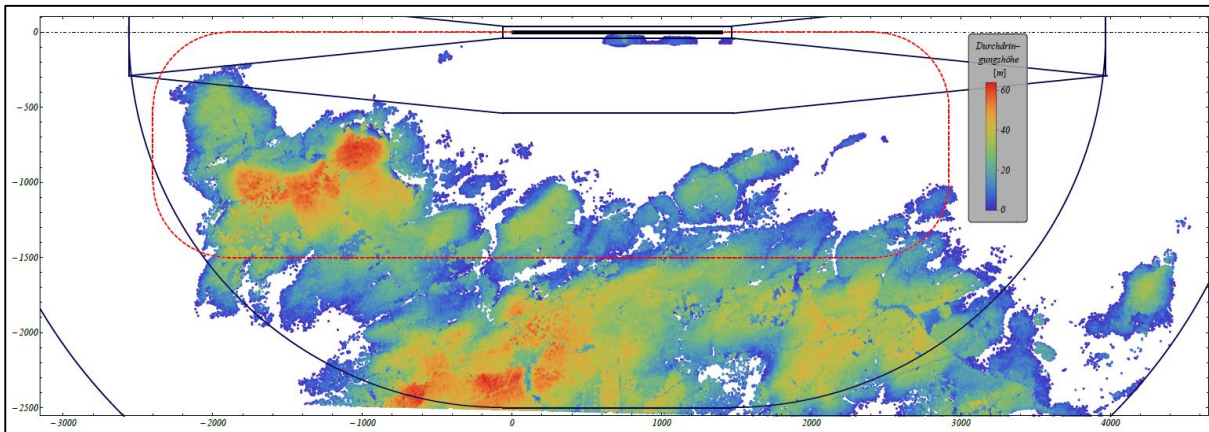


Abbildung 9: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 – DOM mit tatsächlicher Vegetation

3.4 Fazit Hindernisprüfung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln dargelegt, resultieren für die IFR-Flächensysteme großflächige Durchdringungen im Bereich des *Callenberger Forstes* mit Durchdringungshöhen der Horizontalfläche von bis zu 75 m. Gleiches gilt für die VFR-Flächensysteme, allerdings fallen die Durchdringungen hier aufgrund der geringeren horizontalen Ausmaße etwas geringer aus.

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden AS ist es daher, diese Durchdringungen im Rahmen einer Risikoanalyse (Methodik vgl. Kapitel 5) zu analysieren und zu bewerten. Hierbei wird ausschließlich auf die Hindernisse des *Callenberger Forstes* fokussiert, die Durchdringungen der oberen Übergangsfläche gemäß NfL I 328/01 [2] (IFR) im nördlichen Bereich (*Ortelsberg*) bleiben unberücksichtigt. Diese Durchdringungen liegen am äußeren Rand der Hindernisbegrenzungsflächen in Bereichen ohne Flugerwartungsgebiet für IFR-Verkehr. Zudem sollen am geplanten VLP Coburg keine *Circling Approaches* implementiert werden, deren Schutz durch die Horizontalfläche bzw. Obere Übergangsfläche gewährleistet werden soll, sondern lediglich An-/Abflugverfahren mit Flächennavigation (*Area Navigation, RNAV*) mit geraden Segmenten (*Straight-In* bzw. *Straight-Out*, vgl. auch nachfolgendes Kapitel 4). Für das VFR-Flächensystem liegen ausschließlich Durchdringungen durch den *Callenberger Forst*, nicht jedoch durch den *Ortelsberg* vor.

4 Flugverfahrensprognose

4.1 Grundlagen der Verfahrensplanung

4.1.1 Einführung

Um Eindeutigkeit in Bezug auf die Ausgangslage für die Untersuchungen herzustellen und vornehmlich flugbetriebliche und flugsicherungstechnische Belange wie bspw. Interferenzen mit Kontrollsektoren und Flugverfahren (insbesondere IFR) umliegender Flugplätze hinreichend zu klären, ist zunächst eine Flugverfahrensprognose zur möglichen Ausgestaltung der IFR-An- und Abflugverfahren durchzuführen.

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt daher zunächst die Analyse verfahrensplanerischer Vorgaben, die bei der Planung von An- und Abflugverfahren sowie der Vertikal- und Lateralstaffelung von Flugrouten zu berücksichtigen sind. Hierfür sind nachfolgende internationale Richtlinien der ICAO zur Verfahrensplanung maßgebend⁴:

- ICAO PANS-ATM Doc 4444: *Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management* [27],
- ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. I: *Flight Procedures* [28],
- ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. II: *Construction of Visual and Instrument Flight Procedures* [5] und
- ICAO *Performance-based Navigation (PBN) Manual* Doc. 9613 [29].

In o. g. Dokumenten sind die Anforderungen zur Konstruktion von Flugverfahren in vertikaler und lateraler Ebene wie Wegpunkte, Routenlängen, Kurvenradien, Steig-/Sinkgradienten, Verfahrensschutzräume etc. unter Berücksichtigung weiterer Randbedingungen (lokale Hindernissituation, Art von Flugverfahren, eingesetzte LFZ-Muster usw.) sowie einzuhaltende Staffelungsabstände zwischen Flugrouten dargelegt.

In vorliegender Untersuchung wird hierbei ausschließlich auf An- und Abflugverfahren nach IFR fokussiert.

4.1.2 Geschwindigkeitskategorien (Aircraft Approach Category)

Ein zentraler Aspekt bei der Planung, Festlegung und Durchführung von IFR-An- und Abflugverfahren sind die jeweiligen Flugleistungen der LFZ; die u. a. durch jene Fluggeschwindigkeit v_{at} kategorisiert wird, die bei Überflug der Landebahnschwelle⁵ vorliegt [28]. Entsprechend führte ICAO allgemeingültige LFZ-Geschwindigkeitskategorien (*Aircraft Approach Category, APC*)⁶ ein, die in nachfolgender Tabelle 2 ausgewiesen sind:

⁴ Darüber hinaus sind ergänzend weitere Direktiven anzuwenden, wie bspw. ICAO Doc. 9368: *Instrument Flight Procedures Construction Manual* [31] oder Verordnung (EU) Nr. 965/2012 [30].

⁵ Indicated Airspeed at Threshold (v_{at}) = 1,3 · Stall Speed v_{s0} bzw. 1,23 · Stall Speed v_{s1g} [28]

⁶ Oftmals auch als *Approach Speed Categorisation* bezeichnet, da wie dargelegt die Anfluggeschwindigkeit das Klassierungskriterium ist.

Aircraft Category	V_{at} [km/h] ([kt])	Indicated Airspeed [km/h]				
		Range of speeds for initial approach	Range of final approach speeds	Max speeds for visual manoeuvring (circling)	Max speeds for missed approach	
					Intermediate	Final
A	< 169 (< 91 kt)	165/280(205*)	130/185	185	185	205
B	169 ≤ IAS < 224 (91 ≤ IAS < 121)	220/335(260*)	155/240	250	240	280
C	224 ≤ IAS < 261 (121 ≤ IAS < 141)	295/445	215/295	335	295	445
D	261 ≤ IAS < 307 (141 ≤ IAS < 166)	345/465	240/345	380	345	490
E	307 ≤ IAS < 391 (166 ≤ IAS < 211)	345/467	285/425	445	425	510

V_{at} Speed at threshold based on 1.3 times stall speed V_{s0} or 1.23 times stall speed V_{slg} in the landing configuration at maximum certificated landing mass. (Not applicable to helicopters.)

* Maximum speed for reversal and racetrack procedures.

** Maximum speed for reversal and racetrack procedures up to and including 6 000 ft is 185 km/h and maximum speed for reversal and racetrack procedures above 6 000 ft is 205 km/h.

Tabelle 2: LFZ-Kategorien und relevante Fluggeschwindigkeiten bezüglich der Verfahrensplanung (Auszug gemäß [5])⁷

4.1.3 Navigationsverfahren

Grundsätzlich lässt sich die Navigation nach IFR-Verfahren in konventionelle Navigation mittels bodengebundener Wegpunkte (über Bodennavigationsanlagen) und Navigation über virtuell definierte Wegpunkte unterscheiden. Konventionelle Verfahren verlieren zunehmend an Bedeutung, sodass bei der folgenden Planung auf Routen mittels RNAV im Rahmen des Konzeptes *Performance Based Navigation* (PBN) abgestellt wird.

Das PBN-Konzept wurde durch die ICAO in den 1990er Jahren entwickelt. Grundidee ist, die bodengestützte Navigation (bspw. mittels Drehfunkfeuer (*Very High Frequency Omnidirectional Radio Range*, VOR), ungerichtetem Funkfeuer (*Non-Directional Beacon*, NDB) oder Instrumentenlandesystem (*Instrument Landing System*, ILS)) zu reduzieren und vermehrt auf den Einsatz bodenunabhängiger Verfahren inkl. der Satellitennavigation zu setzen.

Weiterhin impliziert das PBN-Konzept, dass die Route über frei wählbare Wegpunkte definiert wird. Festgelegte Funkfeuer am Boden müssen nicht mehr als Referenz dienen. RNAV basiert auf spezifischen Leistungsanforderungen (insbesondere Genauigkeit der Positionsermittlung, sog. *Required Navigation Performance*, RNP) für LFZ entlang einer Route in einem hierfür strukturierten Luftraum (vgl. Abbildung 10).

⁷ Obgleich die ausgewiesenen Geschwindigkeiten auf v_{at} basieren, sind sie gleichermaßen für An- und Abflugverfahren geltend.

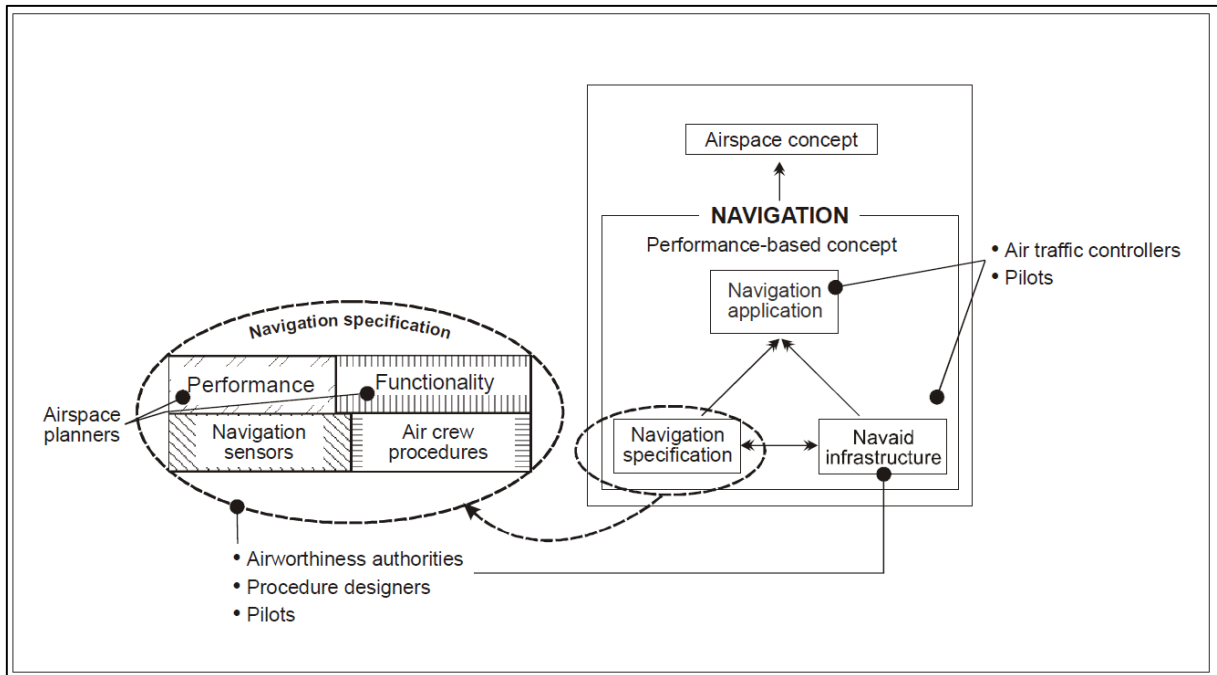


Abbildung 10: PBN-Elemente und Sichtweisen der unterschiedlichen Systemteilnehmer nach [29]

Die Vorteile von PBN-Verfahren liegen im geringeren Kraftstoffverbrauch durch kürzere Routen und damit verbunden einer Reduzierung von Emissionen sowie der Möglichkeit, durch flexiblere Gestaltungsmöglichkeiten Hindernisse oder lärmsensible Gebiete insbesondere bei An- und Abflugverfahren möglichst zu meiden.

Die ICAO unterteilt die PBN-Verfahren in zwei Gruppen: RNAV- und RNP-Verfahren. Die Spezifikationen sind hierbei ähnlich: Der Hauptunterschied liegt darin, dass RNP-Verfahren zusätzlich zum Genauigkeitsnachweis über Grund (*Above Ground Level, AGL*) ein *On-Board-Performance-Monitoring* und ein Warnsystem erfordern. Dieses System bietet der Besatzung eine automatische Sicherungsfunktion, wenn die RNP-Parameter nicht erfüllt oder ein ausreichendes Maß an Integrität nicht garantiert werden kann. RNAV-Verfahren haben diese Überwachung im Flug nicht, hier muss lediglich nachgewiesen werden, dass LFZ und Besatzung die Anforderungen erfüllen. RNAV- bzw. RNP-Leistungsfähigkeit werden durch den sog. zulässigen Gesamtfehler (*Total System Error, TSE*) bestimmt. Dies beschreibt die Abweichung von der nominalen oder gewünschten Position in Bezug zur wahren Position des LFZ zu jedem Zeitpunkt.

Seitens der DFS werden Routen nur noch als RNAV-1-Routen implementiert. Die Anforderung an die Flugführungsgenauigkeit beträgt hier ± 1 NM [29] in 95 % der Flugzeit. Die Anforderungen an die LFZ-Ausrüstung sind gemäß [29] spezifisch vorgegeben⁸. Nur LFZ und Besatzungen, die diese Anforderungen erfüllen, dürfen diese Verfahren nutzen, ansonsten sind konventionelle Verfahren anzuwenden.

Für RNAV-Routen werden gemäß [29] zudem Anforderungen an die Hindernisfreiheit und den Routenabstand definiert. Hinsichtlich der Hindernisfreiheit sind gemäß [29] für RNAV-1-Routen die Vorgaben für Standardverfahren gemäß ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. II [5] anzuwenden. Hinsichtlich des Routenabstandes wird wie folgt definiert (vgl. [29]):

⁸ Grundsätzlich erfüllt der Großteil der heute nach IFR operierenden LFZ diese Anforderungen.

„[...] Route spacing for RNAV 1 and RNAV 2 depends on the route configuration, air traffic density and intervention capability [...] based on ATS radar surveillance. Separation Minima for RNAV 1 are included in PANS-ATM (Doc 4444, Chapter 5) [...].“

4.1.4 Hindernisfreiheit

Zur Bewertung der Hindernissituation sind gemäß ICAO PANS-OPS Flächensysteme in Abhängigkeit der jeweiligen An- bzw. Abflugverfahren definiert. Diese umfassen lateral und vertikal definierte Flächenbereiche, in denen spezifische Anforderungen an die Hindernisfreiheit (*Minimum Obstacle Clearance*, MOC) einzuhalten sind (vgl. Abbildung 11). Hindernisse, die diese Schutzzonen verletzen, sind einzukürzen oder zu entfernen. Ist dies nicht möglich, ist eine Anpassung der Verfahren (bspw. Erhöhung des minimalen Steiggradienten (*Procedure Design Gradient*, PDG) oder Erhöhung der Mindestflughöhe erforderlich.

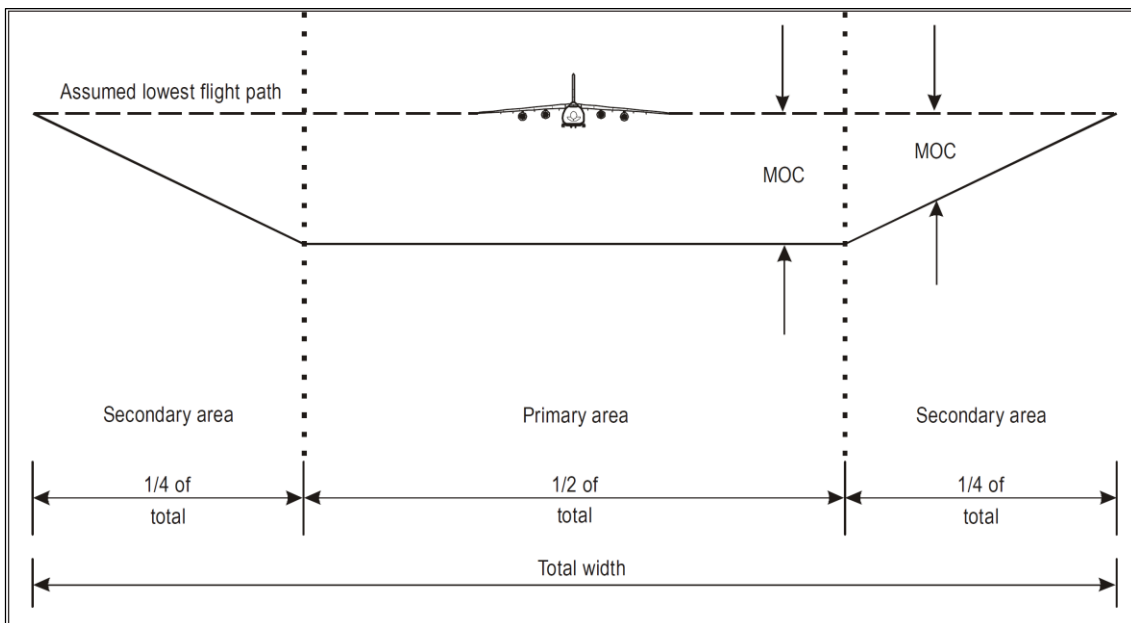


Abbildung 11: Flächensystem zur Bewertung der Hindernisfreiheit gemäß [5]

Für das End- und Fehlanflugsegment (vgl. Kapitel 4.1.5) wird aufgrund der Hindernissituation am geplanten VLP Coburg eine detaillierte Hindernisuntersuchung mit Bestimmung der Hindernisfreiheit (*Obstacle Clearance Altitude/Height*, OCA/H) durchgeführt und nachfolgend eingehend erläutert.

Bestimmung der OCA/H

Für den geplanten VLP Coburg ist geplant

- Nichtpräzisionsanflugverfahren (*Non-precision Approach*, NPA)⁹: z. B. *Lateral Navigation* (LNAV) und
- Anflug mit vertikaler Führung (*Approach With Vertical Guidance*, APV)¹⁰: z. B. *Lateral/Vertikal Navigation* (LNAV/VNAV) zu implementieren.

Die MOC ist dabei abhängig vom Anflugverfahren und der lateralen Entfernung des Hindernisses zur Anfluggrundlinie. In der sog. *Primary Area* beträgt die MOC in der Regel 75 m

⁹ Hierzu zählen alle 2D-Instrumentenanflugverfahren mit ausschließlicher lateraler Führung.

¹⁰ In diese Kategorie zählen nach ICAO Doc. 8168 (PANS-OPS) [28] alle Verfahren, die mittels einer 3D-Trajektorie sowohl eine vertikale als auch laterale Flugführung ermöglichen, jedoch nicht die Anforderungen für Präzisionsanflugverfahren erfüllen.

über dem Hindernis im Endanflug. Für den Fehlanflug (*Missed Approach, MA*) beträgt die MOC für die meisten Verfahren 50 m gemäß ICAO PANS-OPS [5].

Um festzustellen welche Hindernisse untersuchungsrelevant sind, gibt es für jedes Verfahren laterale Flächensysteme. Diese müssen verfahrensspezifisch konstruiert werden. Hierbei sind unter anderem Spezifikationen der Landebahn und Lage einzelner Wegpunkte (z. B. *Final Approach Fix (FAF)* oder Fehlanflugpunkt (*Missed Approach Point, MAPt*) zu beachten. In nachfolgender Abbildung 12 ist beispielhaft das idealisierte Flächensystem für LNAV/VNAV-Verfahren gemäß ICAO PANS-OPS [5] aufgezeigt.

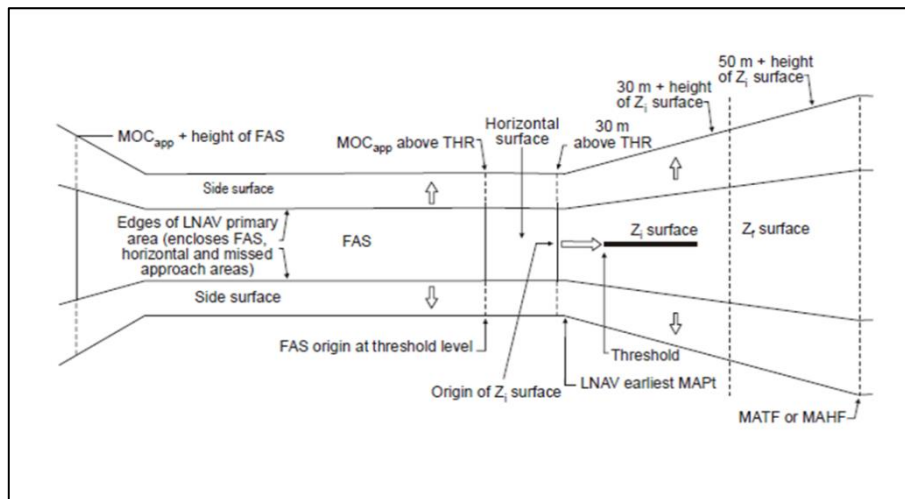


Abbildung 12: Laterales Flächensystem für Anflüge mit APV BARO (LNAV/VNAV) gemäß ICAO PANS-OPS [5]

Lediglich Objekte, die innerhalb dieser Flächensystem liegen, sind als relevant für die OCA/H-Berechnung zu werten. Für diese relevanten Objekte muss sodann die an diesem Ort gültige MOC bestimmt werden. Die Summe aus Hindernishöhe und MOC ergibt die geringstmögliche OCA/H für das spezifische Hindernis. Nachfolgende Abbildung 13 zeigt ein Beispiel für ein Hindernis mit einer Höhe von 105 m MSL in Relation zur Landebahnschwelle in einer Höhe von 5 m MSL.

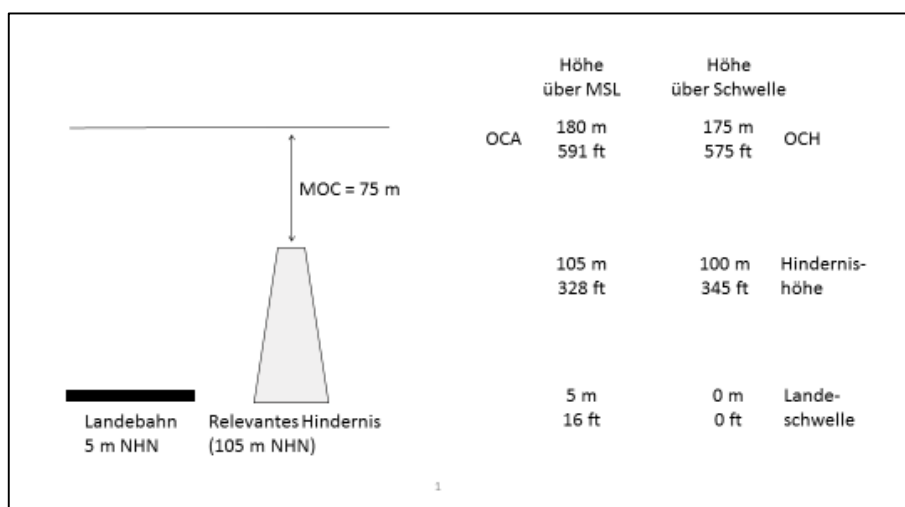


Abbildung 13: Beispielrechnung zur Bestimmung der OCA/H¹¹

¹¹ Je nach Verfahren finden gemäß [5] zur Ausweisung der OCA/H im Luftfahrthandbuch (AIP) verschiedene Rundungsregeln Anwendung.

Für das jeweilige Anflugverfahren bedeutet dies, dass diese Prüfung für jedes Hindernis durchgeführt werden muss. Das Hindernis, welches sodann die höchste OCA/H zur Folge hat, gilt als maßgebend zur Ermittlung der OCA/H.

Visual Segment Surface:

Die *Visual Segment Surface* (VSS) dient dem Schutz anfliegender LFZ im Sichtanflugteil eines ILS-Anfluges. Die horizontale und vertikale Ausdehnung der VSS richtet sich zunächst nach der Art des IFR-Anflugverfahrens. ICAO PANS-OPS [5] unterscheidet hier nach:

- Anflügen mit Landekursender (*Localizer*, LOC) oder Localizer-ähnlicher (*localizer look-alike*) lateraler Flugführung (*LOC only*, APV I, APV II und alle Präzisionsanflüge (*Precision Approach*, PA) und
- allen weiteren Anflugverfahren.

Die am VLP Coburg geplanten LNAV- und LNAV/VNAV-Verfahren fallen somit unter Punkt 2. Die VSS für Anflüge des Punktes 2 ist in ihrer lateralen und vertikalen Ausdehnung für Landebahnen der Codezahl 1 und 2 nach ICAO Annex 14 [4], wie für den geplanten VLP Coburg maßgebend, wie folgt festgelegt:

- Basisbreite 150 m, beginnend 60 m vor der Landeschwelle,
- laterale Divergenz von 15 %
- Vertikaler Anstieg: 1,12° unterhalb des veröffentlichten Anflugpfades, hier also 1,88° bei einem unterstelltem Standardgleitpfad von 3°,
- Ende der VSS in Höhe der veröffentlichten OCH und
- Hindernisse, die eine Höhe von 15 m über Schwellenhöhe nicht überschreiten, sind nicht zu berücksichtigen.

Nachfolgende Abbildung 14 zeigt die Geometrieverhältnisse der VSS für den hier relevanten Punkt 2 gemäß ICAO PANS-OPS [5]:

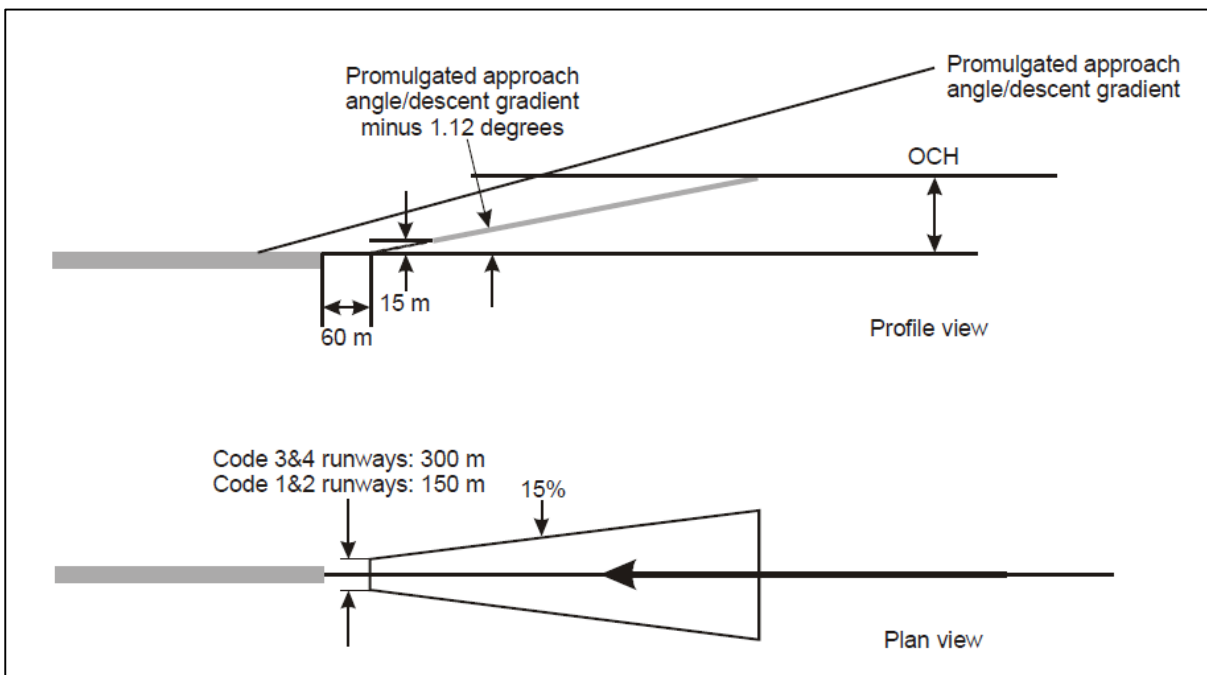


Abbildung 14: VSS gemäß ICAO PANS-OPS [5]

Darüber hinaus ist im Falle von Verletzungen der VSS in [5] klar ausgeführt, dass diese im Rahmen einer AS einer Sicherheitsbewertung zur möglichen Billigung zugeführt werden können.

Verfahrensschutzräume im Abflug

Den eingangs in Kapitel 4.1.1 erläuterten Verfahrensschutzräumen zur Hindernisprüfung liegen spezifische Konstruktionsparameter zugrunde. Die Ausgestaltung der Schutzräume ist demnach durch das jeweilige Abflugverfahren festgelegt (bspw. gerade vs. gekurvte Abflüge, Nutzung spezifischer Navigationsverfahren etc.) und entspricht im Wesentlichen trichterförmigen Flächenbereichen mit vorgegebenen Divergenzen. Hierbei ist die Anlage von Schutzräumen für gekurvte Abflugverfahren gegenüber geraden als komplexer zu bewerten. Im Anhang A2 sind beispielhaft die Verfahrensschutzräume für ein gerades Abflugverfahren (vgl. Abbildung 51) und ein Abflugverfahren mit Kurve (vgl. Abbildung 52) gegenübergestellt. Intention derartiger Verfahrensschutzräume ist die Identifikation relevanter Hindernisse in lateraler Ebene. Liegen Objekte innerhalb dieser Flächensysteme, ist anschließend vertikal zu prüfen, ob die MOC gewährleistet ist.

Procedure Design Gradient

Der Mindeststeiggradient für Abflugverfahren wird in Abhängigkeit der *Obstacle Identification Surface* (OIS) bestimmt. Die OIS ist gemäß PANS-OPS [5] eine Fläche, welche nicht von Hindernissen durchdrungen werden darf. Sie beginnt 5 m über dem ausgewiesenen Ende der Startbahn (*Departure End of Runway*, DER) und hat einen Gradienten von 2,5 %. Bei Durchdringung der OIS muss der Gradient angepasst werden bis eine Durchdringung nicht mehr gegeben ist.

Der PDG liegt gemäß PANS-OPS [5] 0,8 % über der OIS. Das bedeutet, dass ein PDG von mindestens 3,3 % für jedes veröffentlichte Verfahren erforderlich ist. Eine Anhebung der OIS hat demzufolge auch eine Anhebung des PDG zur Folge. Der Zusammenhang zwischen PDG und OIS ist in nachfolgender Abbildung 15 dargestellt.

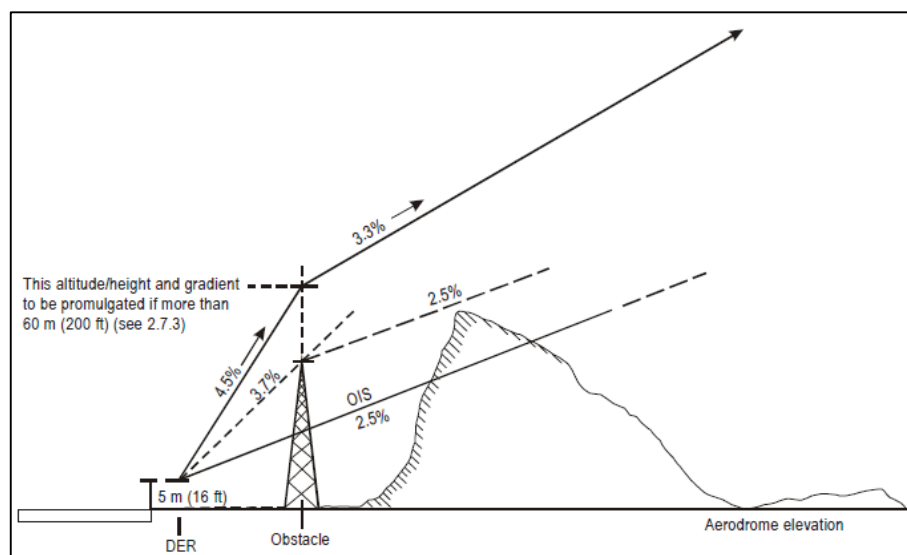


Abbildung 15: Ermittlung der OIS und des PDG gemäß ICAO PANS-OPS [5]

Der Mindeststeiggradient beträgt somit wenigstens 3,3 %. Eine maximale Begrenzung des PDG ist nicht vorgesehen, jedoch verringert ein höherer PDG die Nutzbarkeit des jeweiligen Verfahrens. Um der Verkehrszusammensetzung an einem Flughafen und den hiermit einhergehenden Flugleistungen von LFZ Rechnung zu tragen, wird in der praktischen Umsetzung der Verfahrensplanung hinsichtlich anzuwendender Steiggradienten ein Planungswert von bis zu 7 % (ca. 4°) angesetzt. Dieser Wert ist bspw. im *European Route Network Improvement Plan (ERNIP) – Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines* der EUROCONTROL [32] publiziert.

4.1.5 Anflugverfahren

Gemäß ICAO PANS-OPS (vgl. [5] und [28]) sind IFR-Anflugverfahren in fünf übergreifende Segmente unterteilt, die im Allgemeinen jeweils an festgelegten Fixpunkten beginnen bzw. enden (vgl. Abbildung 16):

- *Anflugstrecke* – Arrival Route bzw. Standard Instrument Arrival (STAR)),
- *Anfangsanflug* – Initial Approach,
- *Zwischenanflug* – Intermediate Approach,
- *Endanflug* – Final Approach und
- *Fehlanflug* – Missed Approach.

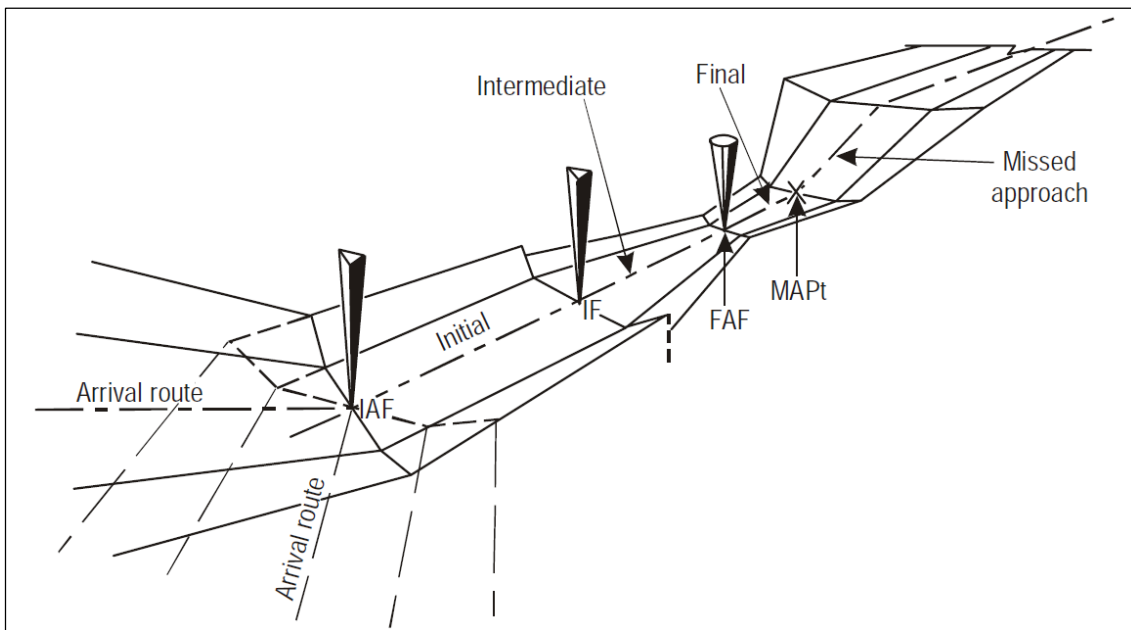


Abbildung 16: Segmente des Instrumentenanfluges nach [28] und [5]

Nachfolgend werden die Segmente in Bezug auf die hier relevanten Aspekte näher erläutert:

Arrival Segment/STAR:

Beschreibung: Übergang vom Streckenflug zum Anflug [28], dort Abschnitt 2.1

Beginn/Ende: Beginnt an einem festgelegten Fixpunkt (Funknavigationseinrichtung, Wegpunkt etc.) und endet am *Initial Approach Fix* (IAF) ([5], 2.1.1.4; [28], 2.2.3)

Hindernisfreiheit: Mindestens 300 m ([5], 2.1.3)

Initial Approach Segment:

Beschreibung: Das LFZ hat den Streckenflug verlassen und wird zum Zwischenanflugsegment geführt; ([28], 3.1.1 und 3.2; [5], 3.1)

Beginn/Ende: Beginnt am IAF und endet am *Intermediate Fix* (IF) ([28], 3.1.1.1)

Segmentlänge: Kein Standardwert; Länge muss ausreichend sein, um den Sinkvorgang im Rahmen des Verfahrens zu gewährleisten ([5], 3.3.3.1)

- Sinkgradient:** Der optimale Sinkgradient beträgt 4,0 % (ca. 2,3°); der maximal zulässige Sinkgradient bei vorhandenen Hindernissen beträgt 8,0 % (ca. 4,6°) ([5], 3.3.5)
- Querneigungswinkel:** kleinerer Wert von 25° und jenem Querneigungswinkel in Abhängigkeit der Fluggeschwindigkeit, der eine Kurvenrate von 3°/s ergibt ([28], 3.3.3)
- Hindernisfreiheit:** Mindestens 300 m im Primärbereich und linear auf 0 m abnehmend im Sekundärbereich ([5], 3.3.4)

Intermediate Approach Segment:

- Beschreibung:** Durchführung ggf. notwendiger Geschwindigkeits-, Konfigurations- und Positionsanpassungen des LFZ zur Vorbereitung des Endanfluges ([5], 4.1.1)
- Beginn/Ende:** Beginnt (falls vorhanden) am IF bzw. nach Beendigung der innerhalb des Anfangsanfluges geflogenen Verfahren und endet am FAF bzw. *Final Approach Point* (FAP) bei PA ([5], 4.1.2; [28], 4.1.3)
- Segmentlänge¹²:** Minimum: 5 NM (9,3 km), Optimum: 10 NM (19 km), Maximum: 15 NM (28 km); Segmentlängen > 10 NM nur in betrieblich begründeten Fällen ([5], 4.3.1.1)
- Sinkgradient:** bei geraden Anflügen (*Straight-in Approach*): Optimum: horizontaler Verlauf (Herstellung von Geschwindigkeit/Konfiguration für Endanflug); Maximum: 5,2 % (3°) und sodann Vorhalten eines mindestens 1,5 NM (2,8 km) langen Horizontalabschnitts für LFZ-Kategorie C und D vor Beginn des Endanfluges ([5], 4.3.3)
- Querneigungswinkel:** 25° ([5], Table I-2-3-1)
- Hindernisfreiheit:** Mindestens 150 m im Primärbereich und linear auf 0 m abnehmend im Sekundärbereich ([28], 4.1.2; [5], 4.3.2.1)

Final Approach Segment:

- Beschreibung:** Durchführung der Ausrichtung des LFZ und der Einleitung des Sinkfluges für die Landung; mögliche Verfahren sind: NPA, APV oder PA ([28], 5.1)
- Beginn/Ende:** Beginnt am FAF und endet am MAPt ([5], 5.1.2)
- Segmentlänge¹²:** Optimum: 5 NM (9,3 km); Minimum: 3 NM (5,6 km); Ausnahmen ergeben sich bei RNAV mit erheblichen Kursänderungen für LFZ-Kategorie D und E ([5], 5.1.3)
- Sinkgradient:** Minimum/Optimum: 5,2 % (3°); Maximum (nur in begründeten Ausnahmen und entsprechender Nachweisverfahren bei der Genehmigungsbehörde): NPA mit FAF: 6,1 % (LFZ-Kategorie C/D/E), NPA ohne FAF: 1.000 ft/min (LFZ-Kategorie C/D/E), APV: 3,5°, PA: 3,5° (CAT I) bzw. 3° (CAT II/III) ([5], 5.3)

¹² Die angegebenen Segmentlängen beziehen sich stets auf den Flugpfad über Grund (engl. *Along Track Distance*).

Querneigungswinkel: 25° ([5], Table I-2-3-1)

Hindernisfreiheit: Die Hindernisfreiheit im Endanflug resultiert aus der Ausgestaltung und Bewertung der Hinderniserfassungsflächen (*Obstacle Assessment Surface*, OAS) der spezifischen Verfahren (vgl. Kapitel 4.1.4)

An das *Final Approach Segment* schließt sich das *Missed Approach Segment* für den Fall des Fehlanfluges an. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass das LFZ im Falle eines Fehlanfluges wieder sicher bis zu einem definierten Wegpunkt steigen kann.

Abschließend ist festzuhalten, dass o. g. grundlegende Anforderungen (bspw. Segmentlängen oder Hindernisfreiheit) im Rahmen der vielfältigen Anforderungen je nach Verfahrenstyp weiter zu spezifizieren sind.

4.1.6 Abflugverfahren

Standard Instrument Departures (SID) sind veröffentlichte Abflugverfahren. Sie sind ausgewiesene Routen und beginnen am DER und enden am ersten Wegpunkt der Streckenflugphase, die sich dem Abflugverfahren anschließt [28]. Grundsätzlich werden zwei Arten von SID unterschieden:

- Abflugverfahren mit Geradensegment (*Straight Departure*) und
- Abflugverfahren mit Kurvensegment (*Turning Departure*).

Als *Straight Departures* sind Abflugverfahren zusammengefasst, deren Anfangsabflugkurs eine Divergenz von $\leq 15^\circ$ gegenüber der Startbahnmittellinie aufweist. Ist in das Abflugverfahren hingegen eine Kurve mit einer Kursdivergenz $> 15^\circ$ integriert (Kurveneinleitung ab einer festgelegten Flughöhe oder an einem Fixpunkt), handelt es sich um einen *Turning Departure*. Eine Kurveneinleitung erfolgt dabei frühestens bei einer Flughöhe von 120 m über DER [5]. Wie bereits in Kapitel 4.1.1 eingeführt, sind für gekurvte Abflüge des Weiteren spezifische Randbedingungen und Parameter zu berücksichtigen, die z. B. maximal einzuhaltende Abfluggeschwindigkeiten, Querneigungswinkel etc. betreffen (siehe ergänzend Tabelle 28 im Anhang A2).

4.1.7 Fazit

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens werden die oben ausgeführten Grundlagen der Verfahrensplanung genutzt, um mögliche IFR-An- und Abflugverfahren zu planen, an denen sich die weiteren Untersuchungen orientieren sollen. Ziel ist es nicht, die Verfahren im Detail zu planen und endgültig festzulegen; diese Aufgaben obliegen der DFS bzw. in letzter Instanz dem BAF.

Die Prüfung verfahrensplanerischer Aspekte berücksichtigt demnach folgende Kriterien:

- Prüfung auf Einhaltung der Mindeststaffelung in vertikaler und lateraler Ebene zwischen den einzelnen An-/Abflugverfahren auch zu anderen Flugplätzen (z. B. VLP Hof-Plauen),
- Prüfung vorzuhaltender Segmentlängen im Anflug um möglichst effektive Sinkflugverfahren zu ermöglichen,
- Prüfung zulässiger Steig- und Sinkgradienten und
- Prüfung der Vorgaben zu Kurvengeometrien soweit erforderlich.

4.2 Prüfung der Anflugverfahren

4.2.1 Horizontalanalyse

Die nachfolgende horizontale Planung der Abflugverfahren beschränkt sich auf die Ausgestaltung einer sinnvoll möglichen Anbindung des geplanten VLP Coburg an das Enroute-Streckennetz. Diesbezüglich sei hervorgehoben, dass die verfahrensplanerischen Analysen in vorliegender Untersuchung nicht mit einer Detailplanung von An- bzw. Abflugverfahren gleichzusetzen ist, wie sie bspw. durch die DFS vorgenommen wird. Zugrunde liegen dabei die in Kapitel 4.1 beschriebenen Anforderungen. Zudem wird in der lateralen Planung berücksichtigt, dass Ortschaften wenn möglich umflogen werden. Der derzeitige VLP Coburg-Brandensteinebene ist nur für BR 30 mit einem IFR-Anflugverfahren ausgestattet. Dieses ist über die Wegpunkte LASGA und LONLI mit dem Enroute-Streckennetz verbunden [34].

Die Planung für den neuen VLP Coburg sieht vor, dass IFR-Anflugverfahren in beide BR genutzt werden können, sodass nachfolgend eine getrennte Betrachtung beider BR erfolgt.

BR 11

Das Konzept in BR 11 sieht eine Anbindung der Anflugrouten an das Enroute-Streckennetz über die beiden Wegpunkte PILAM und GORKO vor. Diese beiden Wegpunkte sind somit die IAF für Anflugverfahren in BR 11. Beide Wegpunkte werden zu einem neu zu definierenden FAF geführt. Dieser liegt ca. 10 NM vor der THR bei einer angenommenen Zwischenanflughöhe von 4.200 ft. Der MAPt des Verfahrens wird mit der THR in BR 11 gleichgesetzt und das zugehörige MA-Verfahren ist als *Straight-Out* definiert.

Für BR 11 sind somit die folgenden Anflugrouten definiert:

- GORKO (IAF) – FAF – MAPt
- PILAM (IAF) – FAF – MAPt

Beide Verfahren sind in Abbildung 17 mit ihrem lateralen Verlauf dargestellt.

BR 29

Das Konzept in BR 29 sieht vor, dass die Anbindung an das Enroute-Streckennetz über die derzeit bereits für den VLP Coburg-Brandensteinebene genutzten Wegpunkte LONLI und LASGA erfolgt. Diese beiden Wegpunkte sind somit IAF für Anflugverfahren in BR 29. Beide Wegpunkte werden zu einem neu zu definierenden FAF geführt. Der FAF liegt ca. 10 NM vor der THR bei einer angenommenen Zwischenanflughöhe von 4.200 ft. Der MAPt des Verfahrens wird mit der THR in BR 29 gleichgesetzt und das zugehörige MA-Verfahren ist als *Straight-Out* definiert.

Für BR 29 sind somit die folgenden Anflugrouten definiert:

- LONLI (IAF) – FAF – MAPt
- LASGA (IAF) – FAF – MAPt

Beide Verfahren sind in Abbildung 17 mit ihrem lateralen Verlauf dargestellt.

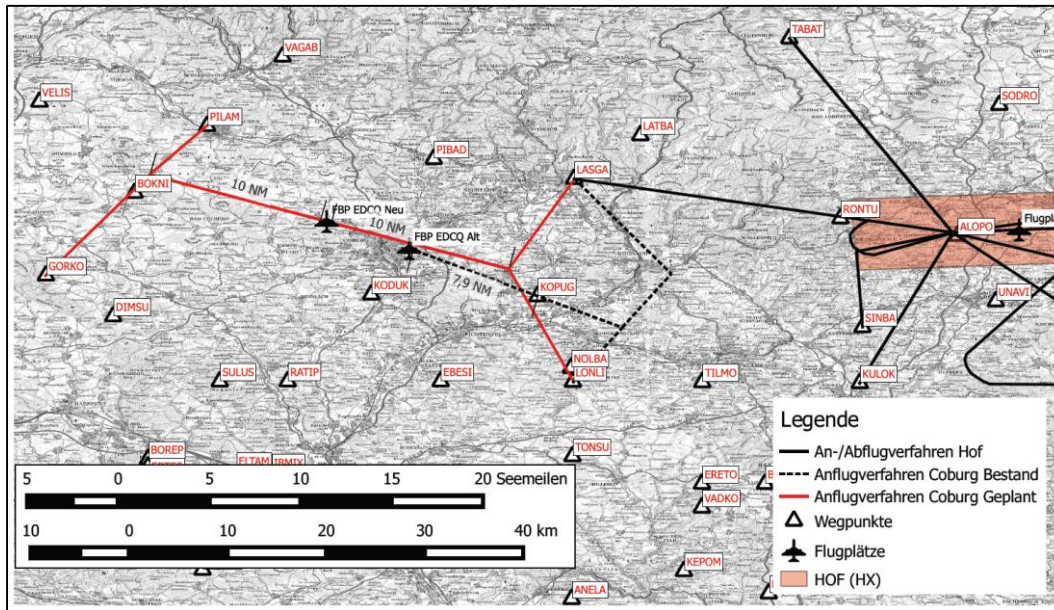


Abbildung 17: Mögliche Anflugverfahren in BR 11/29 für den geplanten VLP Coburg im Vergleich zu den bestehenden Verfahren des derzeitigen VLP Coburg-Brandensteinsebene [34] und An-/Abflugverfahren des VLP Hof-Plauen [35]

Für die BR 11/29 werden zudem mögliche Konflikte mit den An-/Abflugverfahren des VLP Hof-Plauen [35] geprüft. Abbildung 17 zeigt, dass mit dem Wegpunkt LASGA ein gemeinsamer Wegpunkt für die Verfahren beider Flughäfen besteht. Dieser Tatbestand ist als unkritisch zu werten, hier obliegt die zeitliche/entfernungsabhängige Staffelung dem zuständigen Fluglotsen. Somit ist dies kein Sondertatbestand der eine nähere Analyse erfordert. Gleiches gilt für den Wegpunkt LONLI, an welchem IFR-An- und Abflugverfahren der Flugplätze Haßfurt-Schweinfurt und Bayreuth beginnen bzw. enden. Weitere Konfliktpunkte zwischen den Anflugrouten für den geplanten VLP Coburg und den An-/Abflugrouten des VLP Hof-Plauen bzw. anderer Flughäfen mit IFR-Verkehr wurden nicht identifiziert.

4.2.2 Vertikalanalyse

Die vertikale Betrachtung der Anflugverfahren erfolgt gemäß Kapitel 4.1.5 nur für den End- und Fehlanflug. Für die vorliegende Untersuchung wird mittels des DOM [26] geprüft, wie hoch die OCA/H für die einzelnen Verfahren sein muss, um einen sicheren Betrieb unter Berücksichtigung der Geländesituation zu gewährleisten. Je höher die OCA/H, desto geringer ist die statistische zeitliche Verfügbarkeit des Verfahrens, da die Wetterminima (hier die Höhe Wolkenuntergrenze) entsprechend stringenter würden.

Für die Ermittlung der Verfahrensschutzräume werden für alle Verfahren folgende Randbedingungen der Planung zugrunde gelegt:

- Der MAPt liegt an der jeweiligen Landebahnschwelle,
- der Sinkwinkel im Anflug beträgt 3° und
- der Gradient im Fehlanflug 2,5 %.

Die hier durchzuführenden Untersuchungen beschränken sich auf den Nahbereich des geplanten VLP Coburg bis zu einem Umkreis von ca. 6 km. Nicht erfasste Einzelhindernisse, wie bspw. Windkraftanlagen oder Funkmasten außerhalb dieses Untersuchungsbereiches, können bei der finalen Planung der DFS im weiteren Verfahren zu abweichenden OCA/H führen, als in den nachfolgenden Kapiteln angegeben.

Gemäß den Anforderungen des AG wird für jede BR ein NPA LNAV-Verfahren und ein APV LNAV/VNAV-Verfahren analysiert.

4.2.2.1 LNAV-Verfahren auf die Landebahn 11

Die Prüfung der LNAV-Anflüge für das RNAV-Verfahren erfolgt gemäß ICAO PANS-OPS Vol. II, Part III, Section 3, Chapter 3 [5]. Der Untersuchungsraum für LNAV-Verfahren definiert sich vorwiegend anhand der Wegpunkte des Verfahrens, für die hier vorliegende Untersuchung im Wesentlichen durch die Lage des MAPt. In folgender Abbildung 18 ist beispielhaft der Untersuchungsraum für die LNAV-Verfahren der APC A in BR 11 dargestellt.

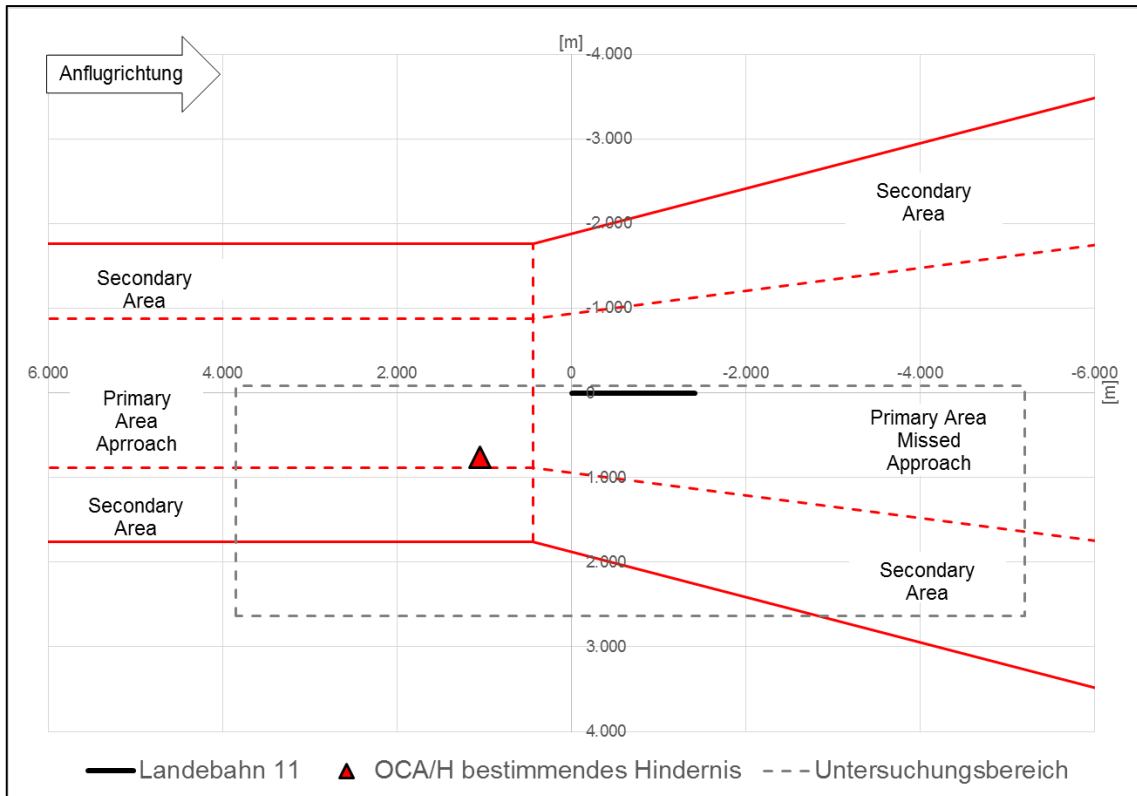


Abbildung 18: Untersuchungsraum für das LNAV-Verfahren BR 11 für APC A

Für die sodann untersuchungsrelevanten Hindernisse wird entsprechend die MOC bestimmt und das Flächensystem auf Durchdringung geprüft. Das OCA/H bestimmende Hindernis liegt im Bereich des *Hahnberges*. Nachfolgende Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse über alle APC.

APC	A	B	C
OCA [ft]	1.650	1.650	1.650
OCH [ft]	610	610	610

Tabelle 3: Ergebnisse der OCA/H-Berechnung für das LNAV-Anflugverfahren in BR 11

Für das LNAV-Verfahren in BR 11 ist unter Beachtung des DOM [26] für die APC A bis C eine OCA/H von 1.650 ft/610 ft festzulegen.

4.2.2.2 LNAV-Verfahren auf die Landebahn 29

Die Prüfung der LNAV-Anflüge für das RNAV-Verfahren erfolgt analog gemäß ICAO PANS-OPS Vol. II, Part III, Section 3, Chapter 3 [5]. Die laterale Ausgestaltung entspricht dem in Kapitel 4.2.2.1 beschriebenen Flächensystem, dass an die BR angepasst ist. Das entsprechende Flächensystem für die APC A in BR 29 ist in nachfolgende Abbildung 19 dargestellt.

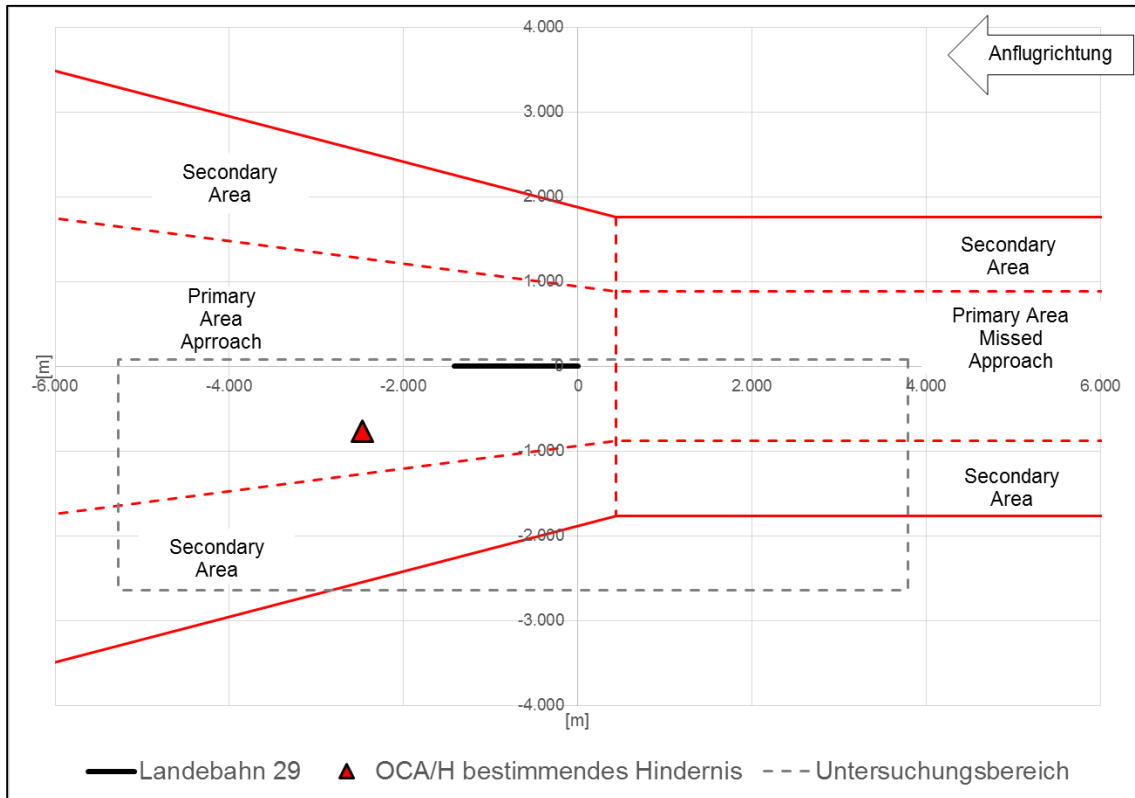


Abbildung 19: Untersuchungsbereich für das LNAV-Verfahren BR 29 für APC A

Für die dementsprechend untersuchungsrelevanten Hindernisse wird die MOC bestimmt und das Flächensystem auf Durchdringung geprüft. Das OCA/H bestimmende Hindernis liegt im Bereich des *Hahnberges*. Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 4 ausgewiesen.

APC	A	B	C
OCA [ft]	1.570	1.570	1.570
OCH [ft]	530	530	530

Tabelle 4: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV-Anflugverfahren in BR 29 je APC

Für das LNAV-Verfahren in BR 29 ist unter Beachtung des DOM [26] für die APC A bis C eine OCA/H von 1.570 ft/530 ft festzulegen.

4.2.2.3 LNAV/VNAV-Verfahren auf die Landebahn 11

Die Prüfung der LNAV/VNAV-Anflüge für das RNAV-Verfahren erfolgt analog gemäß ICAO PANS-OPS Vol. II, Part III, Section 3, Chapter 4 [5]. Im Gegensatz zum LNAV-Verfahren sind für das LNAV/VNAV-Verfahren zusätzliche Flächensysteme untersuchungsrelevant. Neben der *Final Approach Surface* und der sich anschließenden *Horizontal Plane* im Weiteren auch die Durchstartflächen Z_i und Z_f . Die Ausgestaltung der einzelnen Flächensysteme hängt sowohl von der APC als auch von der Lage der einzelnen Wegpunkte ab. In folgender Abbildung 20 ist beispielhaft die Draufsicht der OAS für das LNAV/VNAV-Verfahren gezeigt.

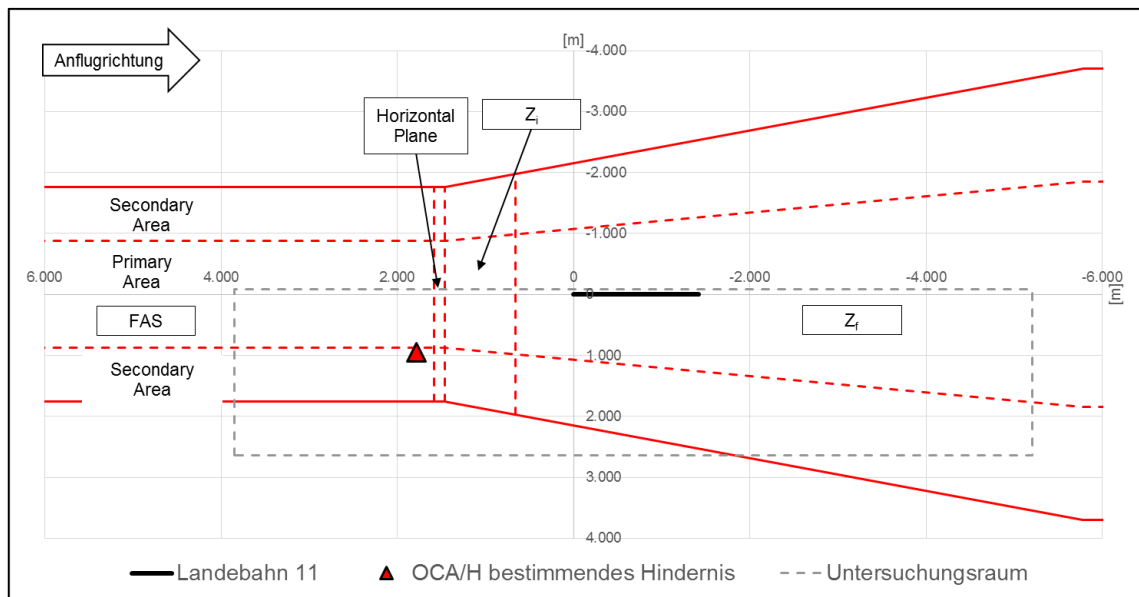


Abbildung 20: Untersuchungsbereich für das LNAV/VNAV-Verfahren BR 11 für APC A

Das OCA/H bestimmende Hindernis liegt demnach im Bereich des *Hahnberges*. Nach Ermittlung der spezifischen MOC für jedes Hindernis und der Auswertung über alle APC zeigt sich, dass eine OCA/H von 1.600 ft/560 ft für alle APC resultiert (vgl. Tabelle 5).

APC	A	B	C
OCA [ft]	1.600	1.600	1.600
OCH [ft]	560	560	560

Tabelle 5: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 11 je APC

Für das LNAV/VNAV-Verfahren in BR 11 ist unter Beachtung des DOM [26] für die APC A bis C eine OCA/H von 1.600 ft/560 ft festzulegen.

4.2.2.4 LNAV/VNAV-Verfahren auf die Landebahn 29

Die Prüfung der LNAV/VNAV-Anflüge für das RNAV-Verfahren erfolgt analog gemäß ICAO PANS-OPS Vol. II, Part III, Section 3, Chapter 4 [5].

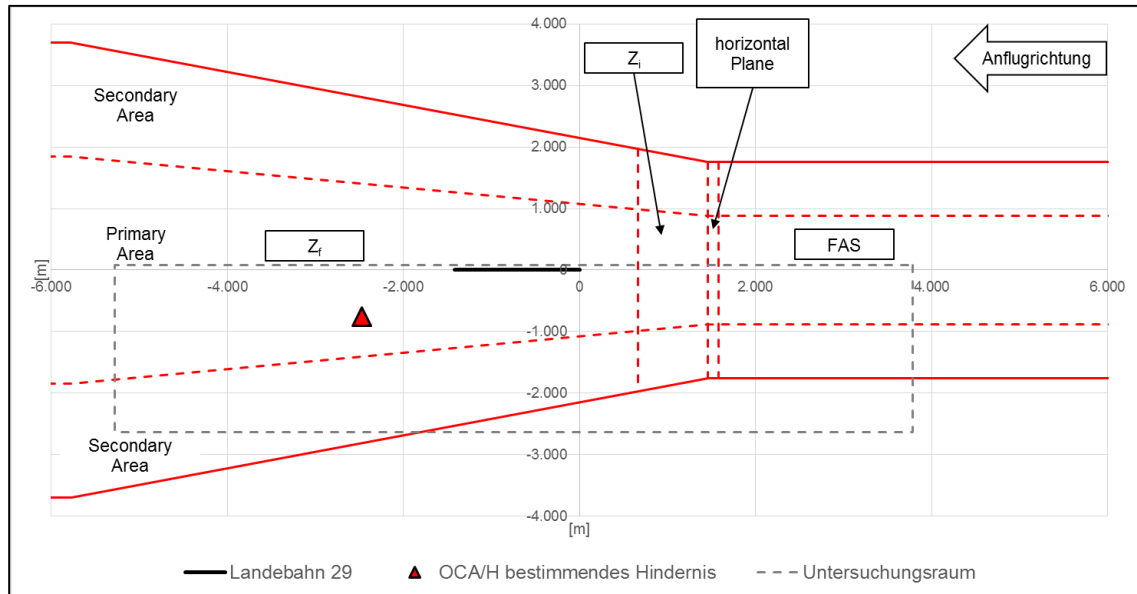


Abbildung 21: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 29

Das OCA/H bestimmende Hindernis liegt demnach im Bereich des *Hahnberges*. Nach Ermittlung der spezifischen MOC für jedes Hindernis und der Auswertung über alle APC ergibt sich eine OCA/H von 1.570 ft/530 ft für alle APC. (vgl. Tabelle 6).

APC	A	B	C
OCA [ft]	1.570	1.570	1.570
OCH [ft]	530	530	530

Tabelle 6: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 29 je APC

Für das LNAV/VNAV-Verfahren in BR 11 ist unter Beachtung des DOM [26] für die APC A bis C eine OCA/H von 1.570 ft/530 ft festzulegen.

4.2.2.5 Prüfung der VSS

Gemäß der in Kapitel 4.1.4 genannten Randbedingungen findet nachfolgend eine Prüfung der VSS für den Sichtfluganteil der IFR-Anflüge statt. Diese Prüfung wird für beide BR durchgeführt. Aus den vorangegangenen Untersuchungen in den Kapiteln 4.2.2.1 bis 4.2.2.4 wird jeweils die höchste und somit kritischste OCA/H für jede Betriebsrichtung zur Gestaltung der VSS herangezogen. Die zu prüfenden Hindernisse entsprechen erneut den Daten des DOM [26].

Landungen BR 11

In Landerichtung 11 wurden Durchdringungen der VSS für das LNAV-Anflugverfahren im Bereich des *Hähnles* festgestellt. Die nachfolgende Abbildung 22 zeigt diese Durchdringungssituation:

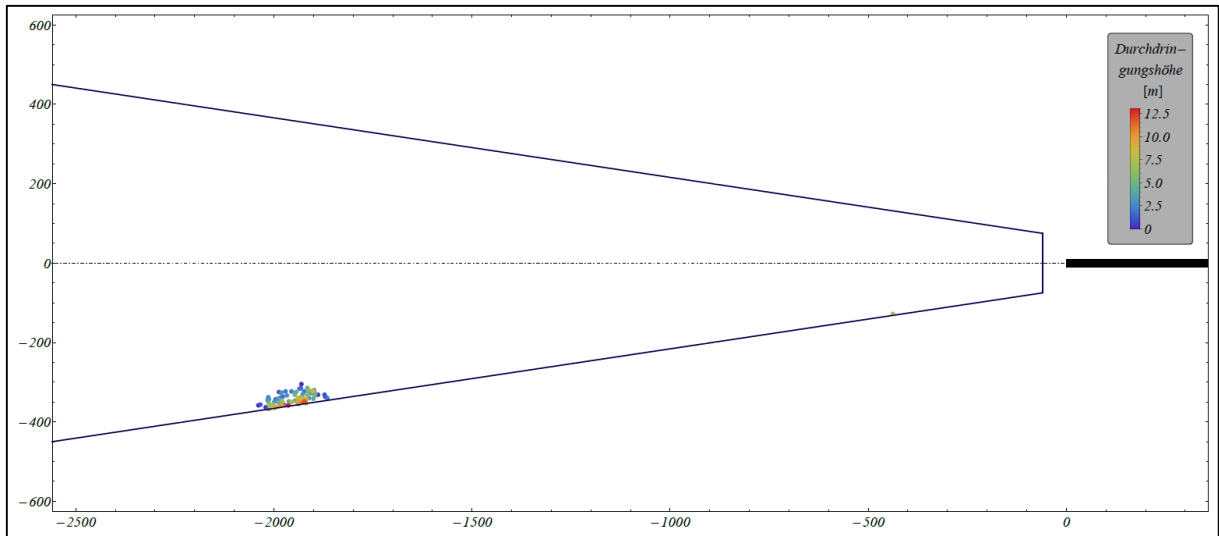


Abbildung 22: Durchdringungen der VSS für LNAV-Anflüge in Landerichtung 11

Wie in Abbildung 22 zu sehen, durchdringen die Hindernisse im Bereich des *Hähnles* die VSS nur in einem lokal sehr begrenzten Bereich. Die maximale Durchdringungshöhe beträgt 12,5 m. Durchdringungen der VSS sind bei der Realisierung des geplanten VLP Coburg zu beseitigen (Risikominderung, vgl. Kapitel 8). Diesbezüglich sei erwähnt, dass eine Erhöhung des Standardgleitwinkels von 3° gleichfalls eine Anhebung der VSS zur Folge hätte. Die Erhöhung des Gleitwinkels würde demnach mit einer Verminderung der Durchdringungen einhergehen.

Landungen BR 29

In Landerichtung 29 resultiert für keines der Anflugverfahren eine Durchdringung der VSS.

4.2.2.6 Fazit der Vertikalanalyse

Um die Höhen der in den Kapiteln 4.2.2.1 bis 4.2.2.4 ermittelten OCA/H-Werte einordnen zu können, ist ein Vergleich mit anderen Flughäfen sinnvoll. Hieraus lässt sich ableiten, ob die ermittelten Werte eine Sonderstellung darstellen. Damit die Ergebnisse vergleichbar sind, werden lediglich die Werte über Grund (OCH) miteinander verglichen. Nachfolgende Abbildung 23 zeigt die ermittelten OCA/H im Vergleich zu deutschen Verkehrsflughäfen.

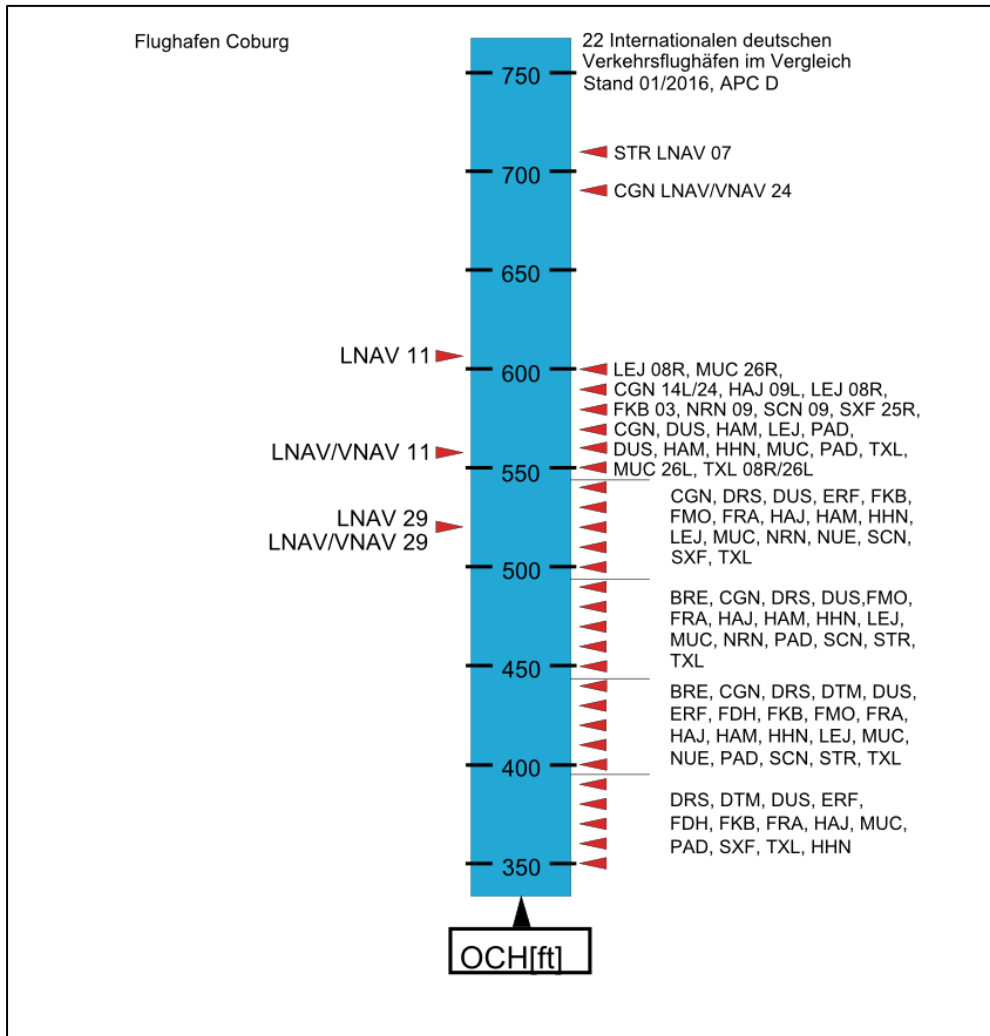


Abbildung 23: Vergleich der ermittelten OCH-Werte zu deutschen Flughäfen

Der Vergleich der Verfahren am VLP Coburg zeigt, dass die OCH-Werte im Bereich der üblicherweise an den deutschen Verkehrsflughäfen veröffentlichten Hindernisfreihöhen liegen und demnach keine Ausnahme darstellen.

Auch ein direkter Vergleich mit dem derzeitigen VLP Coburg-Brandensteinebene zeigt, dass sich die Nutzbarkeit des neuen Platzes erhöht. Da beide Standorte geografisch nah beieinander, jedoch auf unterschiedlichen Höhen liegen, ist der Vergleich mit der OCA (Wert über MSL) hier zielführender. Für den VLP Coburg-Brandensteinebene sind im AIP OCA-Werte von 1.753 bis 1850 ft MSL veröffentlicht [34]. Die OCA sind somit durchweg höher als für den neuen VLP Coburg gemäß Kapitel 4.2.2.1 bis 4.2.2.4 ermittelt (1.570 ft – 1.650 ft MSL). Es ist davon auszugehen, dass an beiden Standorten aufgrund der geografischen Nähe jeweils ähnliche Wetterbedingungen vorherrschen. Während am derzeitigen VLP bei einer Wolkenuntergrenze von 1.700 ft MSL keines der IFR-Verfahren mehr genutzt werden kann, stehen am zukünftigen VLP Coburg noch alle IFR-Verfahren zur Verfügung.

Somit sind die IFR-Verfahren am zukünftigen VLP Coburg, bei Annahme gleicher Wetterbedingungen, statistisch häufiger nutzbar, als die derzeit am VLP Coburg-Brandensteinebene implementierten IFR-Verfahren.

Abflugrouten für den geplanten VLP Coburg und den An-/Abflugrouten anderer Landeplätze mit IFR-Verkehr wurden nicht identifiziert.

4.3.2 Vertikalanalyse

Für die vertikale Analyse der Abflugverfahren ist der PDG (vgl. Kapitel 4.1.4) der bestimmende Kennwert, da die daraus resultierenden Steiganforderungen im Startfall für die Nutzbarkeit des geplanten VLP Coburg entscheidend sind.

BR 11

Entsprechend Kapitel 4.3.1 werden die Abflugverfahren in BR 11 geradlinig entlang der verlängerten Bahnachse angenommen. Die Prüfung der Abflugverfahren in BR 11 beschränkt sich somit auf Prüfung der OIS und den damit resultierenden PDG. Für die BR 11 konnten keine Hindernisse ermittelt werden, die eine Anhebung des Standard-PDG erfordern.

In BR 11 kann bei einem geradlinigen Abflug entlang der Abfluggrundlinie ein PDG von 3,3 % realisiert werden.

BR 29

Das Abflugverfahren in BR 29 wird gemäß Kapitel 4.3.1 ebenfalls geradlinig entlang der verlängerten Bahnachse angenommen. Hier wurde festgestellt, dass Hindernisse im Bereich des *Hähnles* (ca. 2 km vor THR 11 und ca. 300 m bis 600 m seitlich der Abfluggrundlinie) die OIS durchdringen. Um eine Durchdringung zu vermeiden ist eine Anhebung des PDG auf 4,9 % erforderlich. Dieser Wert liegt immer noch deutlich über den als typisch angenommenen 7 % (vgl. Kapitel 4.1.4). Somit bleibt festzustellen:

In BR 29 kann bei einem geradlinigen Abflug entlang der Abfluggrundlinie ein PDG von 4,9 % realisiert werden.

5 Methodik der Aeronautical Study

5.1 Risikoanalysemethodik

Da die o. g. Hindernisfreiflächen dem Schutz an- und abfliegender LFZ vor Hinderniskollisionen dienen, muss die innerhalb der AS durchzuführende Sicherheitsuntersuchung (engl. *Safety Assessment*) nachweisen, dass die Kollisionswahrscheinlichkeit eines an- oder abfliegenden LFZ am VLP Coburg mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* sowohl bei regulären, üblichen Flugverkehr unter Standardbedingungen als auch bei Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen inkl. Berücksichtigung widriger betrieblicher Randbedingungen (hier repräsentativ der Triebwerksausfall beim Start bzw. im Landeanflug in Kombination mit ungünstigen Windlagen) hinreichend klein ist.

Im Einzelnen führt ICAO Doc 9774 [51] zur AS folgendermaßen aus:

„An aeronautical study is a study of an aeronautical problem to identify possible solutions and select a solution that is acceptable without degrading safety.“

Dieser Definition ist kein allgemein gültiges Schema zur Vorgehensweise hinterlegt, allerdings lassen sich die drei folgenden wesentlichen Komponenten des o. g. *Safety Assessment* aus der Literatur (z. B. *Safety Assessment Methodology (SAM)* der EUROCONTROL)¹³ eindeutig ableiten:

1. Durchführung einer Bestandsanalyse,
2. Durchführung einer Gefahrenanalyse und
3. Durchführung einer Risikoanalyse.

Die Bestandsanalyse (1) im Rahmen der hier vorliegenden AS versteht sich als Prüfung aller Hindernisbegrenzungsflächen gemäß Kapitel 3.

Die Gefahrenanalyse (2) fokussiert auf das Szenario „Kollision eines an- oder abfliegenden LFZ mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes*“.

Die Risikoanalyse (3) hat die Konsequenzen aus dieser Gefahr abzuleiten, um das resultierende Risiko hieraus qualitativ oder quantitativ zu bestimmen. Für letzteres Verfahren ist eine hinreichend große Referenzdatenmenge erforderlich. Risiko ist dabei definiert als das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und zugehörigem Schadensausmaß:

Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit • Schadensausmaß

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist als jene definiert, mit der ein LFZ während Start oder Landung mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* kollidiert. Das Schadensausmaß beschreibt den dabei möglicherweise resultierenden Schaden für Personen an Bord, Dritte sowie Schäden am LFZ selbst.

Für den vorliegenden Fall der Kollision eines LFZ mit einem am Boden befindlichen, festen Hindernis soll im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für das Schadensausmaß stets der größtmögliche Schaden unterstellt werden: Ein Unfall mit Totalverlust des LFZ sowie mit schwer oder tödlich verletzten Personen (*Fatal Accident* gemäß ICAO Annex 13 [52]) ist nämlich in einem solchen Fall grundsätzlich nicht auszuschließen.

¹³ Hierbei ist die Bestands- und Gefahrenanalyse dem *Functional Hazard Assessment (FHA)*, die Risikoanalyse dem *Preliminary System Safety Assessment (PSSA)* in der Entwurfsphase und dem *System Safety Assessment (SSA)* nach Realisierung zuzuordnen. Siehe http://www.eurocontrol.int/safety/public/standard_page/samtf.html

Die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Kollision mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* erfolgt differenziert für vorgenannte, regelmäßig verlaufende Flugbewegungen unter Standardbedingungen (vgl. Kapitel 5.2) sowie ergänzend für problembehaftete Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen (vgl. Kapitel 5.3) bezüglich An-/Abflügen am zukünftigen VLP Coburg.

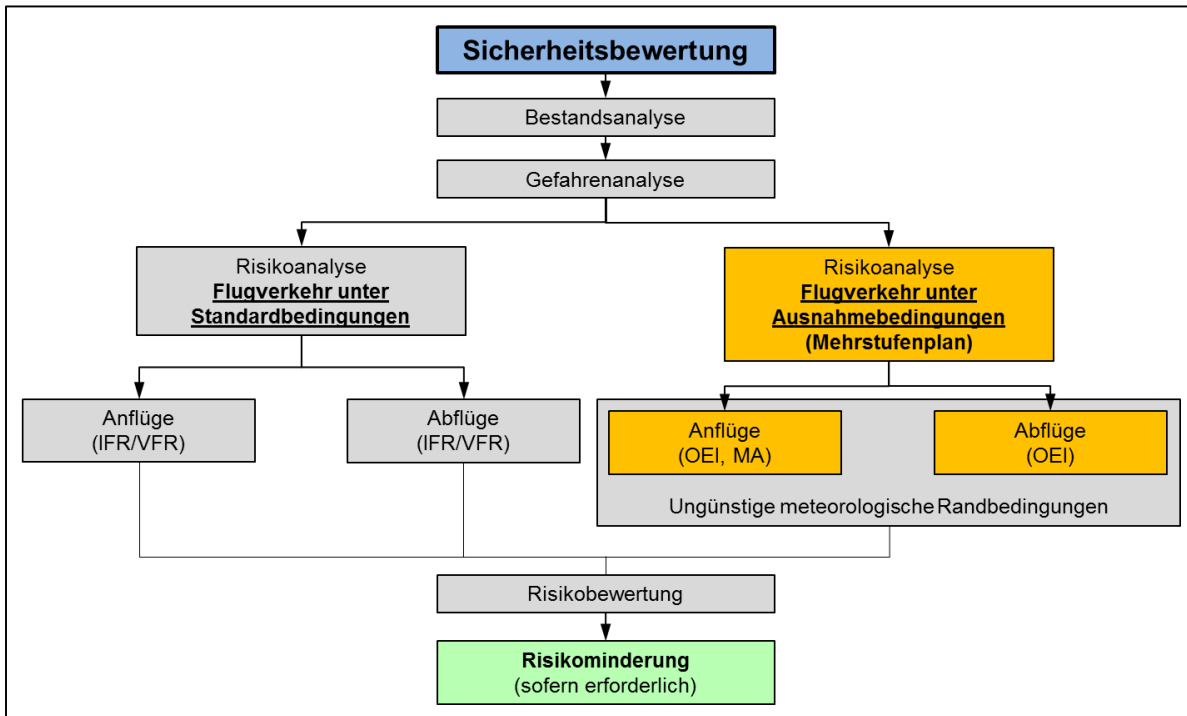


Abbildung 25: Untersuchungsschritte im Rahmen der Risikoanalyse als 3. Schritt der AS

Flugverkehr unter Standardbedingungen

Für Flugverkehr unter Standardbedingungen erfolgt die Kollisionsrisikobestimmung in methodischer Entsprechung des *Collision Risk Model* (CRM) nach ICAO [6]. Das ICAO CRM ermittelt für im ILS-Endanflug anfliegende LFZ Kollisionsrisiken mit Bodenhindernissen und stellt diese vergleichend einem hierfür seitens ICAO formulierten Sicherheitsgrenzwertes (*Target Level of Safety*, TLS) gegenüber.

Da für NPA-Anflüge (wie hier vorliegend) und Abflüge bisher kein entsprechendes, standardisiertes Modell seitens ICAO vorliegt, erfolgt die Ermittlung der Kollisionsrisiken hierfür auf Basis empirischer Untersuchungen zu Kursablagewahrscheinlichkeiten von LFZ, die bei GfL seit vielen Jahren durchgeführt werden. Faktisch werden mit Hilfe von Flugverlaufdatenauswertungen tatsächlich erreichte Navigationsgenauigkeiten ermittelt, aus denen sich analog zum CRM-Verfahren Kollisionsrisiken von LFZ mit Hindernissen berechnen lassen. Detaillierte Ausführungen zur Methodik finden sich in nachfolgendem Kapitel 5.2.

Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen

Für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen (An-/Abflüge sowie Fehlanflüge) liegen naturgemäß keine umfänglichen Datengrundlagen bereit, die die Anwendung einer quantitativen Risikoanalyse zuließen. Alternativ wird der qualitative, expertengestützte Ansatz auf Basis von Gefahrenszenarien beschritten, der verbleibende Restrisiken, die außerhalb des regulären Betriebs zu suchen sind, ermittelt. Diese Szenarien bilden objektiv und vorsorglich äußerst seltene Vorkommnisse mit technischen Komplikationen während Start, Landung bzw. Fehlanflug ab. Detaillierte Ausführungen zur Methodik finden sich im Kapitel 5.3.

5.2 Untersuchungsverfahren für Flugverkehr unter Standardbedingungen

5.2.1 Instrumentenflugverkehr

Die Bestimmung der Kollisionsrisiken im instrumentengeführten An- und Abflug erfolgt auf Basis von empirischen Radardaten der DFS (aggregierte FANOMOS-Flugspurdaten).

Datengrundlage

Die hier verwendeten Radardaten wurden am Verkehrsflughafen Frankfurt/Main (FRA) aufgezeichnet. Die Datensätze enthalten die Flugspuren aller An- und Abflüge im Zeitraum von mehr als einem halben Jahr. Da allerdings in FRA hauptsächlich ILS-Anflüge durchgeführt werden, die so am VLP Coburg nicht stattfinden werden, waren die Radardatensätze zunächst nach durchgeführtem Anflugverfahren zu differenzieren.

Dies ist so trivial zunächst nicht möglich, da die aufgezeichneten Radardaten zwar eine Vielzahl an Metadaten (Flugplaninformationen, siehe unten) enthalten, aber das tatsächlich durchgeführte Anflugverfahren nicht angegeben ist. Daher wurde nach alternativen Möglichkeiten gesucht, die hier relevanten RNAV-Anflüge aus der Gesamtdatenmenge herauszufiltern.

In FRA wurden aus Fluglärmgründen im Zeitraum von Februar 2011 bis Oktober 2012 sog. *Segmented-RNAV-Anflüge* in Tagesrandzeiten durchgeführt. Diese zeichnen sich in ihrer verfahrensplanerischen Ausgestaltung dadurch aus, dass zur Vermeidung des Überfluges lärmsensitiver Ortschaften gekrümmte Anflugpfade im Zwischenanflug mit kurzem Endanflugteil (5 NM) konstruiert wurden. Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt diese Anflugverfahren gemäß seinerzeitigem¹⁴ Luftfahrthandbuch (*Aeronautical Information Publication, AIP*) [55]:

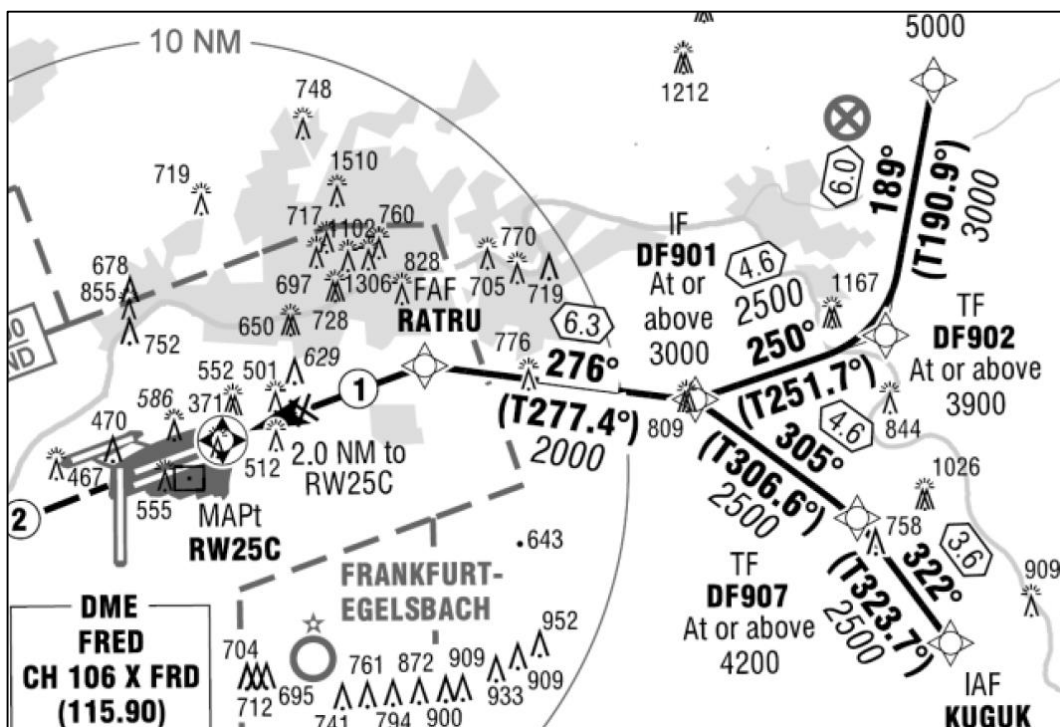


Abbildung 26: *Segmented-RNAV-Anflüge* gemäß AIP FRA 2012 [55]

¹⁴ Mit Einführung des Nachtflugverbots am Flughafen FRA entfiel zum Ende des Jahres 2012 die Notwendigkeit zur Durchführung dieses Lärminderungsverfahrens.

Aufgrund dieser spezifischen Konstruktion des Zwischenanfluges lassen sich die Anflüge aus der Gesamtdatenmenge extrahieren, da alle weiteren Anflugverfahren (ILS, VOR-DME etc.) keine derartige Lateralführung im Zwischenanflugsegment aufweisen. Somit ist sichergestellt, dass lediglich RNAV-Anflüge, wie am VLP Coburg geplant, für die Modellierung der Kollisionsrisiken verwendet werden.

Die Übertragung dieser in FRA aufgezeichneten Daten auf den VLP Coburg ist insofern gewährleistet, als dass die Navigationsgenauigkeiten im Instrumentenflug nicht (oder nur geringfügig) von der Größe der LFZ abhängig sind, sondern vielmehr von der Art des gewählten Anflugverfahrens.

Für die Abflüge wurden Radardaten des Flughafens Genf verwendet, da abweichend von den Landungen, zumindest in der Vertikalen eine Abhängigkeit der Navigationsgenauigkeit von der LFZ-Größe, aufgrund unterschiedlicher Steigleistungen vorliegt. In der Horizontalen, gilt aber ebenso, dass die Navigationsgenauigkeit hauptsächlich von der Art des Abflugverfahrens abhängig ist. Am Flughafen Genf operieren, in Bezug auf den erforderlichen Stichprobenumfang, hinreichend viele kleinere Luftfahrzeugmuster, die mit denen am geplanten VLP Coburg vergleichbar sind, was am Flughafen Frankfurt nicht gewährleistet wäre. Für den Flughafen Genf wurden daher Filterkriterien festgelegt, die eine Übertragung auf den VLP Coburg gewährleisten (LFZ-Masse geringer als 5.700 kg maximale Startmasse (*Maximum Takeoff Mass*, MTOM) sowie RNAV Abflüge).

In den Radardaten sind folgende wesentliche Parameter enthalten, die für diese Analyse genutzt werden:

- Flugplaninformationen:
 - Identifikationsnummer der einzelnen Spur,
 - LFZ-Typ und
 - Art der Flugbewegung (Start, Landung, Überflug).
- Flugspurinformatoren:
 - Laterale Positionskordinaten (in Form von UTM-Koordinaten),
 - Vertikale Position (Höhe über MSL).

Über die Identifikationsnummer ist es möglich, Datenpunkte einzelnen Flugspuren (also Flügen) zuzuordnen, da diese für jede Radarspur einmalig vergeben werden. Zu jeder Radarspur gehören mehrere Datenpunkte, die jeweils Informationen über die aktuelle Position enthalten. Die Positionsdaten beinhalten dabei laterale Koordinaten und die Flughöhe, die zunächst in ein einheitliches Bezugssystem transformiert werden müssen. Zudem sind in jedem Datenpunkt der jeweilige LFZ-Typ sowie die Zuordnung nach An- oder Abflug hinterlegt. LFZ-Informationen sind für eine eventuell spätere Gruppierung der Daten in der Auswertung (Leistungsklassen) relevant.

Nachfolgende Abbildung 27 zeigt einen exemplarischen Auszug aus den Radardaten mit den jeweiligen Flugplaninformationen in der ersten Zeile und den zugehörigen Flugspurinformatoren in den weiteren Zeilen:

ID	NHN in m	Bahn	LFZ-Typ	Flugphase															
6650886	02.06.2013	20:49:40	LEPA	EDDF	25R	PSA1X	BER3921	5324	A320	Arrival	1024	1	1	02.06.2013	20:30:30	02.06.2013	20:48:52	27	
0	517682	478904	3788,59	184,38947															
4	517771,75	479625,72	3759,3862	179,49504	727,2778														
8	517895,56	480224,7	3739,0858	175,77057	1437,3027														
	UTM Koordinaten				654	2134,6602													
	Rechtswert/Hochwert				906	2823,2644													
				515	3506,4695														

Abbildung 27: Auszug Radardaten – relevante Analyseparameter

Datenauswertung:

Die Radardaten werden mit Hilfe statistischer Methoden erneut hinsichtlich der tatsächlich erreichten Navigationsgenauigkeiten (*Actual Navigation Performance, ANP*) ausgewertet. Die empirische Analyse der Kollisionsrisiken für an- und abfliegende LFZ wird methodisch gemäß folgenden Arbeitsschritten vorgenommen:

1. Selektion der relevanten Flugspuren aus der Gesamtdatenmenge (hier RNAV-Anflüge und RNAV-Abflüge),
2. Festlegung von untersuchungsrelevanten Schnitten entlang des An-/Abflugpfades und Bestimmung der lateralen und vertikalen Ablagen vom Sollflugpfad am jeweiligen Schnitt,
3. Bestimmung der Streuungsparameter (Mittelwert und Standardabweichung) am jeweiligen Schnitt der jeweiligen Datengrundgesamtheit,
4. Modellierung von Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen in lateraler und vertikaler Richtung entsprechend der ermittelten Streuungsparameter (Funktionales Fitting) am jeweiligen Schnitt und
5. Bestimmung der Kollisionsrisiken mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* durch Integration der Dichtefunktionen über das jeweilige Integrationsintervall (Gesamtheit aller Datenpunkte zwischen der projizierten Sollflugspur und dem Hindernis, siehe hierzu auch Abbildung 29).

Im Detail erfolgt die Modellierung je Untersuchungsschritt wie nachfolgend dargelegt:

1. Selektion relevanter Flugspuren

Die Filterung der relevanten Flüge aus der Gesamtdatenmenge erfolgt anhand der hinterlegten Flugplaninformationen der einzelnen Flüge. In diesen ist, wie bereits ausgeführt, auch die jeweilige Flugphase (Start oder Landung) hinterlegt. Weiterhin findet eine Selektion der Flugbewegungen nach genutztem An-/Abflugverfahren (RNAV), sowie für die Abflüge nach LFZ-Masse statt. Zudem werden offensichtlich nichtplanmäßige Flüge aus den Daten entfernt (bspw. Durchstartmanöver).

2. Festlegung der untersuchungsrelevanten Schnitte und Bestimmung der Ablagen

Anschließend werden vertikale Schnitte entlang der An-/Abfluggrundlinie in diskreten Schritten (100 m) erzeugt, an denen die jeweiligen Ablagen vom Sollflugpfad in lateraler und vertikaler Richtung gemessen und statistisch ausgewertet werden.

Die Datenaufzeichnung der Radardaten liegt dabei in einer zeitlichen Auflösung von 0,25 Hz vor (ein Radardatenpunkt alle 4 Sekunden). Es wird zudem zwischen zwei Datenpunkten interpoliert, um den zeitgenauen Durchflugpunkt durch einen Schnitt für die weitere Funktionsanalyse verlässlich heranziehen zu können. Die nachfolgende Abbildung 28 zeigt die resultierenden Durchflugpunkte an einem spezifischen Schnitt beispielhaft:

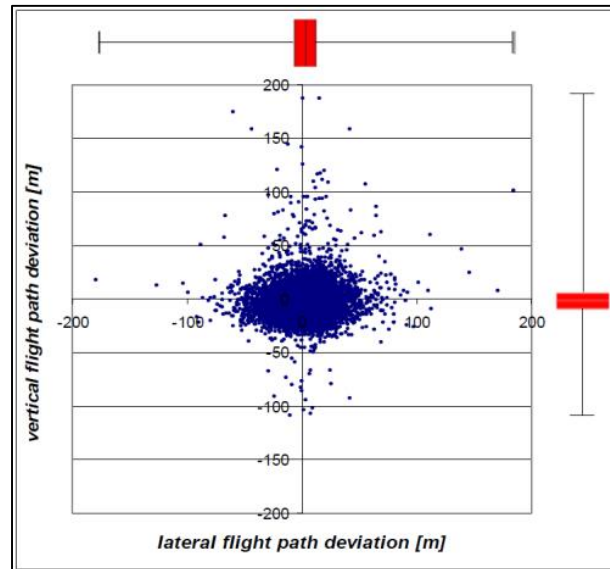


Abbildung 28: Beispielhafte Durchflugpunkte an einem Schnitt [53]

3. Bestimmung der Streuungsparameter

Anhand dieser Daten werden sodann die Streuungscharakteristika um den Sollflugpfad in lateraler und vertikaler Richtung für An- und Abflüge je Schnitt bestimmt. Hierzu werden typische Streuungsparameter von Verteilungsfunktionen wie Mittelwert und Standardabweichung am jeweiligen Schnitt ermittelt.

4. Modellierung von Verteilungsfunktionen

Anhand des unter 3. ermittelten Streuungsmusters lässt sich anschließend eine Verteilungsfunktion bestimmen, die die Charakteristika statistisch hinreichend genau abzubilden gestattet. Im vorliegenden Fall liegt eine Streuung vor, über die eine Normalverteilung, ausgedrückt durch Varianz (σ^2) und Mittelwert (μ), sowohl in lateraler (An-/Abflüge) als auch vertikaler Achse (Anflüge) gemäß folgender Gleichung (1) hinreichend präzise modelliert werden kann:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Nachfolgende Abbildung 29 zeigt eine exemplarische Streuung der einzelnen Flugverläufe entlang eines Schnittes für den Anflug und den überlagerten qualitativen Verlauf zweier Normalverteilungen (lateral und vertikal):

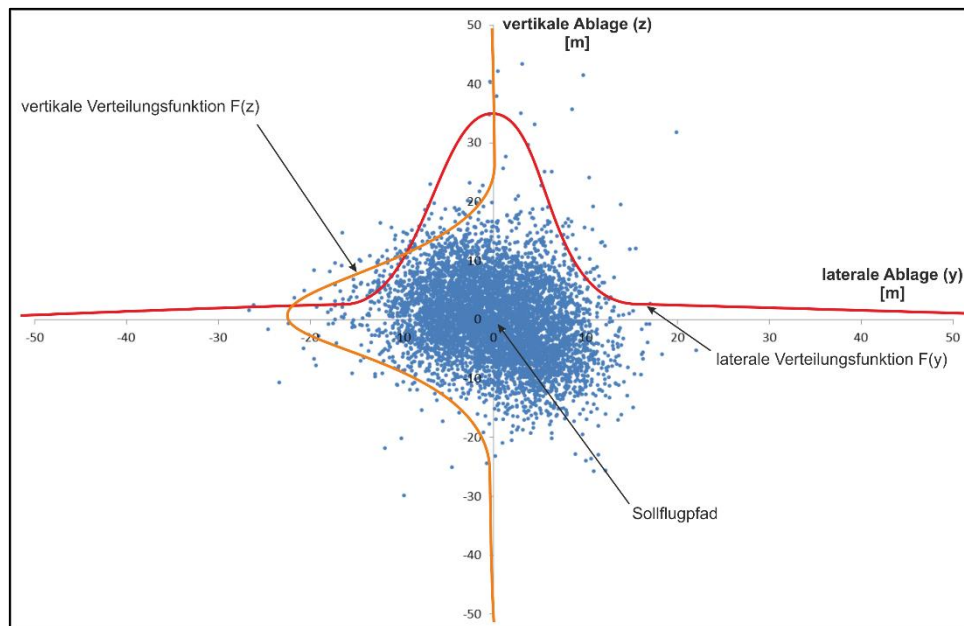


Abbildung 29: Normalverteiltes Streuverhalten um den Sollflugpfad im Anflug (Schnitt 700 m vor Schwelle)

Die oben für das Verfahren reklamierte hinreichende Approximationsgüte der Daten durch die gewählte normale Verteilungsfunktion $f(x)$ wird dabei über den statistischen Chi-Quadrat-Anpassungstest (χ^2 -Test) sichergestellt.

5. Ermittlung der Kollisionsrisiken je Betriebsrichtung

Auf Basis der so errechneten Dichtefunktionen lassen sich sodann die Kollisionsrisiken mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* mittels Integration der Dichtefunktion berechnen. Die Integrationsgrenzen werden dabei entsprechend der relativen Lage der Hindernisse zum Sollflugpfad festgelegt. Die Kollisionsrisiken werden dabei zunächst für jedes Einzelhindernis separat ermittelt und anschließend zu einem Gesamtkollisionsrisiko je Betriebsart und -richtung aggregiert.

5.2.2 Sichtflugverkehr

Im Gegensatz zur Vorgehensweise zur Ermittlung von Kollisionsrisiken für IFR-Verkehr (vgl. Kapitel 5.2.1), können diese Risiken für an- und abfliegenden Verkehr unter VFR-Bedingungen nicht quantifiziert werden, da bei derartigem Flugbetrieb die Navigation nicht anhand von bodenseitigen Navigationsanlagen erfolgt und insofern weder Grenzwerte noch Statistiken zu Kursablagen o. ä. verlässlich und reproduzierbar erfasst werden können. Demnach liegen auch keine Flugverlaufsdaten vor, die einer Auswertung zugeführt werden könnten.

Um dem am geplanten VLP Coburg zukünftig vermutlich erheblichen Verkehrsanteil von Flugbewegungen unter VFR-Bedingungen dennoch adäquat Rechnung zu tragen, erfolgt eine qualitative Risikobewertung dieser Verkehrsart. Diese basiert auf einer empirischen Flugunfallanalyse, deren Ziel es ist, den Ausnahmetatbestand der Hindernisdurchdringung der Horizontalfläche im Bereich der Platzrunde zu bewerten. Hierbei wurden ausschließlich Flugunfälle untersucht, die in der Datenbank der BFU erfasst sind.

Analysiert werden dabei nur solche Flugunfälle, die eindeutig den Flugphasen Start und Landung im Nahbereich eines Flugplatzes zuzuordnen sind. Hierbei werden gleichermaßen Motor- und Segelflugverkehr in die Analysen einbezogen. Soweit anhand der Unfalldaten möglich, werden weitere Aspekte, die aus der Lage der Hindernisse im Bereich der Platzrunde resultieren, wie z. B. die Leewirkung des *Callenberger Forstes* und mögliche Gefahren für

Schleppverbände (Schleppen von Segelflugzeugen mit motorisierten Schleppluftfahrzeugen, sog. F-Schlepp) diskutiert und gewürdigt.

Die Ergebnisse der qualitativen Bewertung des Sichtflugverkehrs sind in Kapitel 6.2 dargelegt.

5.3 Untersuchungsverfahren für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen

5.3.1 Allgemeine Methodik der Risikoanalyse

Der Untersuchung der An- und Abflüge unter Standardbedingungen (vgl. Kapitel 5.2) folgt die Analyse von An-/Abflügen und Fehlanflügen unter Ausnahmebedingungen. Hierin sind jene Flugbewegungen nach IFR und VFR zusammengefasst, die aufgrund unvorhergesehener Vorkommnisse an Bord und/oder am Boden bzw. in unmittelbarer Umgebung des LFZ nicht entsprechend der Normalverfahren gemäß *Standard Operating Procedures* (SOPs) für den Betrieb von Luftfahrtgerät erfolgen. Somit werden Vorkommnisse während Start, Landung bzw. Fehlanflug abgebildet, die zu unplanmäßigen Flugmanövern bzw. Flugtrajektorien führen können (bspw. Fehlorientierung, technische Komplikation, Notmanöver o. ä.) und sowohl auf menschliches als auch technisches Versagen zurückzuführen sind. Derartige Flugbewegungen sind zwar als äußerst selten, allerdings hinsichtlich einer möglichen Hinderniskollision als hochrisikobehaftet einzustufen.

Die in vorliegender Studie angewandte methodische Vorgehensweise muss prinzipiell auf das Kollisionsrisiko von LFZ mit den relevanten Hindernissen in der Umgebung des VLP Coburg fokussieren. Da für eine derartige Risikoanalyse seitens ICAO und EASA analog dem Flugverkehr unter Standardbedingungen (vgl. Kapitel 5.2) kein standardisiertes Verfahren etabliert ist, wurde für die vorliegende Studie eine umfassende Analysemethodik entwickelt. Diese berücksichtigt zum einen die am zukünftigen VLP Coburg vorherrschenden infrastrukturellen und flugbetrieblichen Randbedingungen und zum anderen generell geltende Anforderungen für die Zulassung und den Betrieb von Luftfahrtgerät. Hierbei sind insbesondere die individuellen Flugleistungen von LFZ insofern relevant, als dass hierüber deren Steigfähigkeit abgeleitet wird, die maßgebend für einen sicheren Überflug über Hindernisse ist. Erschwerend wird diesbezüglich auf einen Triebwerksaufall (*One Engine Inoperative*, OEI) sowie signifikante, ungünstige Seitenwindkomponenten abgestellt. Zur Gewährleistung einer umfassenden Prüfmethodik und der hierin notwendigen Berücksichtigung der genannten Randbedingungen, erfolgt die Risikoanalyse unter Anwendung eines **Mehrstufenprüfplans**, der nachfolgende Prüfstufen umfasst:

- Stufe 1:** Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen, im Wesentlichen:
- Ermittlung der kritischen Hindernisse,
 - Bestimmung geeigneter Gefahrenszenarien und
 - Bestimmung geeigneter Referenzluftfahrzeuge.
- Stufe 2:** Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien bei unterstelltem Direktüberflug der Hindernisse (Horizontalanalyse):
Für welche Hindernisse ist entsprechend der Flugleistungen/-eigenschaften der Referenzluftfahrzeuge ein Direktüberflug überhaupt möglich?

Sofern Kollisionstrajektorien bei unterstelltem Direktüberflug ermittelt werden können, erfolgt anschließend die Prüfung gemäß Stufe 3. Bei konträren Ergebnissen wird die mehrstufige Prüfung direkt mit Stufe 4 fortgesetzt.

- Stufe 3:** Prüfung der Realisierbarkeit des Überfluges mittels Flugleistungsberechnungen auf Basis der Minimalanforderungen gemäß Zulassungsvorschrift von LFZ (Vertikalanalyse):

Überfliegen LFZ bei Direktüberflug und unter Maßgabe der Zulassungsanforderungen sicher die kritischen Hindernisse?

- Stufe 4:** Prüfung möglicher Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugspuraufzeichnungen von Flugsimulatoren (Lateral-/Vertikalanalyse):
Ist die Lage der Hindernisse selbst bei Triebwerksausfall und ungünstiger Windsituation als relevant bzw. kritisch einzustufen?
- Stufe 5:** Prüfung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen gemäß Flughandbüchern (Vertikalanalyse):
Gewährleisten die tatsächlichen Steigleistungen der Referenzluftfahrzeuge eine hinreichende Flughöhe über den kritischen Hindernissen?

Nachfolgende Abbildung 30 fasst das oben beschriebene Mehrstufenprüfverfahren abschließend zusammen.

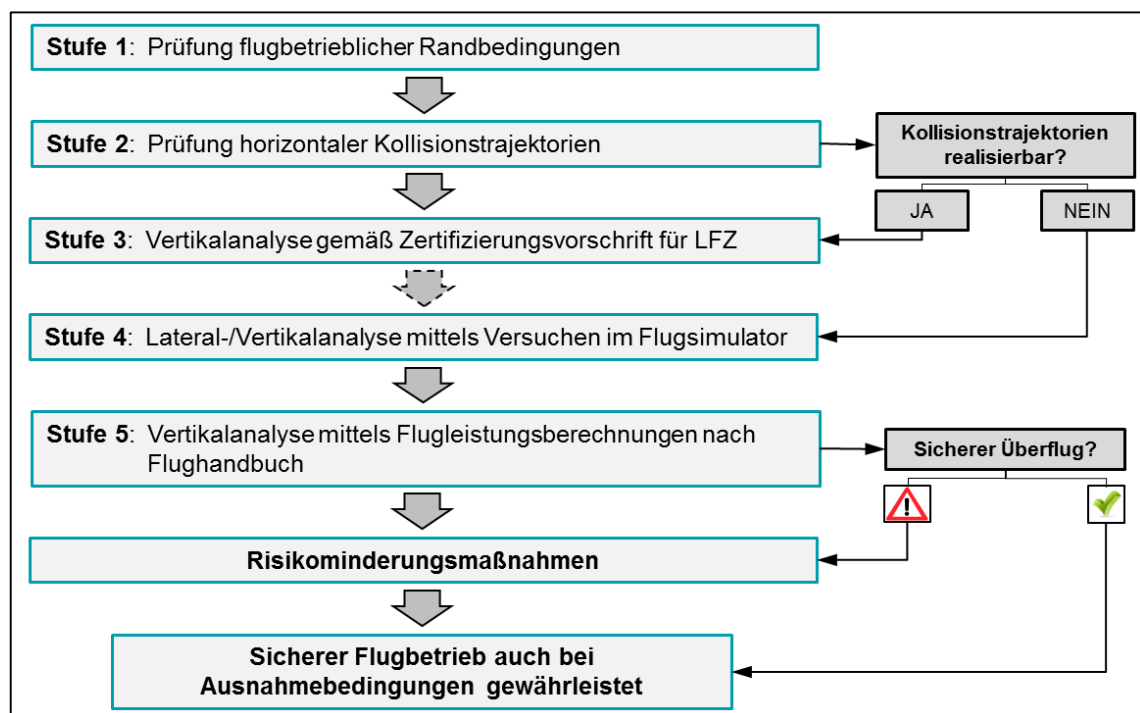


Abbildung 30: Methodik zur Anwendung des Mehrstufenprüfplans

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Analyseschritte des Mehrstufenprüfplans näher erläutert.

5.3.2 Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen

Ermittlung der kritischen Hindernisse

Grundlage der Ermittlung kritischer Hindernisse ist das vom LBDV bereitgestellte DOM, welches, wie in Kapitel 2 bereits ausgeführt, selbst nach Reduzierung der Punktdichte noch immer ca. 900.000 Datenpunkte umfasst. Zur Anwendung des Mehrstufenprüfplans ist es folglich zunächst erforderlich, aus der Vielzahl von Einzelhindernissen die kritischen Hindernisse zu extrahieren. Hierfür wurden drei Referenzpunkte entlang der SLB festgelegt:

- Referenzpunkt 1 auf THR 11,
- Referenzpunkt 2 auf dem ARP etwa in der Mitte SLB 11/29 und
- Referenzpunkt 3 auf THR 29.

Ausgehend von diesen Referenzpunkten wurde sodann eine Relativhöhenanalyse durchgeführt und Gradienten zu jedem einzelnen Hindernis berechnet. Aus der Gesamtmenge aller Gradienten wurden anschließend die maximalen Gradienten gefiltert. Die Ergebnisse dieser Relativhöhenanalyse und die hieraus resultierende Festlegung der kritischen Hindernisse inkl. Verortung erfolgen im Rahmen der Risikoanalyse in Kapitel 7.1.

Bestimmung geeigneter Referenzluftfahrzeuge

Zentraler Bestandteil der Durchführung des Mehrstufenprüfplans ist Auswahl geeigneter Referenzluftfahrzeuge. Diesbezüglich sind generell repräsentative LFZ-Muster festzulegen, die zukünftig voraussichtlich am VLP Coburg operieren. Sodann sind unter diesen jene zu analysieren, die hinsichtlich ihrer Flugleistungen und dahingehender Anforderungen gemäß Zulassungsvorschriften als kritisch zu bewerten sind (im Wesentlichen motorisierte Flächenluftfahrzeuge). Ausgenommen sind hiervon auch Motorsegler und UL, da deren flugleistungsspezifische Zertifizierungsanforderungen für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand als unkritisch zu bewerten sind.

Ausgangspunkt ist die Analyse der Daten zu Flugbewegungen aus der Luftverkehrsprognose [9], die im Rahmen des PFV erstellt wurde. Ausgehend vom Basisjahr 2009 des gegenwärtigen VLP Coburg-Brandensteinebene werden in [9] die Flugbewegungszahlen von 2014 bis 2025 für verschiedene Szenarien prognostiziert. Für die vorliegenden Analysen werden jedoch die tatsächlichen Flugbewegungszahlen des Jahres 2011 herangezogen, da diese gegenüber den Jahren 2012/2013 als repräsentativer zu bewerten sind. Ursache sind die seit Mitte 2012 herrschenden infrastrukturellen Einschränkungen (vornehmlich Verkürzung der verfügbaren Startstrecke (*Takeoff Distance Available*, TODA) auf 632 m) [9]. Diese Streckenverkürzung betrifft vor allem die regelmäßig im Werkverkehr eingesetzten Strahlflugzeuge (bspw. *Cessna C525A CJ2* der Firma *Brose*), die allerdings am zukünftigen VLP Coburg ohne Limitierungen eingesetzt werden sollen und demnach explizit zu berücksichtigen sind¹⁵. Weiterhin erfolgt in [9] eine grundsätzliche Differenzierung der Flugbewegungen in Verkehrs- und Flugart¹⁶ sowie LFZ-Gruppe (Lärmklasse) gemäß *Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen* (AzB) [10] bzw. *Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb* (AzD) [11].

Die Ergebnisse der Analyse von Flugbewegungszahlen und die Festlegung hieraus abgeleiteter Referenzluftfahrzeuge erfolgt im Rahmen des Kapitels 7.1.

Bestimmung geeigneter Gefahrenszenarien

Entsprechend der für die Untersuchung von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen zugrunde gelegten Gefährdungslage ist die Festlegung von Untersuchungsszenarien in Hinblick auf die relative Lage der kritischen Hindernisse zur SLB 11/29 erforderlich, die durch den Prüfprozess des o. g. Mehrstufenprüfplans geführt werden. Im Allgemeinen sind hierbei Starts (*Takeoff*, TO) und Landungen (*Landing*, LDG) sowie Fehlanflüge (*Missed Approach*, MA) relevant. Des Weiteren finden die Anforderungen relevanter Zulassungsvorschriften der Referenzluftfahrzeuge Eingang in die Festlegung der Szenarien.

Für eine konservative Betrachtung der Gefahrenpotenziale in diesen Szenarien wird die Beurteilung kritischer Auswirkungen hierbei unter folgender Sichtweise durchgeführt: Die Gefahrenszenarien werden zunächst allgemeingültig unter Heranziehung der

¹⁵ Von einer expliziten Berücksichtigung der geplanten PPR-Regelung für Flugbetrieb von LFZ bis 10.000 kg MTOM wird hierbei abgesehen, da derartige Flugbewegungen nicht dem Regelbetrieb entsprechen und dementsprechend vermutlich nur sehr geringe Flugbewegungszahlen aufweisen. Unbenommen davon sind die im vorliegenden Gutachten angewandte Methodik sowie Ergebnisse generell auch auf derartige Flugbewegungen übertragbar.

¹⁶ *Nichtgewerblicher Verkehr*²⁸: Werkverkehr, Schul-/Sportflüge, Ultraleichtflüge, (Motor-)Segelflüge, Segelflüge, bemannte Ballone und sonstige Motorflüge (bspw. Überführungsflüge, Schleppstarts etc.)
*Gewerblicher Verkehr*²⁹: Taxiverkehr, gewerbliche Schulflüge, sonstige gewerbliche Flüge

Zulassungsvorgaben für Luftfahrtgerät (Stufe 2) analysiert. Im Anschluss erfolgt eine spezifische Übertragung auf die Gegebenheiten am VLP Coburg mit exemplarischen, zukünftig typischerweise eingesetzten LFZ unterschiedlicher Flugleistungsklassen. Die resultierenden Vertikalprofile (Stufen 2 und 4) und Lateralprofile (Stufen 3, 4 und 5) werden anschließend hinsichtlich des Kollisionspotenzials als unterstellter Direktüberflug über die kritischen Hindernisse gewürdigt.

Folglich werden in o. g. Mehrstufenverfahren die vertikalen und lateralen Erwartungsgebiete der Flugbewegungen je Gefahrenszenario bestimmt. Aus der relativen Position von Erwartungsgebiet zu den kritischen Hindernissen wird die Kollisionswahrscheinlichkeit qualitativ abgeleitet. Die endgültige Festlegung der Gefahrenszenarien unter Heranziehung der Lage der kritischen Hindernisse erfolgt im Rahmen des Kapitels 7.1.

5.3.3 Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien

Ziel der Stufe 2 ist die Ermittlung von Kollisionstrajektorien bzw. minimaler Wegstreckenlängen in horizontaler Ebene je Gefahrenszenario zu den kritischen Hindernissen (unterstellter Direktüberflug). Ziel dieser Prüfstufe ist der Nachweis, ob ein hypothetischer Direktüberflug für die Referenzluftfahrzeuge unter Berücksichtigung realisierbarer Kurvenradien und weiterer flugleistungsspezifischer Vorgaben und Randbedingungen überhaupt möglich ist. Diese Trajektorien gelten dabei sowohl für IFR- als auch VFR-Verkehr und sind unabhängig von den jeweiligen An-/Abflug- und Fehlanflugverfahren nach IFR bzw. der Platzrunde nach VFR.

Zur Erfassung möglichst vielzähliger Optionen von Trajektorienverläufen, die vornehmlich aus den unterschiedlichen Flugleistungen der Referenzluftfahrzeuge resultieren, wurden für die Gefahrenszenarien 1 und 2 (Start BR 11 bzw. BR 29, vgl. Kapitel 7.1) eingangs die erforderlichen Startstrecken (*Takeoff Distance Required, TODR*) anhand der zertifizierten Flughandbücher (*Airplane Flight Manual, AFM*) ermittelt, um die spezifischen Abhebepunkte entlang der SLB zu definieren. Folgende Randbedingungen wurden hierfür zugrunde gelegt:

- Start mit MTOM
- typische Klappenstellung¹⁷,
- Systeme wie *Anti-Ice* oder Klimaanlage abgeschaltet,
- *All Engines Operating* (AEO) für PA-28/B200GT; OEI für C525A (defektes Triebwerk (TW): *windmilling*, funktionierendes TW: Startschub)¹⁸,
- *Screen Height* 50 ft (PA-28) bzw. 35 ft (B200GT/C525A),
- trockene Startbahn,
- Flugplatzhöhe: 1.000 ft (Platzhöhe/ARP-Höhe = 1.040 ft [25]),
- Bahnneigung: 0 % (Neigung < 1 % [25]),
- Windgeschwindigkeit: 10 kt (5 kt für PA-28) Rückenwind, 0 kt, 10 kt Gegenwind und
- Lufttemperatur: 5 °C, 15 °C und 25 °C (Bezugstemperatur = 24 °C [25]).

Aus den ermittelten Startstrecken wurden jeweils die maximalen und minimalen Werte ausgewählt und auf Zulässigkeit gegenüber der TODA geprüft. Hinsichtlich der Gefahrenszenarien 3 und 4 (MA Landebahn 11 bzw. 29) wurde unterstellt, dass der MAPt auf der jeweiligen THR liegt. Dies impliziert, dass LFZ bei Erreichen der OCA/H im Anflug diese Flughöhe bis zum MAPt beibehalten und ab Erreichen desselben den MA einleiten. Für die OCA/H je BR wurden jeweils die Minimalwerte der Anflugverfahren LNAV bzw. LNAV/VNAV entsprechend Kapitel 4.2.2 den Berechnungen zugrunde gelegt.

Die Kollisionstrajektorien wurden weiterhin unter der Maßgabe entwickelt, dass LFZ für die Szenarien 1 und 2 direkt nach Erreichen der Screen Height bzw. für Szenarien 3 und 4 bei

¹⁷ Die Klappenstellung entspricht der Maßgabe von Starts mit MTOM. Ggf. vorhandenes Optimierungspotenzial hinsichtlich TODR bzw. Anfangssteigflug wurden hierbei nicht in die Analysen einbezogen.

¹⁸ Festlegung der Referenzluftfahrzeuge: siehe Kapitel 7.1

Erreichen des MAPt einen Kurvenflug einleiten. So ist gewährleistet, dass die Flugwegdistanzen bis zum jeweilig kritischen Hindernis minimal sind und folglich für die Flughöhen bei Erreichen der Hindernisse minimale und insofern für die Untersuchungen kritische Werte resultieren. Ein zentraler Parameter zur Ermittlung der Flugkurven ist der minimale Radius, der wesentlich durch die beiden Größen LFZ-Geschwindigkeit und Querneigungswinkel definiert ist. In Anlehnung an ICAO PANS-OPS [5], Abschnitt 3.1.2.2 b), ist der minimale Kurvenradius ohne Berücksichtigung des Windes gemäß nachfolgender Gleichung (2) den Grundlagen der Flugmechanik folgend zu ermitteln:

$$r = \frac{v^2}{g \cdot \tan(\alpha)} \quad (2)$$

Mit: r – Kurvenradius [m]
 v – Fluggeschwindigkeit (*True Airspeed*, TAS) [m/s]
 g – Erdbeschleunigung = 9,81 [m/s²]
 α – Querneigungswinkel [°]

Die erforderlichen Fluggeschwindigkeiten wurden anhand der AFM-Angaben nach [20], [21] und [22] ermittelt. Diesbezüglich wurde für die Szenarien 1 und 2 jeweils die sog. *Takeoff Safety Speed* v_2 , für die Szenarien 3 und 4 die Landegeschwindigkeit¹⁹ v_{REF} festgelegt. Die nach Gleichung (2) weiterhin erforderlichen Querneigungswinkel wurden in Anlehnung an die Randbedingungen zur Verfahrensplanung von Flugrouten gemäß ICAO PANS-OPS [5] ermittelt. Nachfolgende Tabelle 7 weist die hierbei zulässigen Querneigungswinkel (*Bank Angle*) für die relevanten Gefahrenszenarien (vgl. Kapitel 7.1) aus:

Segment or fix of turn location	Speed (IAS) ¹	Altitude/height	Wind	Bank angle ²	FTT (seconds)			
					c (seconds)		Outbound timing tolerance	Heading tolerance
					Bank establishment time	Pilot reaction time		
Departure	Final missed approach IAS + 10%, see Table I-4-1-1 or I-4-1-2 ³	Turn at altitude/height: Specified altitude/height Turn at turn point: A/D elevation + height based on 10% climb from DER	95% omni-directional wind or 56 km/h (30 kt) for wind spirals	For turn area calculation: 15° For establishment of the average flight path: 15° until 305 m (1 000 ft) 20° between 305 m (1 000 ft) and 915 m (3 000 ft) 25° above 915 m (3 000 ft)	3	3	N/A	N/A
Missed approach	Table I-4-1-1 or I-4-1-2 ³	A/D elevation + 300 m (1 000 ft)	56 km/h (30 kt)	15°	3	3	N/A	N/A

Tabelle 7: Parameter zur Konstruktion von Kurven gemäß ICAO PANS-OPS [5]

Entsprechend Tabelle 7 wurden Querneigungswinkel von jeweils 15° für Starts²⁰ (bis 305 m Flughöhe) und Fehlanflüge angesetzt.

Zusammenfassend setzen sich die Kollisionstrajektorien für die Gefahrenszenarien 1 und 2 (Start) somit aus den Segmenten minimale/maximale Startstrecke bis zum Abhebe Punkt, Kurvenflug bis Erreichen des Kollisionskurses mit dem jeweiligen kritischen Hindernis und abschließendem Geradensegment bis zum Hindernis zusammen. Hingegen bestehen die

¹⁹ *Landing Reference Speed* bzw. *Threshold Crossing Speed* (Landegeschwindigkeit bzw. Geschwindigkeit bei Schwellenüberflug)

²⁰ Anforderungen an zulässige Querneigungswinkel sind hinsichtlich der Flugleistungen für gewerblichen Flugbetrieb auch in *Verordnung (EU) Nr. 965/2012* [12] formuliert. Bezüglich der Hindernisfreiheit beim Start wird angenommen, dass bis zum Erreichen einer Flughöhe von 400 ft AGL die Querneigungswinkel nicht mehr als 15° betragen; oberhalb dieser Flughöhe können größere Querneigungswinkel bis maximal 25° geplant werden (vgl. *CAT.POL.A.210, b*) 2. [12]).

Kollisionstrajektorien für die Gefahrenszenarien 3 und 4 (Fehlanflug) aus einem Geradensegment bis zum MAPt, anschließendem Kurvensegment bis Erreichen des Kollisionskurses mit dem jeweiligen kritischen Hindernis und Geradensegment bis zu diesem Hindernis. Nachfolgende Abbildung 31 zeigt exemplarisch den Verlauf der Kollisionstrajektorien zum kritischen Hindernis für Start und Fehlanflug.

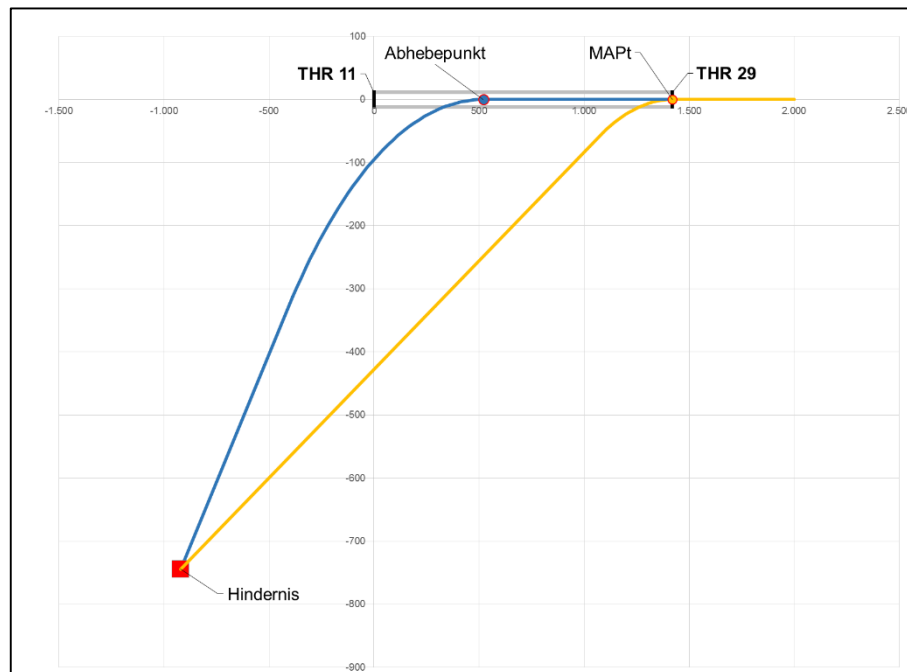


Abbildung 31: Exemplarische Kollisionstrajektorien für Start BR 29 (blaue Linie) und Fehlanflug BR 29 (gelbe Linie)

Die Analyseergebnisse über die Kollisionstrajektorien je Referenzluftfahrzeug und kritischem Hindernis sind in Kapitel 7.2 zusammengefasst.

5.3.4 Prüfung der Realisierbarkeit des Überfluges anhand Flugleistungsanforderungen gemäß Zulassungsvorschrift

Grundlage der vorliegenden Vertikalprüfung ist die Ermittlung von Überflughöhen über den kritischen Hindernissen anhand der nach Kapitel 5.3.3 ermittelten Kollisionstrajektorien und unter Berücksichtigung eines Triebwerksausfalls für zweimotorige LFZ. Hierbei werden die flugleistungsspezifischen Minimalanforderungen hinsichtlich Steiggradienten gemäß Zulassungsvorschrift *Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23* [7] der EASA zugrunde gelegt, die für die untersuchungsrelevanten Referenzluftfahrzeuge gelten (vgl. Kapitel 7.1). Für die Prüfung der Flugleistungsanforderungen wird folgende Vorgehensweise angewandt:

Start BR 11/29 (Szenario 1/2 gemäß Kapitel 7.1):

Die Vorschriften nach EASA CS-23 [7] definieren hinsichtlich flugleistungsbezogener Vorgaben für Starts minimal einzuhaltende Steiggradienten. Hierbei erfolgt eine grundlegende Differenzierung für LFZ der *Normal Category* in LFZ mit einem MTOM ≤ 2.722 kg und Kolbentriebwerken (maßgebend für Referenzluftfahrzeug PA-28 gemäß Kapitel 7.1) und LFZ mit einem MTOM > 2.722 kg und Turbinentriebwerken (anzuwenden für Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A gemäß Kapitel 7.1).

Für LFZ mit MTOM ≤ 2.722 kg und Kolbentriebwerken müssen LFZ-Hersteller Einhaltung mit den Flugleistungsvorgaben gemäß CS 23.65 (a) (Steigflug mit AEO) bzw. CS 23.67 (a)

(Steigflug mit OEI) [7] nachweisen. Maßgeblich sind für das LFZ PA-28 die Vorgaben nach CS 23.65 (a). Folgende Randbedingungen gelten diesbezüglich nach [7]:

- MSL,
- AEO und nicht mehr als maximaler Dauerschub (*Maximum Continuous Thrust, MCT*) auf jedem TW,
- Fahrwerk eingefahren und Klappen in Startposition und
- Geschwindigkeit im Steigflug nicht weniger als das 1,2-fache der Überziehgeschwindigkeit v_{S1} für einmotorige LFZ (anzuwendender Fall für Referenzluftfahrzeug PA-28 gemäß Kapitel 7.1).

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen ist zulassungsseitig ein **minimaler Steiggradient von 8,30 % für Startvorgänge** [7] nachzuweisen.

Für LFZ mit MTOM > 2.722 kg und Turbinentriebwerken wird in vorliegender Untersuchung auf den kritischen Fall mit OEI abgestellt, da die hierbei einzuhaltenden Steiggradienten deutlich geringer sind, als jene mit AEO. In Hinblick darauf sind die Vorgaben nach CS 23.66 (Startsteigflug: OEI), 23.67 (b) (1) und 23.67 (b) (2) unter Berücksichtigung folgender Bedingungen relevant:

Bedingungen/Annahmen gemäß CS 23.66 [7]:

- OEI und Propeller/Turbinenschaufeln in typischer Position unmittelbar nach TW-Ausfall,
- Verbleibendes TW: Startschub,
- Fahrwerk ausgefahren bzw. eingefahren, sofern es in maximal 7 Sekunden eingefahren werden kann,
- Klappen in Startposition und Tragflächen horizontal ausgerichtet und
- Geschwindigkeit im Steigflug gleich der Geschwindigkeit bei 50 ft unter Nachweis der Anforderungen nach CS 23.53 (Startleistungen).

Bedingungen/Annahmen gemäß CS 23.67 b (1) [7]:

- Flughöhe: 400 ft über Flugplatz,
- OEI und Propeller/Turbinenschaufeln in Position minimalen Widerstands,
- Verbleibendes TW: Startschub,
- Fahrwerk eingefahren,
- Klappen in Startposition und
- Geschwindigkeit im Steigflug gleich der Geschwindigkeit bei 50 ft unter Nachweis der Anforderungen nach CS 23.53 (Startleistungen).

Bedingungen/Annahmen gemäß CS 23.67 b (2) [7]:

- Flughöhe: 1.500 ft über Flugplatz,
- OEI und Propeller/Turbinenschaufeln in Position minimalen Widerstands,
- Verbleibendes TW: nicht mehr als MCT,
- Fahrwerk eingefahren,
- Klappen eingefahren und
- Geschwindigkeit im Steigflug nicht weniger als das 1,2-fache von v_{S1} .

Aus den o. g. Richtlinieninhalten resultieren die in nachfolgender Tabelle 8 ausgewiesenen minimalen Steiggradienten:

Richtlinienkapitel	Bezeichnung	Randbed.	minimaler Steiggradient
CS 23.66	Take-off climb: OEI	Flughöhe bis 400 ft über Platz	Bestimmung unter Berücksichtigung der LFZ-Masse, Flugplatzhöhe und Lufttemperatur (Werte nach AFM)
CS 23.67 b (1)	Climb: OEI	Flughöhe ab 400 ft über Platz	positiv (Annahme: 0,10 %)
CS 23.67 b (2)	Climb: OEI	Flughöhe ab 1.500 ft über Platz	0,75 %

Tabelle 8: Steiggradienten der Normal Category (MTOM > 2.722 kg und Turbintriebwerke) gemäß CS-23 [7]

Unter Maßgabe dieser Steiggradienten und der aus den Kollisionstrajektorien resultierenden Wegstreckenlängen werden die Szenarien 1 und 2 (Start) anschließend hinsichtlich der Überflughöhen der kritischen Hindernisse geprüft.

Fehlanflug BR 11/29 (Szenario 3/4 gemäß Kapitel 7.1):

Analog der Startanforderungen existieren für Fehlanflüge (gemäß CS-23 sog. *Balked Landings* [7]) ebenfalls minimale Steiggradienten. Gemäß genannter Unterscheidung der LFZ der *Normal Category* sind die Richtlinienkapitel CS 23.77 (a) für LFZ mit MTOM ≤ 2.722 kg und Kolbenantrieben sowie (b) für LFZ mit MTOM > 2.722 kg und Turbinantrieben (vgl. [7]) den Untersuchungen zuzuführen. Diesbezüglich gelten folgende flugleistungsspezifischen Randbedingungen:

Bedingungen/Annahmen gemäß CS 23.77 (a) [7]:

- MSL,
- TW: Startschub und Fahrwerk ausgefahren,
- Klappen in Landeposition bzw. Neutralposition, sofern Klappen sicher innerhalb von maximal 2 Sekunden ohne Flughöhenverlust bzw. plötzliche Änderungen des Anstellwinkels eingefahren werden können und
- Geschwindigkeit im Steigflug gleich der Geschwindigkeit v_{REF} .

Hieraus ergibt sich der **minimal einzuhaltende Steiggradient für Fehlanflüge zu 3,30 %** [7].

Bedingungen/Annahmen gemäß CS 23.77 (b) [7]:

- TW: nicht mehr als diejenige Schubleistung, die 8 Sekunden nach Positionsänderung der Schubhebel ausgehend von der Flugleerlaufposition (*Flight Idle*) anliegt,
- Fahrwerk ausgefahren,
- Klappen in Landeposition und
- Geschwindigkeit im Steigflug gleich der Geschwindigkeit v_{REF} .

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen resultiert ein **minimal einzuhaltender Steiggradient für Fehlanflüge von 2,50 %** [7].

Bezüglich der für Fehlanflüge maßgeblichen OCA/H wurden jeweils die Minimalwerte je Betriebsrichtung gemäß Kapitel 4.2.2 im Rahmen der Vertikalanalyse nach Zulassungsvorschrift wie folgt festgelegt:

- BR 11: LNAV/VNAV **OCH = 560 ft** und
- BR 29: LNAV/VNAV **OCH = 530 ft**.

Unter Bezug auf die konstruierten Kollisionstrajektorien bzw. deren Wegstreckenlängen bis zu den kritischen Hindernissen wird mit den geforderten Steiggradienten sowie OCA-Werten die Flughöhe bei unterstelltem Direktüberflug ermittelt. Die Ergebnisse zur Ermittlung der

Überflughöhen nach Minimalanforderungen der Zulassungsvorschrift CS-23 [7] sind im Rahmen des Kapitels 7.3 ausgewiesen.

5.3.5 Prüfung möglicher Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugversuchen

In Stufe 4 erfolgt die Prüfung möglicher seitlicher und vertikaler Ablagen auf Basis von Flugspurzeichnungen, die unter Heranziehung von Versuchen in Flugsimulatoren durchgeführt werden. Somit baut Stufe 4 auf der Formalprüfung nach EASA CS-23 [7] (Stufe 3, vgl. Kapitel 5.3.4) und prüft ebenfalls Flugverläufe sowohl vertikal als auch nunmehr vertiefend hinsichtlich lateraler Flugwegablagen für die Referenzluftfahrzeuge. Hierbei finden gemäß Ausführungen zur Methodik der Risikoanalyse (siehe Kapitel 5.3) die tatsächlichen, ungünstigen Wetter- und Betriebsbedingungen (Seitenwind und TW-Ausfall) sowie individuelle Leistungen und Fähigkeiten von LFZ-Besatzungen Berücksichtigung. Bei Bestimmung des Kollisionsrisikos unter diesen Bedingungen wird somit der Frage nachgegangen, ob seitliche Ablagen vom Sollflugpfad unter ungünstigen, seltenen betrieblichen Randbedingungen derart nachweisbar sind, dass eine Kollision mit den kritischen Hindernissen möglich wäre.

Um eine möglichst realitätsnahe Durchführung der Flugversuche zu gewährleisten, wurden die Simulatoren in Einklang mit den festgelegten Referenzluftfahrzeugen (vgl. Kapitel 5.3.2 bzw. Kapitel 7.1) ausgewählt. Somit fiel die Entscheidung auf die Simulatoren der *Lufthansa Flight Training GmbH* am Flughafen Bremen und der am Verkehrslandeplatz Kyritz ansässigen *Flugschule ARDEX*.

Die Lufthansa (LH) Verkehrsfliegerschule bietet am Bremer Flughafen die Ausbildung auf Geschäftsreiseflugzeugen für Piloten von Charterflugbetrieben oder selbst fliegende Besitzer von *Citation Jets* aus dem In- und Ausland an. Weiterhin werden am Standort Piloten der Lufthansa ausgebildet. In Ergänzung zu vier *Cessna Citation Jets CJ1+ (C525)* können neben Standardprozeduren auch komplexe Ausnahmesituationen sicher und zielorientiert in fünf vom Luftfahrtbundesamt (LBA) lizenzierten Simulatoren vom Typ *Flight Navigation Procedure Trainer II MCC/FTD 2* vom Hersteller Mechtronix [36] auf Basis der *Cessna C525 CJ1+* unter realistischen Bedingungen trainiert werden.



Abbildung 32: Außen- und Innenansicht Flugsimulator LH Flight Training Bremen

Bei der Flugschule *ARDEX* am Standort Kyritz kommt ein vom LBA zertifizierter Verfahrenstrainer *Elite Evolution S923 FNPT II MCC* vom Hersteller *Elite Simulation Solution AG* zum Einsatz. Aufgrund frei wählbarer Konfigurationen kann die Simulatorphysik sowie dessen Oberfläche an die relevanten LFZ-Muster PA-28 und Beechcraft B200 angepasst werden. Für letztere Konfiguration ist der Flugsimulator als *FNTP II MCC* zertifiziert.



Abbildung 33: Außen- und Innenansicht Flugsimulator Flugschule ARDEX Kyritz

Simulationsrandbedingungen und Versuchsdurchführung

Für die Durchführung selbst wurden zunächst spezifische Parameterkonfigurationen festgelegt, um eine systematische Erfassung der Fluggenauigkeit zu gewährleisten. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf den ungünstigen Seitenwindlagen mit gleichzeitigem TW-Ausfall auf der für die Kurshaltung ungünstigen Leeseite. So wurde die gefährdende Konfiguration erzeugt, dass neben dem windbedingten Abdriften des LFZ zusätzlich ein Giermoment einwirkt, das durch den Piloten zu kompensieren ist und infolge potenziell eine zusätzliche Flugfadverlagerung in Richtung Hindernis zur Folge hat.

Grundlegend wurden für alle drei Referenzluftfahrzeuge sowohl Starts als auch Landungen durchgeführt. Hierfür wurden folgende grundlegende Randbedingungen unterstellt:

Flugbetriebliche Randbedingungen:

- Ausfall des kritischen Triebwerks (Leeseite)
- Flugverfahren: VFR und IFR (NPA: VOR)²¹
- Annahme von MTOM bzw. maximaler Landemasse (*Maximum Landing Mass*, MLM)
- Typische Klappenstellungen und An- bzw. Abfluggeschwindigkeiten in Entsprechung der Vorgaben gemäß AFM der Referenzluftfahrzeuge

Meteorologische Randbedingungen:

- Lufttemperatur: 20 °C und Luftdruck: ca. 1.000 hPa,
- Sichtweiten: zwischen 5.800 m und 8.000 m für Flugbewegungen nach VFR und 1.500 m bis 2.400 m für IFR-Bewegungen (höhere Sichtweiten für Landungen, um den Anteil an Fehlanflügen zu minimieren),
- Wind: Seitenwind mit Geschwindigkeiten zwischen 18 kt bis 25 kt (unter Berücksichtigung der Seitenwindmaxima der LFZ-Muster)
- Bahnzustand: trocken

²¹ Diesbezüglich wurde einerseits den zukünftig am VLP Coburg vorgehaltenen An- und Abflugverfahren und andererseits dem typischen Einsatzzweck der Referenzluftfahrzeuge Rechnung getragen. So wurden für die PA-28 ausschließlich Flugbewegungen nach VFR untersucht (vorwiegende Verwendung des LFZ-Musters im Privatverkehr). Für das LFZ-Muster B200GT wurden zu gleichen Teilen VFR- und IFR-Bewegungen, für die C525A vornehmlich IFR-Flugbewegungen zugrunde gelegt (beide LFZ werden z. B. von der Firma Brose im Geschäftsreise-/Werkverkehr eingesetzt, der Wetterunabhängigkeit und somit eine häufigere Durchführung von IFR-Flugbewegungen verlangt). Vgl. hierzu auch Kapitel 7.1.

Infrastrukturelle Randbedingungen:

- Festlegung eines generischen Flugplatzes mit einfacher Anflugbefehung gemäß ICAO/EASA (Gesamtlänge: 420 m, Querbalken bei 300 m), Rand-/Endbefehung der SLB sowie Gleitwinkelbefehung (*Precision Approach Path Indicator, PAPI*)

Die Versuchsdurchführung erfolgte vor Ort in Bremen bzw. Kyritz für jedes LFZ-Muster innerhalb jeweils eines Tages. Die Durchführung von Starts und Landungen erfolgte hierbei alternierend, um Gewöhnungseffekte der LFZ-Besatzung zu reduzieren. Die Ausgangs- und Endpunkte der einzelnen Flugversuche wurden wie folgt definiert:

Start:

- Ausgangspunkt der Simulation (IFR/VFR): Beginn TODA und
- Endpunkt der Simulation (IFR/VFR) nach Erreichen einer Flughöhe von ca. 1.500 ft AGL

Landung:

- Ausgangspunkt der Simulation:
 - IFR: ca. 5 NM vor Aufsetzpunkt bzw. Landebahnschwelle als geradliniger Sinkflug
 - VFR: ca. 3 NM vor Aufsetzpunkt bzw. Landebahnschwelle als geradliniger Sinkflug
- Endpunkt der Simulation: IFR/VFR nach Aufsetzen des LFZ

Dabei erfolgten sowohl Landungen als auch Starts mit geradem An- bzw. Abflugsegment als sog. *Straight-In/Out*, wie für den VLP Coburg zukünftig vorgesehen (vgl. Kapitel 4).

Der für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand signifikante Seitenwind wurde im Vorfeld der Flugversuche hinsichtlich Richtung und Betrag innerhalb der Simulationssoftware konfiguriert. Im Weiteren erfolgte für jeden einzelnen Flugversuch eine manuelle Variation des Zeitpunktes des jeweiligen TW-Ausfalls in Abhängigkeit spezifischer Geschwindigkeiten (bspw. kurz nach Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit v_1 während des Startlaufs) oder Flughöhen (bspw. 1.000 ft oberhalb der THR im Endanflug). So wurden die TW-Ausfälle in Phasen unterschiedlicher Verfahrensabläufe und einhergehender Arbeitsbelastungen im Cockpit während Start und Landung eingebracht, um auch so einerseits Gewöhnungseffekten vorzubeugen und andererseits in Hinblick auf die Hindernissituation möglichst kritische Flugverläufe in Nähe der Hindernisse zu erzeugen. Um dem Aspekt individueller Fähigkeiten operierender Besatzungen gerecht zu werden, wurden in Summe sieben Piloten eingesetzt. Unterschiedlichen Ausbildungsständen wurde diesbezüglich dahingehend Rechnung getragen, indem gleichermaßen erfahrene Fluglehrer, ausgebildete Berufspiloten sowie Flugschüler teils mit abgeschlossener Flugausbildung eingesetzt wurden. Für die Piloten erfolgte zudem im Vorfeld ein intensives Briefing durch GfL inklusive der Durchführung von Testan-/abflügen. Zusätzlich wurde eine detaillierte Flugvorbereitung unter Berücksichtigung relevanter flugbetrieblicher Vorgaben gemäß AIP und AFM seitens der LFZ-Besatzungen durchgeführt. Da die drei untersuchten Referenzluftfahrzeuge laut Musterzulassung des LBA (vgl. Gerätekenntblätter nach [14], [15] und [16]) offiziell nach *Single Pilot Operation* (Mindestbesatzung: 1) zertifiziert sind, ist das Steuern des LFZ durch nur einen Piloten (*Pilot Flying, PF*) zulässig. Innerhalb der Messreihen konnte unabhängig hiervon der in den Versuchen stets anwesende Copilot (*Pilot Not Flying, PNF*) demzufolge den Simulationsvorgang unterstützend begleiten (bspw. mit Callouts²² der Flughöhe).

Entsprechend den o. g. Randbedingungen wurden je LFZ-Muster gleichverteilt ca. **80 An- und Abflüge** durchgeführt. Für jeden einzelnen der insgesamt ca. 240 Flugbewegungen wurden gemäß o. g. Randbedingungen entsprechende Flugverlaufsdaten aufgezeichnet, welche die Grundlage der anschließenden Analysen der Flugwegablagen bilden (siehe hierzu *Methodik der Datenauswertung*).

²² situationsbedingte Standardausrufe der Cockpitbesatzung

Methodik der Datenauswertung

Als Basis für die Auswertung dienen die aufgezeichneten Flugversuchsdaten. Aufgrund der großen Datenmenge wurden im Vorfeld der Flugversuche individuell in Skriptsprache geschriebene Dateien erstellt. In diesen Dateien wurden die vorher definierten Datensätze pro Flugversuch gespeichert und konnten anschließend ausgelesen werden.

Neben spezifischen Umgebungsdaten (Wettereinflüsse wie bspw. Wind, Wolkenuntergrenzen oder Sichtweiten) und Flughafeninfrastrukturdaten (z. B. Anordnung und Dimensionen der Start- und Landebahn, Anlage von Befeuerungs- oder Funknavigationseinrichtungen) wurden Flugleistungskenngrößen (Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Klappenstellung u. v. a.) des LFZ aufgezeichnet. Somit liegen alle erforderlichen Daten bereit, um die Ermittlung des Einflusses kritischer Randbedingungen auf die Kursführungsgenauigkeit des LFZ während Start und Landung vorzunehmen. Nachfolgende Auflistung zeigt eine Übersicht signifikanter Kenngrößen:

- Zeitmessung: *Testzeit* in [s]
- Luftfahrzeugpositionskoordinaten: *Longitude und Latitude* in [Grad]
- Höhenmessung: *Pressure Altitude und Radio Altitude* in [ft]
- Steigleistung: *Rate Of Climb* in [ft/min]
- Geschwindigkeitsangaben: *Indicated Airspeed, Calibrated Airspeed und Ground Speed* in [kt]

Die Dokumentation dieser Daten erfolgte in einem Messintervall von 1 Hz (Kyritz) bzw. 5 Hz (Bremen). Infolge der hohen Messdichte konnten für jeden der ca. 240 Flugversuche ein umfangreicher Datenpool geschaffen und detaillierte Erkenntnisse über sämtliche Flugleistungswerte gewonnen werden. In Ergänzung zu diesen generierten Daten erfolgte zusätzlich die Erstellung von Messprotokollen. Diese beinhalten bspw. Bemerkungen zum LFZ-Führer, Anflugverfahren, Zeitpunkt des TW-Ausfalls und zur Windgeschwindigkeit/-richtung.

Mit Hilfe der aufgezeichneten Koordinaten wurde die Ablage des LFZ in lateraler und longitudinaler Richtung bezüglich der SLB bestimmt. Die statistische Auswertung der Flugversuche erfolgt methodisch bezüglich:

- der Abweichung des LFZ von der Pistenmittellinie und deren Verlängerung in An-/Abflugrichtung (y-Richtung quer zur SLB) und
- der Flughöhe oberhalb der SLB (z-Richtung) und in weiterer Abhängigkeit zur
- Entfernung zur Schwelle im Anflug, bzw. zum Startbahnende im Abflug (x-Richtung längs der SLB).

Nach eingehender Aufbereitung der Datensätze folgte die Filterung hinsichtlich An- bzw. Abflug je LFZ-Muster. Ausgehend davon wurden im Folgenden *Mittelwert* und *Standardabweichung* der Ablagen in y-Richtung und z-Richtung bestimmt. Der Mittelwert fungiert hier als Lageparameter und beschreibt die Position der für jeden Flugversuch beinhalteten Datenelemente (Stichprobe) in Bezug auf die Messskala in lateraler und vertikaler Achsenrichtung. Grundlage zur Berechnung des Mittelwertes ist folgende Gleichung (3):

$$x_m = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (3)$$

Mit: x_m – im Mittel zu erwartender Wert der Messgröße (Mittelwert) [m]
 x_i – beobachtete Einzelwerte (z. B. laterale Abweichung in y-Richtung) [m]
 n – Anzahl der Einzelwerte [-]

Die dazugehörige Standardabweichung ist ein Maß zur Bestimmung der Streuung einzelner Datenelemente um ihren Mittelwert und stellt eine weitere Auswertegröße dar. Die statistische Größe der Standardabweichung, auch als *mittlere Streubreite* bezeichnet, steht repräsentativ für die laterale Ablage des LFZ von der SLB-Mittellinie und berechnet sich nach folgender Gleichung (4):

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n}} \quad (4)$$

Mit:	s_x	–	Standardabweichung bzw. mittlere Streubreite [m]
	x_m	–	im Mittel zu erwartender Wert der Messgröße (Mittelwert) [m]
	x_i	–	beobachtete Einzelwerte (z. B. laterale Abweichung in y-Richtung) [m]
	n	–	Anzahl der Einzelwerte [-]

Somit kann verlässlich ausgewertet werden, inwiefern ungünstiger Seitenwind in Kombination mit Ausfall des kritischen TW dazu beitragen kann, dass Flugverläufe von LFZ während Start bzw. Landung erhöhte laterale oder vertikale Ablagen vom Flugpfad aufweisen. Abschließend wird die mittlere Streubreite in Abhängigkeit der Entfernung zur Schwelle in Diagrammen visualisiert. Die Ergebnisse in Form von Flugprofilverläufen werden abschließend in vertikaler und horizontaler Richtung grafisch dargestellt.

Die Ergebnisse zur Ermittlung von Flugfadablagen gemäß Stufe 4 sind in Kapitel 7.4 dargelegt.

5.3.6 Prüfung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen gemäß Flughandbüchern

Stufe 5 umfasst die abschließende Ermittlung des verbleibenden Restrisikos in Form einer Vertikalprüfung, nunmehr unter Bezug auf die tatsächlichen Steigleistungen der Referenzluftfahrzeuge unter Berücksichtigung relevanter Umgebungsbedingungen. Zunächst wurden hierfür erneut die konstruierten Kollisionstrajektorien bzw. Wegstreckenlängen entsprechend Kapitel 5.3.3 bzw. Kapitel 7.2 zugrunde gelegt. Anschließend erfolgte die Ermittlung spezifischer Steiggradienten gemäß AFM (vgl. [20], [21] und [22]) – sofern ausgewiesen – unter Berücksichtigung eines TW-Ausfalls, differenziert nach Start (Szenarien 1 bzw. 2) und Fehlanflug (Szenarien 3 bzw. 4). Für die Steiggradienten der Szenarien 1 und 2 (Start) wurden im Sinne einer konsequenten Erfassung flugleistungsspezifischer Zusammenhänge dieselben Randbedingungen analog der Ermittlung der TODR (vgl. Kapitel 5.3.3 bzw. Kapitel 7.2) festgelegt. Hingegen wurden für die Steiggradienten der Szenarien 3 und 4 (Fehlanflüge) einer konservativen Betrachtungsweise folgend die Minimalwerte der ermittelten Steiggradienten angewandt. Ergänzend sind die wesentlichen LFZ-Basisparameter zur Ermittlung der Steigleistungen je Referenzluftfahrzeug (vgl. Kapitel 7.1) im Folgenden zusammengefasst:

Start BR 11/29 (Szenario 1/2 gemäß Kapitel 7.1):

PA-28:

- LFZ-Masse: MTOM (1.247 kg)
- Klappenstellung: eingefahren
- Fahrwerk: ausgefahren
- Schubleistung: AEO, 2.700 U/min, maximaler Schub (Mixture: Full Rich)
- Steiggeschwindigkeit: 78 kt
- Flugplatzhöhe: 1.000 ft (ARP-Höhe = 1.040 ft [25])
- Lufttemperatur: 5 °C (entsprechend minimaler TODR) bzw. 25 °C (entsprechend maximaler TODR)
- Wind: kein Einfluss auf Steiggradienten gemäß AFM

B200GT:

- LFZ-Masse: MTOM (5.670 kg)
- Klappenstellung: eingefahren
- Fahrwerk: eingefahren
- Schubleistung: Startschub, Segelstellung für Propeller des ausgefallenen TW (OEI)
- Steiggeschwindigkeit: $v_2 = 121$ kt
- Anti-Ice: ausgeschaltet
- Flugplatzhöhe: 1.000 ft (ARP-Höhe = 1.040 ft [25])
- Lufttemperatur: 5 °C (entsprechend minimaler TODR) bzw. 25 °C (entsprechend maximaler TODR)
- Wind: kein Einfluss auf Steiggradienten gemäß AFM [21]

C525A:

- LFZ-Masse: MTOM (5.613 kg)
- Klappenstellung: 15°
- Fahrwerk: ein-/ausgefahren
- Schubleistung: Startschub, ausgefallenes TW: windmilling (OEI)
- Steiggeschwindigkeit: $v_2 = 115$ kt
- Anti-Ice: ausgeschaltet
- Speedbrakes: eingefahren
- Flugplatzhöhe: 1.000 ft (ARP-Höhe = 1.040 ft [25])
- Lufttemperatur: 5 °C (entsprechend minimaler TODR) bzw. 25 °C (entsprechend maximaler TODR)
- Wind: 10 kt Gegenwind (entsprechend minimaler TODR) bzw. 10 kt Rückenwind (entsprechend maximaler TODR)

Fehlanflug BR 11/29 (Szenario 3/4 gemäß Kapitel 7.1):**PA-28:**

- Keine Differenzierung der Steiggradienten hinsichtlich Start bzw. Fehlanflug gemäß AFM, insofern kongruente Randbedingungen für Szenarien 3 und 4

B200GT:

- LFZ-Masse: MLM (5.670 kg)
- Klappenstellung: ausgefahren
- Fahrwerk: ausgefahren
- Schubleistung: Startschub (AEO)
- Steiggeschwindigkeit: 100 kt
- Anti-Ice: ausgeschaltet
- Flugplatzhöhe: 1.000 ft (ARP-Höhe = 1.040 ft [25])
- Lufttemperatur: 25 °C (konservative Annahme)
- Wind: kein Einfluss auf Steiggradienten gemäß AFM [21]

C525A:

- LFZ-Masse: MTOM (5.613 kg)²³
- Klappenstellung: 15°
- Fahrwerk: eingefahren
- Schubleistung: Startschub, ausgefallenes TW: windmilling (OEI)
- Steiggeschwindigkeit: 118 kt
- Anti-Ice: ausgeschaltet

²³ Gemäß AFM [22] sind Steiggradienten für Notsituationen mit einer LFZ-Masse größer als MLM (5.216 kg) ausgewiesen, die für die vorliegende Untersuchung von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen im Sinne einer konservativen Betrachtung zugrunde gelegt werden.

- Speedbrakes: eingefahren
- Flugplathöhe: 1.000 ft (ARP-Höhe = 1.040 ft [25])
- Lufttemperatur: 25 °C (konservative Annahme)
- Wind: 10 kt Rückenwind (konservative Annahme)

Die Ergebnisse der Stufe 5 hinsichtlich Steiggradienten und resultierenden Überflughöhen sind in Kapitel 7.5 aufgeführt.

6 Risikoanalyse für Flugverkehr unter Standardbedingungen

6.1 Instrumentenflugverkehr

Anflüge

Wie in Kapitel 5.2 bereits ausgeführt, erfolgt die Risikoanalyse für Flugverkehr unter Standardbedingung auf Basis von statistischen Auswertungen empirischer Flugverlaufsdaten. Für die Anflüge wurden dabei die *Segmented-RNAV-Anflüge* am Verkehrsflughafen FRA als Datengrundlage verwendet. Die nachfolgende Abbildung 34 zeigt die aus den Radardaten extrahierten *Segmented-RNAV-Anflüge*:

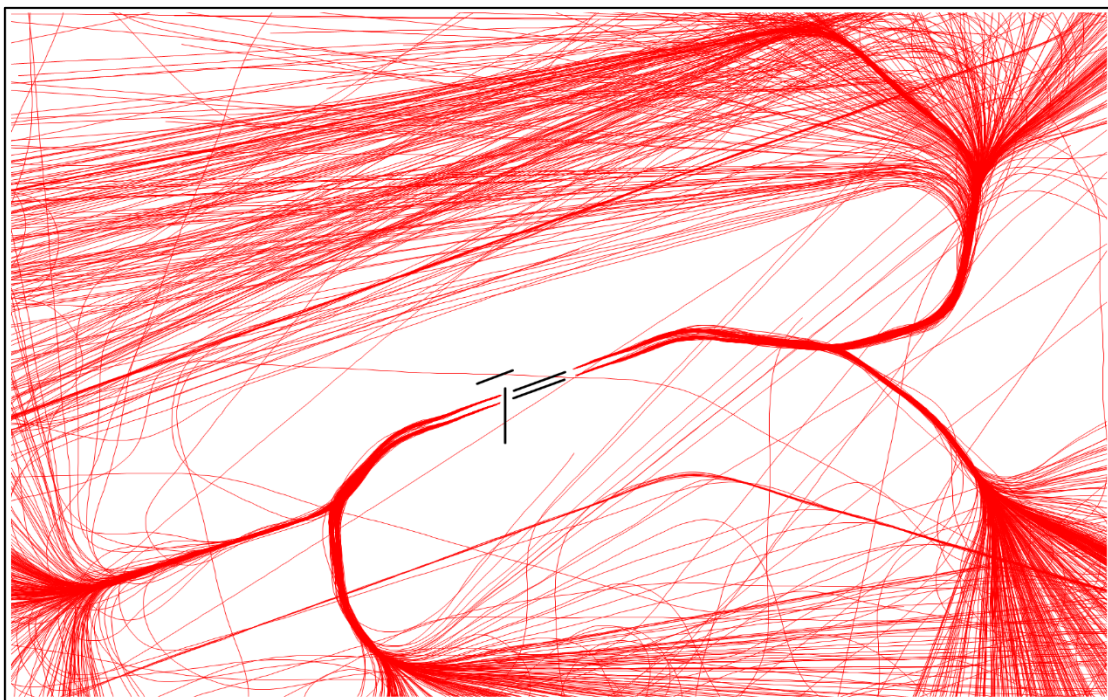


Abbildung 34: Flugverlaufsdaten der Segmented-RNAV-Anflüge am Flughafen FRA

Auf Basis dieser Flugspuren wird die statistische Auswertung zur erreichbaren Navigationsgenauigkeiten durchgeführt. Als statistische Kenngröße der Verteilungsmuster wurde die Standardabweichung – über die ebenfalls die Parametrierung der Verteilungsfunktionen erfolgt – festgelegt.

Die statistischen Auswertungen zeigten ein entfernungsabhängiges Streuverhalten, d. h. mit abnehmender Entfernung zum Aufsetzpunkt verringert sich die Streubreite (Standardabweichung) der Anflüge sowohl in lateraler als auch in vertikaler Richtung. Im Ergebnis zeigte sich aber über alle Schnitte eine insgesamt sehr geringe Streubreite, wie nachfolgende Abbildung 35 zeigt:

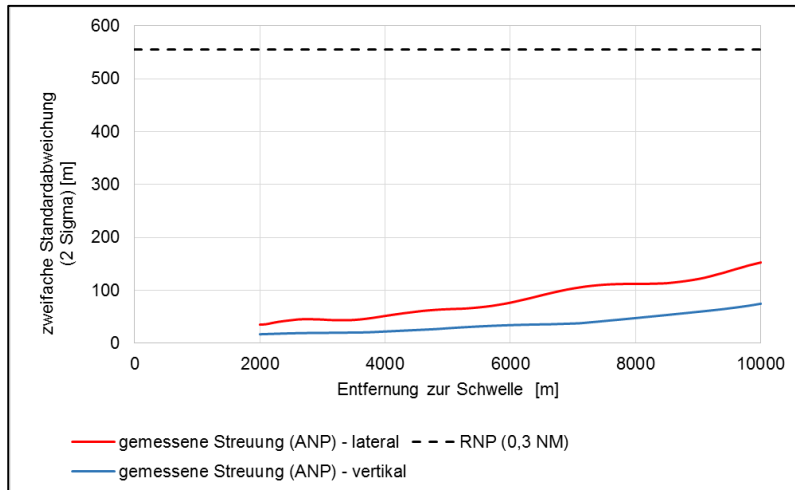


Abbildung 35: Ergebnisse der Radardatenauswertungen
(Streuungen lateral und vertikal)

Wie deutlich zu sehen, liegen für beide Raumrichtungen (lateral und vertikal) die gemessenen ANP-Werte deutlich über der Forderung von RNP 0,3 für dieses Verfahren. Weiterhin ist jedoch auch zu erkennen, dass die Daten nur bis zu einer Schwellenentfernung von 2.000 m ausgewertet werden konnten. Bei geringerer Schwellenentfernung und damit im bodennahen Bereich bieten die Flugverlaufsdaten keine hinreichende Datenqualität mehr. Der gutachtlichen Vorsicht folgend wird daher bei allen nachfolgenden Auswertungen die Streubreite (Standardabweichung) ab 2.000 m Schwellenentfernung als konstant angenommen, d. h. der Wert der sich bei 2.000 m Schwellenentfernung ergibt wird für den Rest des Endanfluges unterstellt und somit keine weitere Erhöhung der Navigationsgenauigkeit, wie zu erwarten wäre.

Die im Rahmen der Kollisionsrisikoberechnung verwendeten Navigationsgenauigkeiten ergeben sich durch lineare Regression der oben dargestellten Funktionsverläufe in vertikaler und lateraler Richtung wie folgt [54]:

$$ANP_{lateral} = \begin{cases} 20 & x < 2.000 \text{ m} \\ 0,0165 \cdot x - 13,622 & x \geq 2.000 \text{ m} \end{cases}$$

$$ANP_{vertikal} = \begin{cases} 12 & x < 2.000 \text{ m} \\ 0,0057 \cdot x + 1,092 & x \geq 2.000 \text{ m} \end{cases}$$

Mit: ANP – tatsächliche Navigationsgenauigkeit als zweifache Standardabweichung [m]
x – Entfernung zur Schwelle [m]

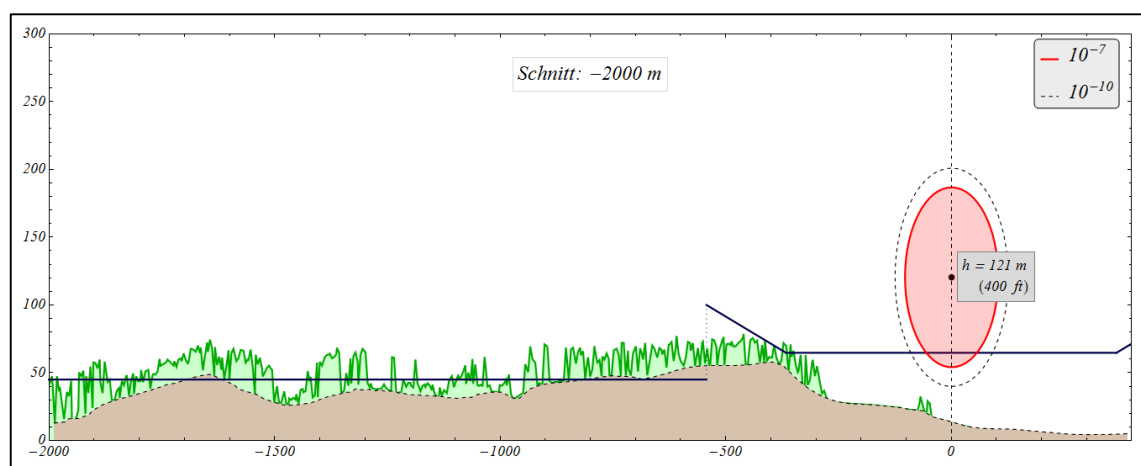
Die ermittelten Werte dienen wie oben dargelegt nun zur Bestimmung der Streuungsparameter für die ermittelten Normalverteilungen, auf deren Basis sich durch Integration der entsprechend modellierten Verteilungsfunktion die Kollisionsrisiken mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* berechnen lassen. Hierbei wurde das Kollisionsrisiko für jeden einzelnen der Höhenpunkte des Geländemodells berechnet. Jeder Höhenpunkt wurde dabei als Einzelhindernis in der Größe der Auflösung von 5 x 5 m zugrunde gelegt. Somit ist die Kollisionsrisikoberechnung stets überschätzend und unabhängig von der Auflösung des Geländemodells. Die nachfolgende Tabelle 9 zeigt die so ermittelten Kollisionsrisiken im Instrumentenanflug für beide BR:

Landerichtung	höchstes Einzelkollisionsrisiko	Gesamtkollisionsrisiko
11	$1,49 \times 10^{-33}$	$2,07 \times 10^{-33}$
29	$\ll 1 \times 10^{-100}$	$\ll 1 \times 10^{-100}$

Tabelle 9: Kollisionsrisiken im IFR-Anflug

Wie Tabelle 9 aufzeigt, liegt das Gesamtkollisionsrisiko für die Landerichtung 11 bei kleiner als 1×10^{-30} pro Anflug und somit deutlich unter dem TLS für Anflüge gemäß ICAO CRM von 1×10^{-7} pro Anflug. Für die Landerichtung 29 ergeben sich nochmals deutlich geringere Kollisionsrisikowerte, außerhalb des berechenbaren Bereiches, hier dargestellt als $\ll 1 \times 10^{-100}$.

In Betriebsrichtung 11 ergibt sich das höchste Einzelkollisionsrisiko für die Hindernisse im Bereich des *Hähnles* (ca. 2 km vor THR 11 und ca. 300 m bis 600 m seitlich der Anfluggrundlinie). Zur Verdeutlichung dieser geringen Kollisionsrisiken ist in nachfolgender Abbildung 36 ein Schnitt im Bereich des *Hähnles* dargestellt. Weiterhin sind der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsbereich (Iso-Risiko-Linie) auf Basis der ermittelten Verteilungsfunktionen für zwei spezifische Risikowerte (1×10^{-7} als rote Ellipse und 1×10^{-10} als schwarz gestrichelte Ellipse), sowie die Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 [2] (blaue Linien) dargestellt. Die dargestellte Höhe (y-Achse des Diagramms) ist dabei zur besseren Erkennbarkeit 3-fach überhöht aufgetragen:

Abbildung 36: Schnitt im Bereich *Hähnles* mit Iso-Risikokonturen

Wie in Abbildung 36 zu sehen, sind trotz Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen²⁴ hinreichend große Abstände zum Sollflugpfad und aufgrund der geringen Streubreite somit auch zur 1×10^{-7} Iso-Risikokontur vorhanden.

Abflüge

Für die Abflüge wurden Radardaten des Flughafens Genf ausgewertet, auf deren Basis die Kollisionsrisikoberechnung durchgeführt wurde. Die Wahl des Flughafens Genf erfolgte, da der Anteil an Flugbewegungen mit kleinerem Fluggerät deutlich größer und somit die Übertragung auf die Verhältnisse des geplanten VLP Coburg gewährleistet ist. Dies ist insofern erforderlich, als dass das Steigverhalten der LFZ und damit die vertikale Streuung im Gegensatz zu den Anflügen von der Größe der LFZ abhängig sind. Die Radardaten des

²⁴ Die Durchdringungen der Anflugfläche und seitlichen Übergangsfläche werden bei Realisierung des VLP Coburg in jedem Falle entfernt.

Flughafens Genf wurden daher gezielt auf kleine LFZ (MTOM ≤ 5.700 kg) gefiltert und ausgewertet.

Im Ergebnis zeigten sich folgende modellierten Streuungsparameter für die Abflüge, erneut als ANP (zweifache Standardabweichung) dargestellt:

$$ANP_{lateral} = \begin{cases} 52 & x < 1.000 \text{ m} \\ 0,014 \cdot x + 38,65 & x \geq 1.000 \text{ m} \end{cases}$$

$$ANP_{vertikal} = \begin{cases} 92 & x < 1.000 \text{ m} \\ 0,028 \cdot x + 64 & x \geq 1.000 \text{ m} \end{cases}$$

Wie zu sehen, ergeben sich insbesondere in der vertikalen Richtung deutlich höhere Streubreiten, als bei den Anflügen, dies aufgrund der deutlich größeren Variation der Flugleistungen (Steigverhalten).

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die auf Basis dieser Parameter ermittelten Kollisionsrisiken im Instrumentenabflug für beide Betriebsrichtungen:

Landerichtung	höchstes Einzelkollisionsrisiko	Gesamtkollisionsrisiko
11	9,70 x 10 ⁻⁹	8,10 x 10 ⁻⁰⁸
29	9,94 x 10 ⁻⁴¹	1,27 x 10 ⁻⁴⁰

Tabelle 10: Kollisionsrisiken im IFR-Abflug

Wie in Tabelle 10 zu sehen, liegen die Kollisionsrisiken im Abflug deutlich über denen des Anfluges, aber immer noch unter dem CRM-Grenzwert von 1 x 10⁻⁷ pro Abflug, in BR 11 allerdings nur sehr knapp. Da zwar zunächst kein spezieller TLS für den Abflug existiert, jedoch vergleichbare Randbedingungen (Kollision im Flug mit einem Hindernis am Boden) vorliegen, ist der TLS nach CRM als anwendbar einzustufen.

Die Hindernisse mit den höchsten Einzelkollisionsrisiken sind erneut im Bereich des *Hähnles* zu verorten.

Im Ergebnis zeigen sich folglich für alle Betriebsarten und Betriebsrichtungen Kollisionsrisiken deutlich unterhalb des Grenzwertes nach ICAO CRM von 1 x 10⁻⁷ pro An-/Abflug. Für diesen Untersuchungsteil kann folglich Sicherheitsäquivalenz gemäß ICAO-Definition unterstellt werden.

6.2 Sichtflugverkehr

Wie im Kapitel 5.2.2 zur methodischen Vorgehensweise ausgeführt, erfolgt die Risikobewertung für den Sichtflugverkehr unter Standardbedingungen abweichend vom Instrumentenflugverkehr auf Basis einer empirischen Flugunfallanalyse, deren Ziel es ist, die Hindernisdurchdringungen der Horizontalfläche im Bereich der Platzrunde zumindest qualitativ zu bewerten. Des Weiteren werden Analysen zu Leewellenwirkungen und potenzielle Gefahren für F-Schlepps durch die Hindernisse des *Callenberger Forstes* ausgeführt und bewertet.

Ergebnisse zur Untersuchung von Flugunfällen in der Platzrunde

In Summe wurden 236 Unfälle aus der Datenbank der BFU analysiert. Von dieser Gesamtzahl konnten 22 Unfälle (ca. 9 %) Flugbewegungen innerhalb der Platzrunde zugeordnet werden. Diese Unfälle ereigneten sich dabei nahezu zu gleichen Teilen beim Flugbetrieb von Kleinflugzeugen bis 2.000 kg MTOM und Segelflugzeugen. Die Unfallverteilung in Abbildung 37 zeigt, dass sich die Mehrzahl der Unfälle während Queranflügen ereignete.

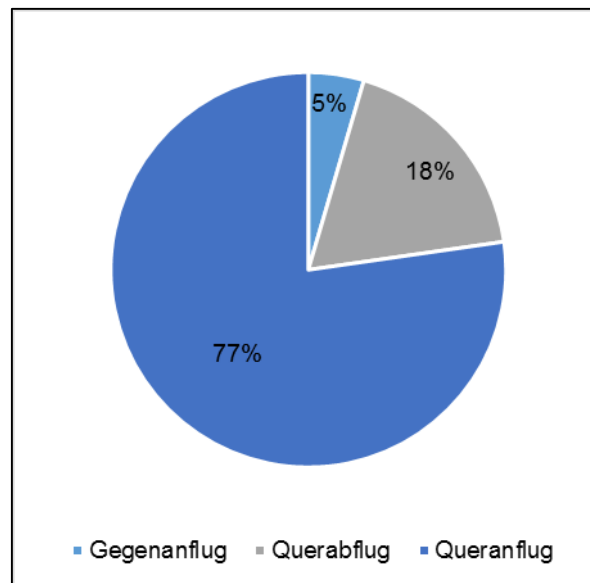


Abbildung 37: Verteilung der Unfallgebiete innerhalb der Platzrunde

Alle in der Platzrunde erfassten Unfälle endeten mit einer Kollision des LFZ und dem Gelände bzw. Objekten am Boden. Das Schadensausmaß zeigte bei 45 % der Unfälle ein schwer beschädigtes LFZ und bei den übrigen 55 % wurde das LFZ gänzlich zerstört. Bei 72 % der analysierten Unfälle sind Personenschäden zu verzeichnen. Die Unfallursache lässt sich aus den zur Verfügung stehenden Berichten nur für 55 % der Unfälle herleiten. Die Analyse dieser Unfälle zeigt, dass ca. 40 % der Unfälle auf technische Defekte zurückzuführen sind. Die übrigen 60 % sind auf menschliches Versagen bzw. Fehlverhalten des Piloten zurückzuführen (bspw. Nutzung des LFZ außerhalb der Betriebsgrenzen oder zu tiefer Anflug).

Bezogen auf die gemäß PFV [25] geplante Platzrunde am geplanten VLP Coburg bleibt festzustellen, dass sowohl menschliches als auch technisches Versagen generell nicht auszuschließen ist. Weiterhin ist festzustellen, dass die geplante Platzrunde (vgl. Abbildung 2), mit Ausnahme der festgelegten Platzrundenhöhe, den allgemeinen Auslegungsvorgaben vollständig entspricht und insofern keine Sondersituation vorliegt. Die Platzrundenhöhe sollte richtlinienkonform angepasst werden, um eine Hindernisfreiheit im Bereich der Platzrunde von 800 ft über Grund gemäß NfL I 92/13 [3] und NfL I 37/00 [49] sicherzustellen. Bei Berücksichtigung dieser ergäbe sich eine Platzrundenhöhe von 2.200 ft MSL.

Abschließend ist somit zu konstatieren, dass bei Berücksichtigung der allgemeinen Vorschriften und Empfehlungen zur Flugvorbereitung, Einhaltung der ausgewiesenen Platzrunde und Erhöhung dieser auf 2.200 ft MSL keine signifikanten flugbetrieblichen Risiken aus der topografischen Situation in der Umgebung des VLP Coburg resultieren.

Ergebnisse zur Untersuchung von Flugunfällen durch Leewellen

Bei der Umströmung von Hindernissen (bspw. Geländeerhebungen) entstehen in der Luftströmung der Leeseite (Wind abgewandte Seite) Schwerewellen, die als sog. Leewellen (Auf- und Abwinde) bezeichnet werden und vorwiegend im Mittel- und Hochgebirge auftreten [43]. Im Bereich hierbei entstehender Leewellenrotoren können verstärkt Turbulenzen oder Fallböen entstehen. Diese können infolge der trockenen Luft nicht zwangsläufig durch Wolken erkennbar sein und reichen verbreitet bis zum Boden [38]. Diese Faktoren bedingen u. U. negative Auswirkungen auf die Flugmechanik, die infolge zu unsicheren Fluglagen bzw. Flugunfällen führen können und demnach ein Gefährdungspotenzial für LFZ induzieren.

Im Rahmen der Analyse der BFU-Flugunfalldatenbank wurden insgesamt acht Flugunfälle extrahiert, die auf Leewellen zurückzuführen sind. Bezüglich der in Summe 236 analysierten

VFR-Flugunfälle beträgt der Anteil an Unfällen verursacht durch Leewellen ca. 3 %, sodass die Gefährdung durch Leewellen als untergeordnete Gefahrenkategorie zu bewerten ist. Weiterhin handelt es sich bei den betroffenen LFZ der acht relevanten Flugunfälle durchweg um Segelflugzeuge. Für den in vorliegender Risikoanalyse relevanten Motorflugverkehr konnten hingegen keine repräsentativen Flugunfälle recherchiert werden. Diesbezüglich ist weiterhin festzustellen, dass motorisierte LFZ im Vergleich zu Segelflugzeugen Windeinflüsse entsprechend ihrer Flugmechanik und Flugleistungen besser kompensieren können. Weiterhin ist die Entstehung signifikanter Leewellen im Bereich des *Callenberger Forst* südlich des VLP Coburg aufgrund der topografischen Gegebenheiten (geringe Geländeerhebung von maximal ca. 410 m MSL (ca. 100 m über Platzhöhe), die zudem bewaldet sind) vermutlich als unwahrscheinlich einzustufen. Dies gilt gleichermaßen für das Auftreten von laminaren Strömungen aufgrund der Waldflächen auf den Geländeerhebungen.

Weiterhin müsste zur Entstehung von Leewellen im Bereich des VLP Coburg eine Südwindlage mit erhöhten Windgeschwindigkeiten (ca. 30 kt nach [43]) vorliegen. Wind aus südlicher Richtung hätte zur Folge, dass bezogen auf die SLB 11/29 bzw. die parallel liegende Grasbahn für Segelflugbetrieb eine Seitenwindsituation vorliegen würde. Bei derartigen Seitenwindkomponenten wäre es ohnehin fraglich, ob ein sicherer Segelflugbetrieb sodann möglich wäre. Grund hierfür sind die verhältnismäßig geringen Maximalwerte von Seitenwindkomponenten, die im Regelfall nachweislich zwischen 15 km/h und 20 km/h (entspricht ca. 8,1 kt bis 10,8 kt) während Start und Landung (inkl. F-Schlepp) liegen²⁵. Diesbezüglich sei entsprechend der Ergebnisse des Gutachtens des *Deutschen Wetterdienstes* (DWD) über die flugklimatologischen Verhältnisse auf dem geplanten Verkehrslandeplatz Coburg gemäß [58] angemerkt, dass Windgeschwindigkeiten aus südlicher Richtung (150° bis 210°) über ca. 15 kt mit einer Häufigkeit von lediglich etwa 0,2 % im Jahr auftreten.

Ob bei diesen seltenen Witterungsbedingungen tatsächlich Leewellen entstehen, die geeignet sind gefährdende Verwirbelungen im Bereich des geplanten VLP Coburg zu induzieren, kann auf Grundlage des DWD Gutachtens nicht beurteilt werden. Allerdings ist entsprechend obiger Ausführungen selbst dann nur von einem marginalen flugbetrieblichen Risiko auszugehen, da die Empirie (auf Basis der BFU-Flugunfallanalysen) keine leewelleninduzierten Flugunfälle mit Motorflugzeugen zeigte und zudem bei derartigen Wetterlagen davon auszugehen ist, dass auf Grund der dann vorherrschenden Seitenwindsituation kein Segelflugbetrieb am geplanten VLP Coburg mehr stattfindet.

Ergebnisse zur Untersuchung von F-Schlepp

Bezüglich Schleppverbänden ist im Allgemeinen anzunehmen, dass die Steigleistung der Schleppflugzeuge ggü. herkömmlichen Startvorgängen aufgrund der zusätzlichen Masse der geschleppten Segelflugzeuge sowie veränderten Luftwiderstandskräften reduziert ist. Dieser Aspekt ist im Kontext möglicher Hinderniskollisionen demnach zu würdigen.

Hierfür wurde zunächst recherchiert, ob spezifische Lufttüchtigkeitsanforderungen hinsichtlich nachzuweisender Flugleistungen für Schleppvorgänge existieren. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass die in den Lufttüchtigkeitsanforderungen gemäß NfL enthaltenen Anforderungen bezüglich F-Schlepp bspw. auf die Betriebszeiten von Schleppkupplungen und den Einbau von Bugkupplungen abstellen. Darüber hinaus sind konkrete Vorgaben an aerodynamisch gesteuerte UL entsprechend der *Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge* (LTF-UL) nach NfL II 17/03 [39] (zuletzt geändert durch NfL II 20/07 [40]) veröffentlicht, die u. a. konkrete Direktiven zum F-Schlepp von LFZ durch Ultraleichtflugzeuge enthalten (vgl. [39], Anhang II). Hiernach sind weiterhin flugleistungsspezifische Vorgaben des Schleppzuges erfasst, die u. a.

²⁵ Siehe AFM nach [44], [45], [46] und [47]

auch die Steigleistung betreffen. Hierzu wird wie folgt ausgeführt (vgl. LTF-UL, *Anhang II, D. Betriebsverhalten des Schleppzuges* [39]):

„[...] 4. Die beste Steiggeschwindigkeit des Schleppzuges muss nach der Korrektur auf Normalatmosphäre in 450 m über NN mit

- nicht mehr als Startleistung,
- eingezogenem Fahrwerk, (wenn Einziehfahrwerk vorhanden)
- max. Flugmasse,
- Klappen in der für den Steigflug vorgesehenen Stellung und ohne Überschreitung jeglicher festgelegter Temperaturgrenzen mehr als 1,5 m/s betragen. [...]“

Demnach ist durch den UL-Hersteller eine minimale Steigleistung des Schleppzuges von **> 1,5 m/s** nach Korrektur in 450 m MSL nachzuweisen (dieser Wert gilt im Übrigen auch für den Steigflug von UL ohne Schleppverband nach LTF-UL 65 [39]). Unter Berücksichtigung der Schleppgeschwindigkeit (v_T) errechnet sich der Steiggradient gemäß folgender Gleichung (5):

$$\text{Steiggradient [\%]} = \frac{\text{RoC}}{v_T} \cdot 100 \quad (5)$$

Mit: RoC – Rate of Climb (Steigrate) [m/s]
 v_T – Schleppgeschwindigkeit [m/s]

Dem Zusammenhang nach Gleichung (5) folgend, resultieren bei hohen Schleppgeschwindigkeiten entsprechend geringe Steiggradienten. Unter Zugrundelegung der minimalen Steigleistung für Schleppzüge nach LTF-UL [39] von 1,6 m/s und einer maximalen Schleppgeschwindigkeit $v_{T\max}$ von 185 km/h (51,40 m/s) als Beispielwert gemäß AFM Segelflugzeug *DG-1000S* [44], resultiert ein Steiggradient von **ca. 3,10 %** für den Schleppverband. Unter Berücksichtigung des Platzrundenverlaufs für F-Schlepp am zukünftigen VLP Coburg gemäß Abbildung 2, der für den untersuchungsrelevanten Flugverkehr nach Standardbedingungen maßgebend ist, sind die in nachfolgender Abbildung 38 dargestellten Hindernisse maßgebend.

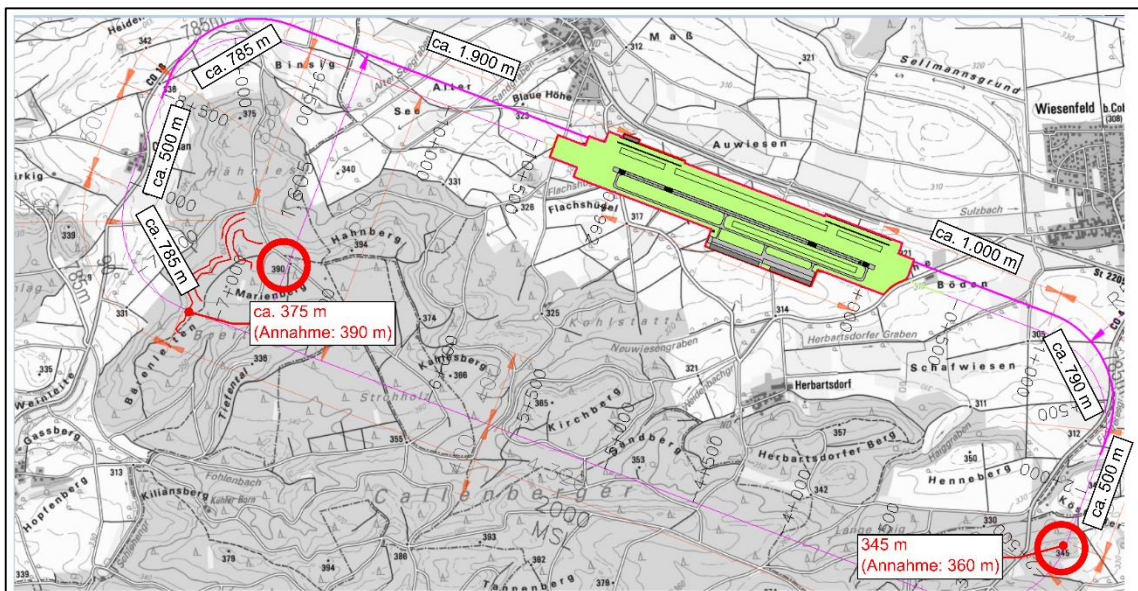


Abbildung 38: Wegstrecken und Höhen bezüglich der relevanten Hindernisse im Bereich der Platzrunde (Plandarstellung nach [50])

Demgemäß resultieren die in nachstehender Tabelle 11 ausgewiesenen Parameter zur Berechnung von Überflughöhen über den Hindernissen im Bereich der Platzrunde bei einer Platzhöhe von ca. 315 m. Diesbezüglich ist zu berücksichtigen, dass es sich sowohl bei den Wegstreckenlängen bis zum Hindernis als auch den Hindernishöhen um konservative Abschätzungen handelt (bspw. Vernachlässigung der tatsächlichen Startstrecken des

Schleppzuges und damit einhergehender Beginn der Wegstreckenlängen am Ende der Grasbahn sowie Überhöhung der Hindernisse).

BR	Wegstrecke bis Hindernis [m]	Hindernishöhe über Platz [m]	Steiggradient [%]	Überflughöhe Hindernis [m]
11	2.290	45	3,10	26,00
29	3.970	75		48,00

Tabelle 11: Abschätzung der Überflughöhen von Hindernissen in der F-Schlepp-Platzrunde

Gemäß obiger Tabelle 11 ist demnach festzuhalten, dass selbst unter Annahme konservativer flugbetrieblicher (Minimalanforderung der Steigleistung sowie hohe Schleppgeschwindigkeit) und geometrischer (Wegstreckenlängen und Hindernishöhen) Randbedingungen ein sicherer Überflug für Schleppzüge gewährleistet werden kann. Hierauf Bezug nehmend seien vergleichend die tatsächlichen Steigleistungen für Schleppzüge gemäß AFM der Schleppluftfahrzeuge *Ikarus C42* [41] und *Robin DR 400* [42] als typische LFZ-Muster für diesen Einsatzzweck aufgeführt (vgl. nachfolgende Tabelle 12 und Tabelle 13).

Abflugmasse Segelflugzeug [kg]	v_T [km/h]	v_T [m/s]	RoC [m/s]	Steiggradient [%]
310 (Standardlibelle)	105	29,20	3,50	12,00
370 (LS4)	110	30,60	3,00	9,80
390 (Kestrel)	110	30,60	3,00	9,80
590 (ASK 21)	105	29,20	2,30	7,90
650 (Duo-Discus)	105	29,20	1,90	6,50

Tabelle 12: Resultierende Steiggradienten *Ikarus C42* im F-Schlepp in Abhängigkeit der Segelflugzeugmasse nach [41]

Masse DR 400 [kg]	V_{Tmax} (DG-1000S) [km/h]	V_{Tmax} [m/s]	Masse Segelflugzeug [kg]	ROC [m/s]	Steiggradient [%]
800	185	51,40	0	7,80	15,10
			300	5,20	10,10
			600	4,30	8,40
1000			0	5,50	10,60
			300	3,90	7,60
			600	3,00	5,80

Tabelle 13: Resultierende Steiggradienten *Robin DR 400* im F-Schlepp in Abhängigkeit der Schleppflugzeug- und Segelflugzeugmasse nach [42]

Demnach ist festzustellen, dass die tatsächlichen Steiggradienten für die Schleppluftfahrzeuge *Ikarus C42* und *Robin DR 400* im F-Schlepp für spezifische Segelflugzeugmassen deutlich oberhalb der zulassungsseitigen Vorgaben gemäß Tabelle 11 liegen und insofern ein sicherer Hindernisüberflug umfassend gewährleistet ist.

Seilriß im Flugzeugschlepp

Abschließend sei der Sachverhalt eines möglichen Reißens des Schleppseils diskutiert. Grundsätzlich muss jedes Schleppseil entsprechend geltender Luftfahrt-, DIN- oder Werknormen ausgelegt sein und standardmäßig über eine Sollbruchstelle gemäß Minimalanforderungen an die Schleppausrüstung verfügen (vgl. *LTF-UL, Anhang II, A*).

Allgemeines und IV. Schleppseil und Sollbruchstelle [39]). Als Richtwert für die maximale Nennbruchfestigkeit der Sollbruchstelle gelten 300 daN (vgl. [39] und [41]).

Im Falle eines Seilrisses ist je nach erreichter Flughöhe, Wind und Platzverhältnissen ein geeignetes Landeverfahren zu wählen [59]. Ab Erreichen der sog. Entscheidungshöhe, die i.d.R. bei 80 m bis 100 m liegt, sehen die typischen Verfahren eine Rückkehr des Segelflugzeuges zum Flugplatz vor. Aufgrund der hohen Gleitzahlen von 35 bis 50 für moderne Segelflugzeuge (vgl. [44], [47] und [46]) und dem hiermit verbundenen geringen Eigensinken stets unterhalb des Steiggradienten des Schleppzuges, ist grundsätzlich ein sicherer Rückflug des Segelflugzeuges zum Flugplatz sichergestellt. Gleiches gilt ebenso für ältere Luftfahrzeugmuster (z.B. ASK13, Ka8), die in der Regel nur Gleitzahlen von 25 bis 30 aufweisen, aber damit immer noch über ein deutlich geringeres Eigensinken unterhalb des Steiggradienten des Schleppflugzeuges verfügen.

Geschieht der Seilriß in geringeren Flughöhen unterhalb der o.g. Entscheidungshöhe, sollten Kurvenflüge auf Grund der Bodennähe möglichst vermieden werden. In diesem Fall ist die Landung im Geradeausflug, noch auf dem Flugplatzgelände bzw. als Außenlandung in geeignetem Gelände außerhalb des Flugplatzes durchzuführen. Für den vorliegenden Fall wird hier also geprüft, ob unter kritischen Randbedingungen (geringes Steigverhalten des Schleppverbandes) die Entscheidungshöhe erst erreicht ist, wenn sich der Schleppverband bereits über oder nahe des Callenberger Forstes befindet und somit eine Außenlandung im Geradeausflug auf Grund der Topographie nicht möglich ist.

Hierzu wird konservativ ein UL-Schleppverband (*Ikarus C42* mit schwerem doppelsitzigem Segelflugzeug - *Duo Diskus*) bei hohen Außentemperaturen unterstellt. Gemäß AFM der *Ikarus C42* [41] liegt die erforderliche Startstrecke (endet bei Erreichen von 15 m / 50 ft über der Schwelle) in dieser Kombination bei 580 m unter ISA (International Standard Atmosphere) Bedingungen auf NN-Niveau. Korrigiert um die geodätische Höhe des geplanten VLP Coburg ergibt sich gemäß [41] eine Startstrecke von 638 m. Tabelle 12 liefert ergänzend für die gewählte kritische Kombination eine Steigrate von 1,9 m/s bzw. einen Steiggradienten von 6,5% unter ISA Bedingungen auf NN-Niveau.

Die nachfolgende Tabelle 14 zeigt die rechnerisch ermittelten Flugstrecken vom Startbeginn bis zum Erreichen der Entscheidungshöhe (80 m und 100 m) bezogen auf die Platzhöhe des geplanten VLP Coburg unter ISA Bedingungen, sowie bei erhöhten Außentemperaturen (ISA+10 und ISA+20):

Bedingungen	Startstrecke bis 15 m über Schwelle [m]	Steiggradient [%]	Steigstrecke ab 15 m über Schwelle [m]		Gesamtstrecke [m]	
			bis 80 m	bis 100 m	bis 80 m	bis 100 m
ISA (15°C)	638	5,92	1099	1437	1737	2075
ISA+10 (25°C)	696	5,42	1199	1568	1895	2264
ISA+20 (35°C)	754	5,01	1299	1698	2053	2452

Tabelle 14: Startstrecken im F-Schlepp bis zum Erreichen der Entscheidungshöhe (80 m bzw. 100 m)

Wie zu sehen, ergeben sich maximale Strecken vom Startbeginn bis zum Erreichen der Entscheidungshöhe von ca. 2.050 m bis 2.450 m bei ISA+20 Bedingungen. Projiziert auf die Platzrunde des geplanten VLP Coburg in BR 11, liegt dieser Bereich am Ende des Abflugsegmentes und Beginn des Einkurvens auf den Querabflug, wie in nachfolgender Abbildung 39 dargestellt:

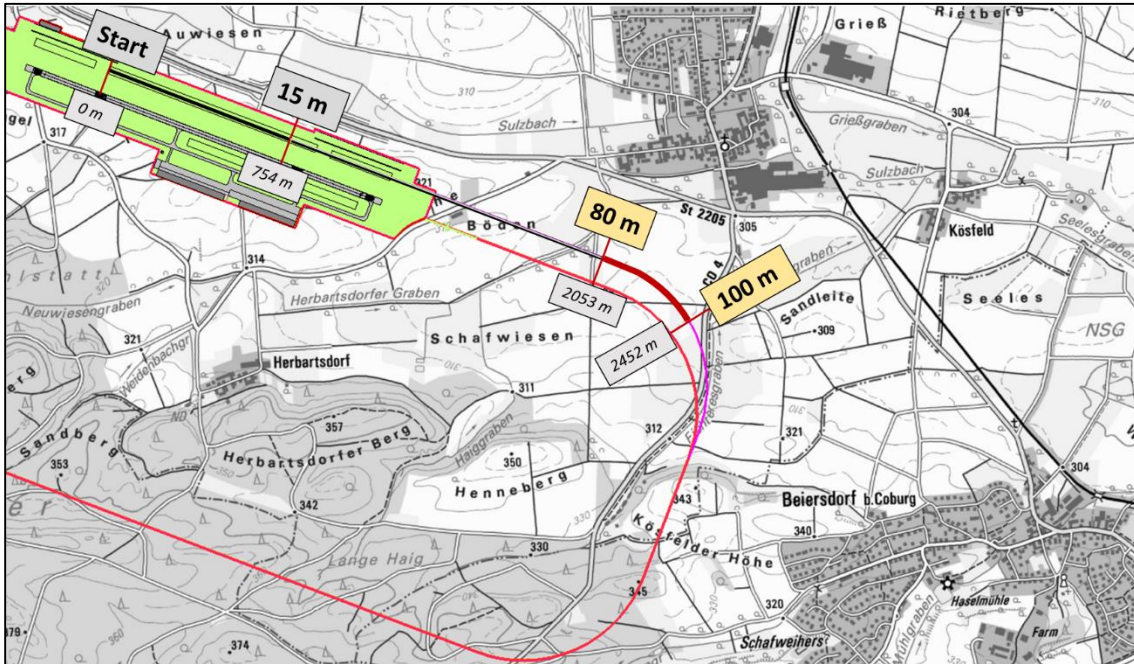


Abbildung 39: Lage des Bereiches der Entscheidungshöhe im F-Schlepp, BR11, ISA+20 Bedingungen

Selbst unter diesen kritischen Randbedingungen werden also die Hindernisse des Callenberger Forstes lateral nicht erreicht. Zudem sind hinreichend viele Außenlandefelder vorhanden, die nördlich der Gemeinde *Beiersdorf b. Coburg* im Geradeausflug erreichbar sind.

Für die BR 29 liegt das Erreichen der Entscheidungshöhe ebenfalls im Abflugsegment, wie in nachfolgender Abbildung 40 dargestellt:

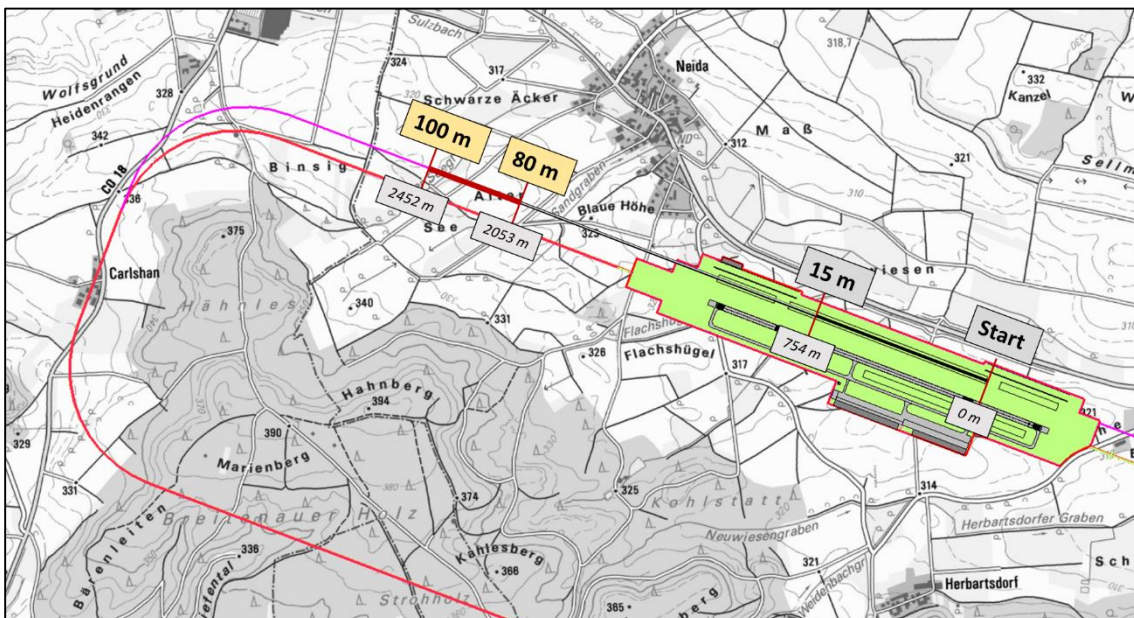


Abbildung 40: Lage des Bereiches der Entscheidungshöhe im F-Schlepp, BR29, ISA+20 Bedingungen

Auch hier sind die Hindernisse des Callenberger Forstes noch nicht erreicht und Außenlandefelder im Geradeausflug vorhanden. Insofern stellt die Hindernissituation am zukünftigen VLP Coburg keinen Sonderfall in Hinblick auf Seilriss während F-Schlepp-Betrieb dar.

Zusammenfassend ist folglich festzuhalten, dass aus den örtlichen Gegebenheiten am zukünftigen VLP Coburg, hier insbesondere Hindernissituation, keine spezifischen Risiken für F-Schleppvorgänge resultieren und somit bei Einhaltung gängiger Vorschriften eine sichere Durchführung des F-Schlepp Segelflugbetriebes gewährleistet ist.

7 Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen

7.1 Festlegung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen

Festlegung kritischer Hindernisse

Entsprechend der Methodik zur Ermittlung kritischer Hindernisse (vgl. Kapitel 5.3.2) im Rahmen der Relativhöhenanalyse, weisen die nachfolgende Abbildung 41, Abbildung 42 und Abbildung 43 die ermittelten Gradienten zu den Einzelhindernissen je Referenzpunkt aus.

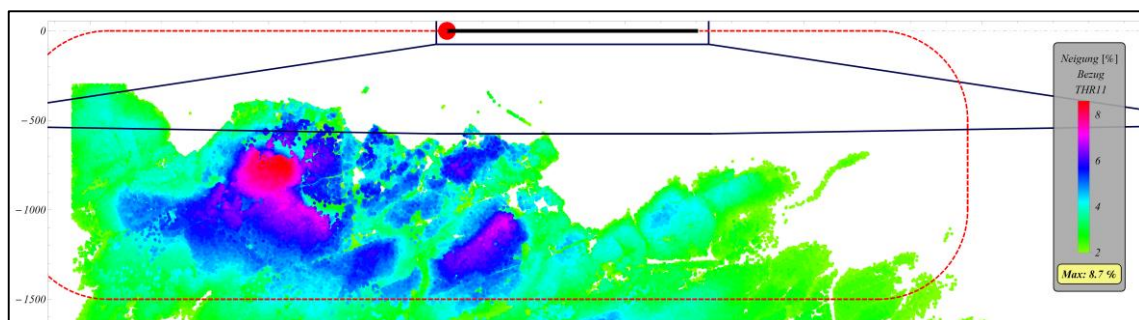


Abbildung 41: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 1²⁶

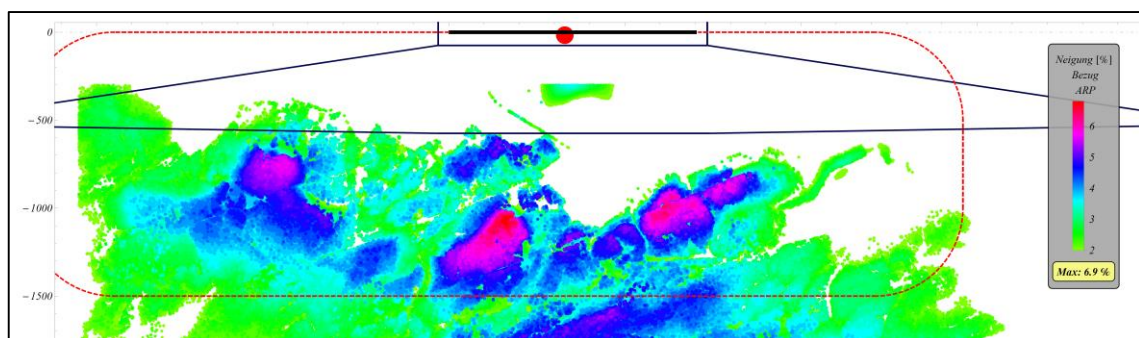


Abbildung 42: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 2²⁶

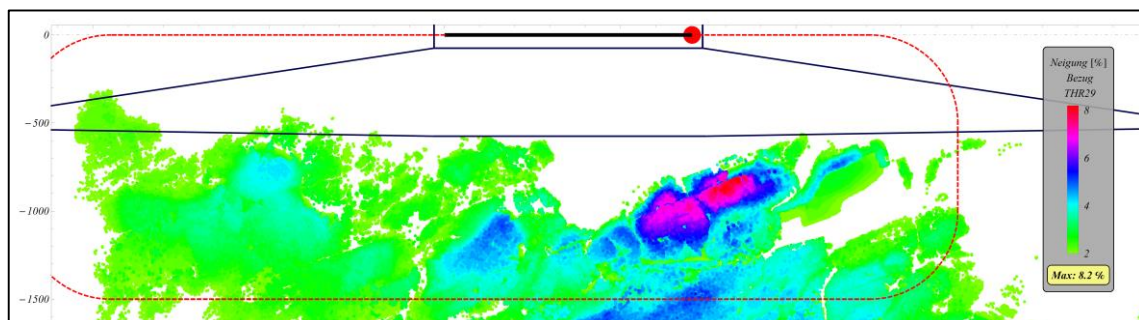


Abbildung 43: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 3²⁶

Für die Referenzpunkte ergeben sich folgende maximale Gradienten:

- Referenzpunkt 1: **8,70 %** für den Geländebereich südwestlich von THR 11,
- Referenzpunkt 2: **6,90 %** für den Geländebereich südwestlich des ARP und
- Referenzpunkt 3: **8,20 %** für den Geländebereich südlich von THR 29.

²⁶ Die rote Strichlinie kennzeichnet den Verlauf der VFR-Platzrunde.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Maximalwerte der Gradienten ausgehend von allen drei Referenzpunkten in denselben Geländebereichen liegen (vgl. hierzu Abbildung 42), sodass die kritischen Hindernisse ebenda zu verorten sind. Die ermittelten Geländebereiche liegen in corpore südlich der SLB 11/29 im *Callenberger Forst*. Aus diesen Bereichen wurden final drei kritische Einzelhindernisse festgelegt. Deren relative Lage bezüglich SLB 11/29 ist in folgender Abbildung 44 dargestellt ist.

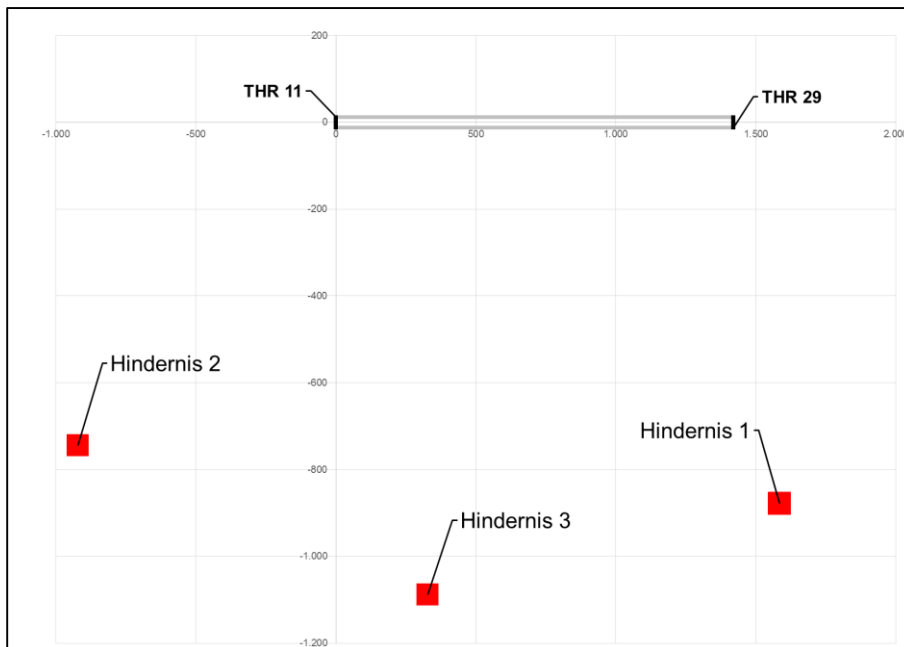


Abbildung 44: Relative Lage der kritischen Hindernisse zur SLB 11/29

Ergänzend zeigt Tabelle 15 die Koordinaten bezüglich THR 11, die Höhe sowie die Verortung des ungefähren geografischen Bereiches der kritischen Hindernisse im *Callenberger Forst*.

Bezeichnung	Relative Lage zu THR 11		Höhe über SLB [m]	Verortung
	X [m]	Y [m]		
Hindernis 1	1.585,61	-878,42	73,67	Herbartsdorfer Berg
Hindernis 2	-921,57	-744,11	103,15	Hahnberg
Hindernis 3	328,84	-1.088,06	79,35	Kirchberg

Tabelle 15: Lage, Höhe und Verortung der kritischen Hindernisse

Diese drei kritischen Hindernisse werden im Folgenden den Stufen 2 bis 5 des Mehrstufenprüfplans zugrunde gelegt.

Festlegung von Referenzluftfahrzeugen

Die Flugbewegungszahlen im Jahr 2011 des gegenwärtigen VLP Coburg-Brandensteinsebene sind in nachfolgender Tabelle 16 ausgewiesen. Gemäß der in Kapitel 5.3.2 dargelegten Randbedingungen sind die für die vorliegenden Untersuchungen irrelevanten Flugbewegungen von Segelflugzeugen, Motorseglern, Ultraleichtflugzeugen, Hubschraubern sowie bemannten Ballonen unter der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst²⁷.

²⁷ Eine Übersicht der relevanten LFZ-Klassifizierung nach AzB/AzD ist Anhang A1 zu entnehmen.

Verkehrsart	Flugart	Flugbewegungen (2011)	LFZ-Gruppe (AzB)	Flugbewegungen (2011)
nicht-gewerblich ²⁸	Werkverkehr	1.798	P 1.2	488
	Schulflüge	1.842	P 1.3	9.838
	Sportflüge	0	P 1.4	840
	Sonstige Motorflüge	7.286	P 2.1	24
	Sonstige	3.632	S 1.0 / S 5.1	278
gewerblich ²⁹	Taxiverkehr	2	Sonstige (P 1.0, P 1.1, H 1.0 bis H 2.1, Segelflüge, Ballone)	4.052
	Gewerbliche Schulflüge	830		
	sonstige gewerbliche Flüge	130		
Summe		15.520		15.520

Tabelle 16: Flugbewegungszahlen VLP Coburg-Brandensteinebene des Jahres 2011 nach Verkehrsart und AzB-Lärmgruppe (nach [9])

Im Allgemeinen zeigen die Flugbewegungszahlen nach Tabelle 16 eingangs, dass ca. 94 % aller Flugbewegungen dem nichtgewerblichen Verkehr zuzuordnen sind; davon entfallen etwa 12 % auf den Werksverkehr. Zudem ist festzustellen, dass die LFZ-Gruppe **P 1.3 mit ca. 63 %** aller Flugbewegungen am stärksten vertreten ist, gefolgt von **P 1.4 mit ca. 5 %** und **S 5.1 mit ca. 2 %** (die Kategorie „Sonstige“ bleibt unberücksichtigt). Zusammenfassend ergibt sich demnach, dass die Referenzluftfahrzeuge aus Vertretern dieser LFZ-Gruppen auszuwählen sind. Im Ergebnis werden die Referenzluftfahrzeuge wie folgt festgelegt:

- LFZ-Gruppe P 1.3: Piper PA-28R-201 Arrow III (im Folgenden PA-28), LFZ mit einem Kolbentriebwerk,
- LFZ-Gruppe P 1.4: Beechcraft B200GT Super King Air³⁰ (im Folgenden B200GT), LFZ mit zwei Turboprop-Triebwerken und
- LFZ-Gruppe S 5.1: Cessna Citation Jet CJ2 C525A (im Folgenden C525A), LFZ mit zwei Strahltriebwerken.

Zu o. g. aufgeführter Festlegung sei darüber hinaus erwähnt, dass die LFZ-Muster B200GT und C525A vom *Brose Flugservice* gegenwärtig und auch zukünftig im Werkflugverkehr eingesetzt werden. Im Sinne einer stringenten Risikoanalyse, hier speziell Durchführung von Flugversuchen im Simulator (vgl. Kapitel 5.3.5 und 7.1), eignet sich die Festlegung weiterhin insofern, als dass die Verfügbarkeit entsprechender Flugsimulatoren umfassend gewährleistet ist. Somit sind diese LFZ-Muster für die durchzuführende Risikoanalyse als repräsentativ einzustufen.

²⁸ Für den nichtgewerblichen Flugbetrieb, wie bspw. Werkverkehr der Firma *Brose*, gelten die Anforderungen gemäß *Verordnung (EU) Nr. 800/2013* [13] im Rahmen der sog. *Non-Commercial Operations with Complex Motor-Powered Aircraft* (NCC).

²⁹ Begriffsbestimmung gemäß *Verordnung (EU) Nr. 965/2012* [12]:
 „Gewerblicher Luftverkehrsbetrieb (*Commercial Air Transport Operation, CAT Operation*) bezeichnet den Betrieb von Luftfahrzeugen zur Beförderung von Fluggästen, Fracht oder Post gegen Entgelt oder sonstige geldwerte Gegenleistungen.“

³⁰ Hierbei handelt es sich um die Basisversion der B200GT, die nicht mit leistungssteigernden Modifikationspaketen (bspw. „*EPIC Performance Package*“ des Herstellers *Raisbeck*) ausgerüstet ist und gegenüber der von Firma *Brose* eingesetzten B200GT *Raisbeck* aufgrund der verringerten Flugleistungen somit als konservativ für die vorliegenden Untersuchungen zu bewerten ist.

Abschließend sind in Hinblick auf die LFZ-Zertifizierung folgende Aspekte festzuhalten: Entsprechend der Musterzulassungen durch das Luftfahrtbundesamt (LBA) bezüglich PA-28 [14], B200GT [15] bzw. C525A [16], die EASA bezüglich B200GT [18] bzw. C525A [19] sowie ergänzend die US-Bundesluftfahrtbehörde (*Federal Aviation Administration*, FAA) bezüglich PA-28 [17], sind die drei Referenzluftfahrzeuge nach EASA CS-23 [7] zertifiziert. Im Speziellen müssen die Hersteller der drei LFZ-Muster hinsichtlich der Flugleistungen nachweisen, dass die Anforderungen der sog. *Normal Category* erfüllt sind³¹.

Festlegung von Gefahrenszenarien

Gemäß der methodischen Vorgehensweise zur Ermittlung von Gefahrenszenarien (vgl. Kapitel 5.3.2) und der Ergebnisse zur Festlegung kritischer Hindernisse sowie Referenzluftfahrzeuge, werden nachfolgende Gefahrenszenarien postuliert:

- Szenario 1:** „TO 11“: Abflug von der Startbahn 11 mit Triebwerksausfall und ungünstiger Nordwindlage
- Szenario 2:** „TO 29“: Abflug von der Startbahn 11 mit Triebwerksausfall und ungünstiger Nordwindlage
- Szenario 3:** „MA 11“: Fehlanflug auf die Landebahn 11 mit Triebwerksausfall und ungünstiger Nordwindlage
- Szenario 4:** „MA 29“: Fehlanflug auf die Landebahn 11 mit Triebwerksausfall und ungünstiger Nordwindlage

Diese vier Szenarien decken umfänglich jene betrieblichen Gefahren ab, die für die Risikoanalyse von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen relevant sind. Darüber hinaus werden u. a. auch die Vorgaben in der Zulassung der festgelegten Referenzluftfahrzeuge gemäß EASA CS-23 [7] berücksichtigt. Im Detail sind folgende Richtlinienkapitel relevant (vgl. [7]):

Szenario 1 und 2:

- Festlegungen hinsichtlich der Startgeschwindigkeiten gemäß CS 23.51 (a) & (b),
- Allgemeine Anforderungen an die Startleistungen gemäß CS 23.53 (a) & (b),
- Anforderungen an den Steigflug gemäß CS 23.63 (a), (b) und (c),
- Steigflugeanforderungen ohne Triebwerksausfall (PA-28) gemäß CS 23.65 (a),
- Steigflugeanforderungen während der Startphase mit Triebwerksausfall (B200GT/C525A) gemäß CS 23.66 und
- Steigflugeanforderungen mit Triebwerksausfall (B200GT/C525A) gemäß CS 23.67 (b).

Szenario 3 und 4:

- Festlegungen hinsichtlich der Landegeschwindigkeit v_{REF} gemäß CS 23.73 (a) und (b) und

³¹ Die Flugleistungen der C525A erfüllen gemäß AFM überdies die Anforderungen an die *Commuter Category*, die im Wesentlichen mit der Zertifizierungsgrundlage für große LFZ gemäß EASA CS-25 vergleichbar sind. Ursache hierfür ist die US-Herkunft des Herstellers *Cessna* und die damit einhergehende Vorgabe des Verkehrsministeriums der Vereinigten Staaten (*Department of Transportation*) gemäß *Federal Register Vol. 76* [23], welche – abweichend von EASA – die Einordnung von strahlgetriebenen LFZ über 2.722 kg in die *Commuter Category* vorsieht. Nach aktuellster Fassung der FAA-Musterzulassung der C525A (vgl. [24]) ist das Modell C525A (CJ2) jedoch in der *Normal Category* zugelassen, lediglich die Nachfolgemodelle CJ3 und CJ4 fallen in die *Commuter Category*. Überdies erfolgt die Einordnung der C525A gemäß EASA-Kennblatt [19] in die *Normal Category*, sodass in vorliegender Untersuchung durchweg die Anforderungen dieser Kategorie angewandt werden.

- Anforderungen an Steiggradienten im Rahmen von MA-Verfahren gemäß CS 23.77 (a) und (b)

Den Ausnahmehbedingungen Rechnung tragend, werden zudem kritische flugbetriebliche Zustände unterstellt: Für die Szenarien 1 und 3 gilt die Annahme, dass das jeweils rechte Triebwerk (TW) von zweimotorigen Referenzluftfahrzeugen ausfällt. Folglich erfährt das LFZ ein nach Steuerbord gerichtetes Giernoment, sodass das der Flugpfad in Richtung der kritischen Hindernisse verläuft. Zusätzlich wird Seitenwind aus nördlicher Richtung angenommen, welcher ein zusätzliches Abdriften in Richtung der südlich gelegenen Hindernisse bewirkt. Analog wird für die Szenarien 2 und 4 ein Ausfall des linken TW unterstellt, bei gleichzeitigem Seitenwind aus nördlicher Richtung. Beide Bedingungen verursachen ebenfalls ein Abdriften des LFZ in Richtung kritischer Hindernisse.

Aufgrund der Hindernislage (siehe Abbildung 44) sei abschließend angemerkt, dass Landungen in beide BR nicht Bestandteil der Gefahrenszenarien sind. Ursache hierfür ist die Lage der kritischen Hindernisse, für die ein Direktüberflug mit anschließender Landung aus geometrischer und flugmechanischer Sicht ausgeschlossen werden kann³². Darüber hinaus werden Ablagen vom Sollflugpfad bei Landevorgängen detailliert im Rahmen der Prüfstufe 4 (vgl. Kapitel 7.1) untersucht.

Die im vorliegenden Kapitel 7.1 festgelegten flugbetrieblichen Randbedingungen werden im Folgenden den Prüfstufen 2 bis 5 zugeführt.

7.2 Feststellung von Kollisionstrajektorien

Wie eingangs in Kapitel 5.3.3 dargelegt, wurden zunächst die Abhebepunkte als Ausgangspunkt der Kollisionstrajektorien anhand der minimalen und maximalen TODR gemäß folgender Tabelle 17 ermittelt:

LFZ-Muster	Minimale TODR		Maximale TODR	
	[m]	Randbedingungen	[m]	Randbedingungen
PA-28	430	10 kt Gegenwind & 5 °C	760	5 kt Rückenwind & 25 °C
B200GT	900	10 kt Gegenwind & 5 °C	1.370	10 kt Rückenwind & 25 °C
C525A	990	10 kt Gegenwind & 5 °C	1.400	10 kt Rückenwind & 15 °C

Tabelle 17: Minimale und maximale TODR zur Festlegung von Abhebepunkten

Die ermittelten Abhebepunkte wurden den relevanten Gefahrenszenarien 1 und 2 (Start) zugrunde gelegt. Für die Gefahrenszenarien 3 und 4 (Fehlanflug) wurde als Ausgangspunkt der Kollisionstrajektorien hingegen die MAPt auf den jeweiligen THR festgelegt (vgl. Kapitel 5.3.3). Ausgehend von diesen Punkten wurden zunächst die minimalen Kurvenradien unter Annahme eines konstanten Querneigungswinkels von 15° gemäß Gleichung (2) bestimmt. Zur Ermittlung dieser Kurvenradien wurden weiterhin die LFZ-Geschwindigkeiten v_2 (Gefahrenszenario 1 und 2) bzw. v_{REF} (Gefahrenszenario 3 und 4) gemäß AFM und analog der Randbedingungen zur Ermittlung der TODR nach Kapitel 5.3.3 angewandt³³.

Nachfolgende Abbildung 45 stellt die ermittelten Kollisionstrajektorien exemplarisch anhand des Referenzluftfahrzeuges B200GT für minimale und maximale TODR in BR 29 gegenüber.

³² Landungen in BR 29: bezüglich Hindernis 2 und 3 wären LFZ bereits aufgesetzt. Hindernis 1 liegt auf unmittelbarer Höhe THR 29, sodass bei Direktüberflug und selbst bei sofortiger Einleitung einer Kurve ein Anflug auf Landebahn 29 nicht möglich wäre.

Landungen in BR 11: bezüglich Hindernis 1 und 3 wären LFZ bereits aufgesetzt.

³³ PA-28: $v_2 = 62$ kt, $v_{REF} = 72$ kt (vgl. [20]); B200GT: $v_2 = 121$ kt, $v_{REF} = 103$ kt (vgl. [21]); C525A: $v_2 = 115$ kt, $v_{REF} = 111$ kt (vgl. [22])

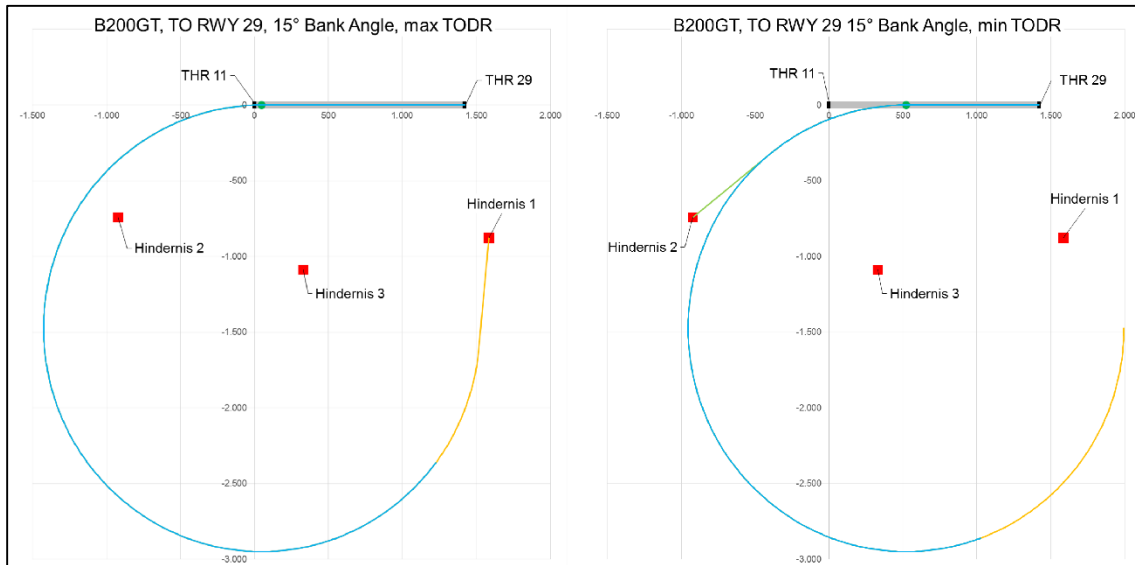


Abbildung 45: Kollisionstrajektorien B200GT mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarien Start in BR 29 (links: maximale TODR, rechts: minimale TODR)

Analog weist nachfolgende Abbildung 46 die Kollisionstrajektorien der Gefahrenszenarien 3 und 4 (Fehlflug) exemplarisch für das Referenzluftfahrzeug B200GT aus.

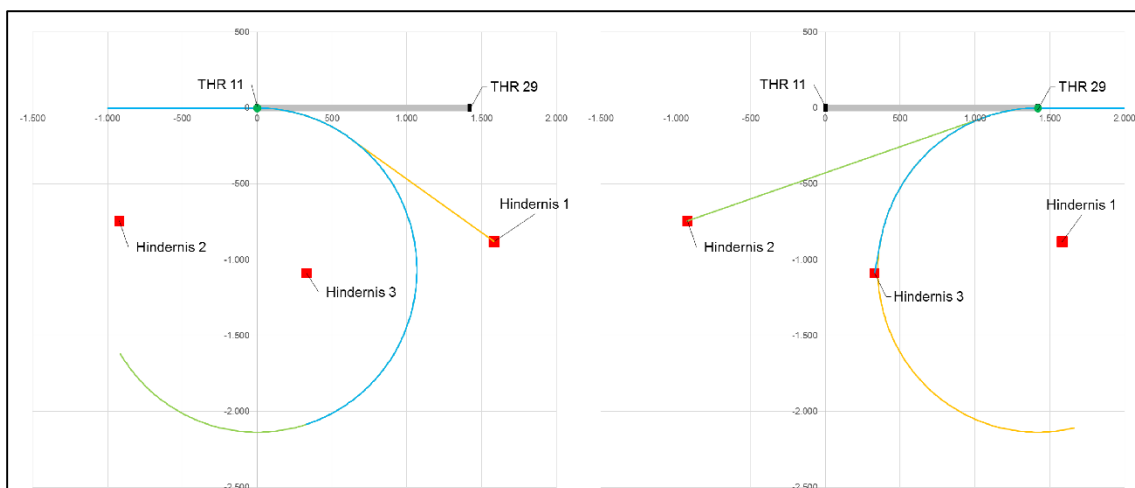


Abbildung 46: Kollisionstrajektorien B200GT mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarien Fehlflug (links: BR 11, rechts: BR 29)

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass mit angenommenem Querneigungswinkel von 15° und unter Berücksichtigung flugleistungsspezifischer Randbedingungen insbesondere für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A nicht für alle drei kritischen Hindernisse direkte Kollisionstrajektorien ermittelt werden konnten (vgl. bspw. Abbildung 45, Direktüberflug für Hindernis 3 nicht möglich). Ergänzend wurden deshalb Kollisionstrajektorien für Querneigungswinkel von 25° unter sonst identischen Bedingungen gemäß Kapitel 5.3.3 ermittelt. Die weiterführende Untersuchung der Querneigungswinkel von 25° trägt insofern explizit den Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen Rechnung, als dass derartige Querneigungswinkel entsprechend verfahrensplanerischer Vorgaben nach ICAO PANS-OPS [5] für Starts (Gefahrenszenario 1 und 2) erst in Flughöhen oberhalb 915 m anzuwenden sind; für Fehlflugverfahren (Gefahrenszenario 3 und 4) sind sie überdies gänzlich unzulässig (vgl. Tabelle 7). Tabelle 27 in Anhang A1 zeigt zusammenfassend, welche Kollisionstrajektorien je kritischem Hindernis entsprechend der untersuchten Randbedingungen für die Gefahrenszenarien konstruiert wurden. Dementsprechend wurden

insgesamt 108 Trajektorien untersucht, von denen **70 einen Direktüberflug über die kritischen Hindernisse** gestatten.

Zusammenfassend ist als Ergebnis der Stufe 2 festzuhalten, dass unter Berücksichtigung flugleistungsspezifischer Vorgaben und Annahme eines Direktüberfluges der Hindernisse insgesamt 70 Kollisionstrajektorien in Abhängigkeit der Referenzluftfahrzeuge konstruiert werden können. Insofern ist diese Gefahr tatsächlich gegeben und die folgenden weiteren Prüfstufen 3 bis 5 sind durchzuführen.

7.3 Feststellung der Hindernisrelevanz gemäß EASA CS-23

In Entsprechung der methodischen Grundlagen zur Vertikalanalyse nach Zulassungsvorschrift (vgl. Kapitel 5.3.4) wurden sämtliche Kollisionstrajektorien, die einen Direktüberflug gestatten, anhand von resultierenden Wegstrecken und Mindestwerten der Steiggradienten geprüft. Im Ergebnis resultiert für jedes Referenzluftfahrzeug und Gefahrenszenario eine minimale Überflughöhe über dem jeweils kritischen Hindernis. Die Ergebnisse sind in anschließender Tabelle 18 zusammengefasst:

Szenario	LFZ-Muster					
	PA-28		B200GT		C525A	
	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis
1	41,70	H3	21,10	H2	17,20	H2
2	37,30	H3	-35,70	H2	-46,70	H2
3	129,40	H2	142,10	H2	142,80	H1
4	128,60	H1	119,90	H2	119,90	H2

Tabelle 18: Minimale Überflughöhen je Referenzluftfahrzeug und Szenario der Stufe 3

Entsprechend obiger Tabelle 18 zeigt sich, dass das LFZ-Muster PA-28 das jeweils kritische Hindernis für alle vier Gefahrenszenarien sicher überfliegen kann. Gleiches gilt für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A für die Szenarien 1 sowie 3 und 4. Hingegen kann für diese LFZ-Muster in Hinblick auf Szenario 2 der sichere Überflug des kritischen Hindernisses allein auf Basis der generischen Zulassungsvorgaben nach EASA CS-23 [7] nicht gewährleistet werden. Die errechneten Flughöhen unterschreiten die Hindernishöhen vertikal um etwa **36 m** (B200GT) bzw. **47 m** (C525A) vor³⁴.

Zusammenfassend ist als Ergebnis der Prüfstufe 3 festzustellen:

- TO 11 (Szenario 1): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet
- TO 29 (Szenario 2): Überflug für PA-28 gewährleistet; Überflug für B200GT und C525A nicht gewährleistet
- MA 11 (Szenario 3): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet
- MA 29 (Szenario 4): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet

Diese Unterschreitungen begründen somit eine weitere Detailprüfung der Kollisionsgefahr anhand Prüfstufe 4, nunmehr unter Einbeziehung kritischer Randbedingungen und zusätzlich

³⁴ Bezüglich der LFZ B200GT und C525A sei angemerkt, dass die ermittelten Wegstreckenlängen bis zum Hindernis 2 im Rahmen des Szenarios 2 derart gering sind, dass die LFZ bei Direktüberflug und unter Anwendung der Steiggradienten nach AFM Flughöhen kleiner als 400 ft AGL aufweisen und somit folgerichtig die Steiggradienten gemäß CS 23.66 (entsprechend AFM) anzuwenden sind (vgl. hierzu Tabelle 8). Insofern sind die Ergebnisse der Stufe 3 und 5 des Mehrstufenprüfplans für die beiden Referenzluftfahrzeuge bezüglich Szenario 2 identisch.

realistischen Steuerverhaltens von Piloten. Ziel ist die Nachweisführung, ob unter diesen kritischen Randbedingungen überhaupt signifikante laterale Ablagen vom Sollflugpfad zu erwarten sind, die infolge zu einem Hindernisüberflug mit Kollision aufgrund unzureichender Flughöhe führen könnten.

7.4 Feststellung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Versuchen im Flugsimulator

Entsprechend der Randbedingungen gemäß Kapitel 5.3.5 konnten je LFZ-Muster insgesamt Daten von ca. 80 An- und Abflüge, also insgesamt 240 Flugbewegungen aufgezeichnet werden. Hierbei wurde neben den Luftfahrzeugpositionsdaten (Länge, Breite, Höhe) eine Vielzahl weiterer Parameter aufgezeichnet, die in anschließenden Datenauswertungen berücksichtigt wurden (vgl. auch Ausführungen in Kapitel 5.3.5). Auf Basis der aufgenommenen Daten wurden sodann statistische Analysen der Flugverläufe vorgenommen, um festzustellen, ob bei Übertragung auf die Hindernissituation am geplanten VLP Coburg Berührungen mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* festzustellen gewesen wären.

Es zeigte sich bei keinem der ca. 240 durchgeführten An- und Abflüge eine Kollision mit den Hindernissen.

Abflug:

Die größte Hindernisnähe wurde für alle LFZ-Muster während des Starts im Bereich des *Hähnles* festgestellt. Für die C525A ergaben sich dabei insgesamt die geringsten Entfernungen, welche in der Lateralen nur noch ca. 50 m zu den ersten durchdringenden Hindernissen betragen. Nachfolgende Abbildung 47 zeigt die lateralen Flugverläufe der C525A im Abflug in Relation zu den Hindernissen:

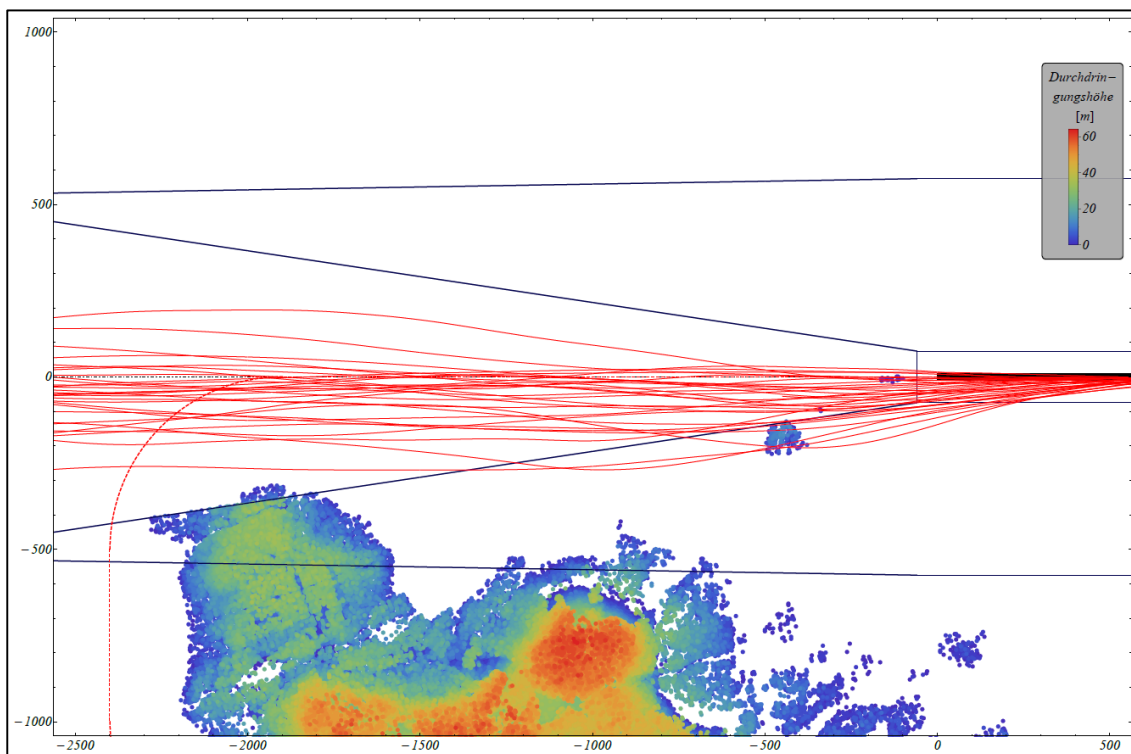


Abbildung 47: Laterale Flugverläufe Abflug C525A

Obwohl, wie in vorangegangener Abbildung 47 zu sehen, die Lateralabstände zu den Hindernissen bereichsweise gering ausfallen, so war dennoch festzustellen, dass für alle LFZ-Muster stets hinreichend hohe Flughöhen über allen Hindernissen resultierten. Die nachfolgende Abbildung 48 zeigt daher die vertikalen Flugverläufe erneut für die C525A im Abflug:

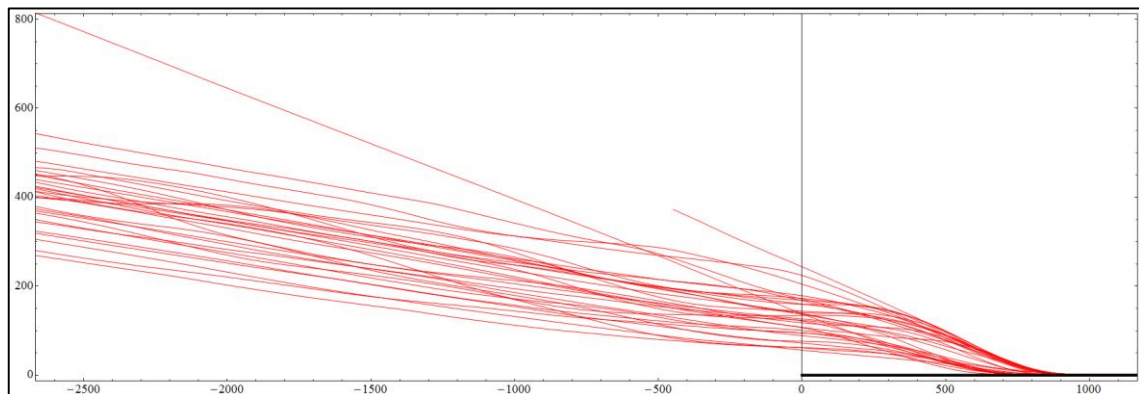


Abbildung 48: Vertikale Flugverläufe Abflug C525A

Wie in Abbildung 48 zu sehen, lagen die geringsten Flughöhen im Bereich des *Hähnles* (ca. 2000 m Entfernung zum Ende der Startbahn 29) bei ca. 200 m über der Pistenhöhen. Die Hindernisse im Bereich des *Hähnles* haben allerdings lediglich eine Maximalhöhe von ca. 70 m über Pistenhöhe, womit selbst bei direktem Überflug unter diesen ungünstigen Bedingungen (TW-Ausfall und Seitenwind) noch eine Hindernisfreiheit von mehr als 130 m verbliebe.

Für die B200GT und die PA-28 zeigten sich zwar insgesamt etwas geringe Steiggradienten, aber immer noch deutlich über allen Hindernissen.

Die durchgeführten statistischen Auswertungen belegen diese Erkenntnisse. Nachfolgende Tabelle 19 zeigt daher die ermittelten statistischen Parameter (Mittelwert als mittlere Abweichung von der Anfluggrundlinie und Standardabweichung) der drei LFZ-Muster in der lateralen Ebene in Abhängigkeit zur Pistenentfernung für den Abflug:

Entfernung zum Startbahnenende [m]	Luftfahrzeugmuster					
	C525A		B200GT		PA-28	
	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]
3500	-27,5	114,6	-26,0	68,3	-3,7	45,6
3000	-40,8	107,9	-48,1	79,8	-0,3	47,9
2500	-45,1	110,6	-67,3	88,3	-0,6	57,0
2000	-49,4	114,0	-77,3	83,8	-2,6	66,6
1500	-54,8	110,3	-80,1	77,7	1,5	64,4
1000	-64,2	99,3	-76,6	71,9	5,8	57,6
500	-65,7	74,2	-66,9	53,8	3,2	42,2
0	-44,8	41,7	-46,8	36,4	-14,4	26,9

Tabelle 19: Laterale statistische Parameter – Abflug

Die nachfolgende Tabelle zeigt die vertikalen statistischen Parameter, der Mittelwert beschreibt dabei die mittlere Flughöhe über der Platzhöhe:

Entfernung zum Startbahnhöhe [m]	Luftfahrzeugmuster					
	C525A		B200GT		PA-28	
	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]
3500	487,0	111,0	360,8	79,4	278,5	31,1
3000	447,1	94,6	316,9	74,0	247,7	28,3
2500	398,3	85,2	276,6	71,1	214,3	25,4
2000	342,9	75,6	242,3	70,8	181,7	23,4
1500	285,1	64,8	205,4	69,0	149,8	19,5
1000	228,5	55,2	149,3	62,4	117,3	17,5
500	172,7	42,8	81,4	35,1	83,6	12,9
0	128,6	30,9	31,3	14,1	49,0	10,5

Tabelle 20: Vertikale statistische Parameter – Abflug

Wie die vorangegangenen Tabellen zeigen, ergeben sich insgesamt erwartungsgemäß die geringsten Ablagen vom Sollflugpfad sowohl lateral als auch vertikal für das LFZ PA-28. Dies lässt sich vor allem damit begründen, dass für dieses einmotorige LFZ-Muster kein Triebwerksausfall simuliert wurde, der neben dem starken Seitenwind zu großen Ablagen hätte beitragen können. Die beiden zweimotorigen LFZ-Muster liegen in ihren mittleren Abweichungen deutlich über denen der PA-28, in untereinander vergleichbarer Größenordnung.

Anflug:

Im Anflug ergeben sich erwartungsgemäß deutlich höhere Navigationsgenauigkeiten (geringere Ablagen vom Sollflugpfad), als im Abflug. Die Abweichungen von der verlängerten AGL waren dabei im Bereich der Hindernisse des *Hähnles* bei stets weniger als 100 m, womit lateral mehr als 250 m Hindernisabstand stets gewährleistet war. Die nachfolgende Abbildung 49 zeigt die aufgenommenen Flugspuren im Anflug erneut für die C525A:

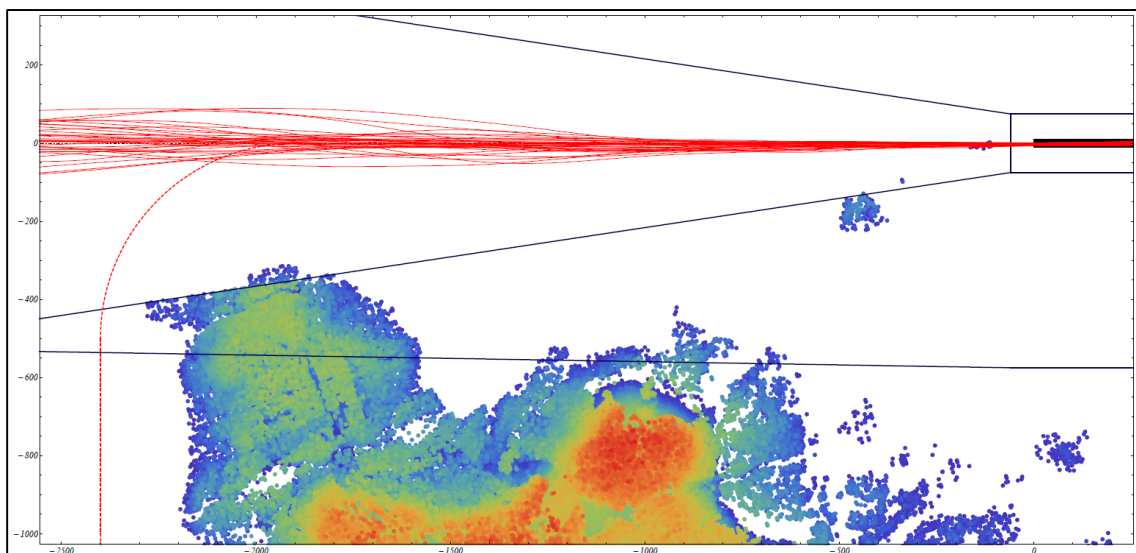


Abbildung 49: Laterale Flugverläufe Anflug C525A

Nachfolgende Tabelle 21 zeigt die ermittelten statistischen Parameter (Mittelwert als mittlere Abweichung von der AGL und Standardabweichung) der drei LFZ-Muster in der lateralen Ebene in Abhängigkeit zur Pistenentfernung für den Anflug:

Entfernung zur Schwelle [m]	Luftfahrzeugmuster					
	C525A		B200GT		PA-28	
	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]
3500	12,7	38,9	29,9	45,2	17,1	21,1
3000	7,6	39,0	30,3	45,0	13,8	16,7
2500	2,2	36,2	27,3	37,8	11,3	16,3
2000	1,0	28,0	28,9	32,7	8,9	17,2
1500	6,7	21,6	32,4	30,1	10,0	13,6
1000	10,4	11,1	21,4	23,9	3,0	9,1
500	6,0	6,0	-1,1	23,0	-4,4	7,5
0	2,0	2,3	0,6	15,6	0,8	7,5

Tabelle 21: Laterale statistische Parameter – Anflug

Die nachfolgende Tabelle 22 zeigt die vertikalen statistischen Parameter (Mittelwert als mittlere Abweichung vom 3°-Anflugpfad und Standardabweichung):

Entfernung zur Schwelle [m]	Luftfahrzeugmuster					
	C525A		B200GT		PA-28	
	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]	Mittelwert [m]	Standardab- weichung [m]
3500	-8,7	13,1	0,4	24,8	-16,5	9,3
3000	-6,8	14,1	3,5	24,4	-14,5	9,1
2500	-4,9	14,4	3,1	26,7	-11,4	7,5
2000	-4,7	13,3	2,2	25,9	-8,6	7,3
1500	-5,5	12,1	-0,2	23,0	-4,9	5,5
1000	-3,7	8,1	-2,1	20,6	-3,1	3,6
500	-1,6	4,7	-2,9	15,1	-3,0	3,0
0	-0,5	3,5	1,1	8,9	-1,0	3,3

Tabelle 22: Vertikale statistische Parameter – Anflug

Auch für die Anflüge zeichnet sich ein ähnliches Bild, wie für die Abflüge ab: Erneut ist für das einmotorige LFZ-Muster die höchste Navigationsgenauigkeit aufgrund des Wegfalls eines Triebwerksausfalls gegeben. C525A und B200GT liegen erneut in untereinander vergleichbarer Größenordnung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für keinen der durchgeführten An- und Abflüge eine Kollision mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* resultiert wäre. Jedoch waren insbesondere im Abflug, trotz hinreichend hoher Überflughöhen, bereichsweise geringe laterale Abstände zu den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* feststellbar. Dieses Gebiet stellt also erneut, wie bereits für die Standardverfahren festgestellt (vgl. Kapitel 6.1), das Gebiet mit den höchsten Kollisionsrisiken dar. Dies im Rahmen der Risikobewertung zu berücksichtigen. Im Ergebnis kann folglich eine Kollision mit den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Diesem, als Restrisiko einzustufendem, Risiko ist daher durch Ableitung geeigneter Risikominderungsmaßnahmen zu begegnen (vgl. Kapitel 8).

Dieses Restrisiko wird zudem in anschließender Prüfstufe 4 bewertet, nunmehr unter Anwendung der zertifizierten AFM der Referenzluftfahrzeuge. Insofern steht demnach nicht die zulassungsseitig einzuhaltenden Minimalanforderungen im Fokus (vgl. Stufe 3, Kapitel 5.3.4), sondern die tatsächlich vom LFZ-Hersteller nachgewiesenen (i. d. R. besseren)

Steigleistungen unter expliziter Berücksichtigung des Kurvenfluges (reduzierte Steigleistung aufgrund Lastvielfachen).

7.5 Feststellung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen

Analog der in Kapitel 5.3.6 erläuterten Methodik werden im Folgenden die Überflughöhen anhand der Kollisionstrajektorien und Steiggradienten nach AFM (vgl. [20], [21] und [22]) ermittelt. Eingangs zeigt nachfolgende Tabelle 23 die ermittelten, geringsten Steiggradienten (entspricht somit minimalen Überflughöhen gemäß Tabelle 24):

Szenario	Minimaler Steiggradient [%]		
	LFZ-Muster		
	PA-28	B200GT	C525A
1/2	6,58	3,80 / 4,50	3,00 / 3,30 / 4,40
3/4	6,58	12,70	4,90

Tabelle 23: Steiggradienten zur Ermittlung der Überflughöhen der Stufe 5

Zu obiger Tabelle 23 sei angemerkt, dass gemäß AFM der B200GT [21] die Steiggradienten bei Querneigungswinkeln von 15° um 0,70 % zu reduzieren sind (Steiggradient Geradeausflug = 4,50 %, Steiggradient Kurvenflug = 3,80 %). Bezüglich der C525A sei zudem ergänzt, dass das LFZ grundsätzlich auch die Anforderungen der *Commuter Category* erfüllt³¹. Folglich sind die Steiggradienten entsprechend CS 23.57 *Take-off path* [7] für das 1st, 2nd sowie *Enroute Segment* ausgewiesen und wurden demzufolge angewandt. Gemäß AFM [22] sind die Steiggradienten im 2nd *Segment* bei Querneigungswinkeln von 15° zudem um 1,10 % zu reduzieren (Steiggradient 1st *Segment* = 3,00 %, Steiggradient Geradeausflug 2nd *Segment* = 4,40 %, Steiggradient Kurvenflug 2nd *Segment* = 3,30 %).

Im Endergebnis resultiert für jedes Referenzluftfahrzeug und Gefahrenszenario eine minimale Überflughöhe über dem jeweils kritischen Hindernis. Diese Überflughöhen sind in unten stehender Tabelle 24 ausgewiesen:

Szenario	LFZ-Muster					
	PA-28		B200GT		C525A	
	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis
1	22,30	H1	88,60	H3	56,50	H3
2	16,30	H3	-35,70	H2	-46,70	H2
3	174,20	H3	329,10	H1	186,72	H1
4	169,00	H1	285,90	H3	161,50	H3

Tabelle 24: Minimale Überflughöhen je Referenzluftfahrzeug und Szenario der Stufe 5

Entsprechend obiger Tabelle 24 zeigt sich, dass das LFZ-Muster PA-28 das jeweils kritische Hindernis unter Zugrundelegung tatsächlicher Steigleistungen für alle vier Gefahrenszenarien ausreichend hoch und somit sicher überfliegen kann. Gleiches gilt für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A für die Szenarien 1 sowie 3 und 4. Hingegen kann für diese LFZ-Muster der sichere Überflug des kritischen Hindernis auch auf Basis der gemäß AFM nachgewiesenen tatsächlichen Steigleistungen nicht gewährleistet werden. Diesbezüglich unterschreiten die ermittelten Flughöhen die Hindernishöhen analog Stufe 3 vertikal um etwa **36 m** (B200GT) bzw. **47 m** (C525A).

Zusammenfassend ist als Ergebnis der Prüfstufe 5 festzustellen:

- TO 11 (Szenario 1): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet
- TO 29 (Szenario 2): Überflug für PA-28 gewährleistet; Überflug für B200GT und C525A nicht gewährleistet
- MA 11 (Szenario 3): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet
- MA 29 (Szenario 4): Überflug für alle Referenzluftfahrzeuge gewährleistet

7.6 Fazit Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen

Zur Bewertung der Kollisionsrisiken von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen nach VFR und IFR erfolgte die Anwendung eines Mehrstufenprüfplans, der nachfolgende Prüfstufen enthält:

- Stufe 1:** Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen, im Wesentlichen:
- Ermittlung der kritischen Hindernisse,
 - Bestimmung geeigneter Gefahrenszenarien und
 - Bestimmung geeigneter Referenzluftfahrzeuge.
- Stufe 2:** Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien bei unterstelltem Direktüberflug der Hindernisse (Horizontalanalyse):
Für welche Hindernisse ist entsprechend der Flugleistungen/-eigenschaften der Referenzluftfahrzeuge ein Direktüberflug überhaupt möglich?
- Stufe 3:** Prüfung der Realisierbarkeit des Überfluges mittels Flugleistungsberechnungen auf Basis der Minimalanforderungen gemäß Zulassungsvorschrift von LFZ (Vertikalanalyse):
Überfliegen LFZ bei Direktüberflug und unter Maßgabe der Zulassungsanforderungen sicher die kritischen Hindernisse?
- Stufe 4:** Prüfung möglicher Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugspuraufzeichnungen von Flugsimulatoren (Lateral-/Vertikalanalyse):
Ist die Lage der Hindernisse selbst bei Triebwerksausfall und ungünstiger Windsituation als relevant bzw. kritisch einzustufen?
- Stufe 5:** Prüfung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen gemäß Flughandbüchern (Vertikalanalyse):
Gewährleisten die tatsächlichen Steigleistungen der Referenzluftfahrzeuge eine hinreichende Flughöhe über den kritischen Hindernissen?

Im Ergebnis wurden im Rahmen der Prüfstufe 1 (Prüfung flugbetrieblicher Randbedingungen, vgl. Kapitel 7.1) insgesamt drei kritische Hindernisse mittels Relativhöhenanalyse identifiziert, die südlich des VLP Coburg im Bereich des *Callenberger Forsts* verortet sind und somit die Grundlage der Prüfung möglicher Hinderniskollisionen darstellen. Weiterhin wurden spezifische Gefahrenszenarien abgeleitet, die Starts (Szenarien 1 und 2) und Fehlanflüge (Szenario 3 und 4) in BR 11 und BR 29 berücksichtigen. In einem letzten Schritt wurden zudem geeignete Referenzluftfahrzeuge anhand vorliegender Verkehrsstatistiken des gegenwärtigen VLP Coburg-Brandensteinebene festgelegt, die repräsentativen Vertretern von LFZ-Mustern der am zukünftigen VLP Coburg operierenden Verkehrsarten entsprechen. Die Festlegung fiel auf die Referenzluftfahrzeuge PA-28 (einmotoriges LFZ mit Kolbenantrieb), B200GT (zweimotoriges Turboprop-LFZ) und C525A (zweimotoriger Jet).

Innerhalb der Prüfstufe 2 (Prüfung möglicher Kollisionstrajektorien, vgl. Kapitel 7.2) wurden unter Maßgabe von Kollisionsflugpfaden zur Ermittlung der minimalen Flugstrecken zu den

kritischen Hindernissen (unterstellter Direktüberflug) spezifische Kollisionstrajektorien konstruiert.. Ausgangspunkt war die Prüfung, ob ein hypothetischer Direktüberflug für die Referenzluftfahrzeuge unter Berücksichtigung realisierbarer Kurvenradien und weiterer flugleistungsspezifischer Vorgaben und Randbedingungen überhaupt möglich ist. Diesbezüglich wurden relevante Parameter, wie bspw. Startstrecken/Abhebepunkte und minimale Kurvenradien in Abhängigkeit zulässiger Querneigungswinkel, u. a. anhand zertifizierter Flughandbücher der Referenzluftfahrzeuge für spezifische Umgebungsbedingungen ermittelt. Hierbei erfolgte weiterhin stets die Annahme eines Triebwerksausfalls für zweimotorige LFZ. Ein signifikantes Abdriften aufgrund von ungünstigen Seitenwindlagen unter Berücksichtigung flugleistungsspezifischer Grenzen gemäß Flughandbüchern kann grundlegend ausgeschlossen werden. Aus der Gesamtheit der insgesamt 108 untersuchten Trajektorien wurden insgesamt 70 Trajektorien nachgewiesen, die einen Direktüberflug über die kritischen Hindernisse gestatten. Insofern ist diese Gefahr tatsächlich gegeben und die folgenden weiteren Prüfstufen 3 bis 5 wurden durchgeführt:

Im Rahmen der Prüfstufe 3 (Vertikalprüfung gemäß Mindestanforderung der Zulassungsvorschrift EASA CS 23, vgl. Kapitel 7.3) wurden entlang der in Stufe 2 ermittelten potenziellen Kollisionstrajektorien die Überflughöhen der kritischen Hindernisse unter Berücksichtigung eines Triebwerksausfalls für zweimotorige LFZ anhand der generischen minimalen Steigleistungsanforderungen nach EASA CS-23 berechnet, die Auswirkungen des Kurvenfluges sowie Seitenwind nicht explizit einbeziehen. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Referenzluftfahrzeug PA-28 in allen vier Gefahrenszenarien die Hindernisse überfliegen kann. Gleiches gilt für die LFZ-Muster B200GT und C525A für die Szenarien 1, 3 und 4. Hingegen zeigte die Prüfung des Szenarios 2 (Starts in BR 29) für diese beiden Jet-LFZ-Muster, dass ein sicherer Überflug nicht sichergestellt ist und die errechneten Flughöhen die vorliegenden Hindernishöhen vertikal um bis zu 36 m (B200GT) bzw. 47 m (C525A) unterschreiten. Diese Unterschreitungen begründen somit eine weitere Detailprüfung der Kollisionsgefahr anhand Prüfstufe 4, nunmehr unter Einbeziehung kritischer Randbedingungen und zusätzlich realistischen Steuerverhaltens von Piloten. Ziel war die Nachweisführung, ob unter diesen kritischen Randbedingungen überhaupt signifikante laterale Ablagen vom Sollflugpfad zu erwarten sind, die infolge zu einem Hindernisüberflug mit Kollision aufgrund unzureichender Flughöhe führen könnten.

In Prüfstufe 4 (Prüfung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Flugspuraufzeichnungen von Flugsimulatoren, vgl. Kapitel 7.1) erfolgte die Lateral- und Vertikalanalyse für Starts und Landungen in Flugsimulatoren. Dem Umstand zu untersuchender Ausnahmebedingungen Rechnung tragend, wurden hierbei aus flugbetrieblicher Sicht kritische Bedingungen in Form von TW-Ausfall und ungünstigem Seitenwindlagen unterstellt. Die Durchführung der Versuche erfolgte in Simulatoren, die den drei Referenzluftfahrzeugen entsprechen. Insgesamt wurden mehr als 200 Flugversuche nach VFR und IFR mit unterschiedlichen LFZ-Besatzungen durchgeführt. Anhand der hierbei gewonnenen Flugverlaufsdaten wurden insbesondere laterale Ablagen vom Sollflugpfad analysiert. Im Ergebnis zeigt sich diesbezüglich, dass für keinen der durchgeführten An- und Abflüge signifikante laterale Ablagen nachgewiesen werden konnten, die infolge einen Kollisionsflugpfad mit den Hindernissen des *Callenberger Forstes* verursacht hätten (siehe Prüfstufe 2).. Jedoch waren insbesondere im Abflug, trotz hinreichend hoher Überflughöhen, bereichsweise geringe laterale Abstände zu den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* feststellbar. Im Ergebnis kann folglich eine Kollision mit den Hindernissen im Bereich des *Hähnles* nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Prüfstufe 5 (Ermittlung von Überflughöhen mittels Flugleistungsberechnungen gemäß AFM) erfasste analog Stufe 3 die Ermittlung von Überflughöhen über den kritischen Hindernissen, hier allerdings unter Anwendung der zertifizierten AFM der Referenzluftfahrzeuge. Insofern standen demnach nicht die zulassungsseitig einzuhaltenden Minimalanforderungen im Fokus, sondern die tatsächlich vom LFZ-Hersteller nachgewiesenen (i. d. R. besseren) Steigleistungen unter expliziter Berücksichtigung des Kurvenfluges (reduzierte Steigleistung aufgrund Lastvielfachen).. Erneut wurden die resultierenden Überflughöhen anhand der

Wegstreckenlängen der relevanten Kollisionstrajektorien und gemäß AFM ermittelter Steiggradienten berechnet. Im Ergebnis ist festzustellen, dass für das LFZ-Muster PA-28 für alle vier Gefahrenszenarien Unbedenklichkeit hinsichtlich eines sicheren Überfluges attestiert werden kann. Dies trifft ebenfalls auf die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A im Rahmen der Szenarien 1, 3 und 4 zu. Für diese LFZ-Muster wurden hinsichtlich Szenario 2 jedoch auch in dieser abschließenden Prüfstufe Kollisionen mit den kritischen Hindernissen nachgewiesen.

Somit ist im Endergebnis festzuhalten, dass nach Anwendung des Mehrstufenprüfplans ein Restrisiko für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A bei Starts in BR 29 (Gefahrenszenario 2) bezüglich der Kollision mit dem Hindernis 2 (*Hahnberg*) verbleibt. Um auch für den äußerst seltenen Fall von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen den Anforderungen eines sicheren Flugbetriebes am zukünftigen VLP Coburg gerecht zu werden, ist die Ableitung geeigneter Risikominderungsmaßnahmen erforderlich. Die Diskussion geeigneter Maßnahmen und deren abschließende Festlegung sind im anschließenden Kapitel 8 dargelegt.

8 Ableitung von Risikominderungsmaßnahmen

Da, wie in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich erläutert, nicht für alle Prüfschritte der vorliegenden AS ohne Vorbehalt sicherer und regelmäßiger Flugbetrieb im Sinne von ICAO attestiert werden kann, sind bei Realisierung des geplanten VLP Coburg aus gutachtlicher Sicht folgende Risikominderungsmaßnahmen umzusetzen:

RM 1: Rodungen im Bereich der Durchdringung der Anflugfläche bzw. seitlicher Übergangsfläche und der VSS

RM 1 sieht die Beseitigung von natürlichen Luftfahrthindernissen (Bäumen) überall dort vor, wo Durchdringung der Primärflächen nach nFl I 328/01 (An- und Abflugflächen und seitliche Übergangsfläche) und der VSS festgestellt wurde.

Im Bereich des Hähnles wurden die höchsten Kollisionsrisiken für abfliegende LFZ im Instrumentenflug unter Standardbedingungen bis zu einem Lateralabstand von 450 m zur verlängerten Bahnachse ermittelt. Der CRM-Grenzwert wird dort nicht überschritten, die ermittelten Kollisionsrisiken im Abflug liegen aber auch nur geringfügig darunter. Zudem wurde im Rahmen der Flugsimulatorversuche festgestellt, dass unter Ausnahmebedingungen (unterstellter TW-Ausfall mit signifikantem Seitenwind) auch dort die geringsten Hindernisabstände resultierten.

Es wird daher aus gutachterlicher Sicht der Hinweis gegeben, dass weitere zusätzliche Rodungen in diesem Bereich zur Verbesserung der Risikosituation führen würden. Das (derzeit innerhalb des Grenzwertes liegende) Kollisionsrisiko würde sich bei Umsetzung um fast eine Zehnerpotenz reduzieren (für Abflüge von $8,1 \times 10^{-8}$ auf dann $9,7 \times 10^{-9}$ pro Abflug).

RM 2: Hindernisbefeuern des höchsten und des kritischsten Hindernisses

RM 2 sieht die Aufstellung eines Hindernisbefeuernsmastes auf der jeweils höchsten Erhebung des *Hahnberges* und der *Buchleite* vor. Die Hindernisfeuer sind so auszugestalten, dass sie über die Oberkante des umliegenden Waldes deutlich hinausragen (mindestens 3 Meter) und durch Luftfahrzeugführer in der Platzrunde stets deutlich erkennbar sind. RM 2 begründet sich mit den Analyseergebnissen der Verfahren unter *Ausnahmebedingungen* (vgl. Kapitel 7.6), nach denen auch in Prüfstufe 5 des Prüfplans ein Restrisiko für die Referenzluftfahrzeuge B200GT und C525A bei Starts in Richtung 29 (nach Westen, Gefahrenszenario 2) bezüglich einer möglichen Kollision mit dem *Hahnberg* gegeben ist. Da selbst eine weiterführende vollständige Rodung des dort vorhandenen Baumbestandes keine Unbedenklichkeit für diesen Prüfverhalt lieferte, ist die einwandfreie Erkennbarkeit des Hindernisses zu jeder Zeit, also insbesondere auch bei schlechten Sichtbedingungen, unbedingt zu gewährleisten. Dies kann durch RM 2 bei geeigneter Ausführung erreicht werden.

Die insgesamt größte Durchdringung der Hindernisbegrenzungsflächen liegt mit ca. 75 m Durchdringungshöhe im Bereich der *Buchleite* im Osten des Platzes. Daher ist im Sinne von ALARP³⁵ auch für dieses Hindernis eine Befeuern vorzusehen. Die Lage der zu befeuernden Hindernisse stellt sich zusammenfassend für RM 2 wie folgt dar:

³⁵ Das ALARP-Prinzip (*As Low As Reasonably Practicable*) besagt, dass Risiken auf ein Maß reduziert werden sollen, welches den höchstmöglichen Grad an Sicherheit garantiert. Aus betrieblicher und ökonomischer Sicht verhältnismäßige Risikominderungsmaßnahmen sind hiernach umzusetzen.

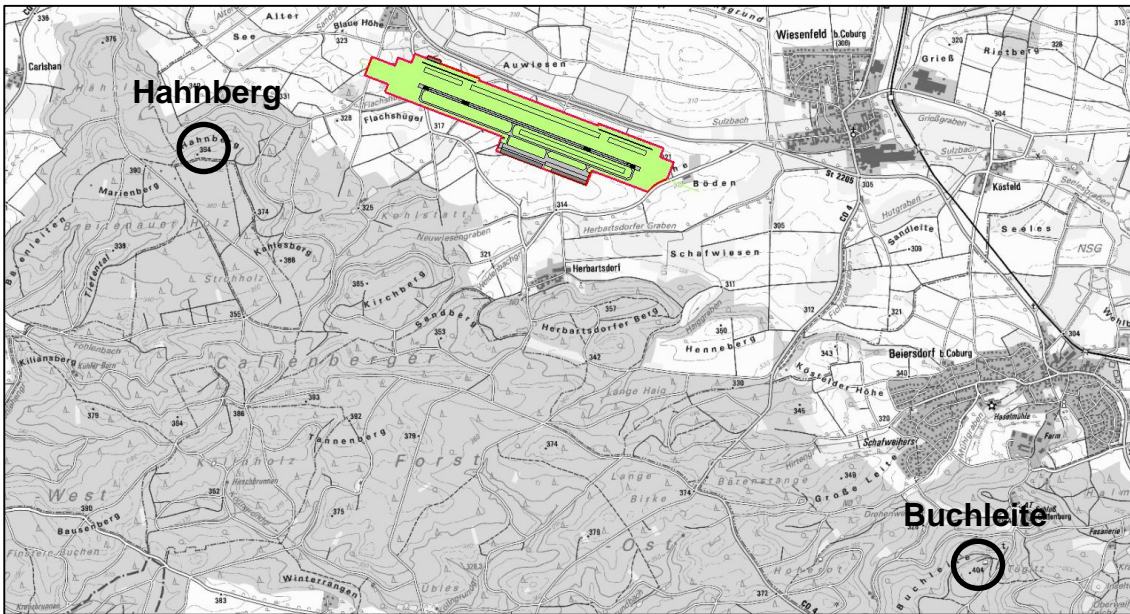


Abbildung 50: Lage der zu befeuernden Hindernisse Hahnberg und Buchleite im Rahmen von RM 2

RM 3: Hindernismonitoring

RM 3 sieht die Einrichtung eines Hindernismonitoringsystems vor, das ergänzend zur regelmäßigen Hindernisvermessung im Fluge durch ein zugelassenes Unternehmen sicherstellen soll, dass die mit RM 2 geforderten Hindernisfeuer stets durch die Luftfahrzeugführer auch unter Beachtung von Wachstumszyklen und Optionsfenstern für die Einkürzung von Bäumen erkennbar bleiben. Das Monitoring soll konkrete Zeitintervalle vorsehen, zu denen eine Überprüfung des Gebietes zu erfolgen hat. Ein derartiges System ist z. B. am Flughafen Nürnberg aktiv und möge als Vorlage dienen.

RM 4: Verbindliches Online Briefing für alle nicht-regelmäßigen VFR-Platznutzer

RM 4 sieht die Einrichtung eines Online-Briefings (via Internet) für alle *unregelmäßig* den Platz unter VFR-Bedingungen nutzende Luftfahrzeugführer verbindlich vor, das über die Ausnahmesituation und damit verbundenen Randbedingungen für einen sicheren Flugbetrieb am Platz präzise aufklärt. Unregelmäßige Nutzer sind hierbei jene mit einem letzten An-/Abflug in Coburg, der *länger als 6 Monate* zurückliegt. Die Verbindlichkeit ist über eine entsprechende Selbstauskunft durch den verantwortlichen Luftfahrzeugführer herzustellen, die von ihm nach Absolvieren des Briefings online erklärt wird und sodann systemseitig zu archivieren ist.

Mit RM 4 wird angestrebt, dass die vorliegende Ausnahmesituation einer großflächigen Durchdringung der Hindernisbegrenzungsflächen im Bereich der Platzrunde durch hinreichend robuste, spezifische Ortskenntnisse bezüglich der Lage der kritischen Hindernisse beherrscht wird. Insbesondere die Geometrie der Platzrunde, deren spezifische Ausgestaltung (langes An-/Abflugsegment im Westen, Höhe der Platzrunde) müssen platzfremden Nutzern vor Flugabsicht vertraut gemacht werden.

Zur Steigerung des Situationsbewusstseins dieser Luftraumnutzer soll ein Online-Briefing-Tool vom Flugplatzbetreiber vorgehalten werden, das über die Ausnahmesituation und damit verbundenen Randbedingungen für einen sicheren Flugbetrieb am Platz präzise aufklärt. Das Briefing mittels Nutzung des Tools soll für VFR-Platznutzer obligatorisch sein, wenn der letzte An-/Abflug länger als 6 Monate zurück liegt. Das Tool soll einen abschließenden Fragebogen mit Auswertung umfassen, dessen Ergebnisse an den Flugplatzbetreiber (elektronisch) vor

Flugabsicht zu übermitteln sind. Nur im Falle eines zufriedenstellenden Ergebnisses (erfolgreiches Briefing) ist dem Nutzungswunsch zu entsprechen. Der Flugplatzbetreiber soll alle Briefing Unterlagen und Ergebnisse über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr aufbewahren.

Die spezifische Ausgestaltung und Inhalte des Briefing-Tools sind in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde vor Fertigstellung des Vorhabens zu entwickeln. Über die Pflicht zur Durchführung des Online-Briefings ist per Hinweis im AIP zu informieren.

Eine Beeinträchtigung der Nutzbarkeit des Platzes durch diese Risikominderungsmaßnahme ist aus Gutachtersicht nicht feststellbar.

RM 5: Ausschluss von N-VFR An-/Abflügen

RM 5 sieht den Ausschluss von Nacht-VFR Verkehr am geplanten VLP Coburg vor: Mit RM 2 werden zwar zwei Hindernisfeuer vorgesehen, das Gesamtausmaß der Hindernisdichte im Bereich des Callenberger Forstes ist hiermit jedoch nachts durch den Luftraumnutzer nicht verlässlich ableitbar.

Die RM 5 kann zukünftig entbehrlich werden, sofern ein separater Sicherheitsnachweis (frühestens ein Jahr nach Inbetriebnahme des Platzes) Unbedenklichkeit für die Durchführung von N-VFR Verkehr am VLP Coburg bescheinigt.

RM 6: Anhebung der Platzrunde auf 2.200 ft MSL

RM 6 sieht die Anhebung der Platzrunde um 200 ft auf 2.200 ft MSL vor, da gemäß Richtlinie NfL I 37/00 eine Hindernisfreiheit im Bereich der Platzrunde von 800 ft über Grund sicherzustellen ist. Der hierfür zu berücksichtigende laterale Sicherheitsabstand (Korridor) um die Platzrunde beträgt nach NfL I 92/13 400 m im Gegenanflug und 850 m in allen anderen Abschnitten der Platzrunde (inkl. Kurvensegmenten). Innerhalb dieses Sicherheitsbereiches stellt der *Hahnberg* südwestlich des Platzes, das höchste Hindernis mit 103 m (337 ft) Erhebung über Platzhöhe dar. Bei Beaufschlagung der geforderten 800 ft Hindernisfreiheit ergibt sich somit eine minimale Platzrundenhöhe von 1.137 ft über Platzhöhe bzw. 2.177 ft MSL. Die Platzrundenhöhe ist demnach auf 2.200 ft festzulegen.

Diese 10 %-ige Erhöhung der Platzrundenhöhe bedingt, bei unterstellt gleichbleibendem Vertikalprofil anfliegender Luftfahrzeuge, eine offensichtliche Vergrößerung der Anflugsegmente der Platzrunde (Queranflug- oder Endanflugsegment) um ebenfalls 10 %.

Zusammenfassung

Insgesamt sind aus Gutachtersicht sechs Risikominderungsmaßnahmen umzusetzen, um einen sicheren und regelmäßigen Flugbetrieb am geplanten VLP Coburg zu gewährleisten. Diese sind in nachfolgender Tabelle 25 nochmals zusammenfassend dargestellt:

Nr.	Beschreibung der Maßnahme
RM 1	Rodungen im Bereich der Anflugfläche bzw. seitlichen Übergangsfläche und der VSS
RM 2	Hindernisbefeuern des höchsten und des kritischsten Hindernisses
RM 3	Hindernismonitoring
RM 4	Verbindliches Online Briefing für alle nicht-regelmäßigen VFR-Platznutzer
RM 5	Ausschluss von N-VFR An-/Abflügen
RM 6	Anhebung der Platzrunde auf 2.200 ft MSL

Tabelle 25: Zusammenfassung der geforderten Risikominderungsmaßnahmen

Bei Umsetzung dieser sechs Risikominderungsmaßnahmen besteht aus gutachtlicher Sicht Sicherheitsäquivalenz zu ICAO-/EASA-Vorgaben am Standort des geplanten VLP Coburg.

Abkürzungsverzeichnis

AEO	All Engines Operating (alle Triebwerke funktionsfähig)
AFM	Airplane/Aircraft Flight Manual
AG	Auftraggeber
AGL	Above Ground Level (Höhe über Grund)
AIP	Aeronautical Information Publication (Luftfahrthandbuch)
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
AMC	Acceptable Means of Compliance
ANP	Actual Navigation Performance
APC	Aircraft Parameter Class
ARP	Aerodrome Reference Point (Flughafenbezugspunkt)
AS	Aeronautical Study (Luftfahrttechnische Studie)
ATM	Air Traffic Management
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
AzD	Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BR	Betriebsrichtung
CRM	ICAO Collision Risk Model
CS	Certification Specification
CS-23	Certification Specifications (CS) and Acceptable Means of Compliance for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes (Zulassungsvorschrift der EASA)
CS-ADR-DSN	Certification Specification Aerodromes Design (Zulassungsvorschrift der EASA)
DER	Departure End of Runway
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DGM	Digitales Geländemodell
DME	Distance Measuring Equipment (Entfernungsmessgerät)
Doc.	Document
DOM	Digitales Oberflächenmodell
EASA	European Aviation Safety Agency (Europäische Agentur für Flugsicherheit)
ERNIP	European Route Network Improvement Plan
FAA	Federal Aviation Administration (US-amerikanische Zivilluftfahrtbehörde)
FAF	Final Approach Fix
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System
FAP	Final Approach Point

FH	Flughafen
FHA	Functional Hazard Assessment
FIUUG	Flugunfalluntersuchungsgesetz
FMCS	Flight Management Computer System (FMS-Bezeichnung bei Boeing)
FMGS	Flight Management and Guidance System (FMS-Bezeichnung bei Airbus)
FMO	Verkehrsflughafen Münster/Osnabrück (IATA-Code)
F-Schlepp	Flugzeugschlepp
ft	Fuß (1 ft = 0,3048 m)
GfL	Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH
GND	Ground (Höhe über Grund)
hPa	Hektopascal (100 Pa)
Hz	Hertz (s ⁻¹)
IAF	Initial Approach Fix
IAS	Indicated Airspeed (gemessene Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luftmasse)
ICAO	International Civil Aviation Organization (Internationale Zivilluftfahrtorganisation)
IF	Intermediate Fix
IFR	Instrument Flight Rules (Instrumentenflugregeln)
ILS	Instrument Landing System (Instrumentenlandesystem)
ISA	International Standard Atmosphere (Internationale Standardatmosphäre)
KOS	Koordinatensystem
kt	Knoten (1 kt = 1,852 km/h)
LBA	Luftfahrtbundesamt
lbs	Pfund (1 lb = 0,454 kg)
LDBV	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern
LDG	Landing (Landevorgang eines LFZ)
LFZ	Luftfahrzeug
LH	Lufthansa
LNAV/VNAV	Lateral/Vertical Navigation
LOC	Localizer (Landekursender)
LTF-UL	Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
MA	Missed Approach (Fehlanflug)
MAPt	Missed Approach Point (Fehlanflugpunkt)
MCT	Maximum Continuous Thrust (Maximaler Dauerschub)
MLM	Maximum Landing Mass (maximale Landemasse)

MOC	Minimum Obstacle Clearance (Hindernismindestabstand)
MSL	Mean Sea Level (Meeresspiegel)
MTOM	Maximum Takeoff Mass (maximale Startmasse)
NDB	Non-Directional Beacon (ungerichtetes Funkfeuer)
NfL	Nachrichten für Luftfahrer
NHN	Normalhöhennull
NM	Nautische Meile (1 NM = 1,852 km)
NPA	Non-precision Approach
OAS	Obstacle Assessment Surface (Hinderniserfassungsfläche)
OCA/H	Obstacle Clearance Altitude/Height (Hindernisfreihöhe)
OEI	One Engine Inoperative (Ausfall des kritischen Triebwerks)
OIS	Obstacle Identification Surface
PA	Precision Approach (Präzisionsanflug)
PANS-OPS	Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (ICAO Doc. 8168)
PAPI	Precision Approach Path Indicator (Präzisionsanflug-Gleitweganzeige)
PBN	Performance Based Navigation
PDG	Procedure Design Gradient
PF	Pilot Flying
PFV	Planfeststellungsverfahren
PGVC	Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg
PNF	Pilot Not Flying
PSSA	Preliminary System Safety Assessment
RNAV	Area Navigation (Flächennavigation)
RNP	Required Navigation Performance
ROV	Raumordnungsverfahren
SID	Standard Instrument Departure (Standard-Instrumenten-Abflugroute)
SLB	Start- und Landebahn
SOP	Standard Operating Procedure
SSA	System Safety Assessment
STAR	Standard Instrument Arrival
THR	Threshold (Schwelle)
TLS	Target Level of Safety
TO	Takeoff (Startvorgang eines LFZ)
TOD	Takeoff Distance (Startstrecke)
TODA	Takeoff Distance Available (verfügbare Startstrecke)
TODR	Takeoff Distance Required (benötigte Startstrecke)
TSE	Total System Error

TW	Triebwerk
UL	Ultraleichtflugzeug
VFR	Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)
VLP	Verkehrslandeplatz
Vol.	Volume (Band)
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (Drehfunkfeuer)
VSS	Visual Segment Surface
VTT	Vertical Track Tolerance

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des geplanten VLP Coburg relativ zum Callenberger Forst	15
Abbildung 2: Lage der Platzrunden am geplanten VLP Coburg nach [50]	16
Abbildung 3: Hindernisbegrenzungsflächen für den Anflugbereich nach [2]	19
Abbildung 4: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m	20
Abbildung 5: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM mit tatsächlicher Vegetation	21
Abbildung 6: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM, südöstlicher Bereich	22
Abbildung 7: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 328/01 – DOM, südöstlicher Bereich	22
Abbildung 8: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 – DGM mit pauschal beaufschlagter Baumhöhe von 30 m	23
Abbildung 9: Durchdringungen der Hindernisbegrenzungsflächen nach NfL I 92/13 – DOM mit tatsächlicher Vegetation	24
Abbildung 10: PBN-Elemente und Sichtweisen der unterschiedlichen Systemteilnehmer nach [29]	27
Abbildung 11: Flächensystem zur Bewertung der Hindernisfreiheit gemäß [5]	28
Abbildung 12: Laterales Flächensystem für Anflüge mit APV BARO (LNAV/VNAV) gemäß ICAO PANS-OPS [5]	29
Abbildung 13: Beispielrechnung zur Bestimmung der OCA/H	29
Abbildung 14: VSS gemäß ICAO PANS-OPS [5]	30
Abbildung 15: Ermittlung der OIS und des PDG gemäß ICAO PANS-OPS [5]	31
Abbildung 16: Segmente des Instrumentenanfluges nach [28] und [5]	32
Abbildung 17: Mögliche Anflugverfahren in BR 11/29 für den geplanten VLP Coburg im Vergleich zu den bestehenden Verfahren des derzeitigen VLP Coburg-Brandensteinebene [34] und An-/Abflugverfahren des VLP Hof- Plauen [35]	36
Abbildung 18: Untersuchungsbereich für das LNAV-Verfahren BR 11 für APC A	37
Abbildung 19: Untersuchungsbereich für das LNAV-Verfahren BR 29 für APC A	38
Abbildung 20: Untersuchungsbereich für das LNAV/VNAV-Verfahren BR 11 für APC A	39
Abbildung 21: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 29	40
Abbildung 22: Durchdringungen der VSS für LNAV-Anflüge in Landerichtung 11	41
Abbildung 23: Vergleich der ermittelten OCH-Werte zu deutschen Flughäfen	42
Abbildung 24: Mögliche Abflugverfahren in beide BR für den geplanten VLP Coburg im Vergleich zu den bestehenden Verfahren des derzeitigen VLP Coburg-Brandensteinebene [34] und An-/Abflugverfahren des VLP Hof- Plauen [35]	43
Abbildung 25: Untersuchungsschritte im Rahmen der Risikoanalyse als 3. Schritt der AS ...	46
Abbildung 26: <i>Segmented-RNAV-Anflüge</i> gemäß AIP FRA 2012 [55]	47
Abbildung 27: Auszug Radardaten – relevante Analyseparameter	48
Abbildung 28: Beispielhafte Durchflugpunkte an einem Schnitt [53]	50
Abbildung 29: Normalverteiltes Streuverhalten um den Sollflugpfad im Anflug (Schnitt 700 m vor Schwelle)	51
Abbildung 30: Methodik zur Anwendung des Mehrstufenprüfplans	53
Abbildung 31: Exemplarische Kollisionstrajektorien für Start BR 29 (blaue Linie) und Fehlflug BR 29 (gelbe Linie)	57
Abbildung 32: Außen- und Innenansicht Flugsimulator LH Flight Training Bremen	60
Abbildung 33: Außen- und Innenansicht Flugsimulator Flugschule ARDEX Kyritz	61
Abbildung 34: Flugverlaufsdaten der Segmented-RNAV-Anflüge am Flughafen FRA	67
Abbildung 35: Ergebnisse der Radardatenauswertungen (Streuungen lateral und vertikal)	68

Abbildung 36: Schnitt im Bereich <i>Hähnles</i> mit Iso-Risikokonturen.....	69
Abbildung 37: Verteilung der Unfallgebiete innerhalb der Platzrunde	71
Abbildung 38: Wegstrecken und Höhen bezüglich der relevanten Hindernisse im Bereich der Platzrunde (Plandarstellung nach [50]).....	73
Abbildung 39: Lage des Bereiches der Entscheidungshöhe im F-Schlepp, BR11, ISA+20 Bedingungen.....	76
Abbildung 40: Lage des Bereiches der Entscheidungshöhe im F-Schlepp, BR29, ISA+20 Bedingungen.....	76
Abbildung 41: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 1	79
Abbildung 42: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 2 ²⁶	79
Abbildung 43: Gradienten zu den Einzelhindernissen für Referenzpunkt 3 ²⁶	79
Abbildung 44: Relative Lage der kritischen Hindernisse zur SLB 11/29	80
Abbildung 45: Kollisionstrajektorien B200GT mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarien Start in BR 29 (links: maximale TODR, rechts: minimale TODR)	84
Abbildung 46: Kollisionstrajektorien B200GT mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarien Fehlanflug (links: BR 11, rechts: BR 29).....	84
Abbildung 47: Laterale Flugverläufe Abflug C525A	86
Abbildung 48: Vertikale Flugverläufe Abflug C525A	87
Abbildung 49: Laterale Flugverläufe Anflug C525A	88
Abbildung 50: Lage der zu befeuernden Hindernisse Hahnberg und Buchleite im Rahmen von RM 2.....	96
Abbildung 51: Verfahrensschutzraum für gerade Abflugverfahren mit Kursführung anhand Funknavigationseinrichtung nach ICAO PANS-OPS [28]	114
Abbildung 52: Verfahrensschutzraum für gekurvte Abflugverfahren und Kurvoneinleitung bei einem Fixpunkt nach ICAO PANS-OPS [28]	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: UTM 32U-Koordinaten relevanter Untersuchungspunkte des geplanten VLP Coburg [25]	15
Tabelle 2: LFZ-Kategorien und relevante Fluggeschwindigkeiten bezüglich der Verfahrensplanung (Auszug gemäß [5])	26
Tabelle 3: Ergebnisse der OCA/H-Berechnung für das LNAV-Anflugverfahren in BR 11	37
Tabelle 4: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV-Anflugverfahren in BR 29 je APC	38
Tabelle 5: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 11 je APC	39
Tabelle 6: Ergebnisse der OCA/H Berechnung für das LNAV/VNAV-Anflugverfahren in BR 29 je APC	40
Tabelle 7: Parameter zur Konstruktion von Kurven gemäß ICAO PANS-OPS [5]	56
Tabelle 8: Steiggradienten der Normal Category (MTOM > 2.722 kg und Turbintriebwerke) gemäß CS-23 [7]	59
Tabelle 9: Kollisionsrisiken im IFR-Anflug	69
Tabelle 10: Kollisionsrisiken im IFR-Abflug	70
Tabelle 11: Abschätzung der Überflughöhen von Hindernissen in der F-Schlepp-Platzrunde	74
Tabelle 12: Resultierende Steiggradienten <i>Ikarus C42</i> im F-Schlepp in Abhängigkeit der Segelflugzeugmasse nach [41]	74
Tabelle 13: Resultierende Steiggradienten <i>Robin DR 400</i> im F-Schlepp in Abhängigkeit der Schleppflugzeug- und Segelflugzeugmasse nach [42]	74
Tabelle 14: Startstrecken im F-Schlepp bis zum Erreichen der Entscheidungshöhe (80 m bzw. 100 m)	75
Tabelle 15: Lage, Höhe und Verortung der kritischen Hindernisse	80
Tabelle 16: Flugbewegungszahlen VLP Coburg-Brandensteinebene des Jahres 2011 nach Verkehrsart und AzB-Lärmgruppe (nach [9])	81
Tabelle 17: Minimale und maximale TODR zur Festlegung von Abhebepunkten	83
Tabelle 18: Minimale Überflughöhen je Referenzluftfahrzeug und Szenario der Stufe 3	85
Tabelle 19: Laterale statistische Parameter – Abflug	87
Tabelle 20: Vertikale statistische Parameter – Abflug	88
Tabelle 21: Laterale statistische Parameter – Anflug	89
Tabelle 22: Vertikale statistische Parameter – Anflug	89
Tabelle 23: Steiggradienten zur Ermittlung der Überflughöhen der Stufe 5	90
Tabelle 24: Minimale Überflughöhen je Referenzluftfahrzeug und Szenario der Stufe 5	90
Tabelle 25: Zusammenfassung der geforderten Risikominderungsmaßnahmen	97
Tabelle 26: Übersicht relevanter LFZ-Gruppen gemäß AzD (Auszug aus [11])	112
Tabelle 27: Übersicht konstruierter Kollisionstrajektorien in Abhängigkeit der Gefahrenszenarien, Referenzluftfahrzeuge und sonstiger Randbedingungen (✓ – Konstruktion möglich; ✗ – Konstruktion nicht möglich)	113
Tabelle 28: Zusammenfassung von Parametern zur Kurvenauslegung von Flugverfahren gemäß ICAO PANS-OPS [28]	114

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] BMVI/BMVBW (vormals): *Richtlinien für den Allwetterflugbetrieb*. NfL I 1/99, Bonn, Dezember 1998
- [2] BMVI/BMVBW (vormals): *Richtlinien über die Hindernisfreiheit für Start- und Landebahnen mit Instrumentenflugbetrieb*. NfL I 328/01, Bonn, November 2001
- [3] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Anlage und den Betrieb von Flugplätzen für Flugzeuge im Sichtflugbetrieb*. NfL I 92/13, Langen : Langen, Mai 2013
- [4] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Annex 14, Volume 1 Aerodrome Design and Operations*. 6th Edition, Montreal : ICAO, Juli 2013
- [5] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations, PANS OPS*. Doc 8168, Vol. II, 5th Edition, Montreal : ICAO, 2006
- [6] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Manual on the Use of the Collision Risk Model (CRM) for ILS Operations*. Doc 9274-AN/904, 1st Edition, Montreal : ICAO, 1980
- [7] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: *Certification Specifications (CS) and Acceptable Means of Compliance for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes – CS-23*. Amendment 4, Annex to ED Decision 2015/018/R, Köln : EASA, Juli 2015
- [8] LANDESAMT FÜR DIGITALISIERUNG, BREITBAND UND VERMESSUNG BAYERN: *Geländemodell – Laserpunkte*. Online unter URL: <http://www.ldbv.bayern.de/produkte/3dprodukte/laser.html>, München : LDBV, Stand: Februar 2016
- [9] UNIVERSAL TRANSPORT CONSULTING GMBH ; PROJEKTGESELLSCHAFT VERKEHRSLANDEPLATZ COBURG MBH: *Luftverkehrsprognose für den Verkehrslandeplatz Coburg*. Hamburg : UNICONSULT, Oktober 2014
- [10] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV), Anlage 2: Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)*. Drucksache 566/08, Berlin : BMJV, August 2008
- [11] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV), Anlage 1: Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)*. Drucksache 566/08, Berlin : BMJV, August 2008
- [12] EUROPÄISCHE UNION: *Verordnung (EU) Nr. 965/2012 zur Festlegung technischer Vorschriften und von Verwaltungsverfahren in Bezug auf den Flugbetrieb gemäß der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates*. Brüssel, Oktober 2012

- [13] EUROPÄISCHE UNION: *Verordnung (EU) Nr. 800/2013 zu der Verordnung 965/2012 zur Festlegung technischer Vorschriften und von Verwaltungsverfahren in Bezug auf den Flugbetrieb gemäß Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates*. Brüssel, August 2013
- [14] LUFTFAHRT-BUNDESAMT: *Gerätekenblatt (§ 4 LuftVZO): Flugzeug-Kennblatt Nr. 518a Piper PA-28R-201T*. Ausgabe 17, Braunschweig : LBA, Oktober 2001
- [15] LUFTFAHRT-BUNDESAMT: *Gerätekenblatt (§ 4 LuftVZO): Flugzeug-Kennblatt Nr. 2047 Beech 200*. Ausgabe 14, Braunschweig : LBA, Januar 1996
- [16] LUFTFAHRT-BUNDESAMT: *Gerätekenblatt (§ 4 LuftVZO): Flugzeug-Kennblatt Nr. 2072 Cessna 525A CJ2*. Ausgabe 1, Braunschweig : LBA, Juni 2001
- [17] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: *Type Certificate Data Sheet No. 2A13 – Piper PA-28R-201T*. Revision 52, Washington, D. C. : FAA, Juli 2013
- [18] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: *EASA Type-Certificate Data Sheet: Beech Model B200GT (King Air)*. TCDS IM.A.277, Issue 05, Köln : EASA, August 2013
- [19] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: *EASA Type-Certificate Data Sheet EASA.IM.A.078 – 525 (Citation Jet), Model 525A*. Issue 07, Köln : EASA, Mai 2013
- [20] PIPER AIRCRAFT, INC.: *PA-28R-201 ARROW Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual*. Report_ VB-1612, Revision 24, Vero Beach, Oktober 2011
- [21] HAWKER BEECHCRAFT CORPORATION: *Super King Air® B200 GT & B200CGT Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual*. P/N 101-590168-1, Revision A4, Wichita, März 2013
- [22] CESSNA AIRCRAFT COMPANY: *FAA Approved Airplane Flight Manual Citation CJ2. 525AFM-06*, Revision 6, Wichita, April 2005
- [23] DEPARTMENT OF TRANSPORTATION ; FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION ; NATIONAL ARCHIVES AND RECORDS ADMINISTRATION (Hrsg.): *Federal Register Vol. 76, No. 232, Part IV: 14 CFR Part 23 – Certification of Part 23 Turbofan- and Turbojet-Powered Airplanes and Miscellaneous Amendments; Final Rule*. Washington, D. C. : NARA, Dezember 2011
- [24] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: *Type Certificate Data Sheet No. A1WI – Textron Aviation Inc. 525A*. Revision 24, Washington, D. C. : FAA, Juli 2015
- [25] PLANUNGSGEMEINSCHAFT FICHTNER GMBH & CO. KG / LANDSCHAFT PLANEN + BAUEN GMBH: *Neubau Verkehrslandeplatz Coburg: 3.1 Technischer Bericht – Erläuterungsbericht Technische Planung*. Stuttgart, Oktober 2014
- [26] LANDESAMT FÜR DIGITALISIERUNG, BREITBAND UND VERMESSUNG BAYERN: *FP und LP Datensätze (595FP_utm32 und 595LP_utm32) für den Bereich des geplanten VLP Coburg*, Dezember 2015.
- [27] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management (PANS-ATM)*. Doc 4444, ATM/501, 15th Edition, Montrea l: ICAO, 2007

- [28] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS): Volume I – Flight Procedures*. Doc 8168, OPS/611, 5th Edition, Montreal: ICAO, 2006
- [29] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Performance-based Navigation (PBN) Manual*. Doc 9613 AN/937, 4th Edition, Montreal: ICAO, 2013
- [30] EUROPÄISCHE UNION: *Verordnung (EU) Nr. 965/2012 zur Festlegung technischer Vorschriften und von Verwaltungsverfahren in Bezug auf den Flugbetrieb gemäß der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates*. Brüssel, Oktober 2012
- [31] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Instrument Flight Procedures Construction Manual*. Doc 9368, AN/911, 2nd Edition, Montreal : ICAO, 2002
- [32] EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION: *European Route Network Improvement Plan (ERNIP) – Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines*. Edition Number 1.4, Brüssel : EUROCONTROL, November 2014
- [33] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Lateral Separation Criteria in PANS-ATM*. PBNICG/1– IP/05, Peking : März 2015
- [34] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP Germany), EDQC Flughafen Coburg-Brandensteinebene*. Langen : DFS, Stand 15.01.2016
- [35] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP Germany), EDQM Flughafen Hof-Plauen*. Langen : DFS, Stand 15.01.2016
- [36] MECHTRONIX SYSTEMS INC.: *User Manual for Lufthansa Flight Training Bremen – Ascent[®] Cessna CJ1+ FNPT // MCC (Procedures Trainer)*. Document Release 001 (2008.10.23-0545). Québec : Mechtronix, Oktober 2008
- [37] ELITE SIMULATION SOLUTIONS AG: *Functional Description Elite Evolution S923 FNPT II MCC*. Version 3.1, Dübendorf : Elite, Januar 2010
- [38] HAIN, T. (DWD) ; TU DRESDEN: *Flugmeteorologie: Luftströmungen (Starkwindfelder, Strahlströme, Flugzeugturbulenz, Wirbelschleppen)*. Dresden : TUD, 2009
- [39] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Nachrichten für Luftfahrer Teil II – Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge (LTF-UL)*. NfL II 17/03, Langen : DFS, Februar 2003
- [40] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Nachrichten für Luftfahrer Teil II – Bekanntmachung der Änderung und Ergänzung der Bekanntmachung von Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge (Anhang II Schleppen von Luftfahrzeugen)*. NfL II 20/07, Langen : DFS, März 2007
- [41] COMCO IKARUS LEICHTFLUGZEUGE GMBH: *Piloten Flug- und Betriebshandbuch für die Flugzeuge IKARUS C42 Serie*. PFBH C42 Serie, Ausgabe 4, Hohentengen, November 2015
- [42] ROBIN AVIATION: *Flight Manual DR 400/200R*. Ausgabe 1, Änderung 1, Darois, April 1994

- [43] KLUßMANN, N. ; MALIK, A. ; SPRINGER VERLAG (Hrsg.): *Lexikon der Luftfahrt*. 2. Auflage, Berlin/Heidelberg, 2007. ISBN 978-3-540-49095-1
- [44] DG FLUGZEUGBAU GMBH: *Flughandbuch für das Segelflugzeug DG-1000S*. Handbuchrevision TM1000/24, Bruchsal : DG, Oktober 2014
- [45] SCHEMPH-HIRTH FLUGZEUGBAU GMBH: *Flughandbuch für das Segelflugzeug Ventus 2a und Ventus 2b*. Kirchheim/Teck, August 1995
- [46] DG FLUGZEUGBAU GMBH: *Flughandbuch für den Motorsegler DG-808C*. Handbuchrevision TM DG-G-11, Bruchsal : DG, Mai 2015
- [47] DG FLUGZEUGBAU GMBH: *Flughandbuch für den Motorsegler LS8-st*. Handbuchrevision TM DG-G-11 NOAH, Bruchsal : DG, Mai 2015
- [48] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: *Certification Specifications (CS) and Guidance Material for Aerodromes Design – CS-ADR-DSN*. Issue 2, Köln : EASA, Januar 2015
- [49] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Nachrichten für Luftfahrer Teil II – Grundsätze des Bundes und der Länder für die Regelung des Flugverkehrs an Flugplätzen ohne Flugverkehrskontrollstelle*. nFl II 37/00, Langen : DFS, April 2000
- [50] ARBEITSGEMEINSCHAFT VLP COBURG: *Planfeststellung Neubau Verkehrslandeplatz Coburg: Lageplan Platzrunde Motorflug, UL und Flugzeugschlepp*. Plannummer 3.3.22, Stuttgart, Oktober 2014
- [51] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Manual of Certification of Aerodromes*. Doc 9774, AN/969, 1st Edition, Montreal : ICAO, 2001
- [52] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation*, 9th Edition, Montreal, July 2001
- [53] THIEL C., FRICKE H.: *Collision Risk on Final Approach – A Radar Data Based Evaluation Method to Assess Safety*, International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT), Budapest, 2010
- [54] SEISS, C.: *Bestimmung der Navigationsgenauigkeiten von Luftfahrzeugen bei segmentierten RNAV-Anflügen (Segmented RNAV Approach)*, Diplomarbeit, TU Dresden, 2012
- [55] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Luftfahrthandbuch – AIP, EDDF Flughafen Frankfurt Main*, Langen, Stand: 31.05.2012
- [56] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Luftrechtliches Planfeststellungsverfahren sowie luftrechtliches Genehmigungsverfahren zur Anlage und zum Betrieb des Verkehrslandeplatzes Coburg am Standort Meeder-Neida*. Schreiben der DFS and das Luftamt Nordbayern, Langen : DFS, 17. März 2015
- [57] REGIERUNG VON MITTELFRANKEN ; LUFTAMT NORDBAYERN: *Neubau eines Verkehrslandeplatzes in der Region Coburg, Bereich Meeder/Neida*. Schreiben des Luftamtes Nordbayern an die Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg mbH, 19. August 2015
- [58] DEUTSCHER WETTERDIENST ; HOFMANN, G.: *Amtliches Gutachten über die flugklimatologischen Verhältnisse auf dem geplanten Verkehrslandeplatz Coburg*. Gz.: KU1MS/1149/12, München : DWD, 18. Januar 2013

- [59] BUNDESKOMMISSION SEGELFLUG: *Segelflugsport-Betriebs-Ordnung (SBO)*, 14. Ausgabe, September 2014

Anhang A

A1 Weiterführende Informationen

LFZ-Gruppen nach AzD:

Luftfahrzeuggruppe	Definition
P 1.0	Ultraleichtflugzeuge
P 1.1	Motorsegler
P 1.2	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (<i>Maximum Takeoff Mass</i> , MTOM) bis 2 t oder Motorsegler beim Segelflugzeugschlepp
P 1.3	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 2 t
P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t
P 2.1	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3, Kapitel 4 oder Kapitel 10 entsprechen.
S 1.0	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 34 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 2 entsprechen.
S 5.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen
H 1.0	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 1,0 t.
H 1.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 1,0 t bis 3,0 t.
H 1.2	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 3,0 t bis 5,0 t.
H 2.1	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,0 t bis 10,0 t.

Tabelle 26: Übersicht relevanter LFZ-Gruppen gemäß AzD (Auszug aus [11])

Konstruktion von Kollisionstrajektorien im Rahmen der Analysen von Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen:

Szenario	LFZ	Bank Angle [°]	TODR	Konstruktion von Kollisionstrajektorien		
				Hindernis 1	Hindernis 2	Hindernis 3
1	PA-28	15	min	✓	✓	✓
		15	max	✓	✓	✓
		25	min	✓	✓	✓
		25	max	✓	✓	✓
	B200GT	15	min	✗	✓	✗
		15	max	✗	✓	✗
		25	min	✗	✓	✗
		25	max	✗	✓	✓
	C525A	15	min	✗	✓	✗
		15	max	✗	✓	✗
		25	min	✗	✓	✗
		25	max	✗	✓	✓
2	PA-28	15	min	✓	✓	✓
		15	max	✓	✓	✓
		25	min	✓	✓	✓
		25	max	✓	✓	✓
	B200GT	15	min	✗	✓	✗
		15	max	✓	✗	✗
		25	min	✓	✓	✗
		25	max	✓	✓	✗
	C525A	15	min	✗	✓	✗
		15	max	✓	✗	✗
		25	min	✓	✓	✗
		25	max	✓	✓	✗
3	PA-28	15	-	✓	✓	✓
		25		✓	✓	✓
	B200GT	15		✓	✗	✗
		25		✓	✓	✗
	C525A	15		✓	✗	✗
		25		✓	✓	✗
4	PA-28	15		✗	✓	✓
		25		✓	✓	✓
	B200GT	15		✗	✓	✓
		25		✗	✓	✓
	C525A	15		✗	✓	✗
		25		✗	✓	✓

Tabelle 27: Übersicht konstruierter Kollisionstrajektorien in Abhängigkeit der Gefahrenszenarien, Referenzluftfahrzeuge und sonstiger Randbedingungen (✓ – Konstruktion möglich; ✗ – Konstruktion nicht möglich)

A2 Ergänzende Anforderungen der Verfahrensplanung

Segment or fix of turn location	Speed (IAS) ¹	Altitude/height	Wind	Bank angle ²	FTT (seconds)			
					c (seconds)		Outbound timing tolerance	Heading tolerance
					Bank establishment time	Pilot reaction time		
Departure	Final missed approach IAS + 10%, see Table I-4-1-1 or Table I-4-1-2 ³	Turn at altitude/height: Specified altitude/height Turn at turn point: A/D elevation + height based on 10% climb from DER	95% omnidirectional wind or 56 km/h (30 kt) for wind spirals	15° until 305 m (1'000 ft) 20° between 305 m (1 000 ft) and 915 m (3 000 ft) 25° above 915 m (3 000 ft)	3	3	N/A	N/A
En route	585 km/h (315 kt)	Specified altitude	95% probability wind or ICAO standard wind ⁴	15°	5	10	N/A	N/A
Holding	Tables I-6-1-1 and I-6-1-2 ¹	Specified altitude	ICAO standard wind ⁴	23°	N/A	5	N/A	N/A
Initial approach – reversal and racetrack procedures	Table I-4-1-1 or Table I-4-1-2	Specified altitude	ICAO standard wind ⁴ or statistical wind	25°	5	0-6	10	5
Initial approach – DR track procedures	CAT A, B: 165 to 335 km/h (90 to 180 kt) CAT C, D, E: 335 to 465 km/h (180 to 250 kt)	CAT A, B: 1 500 m (5 000 ft) CAT C, D, E: 3 000 m (10 000 ft)	ICAO standard wind ⁴ DR leg: 56 km/h (30 kt)	25°	5	0-6	N/A	5
IAF, IF, FAF	See Tables I-4-1-1 and I-4-1-2 Use Initial approach speed for turn at IAF or IF Use maximum final approach speed for turn at FAF	Specified altitude	95% omnidirectional wind or 56 km/h (30 kt)	25°	3	3	N/A	N/A
Missed approach	Table I-4-1-1 or Table I-4-1-2 ³	A/D elevation – 300 m (1 000 ft)	56 km/h (30 kt)	15°	3	3	N/A	N/A
Visual manoeuvring using prescribed track	See Tables I-4-1-1 and I-4-1-2	A/D elevation – 300 m (1 000 ft)	46 km/h (25 kt)	25°	N/A	N/A	N/A	N/A
Circling	See Tables I-4-1-1 and I-4-1-2	A/D elevation – 300 m (1 000 ft)	46 km/h (25 kt)	20°	N/A	N/A	N/A	N/A

GENERAL NOTES:

- For the specific application of the parameters in the table, see the applicable chapters in this document.
- The rate of turn associated with the stated bank angle values in this table shall not be greater than 3%/s.

Note 1.— Where operationally required to avoid obstacles, reduced speeds as slow as the IAS for intermediate missed approach may be used. In this case, the procedure is annotated “Missed approach turn limited to _____ km/h (kt) IAS maximum”.

Note 2.— The conversion from IAS to TAS is determined using a temperature equal to ISA at the corresponding altitude plus 15° C. Holding procedures are an exception; the calculation formula appears in PANS-OPS, Volume II, Part II, Section 4, Chapter 1, Appendix A, paragraph 6.

Note 3.— Where operationally required to avoid obstacles, reduced speeds as slow as the IAS tabulated for “intermediate missed approach” in Tables I-4-1-1 and I-4-1-2 increased by 10 per cent may be used. In this case, the procedure is annotated “Departure turn limited to _____ km/h (kt) IAS maximum”.

Note 4.— ICAO standard wind = 12 h + 87 km/h (h in 1 000 m); 2 h + 47 kt (h in 1 000 ft)

Tabelle 28: Zusammenfassung von Parametern zur Kurvenauslegung von Flugverfahren gemäß ICAO PANS-OPS [28]

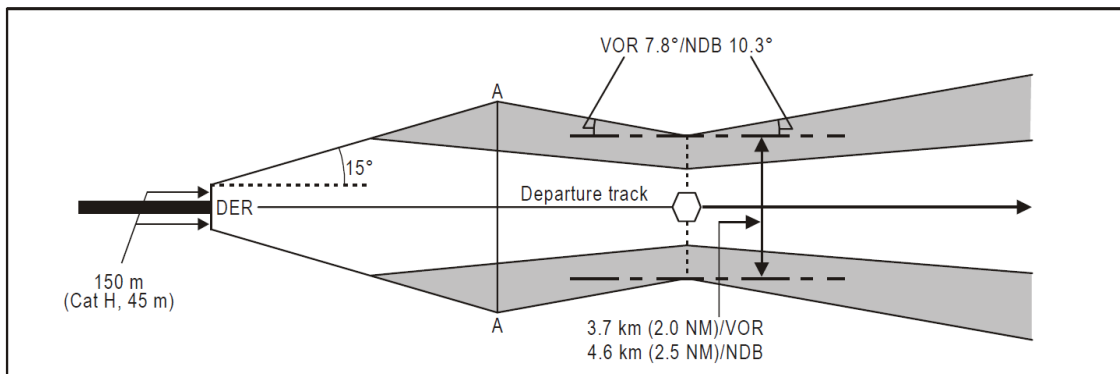


Abbildung 51: Verfahrensschutzraum für gerade Abflugverfahren mit Kursführung anhand Funknavigationseinrichtung nach ICAO PANS-OPS [28]

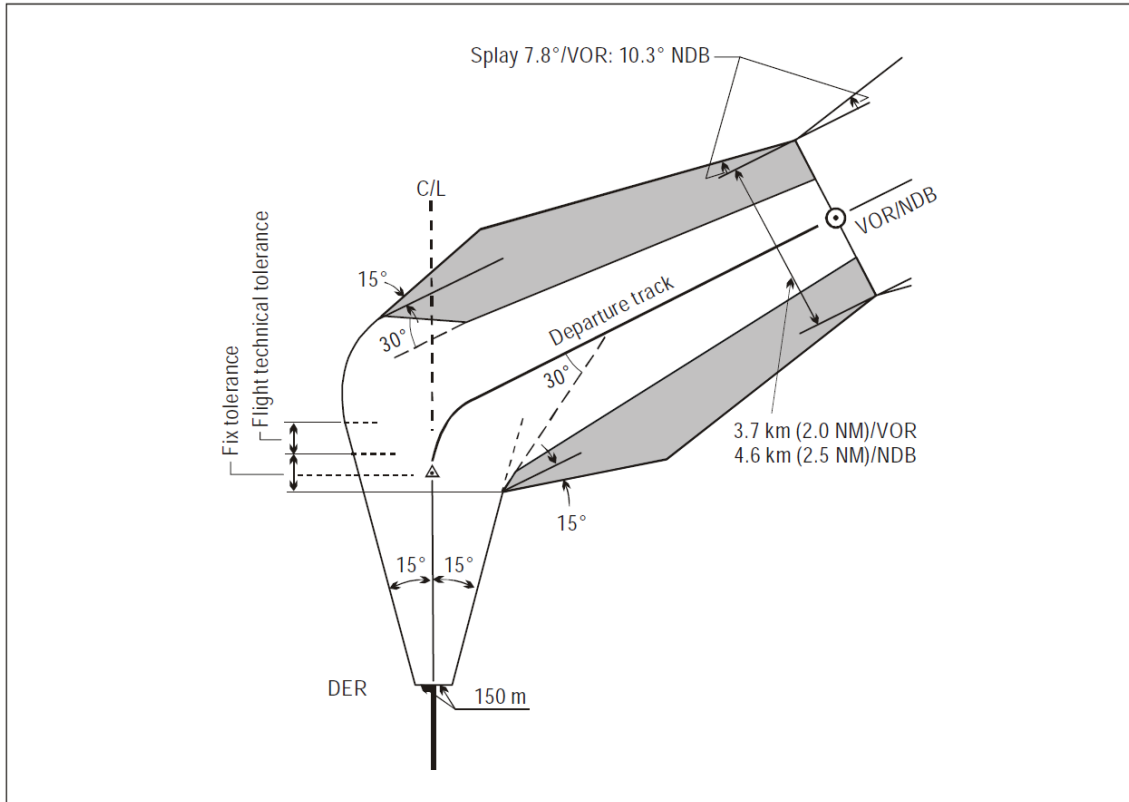


Abbildung 52: Verfahrensschutzraum für gekurzte Abflugverfahren und Kurvenerleitung bei einem Fixpunkt nach ICAO PANS-OPS [28]