

## **Annex zum Gutachten**

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

### **Anwendung des Mehrstufenprüfplans für das Luftfahrzeug Cessna Citation CJ4 (C525C)**

Auftraggeber (AG):

Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg mbh

– Dresden, 05.10.2016 –



**Umfang:**

Dieser Bericht umfasst 17 Seiten

Dokumentenname: Annex\_CJ4\_AeronauticalStudy\_COB\_1.0\_ct150916.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](http://www.gfl-consult.de)

Email: [info@gfl-consult.de](mailto:info@gfl-consult.de)

gez.:

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	5
1 Einführung .....	6
2 Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen.....	7
2.1 Vorgehensweise und Randbedingungen .....	7
2.2 Anwendung des Mehrstufenprüfplans .....	8
2.2.1 Stufe 1: Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen.....	8
2.2.2 Stufe 2: Feststellung von Kollisionstrajektorien.....	8
2.2.3 Stufe 3: Feststellung der Hindernisrelevanz gemäß EASA CS-23.....	10
2.2.4 Stufe 4: Analogiebetrachtungen bezüglich der Feststellung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Versuchen im Flugsimulator.....	11
2.2.5 Stufe 5: Feststellung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen .....	12
3 Fazit der Risikoanalyse.....	14
Abkürzungsverzeichnis .....	15
Abbildungsverzeichnis .....	16
Tabellenverzeichnis .....	16
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	17

# 1 Einführung

Das vorliegende Dokument ist als Annex zum seitens GfL erstellten Hauptgutachten *Aeronautical Study zur Durchdringung von Hindernisbegrenzungsflächen bei geplantem Neubau des Verkehrslandeplatzes Coburg am Standort Meeder-Neida* [1] zu verstehen. Diesbezüglich sei hervorgehoben, dass dieser Annex stets in Zusammenhang mit dem Hauptgutachten nach [1] zu verwenden ist, da spezifische Inhalte nicht erneut explizit erläutert werden, sondern diesbezüglich lediglich auf [1] verwiesen wird.

Inhalt dieses Annexes ist die Durchführung der Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmebedingungen<sup>1</sup>, nunmehr ergänzend anhand des Luftfahrzeuges (LFZ) *Cessna Citation Jet CJ4 Model 525C* (im Folgenden C525C). Hintergrund ist die Tatsache, dass die am gegenwärtigen und auch zukünftigen Verkehrslandeplatz (VLP) Coburg im Geschäftsreise-/Werkflugverkehr operierende LFZ-Flotte der Firma *Brose Flugservice* inzwischen um das LFZ-Muster C525C erweitert wurde. Dieses weist gegenüber der in [1] als Referenzluftfahrzeug festgelegten *Cessna Citation Jet CJ2 Model 525A* (im Folgenden C525A) veränderte Flugleistungen (im Wesentlichen bedingt durch die erhöhte maximale Startmasse (*Maximum Takeoff Mass*, MTOM) sowie die leistungsstärkeren Triebwerke der C525C) auf (vgl. hierzu Kapitel 2.2.4). Die im Hauptgutachten [1] festgelegten Referenzluftfahrzeuge als typische Vertreter spezifischer LFZ-Gruppen und die hiermit einhergehenden Randbedingungen bleiben von den vorliegenden, zusätzlichen Untersuchungen unbenommen und sind weiterhin als repräsentativ einzustufen.

Somit ist eine ergänzende Betrachtung der C525C im Rahmen der Risikoanalyse erforderlich. Diesbezüglich steht analog das Kollisionsrisiko von LFZ mit den relevanten Hindernissen in der Umgebung des VLP Coburg im Fokus. Die generelle Vorgehensweise ist in folgendem Kapitel 2.1 zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> Hierin sind jene Flugbewegungen (An-/Abflüge und Fehlanflüge) 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.

## 2 Risikoanalyse für Flugverkehr unter Ausnahmbedingungen

### 2.1 Vorgehensweise und Randbedingungen

Die hier angewandte Risikoanalyse berücksichtigt methodisch 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. 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?*

Für jede Prüfstufe gelten analog die in Kapitel 5.3 nach [1] zugrunde gelegten Randbedingungen. Darüber hinaus sei hervorgehoben, dass gemäß Vereinbarung mit dem AG insbesondere im Rahmen von Stufe 4 (vgl. Kapitel 2.2.4) keine neuerlichen Simulationsrechnungen durchgeführt werden, sondern lediglich Analogieschlüsse entsprechend der Ergebnisse des LFZ-Musters C525A nach [1] diskutiert werden.

Weiterhin werden die Analyseergebnisse für Stufe 1 (Ermittlung der kritischen Hindernisse sowie Ableitung geeigneter Gefahrenszenarien) in Analogie zu [1] zugrunde gelegt. Im Allgemeinen werden im Folgenden zudem lediglich die Ergebnisse der jeweiligen Stufe

aufgeführt, ohne explizit die hierbei berücksichtigten Randbedingungen, die in [1] detailliert dargelegt sind, nochmals aufzuführen.

Hinsichtlich der LFZ-Zertifizierung und hieraus resultierender Flugleistungsanforderungen gelten für die C525C ebenfalls die Anforderungen gemäß *Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23* [2] der *European Aviation Safety Agency* (EASA). Im Speziellen muss der Hersteller der C525C hinsichtlich der Flugleistungen nachweisen, dass die Anforderungen der sog. *Normal Category* erfüllt sind<sup>2</sup>.

Grundlage der in vorliegendem Annex durchgeführten Flugleistungsberechnungen ist dabei das zertifizierte Flughandbuch (*Aircraft Flight Manual, AFM*) nach [4].

## 2.2 Anwendung des Mehrstufenprüfplans

### 2.2.1 Stufe 1: Prüfung erforderlicher flugbetrieblicher Randbedingungen

Die Festlegung der kritischen Hindernisse sowie Ableitung von Gefahrenszenarien entspricht den Ergebnissen in [1] (vgl. Kapitel 7.1). Die Gefahrenszenarien ergeben sich gemäß [1] wie folgt:

- 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

Das der Untersuchung zugeführte Referenzluftfahrzeug ist das Muster C525C (siehe Kapitel 2.1).

### 2.2.2 Stufe 2: Feststellung von Kollisionstrajektorien

Ausgangspunkt zur Festlegung von Kollisionstrajektorien ist die Ermittlung der Abhebepunkte anhand der minimal und maximal erforderlichen Startstrecken (*Takeoff Distance Required, TODR*). Diesbezüglich gelten die allgemeinen Randbedingungen entsprechend Kapitel 5.3.3 nach [1]. Die resultierenden TODR sind in folgender Tabelle 1 für die Muster C525C und vergleichend ebenfalls C525A gegenübergestellt:

---

<sup>2</sup> Die Flugleistungen der C525C 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* [5], 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 C525C (vgl. [6]) fällt dieses Modell demnach in die *Commuter Category*. Überdies erfolgt die Einordnung der C525C gemäß EASA-Kennblatt [3] in die *Normal Category*, sodass in vorliegender Untersuchung durchweg die Anforderungen dieser Kategorie angewandt werden.



LFZ-Muster	Minimale TODR		Maximale TODR	
	[m]	Randbedingungen	[m]	Randbedingungen
C525C	970	10 kt Gegenwind & 5 °C	1.370	10 kt Rückenwind & 15 °C
C525A	990	10 kt Gegenwind & 5 °C	1.400	10 kt Rückenwind & 15 °C

Tabelle 1: Minimale und maximale TODR zur Festlegung von Abhebepunkten

Nachfolgende Abbildung 1 stellt die ermittelten Kollisionstrajektorien exemplarisch anhand des Gefahrenszenarios 2 für minimale und maximale TODR in BR 29 gegenüber.

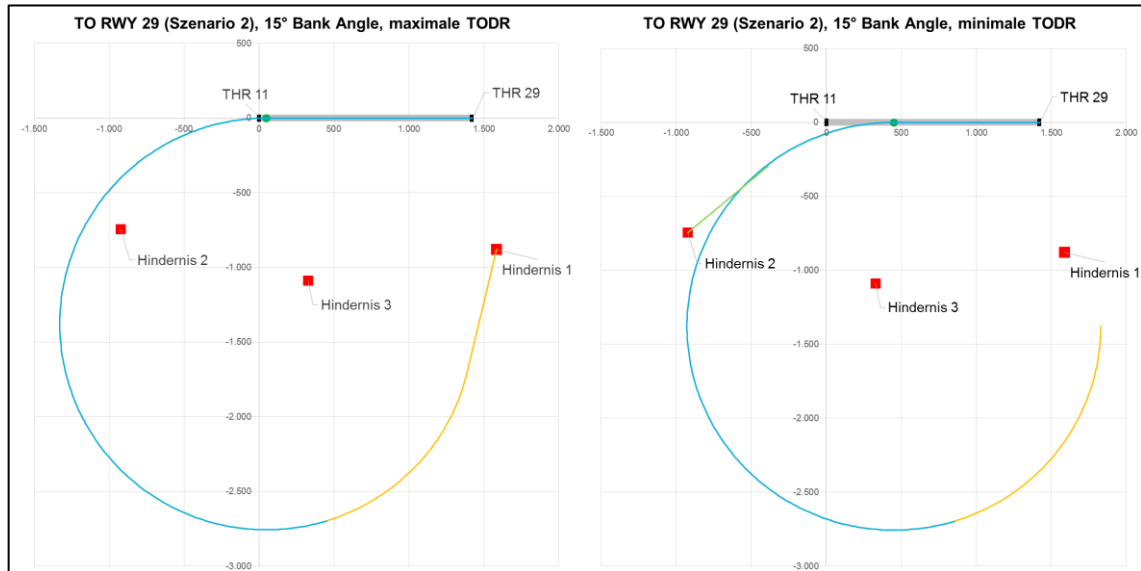


Abbildung 1: Kollisionstrajektorien C525C mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenario 2 (links: maximale TODR, rechts: minimale TODR)

Analog weist nachfolgende Abbildung 2 die Kollisionstrajektorien der Gefahrenszenarios 3 und 4 (Fehlflug) exemplarisch aus.

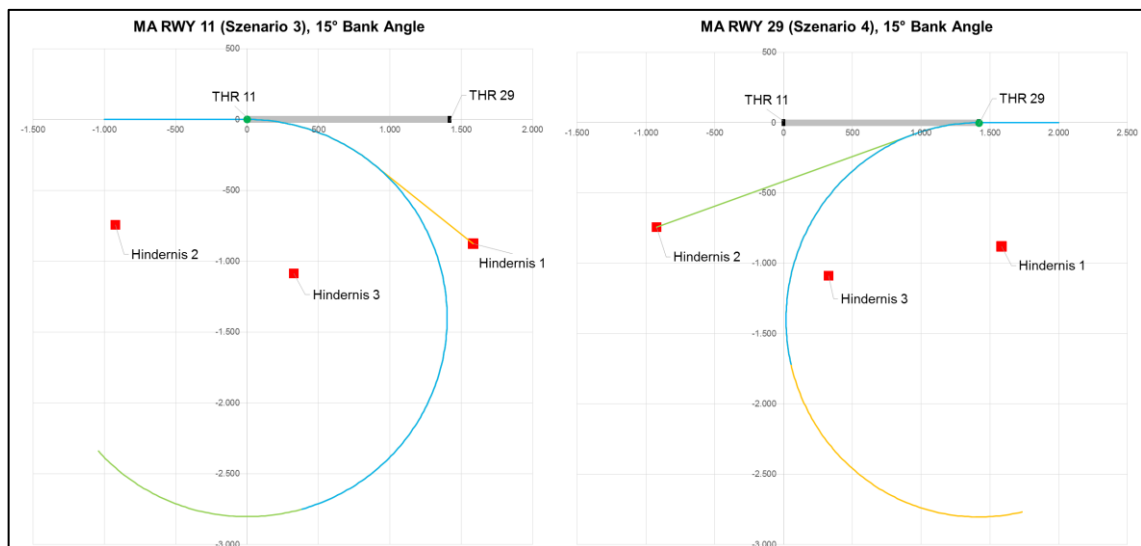


Abbildung 2: Kollisionstrajektorien mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarios 3 und 4 (links: BR 11, rechts: BR 29)

Nachfolgende Tabelle 2 zeigt zusammenfassend, welche Kollisionstrajektorien je kritischem Hindernis entsprechend der untersuchten Randbedingungen für die Gefahrenszenarios konstruiert wurden.

Szenario	Bank Angle [°]	TODR	Konstruktion von Kollisionstrajektorien		
			Hindernis 1	Hindernis 2	Hindernis 3
1	15	Min	X	✓	X
	15	Max	X	✓	X
	25	Min	X	✓	X
	25	Max	X	✓	✓
2	15	Min	X	✓	X
	15	Max	✓	X	X
	25	Min	✓	✓	X
	25	Max	✓	✓	X
3	15	-	✓	X	X
	25		✓	✓	X
4	15		X	✓	X
	25		X	✓	✓

Tabelle 2: Übersicht konstruierter Kollisionstrajektorien in Abhängigkeit der Gefahrenszenarien und sonstiger Randbedingungen<sup>3</sup>

Dementsprechend wurden insgesamt 36 zusätzliche Trajektorien für das LFZ-Muster C525C untersucht, von denen **17 einen Direktüberflug über die kritischen Hindernisse** gestatten. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen bezüglich des LFZ-Musters C525A entsprechend [1] (Kollisionstrajektorien, die Direktüberflüge ermöglichen, führen über dieselben kritischen Hindernisse). Lediglich der Verlauf sowie resultierende Wegstreckenlängen der ermittelten Trajektorien variieren geringfügig aufgrund unterschiedlicher TODR sowie Geschwindigkeiten  $v_2$  und  $v_{REF4}$ .

### 2.2.3 Stufe 3: Feststellung der Hindernisrelevanz gemäß EASA CS-23

In Entsprechung der methodischen Grundlagen zur Vertikalanalyse nach Zulassungsvorschrift CS-23 [2] wurden sämtliche Kollisionstrajektorien, die einen Direktüberflug gestatten, anhand von resultierenden Wegstrecken und Mindestwerten der Steiggradienten geprüft. Im Ergebnis resultiert für jedes Gefahrenszenario eine minimale Überflughöhe über dem jeweils kritischen Hindernis. Die Ergebnisse sind in anschließender Tabelle 3 zusammengefasst:

Szenario	LFZ-Muster			
	C525C		C525A	
	min. Überflughöhe [m]	kritisches Hindernis	min. Überflughöhe [m]	kritisches Hindernis
1	21,60	H2	17,20	H2
2	-19,72	H2	-46,70	H2
3	142,85	H1	142,80	H1
4	119,92	H2	119,90	H2

Tabelle 3: Minimale Überflughöhen C525C und C525A je Szenario der Stufe 3

Entsprechend obiger Tabelle 3 zeigt sich im Vergleich der beiden LFZ-Muster C525C und C525A zunächst, dass – abgesehen von Szenario 2 – die Überflughöhen in der gleichen Größenordnung liegen. Aufgrund der Tatsache, 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 über Grund (*Above Ground Level, AGL*) aufweisen, sind folgerichtig ausschließlich die Steiggradienten gemäß CS 23.66 [2] (entsprechend AFM) anzuwenden

<sup>3</sup> ✓ – Konstruktion möglich; X – Konstruktion nicht möglich

<sup>4</sup> C525C:  $v_2 = 117$  kt,  $v_{REF} = 118$  kt (vgl. [4])

(Minimalanforderungen gemäß CS-23 sind erst ab einer Flughöhe von 400 ft AGL anzuwenden, vgl. hierzu Tabelle 8 im Hauptgutachten [1])<sup>5</sup>. Da das LFZ C525C ggü. C525A erhöhte Steiggradienten aufweist (leistungsstärkere Triebwerke), sind die Überflughöhen größer (ca. 20 m vs. 47 m, vgl. Tabelle 3).

Nichtsdestotrotz kann auch für die C252A in Hinblick auf Szenario 2 der sichere Überflug des kritischen Hindernisses allein auf Basis der generischen Zulassungsvorgaben nach EASA CS-23 [2] nicht gewährleistet werden. Die errechneten Flughöhen unterschreiten die Hindernishöhen vertikal um etwa **20 m**.

Zusammenfassend ist als Ergebnis der Prüfstufe 3 festzustellen:

- TO 11 (Szenario 1): Überflug für C525C gewährleistet
- TO 29 (Szenario 2): Überflug für C525C nicht gewährleistet
- MA 11 (Szenario 3): Überflug für C525C gewährleistet
- MA 29 (Szenario 4): Überflug für C525C gewährleistet

Diese Unterschreitungen begründen somit eine weitere Prüfung der Kollisionsgefahr anhand Prüfstufe 4, nunmehr unter Einbeziehung kritischer Randbedingungen und zusätzlich realistischen Steuerverhaltens von Piloten, die in Form von Analogieschlüssen bezüglich der Ergebnisse gemäß Hauptgutachten [1] für das LFZ C525A erfolgt. 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.

#### 2.2.4 Stufe 4: Analogiebetrachtungen bezüglich der Feststellung von Ablagen vom Sollflugpfad mittels Versuchen im Flugsimulator

Entsprechend der Ergebnisse im Hauptgutachten [1] wurde festgestellt, dass im Rahmen der Flugsimulationsversuche sowohl im An- als auch Abflug keine Kollisionen mit Hindernissen des *Callenberger Forstes* aufgrund lateraler Flugwegablagen resultieren. 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.

Im Vergleich der beiden LFZ-Muster C525C und C525A ist zunächst festzuhalten, dass diese sich im Wesentlichen hinsichtlich der zertifizierten Luftfahrzeugmassen sowie der verbauten Triebwerkstypen unterscheiden. Diese Unterschiede sind wie folgt zusammenzufassen (vgl. [3]):

##### Maximale Startmasse:

- C525A: MTOM = 5.613 kg
- **C525C**: MTOM = 7.760 kg

Folglich verfügt die C525C ggü. der C525A über ein um 2.147 kg erhöhtes MTOM (ca. 28 %).

<sup>5</sup> Die Ergebnisse der Stufe 3 (vgl. Tabelle 3, Kapitel 2.2.3) und Stufe 5 (vgl. Tabelle 5, Kapitel 2.2.5) des Mehrstufenprüfplans sind bezüglich Szenario 2 demzufolge identisch.

Triebwerke:

- C525A: zwei *Williams International LLC FJ44-2C* mit einer Startschubkraft von  $2 \times 10,68 \text{ kN} = 21,36 \text{ kN}$ <sup>6</sup>
- **C525C**: zwei *Williams International LLC FJ44-4A* mit einer Startschubkraft von  $2 \times 16,11 \text{ kN} = 32,22 \text{ kN}$ <sup>6</sup>

Die Gesamtstartschubleistung der C525C ist ggü. der C525A somit um 10,86 kN erhöht (ca. 34 %). Zusammenfassend ist die C525C demzufolge um ca. 28 % schwerer, kompensiert diese Massenzunahme jedoch durch eine ggü. der C525A um 34 % erhöhte Schubleistung. Diese Leistungszunahme spiegelt sich – trotz erhöhter LFZ-Masse – u. a. in verbesserten Flugleistungen (höhere Steiggradienten sowie geringfügig verkürzten TODR) wider.

Für die in vorliegender Stufe 4 relevanten lateralen Flugwegablagen sind insbesondere die Flugeigenschaften (Flugmechanik/-dynamik, Flugregelung und Steuerbarkeit) von Bedeutung. Diese werden vornehmlich durch die individuellen LFZ-Eigenschaften (bspw. LFZ-Masse, Geschwindigkeiten, Schwerpunktlage, Dimensionierung und Art von Tragflächen, Steuerflächen und Auftriebsmitteln etc.) sowie der verbauten Avioniksysteme zur Flugsteuerung (Flight Management System, Flight Control Unit etc.) beeinflusst. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Flugeigenschaften der beiden Muster im Wesentlichen vergleichbar sind, da beide derselben LFZ-Familie entstammen und darüber hinaus ähnliche Dimensionen aufweisen (Länge, Spannweite etc.). Zudem sind beide nach EASA CS-23 [2] zertifiziert, sodass beide LFZ die Minimalanforderungen an Flugeigenschaften gemäß CS 23.141 ff. [2] (u. a. Steuerbarkeit/Manövrierbarkeit, Stabilität, Rollrate etc.) erfüllen. Darüber hinaus ergab eine Anfrage bei der Firma Brose als LFZ-Nutzer (hier in Person des Flugbetriebsleiters Herr Christian Vohl) entsprechend [7], dass die Flugeigenschaften generell vergleichbar sind. Weiterhin sind im Allgemeinen Flugleistungen und -eigenschaften bei Nachfolgemodellen ggü. ihren Vorgängern als verbessert zu bewerten, wie auch aus Erfahrungswerten von Piloten gemäß [7] ableitbar. So verfügt die C525C über Tragflächen mit größerer Pfeilung sowie verbesserte Klappensysteme und Avionik.

Abschließend ist demzufolge festzustellen, dass die im Rahmen der Simulationsversuche auf Basis der C525A ermittelten, unbedenklichen lateralen Ablagen in gleicher Weise auch auf die C525C übertragen werden können. Aus den o. g. Gründen hinsichtlich der verbesserten Flugeigenschaften ist überdies davon auszugehen, dass mögliche Flugwegablagen des LFZ-Musters C525C sogar geringeren Ausmaßes sind, als diejenigen der C525A.

**Im Ergebnis sind mögliche laterale Ablagen während An- und Abflug für das LFZ-Muster C525C im Rahmen von Simulationsversuchen demnach ebenfalls als unbedenklich zu bewerten, sodass eine Hinderniskollision unter den genannten Randbedingungen (vgl. [1]) auszuschließen ist.**

## 2.2.5 Stufe 5: Feststellung der tatsächlichen Überflughöhen anhand von Flugleistungsberechnungen

Im Folgenden werden die minimalen Überflughöhen anhand der Kollisionstrajektorien und Steiggradienten nach AFM (vgl. [4]) ermittelt. Eingangs zeigt nachfolgende Tabelle 4 die ermittelten, geringsten Steiggradienten (entspricht somit minimalen Überflughöhen gemäß Tabelle 5):

<sup>6</sup> unter Zugrundelegung des Standardtages sowie Meereshöhe

Szenario	Minimaler Steiggradient [%]	
	C525C	C525A
1/2	5,10 / 5,30 / 6,20	3,00 / 3,30 / 4,40
3/4	6,40	4,90

Tabelle 4: Steiggradienten zur Ermittlung der Überflughöhen der Stufe 5

Bezüglich der C525A sei zudem ergänzt, dass das LFZ grundsätzlich auch die Anforderungen der *Commuter Category* erfüllt<sup>2</sup>. Folglich sind die Steiggradienten entsprechend CS 23.57 *Take-off path* [2] für das 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> sowie *Enroute Segment* ausgewiesen und wurden demzufolge angewandt. Gemäß AFM [4] sind die Steiggradienten im 2<sup>nd</sup> *Segment* bei Querneigungswinkeln von 15° zudem um 1,10 % zu reduzieren<sup>7</sup> (Steiggradient 1<sup>st</sup> *Segment* = 5,30 %, Steiggradient Geradeausflug 2<sup>nd</sup> *Segment* = 6,20 %, Steiggradient Kurvenflug 2<sup>nd</sup> *Segment* = 5,10 %).

Im Endergebnis resultiert für jedes Referenzluftfahrzeug und Gefahrenszenario eine minimale Überflughöhe über dem jeweils kritischen Hindernis. Diese Überflughöhen sind in unten stehender Tabelle 5 ausgewiesen:

Szenario	LFZ-Muster			
	C525C		C525A	
	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis	min. Überflughöhe [m]	krit. Hindernis
1	127,14	H3	56,50	H3
2	-19,72	H2	-46,70	H2
3	214,36	H1	186,72	H1
4	186,76	H3	161,50	H3

Tabelle 5: Minimale Überflughöhen für C525C und C525A je Szenario der Stufe 5<sup>5</sup>

Entsprechend obiger Tabelle 5 zeigt sich, dass das LFZ C525C analog der C525A das jeweils kritische Hindernis der Gefahrenszenarien 1, 3 und 4 unter Zugrundelegung tatsächlicher Steigleistungen ausreichend hoch und somit sicher überfliegen kann. Hingegen kann für das Gefahrenszenario 2 der sichere Überflug des kritischen Hindernisses auch auf Basis der gemäß AFM nachgewiesenen tatsächlichen Steigleistungen der C525C nicht gewährleistet werden. Diesbezüglich unterschreiten die ermittelten Flughöhen die Hindernishöhen analog Stufe 3 vertikal um etwa **20 m**.

Zusammenfassend ist als Ergebnis der Prüfstufe 5 festzustellen:

- TO 11 (Szenario 1): Überflug für C525C gewährleistet
- TO 29 (Szenario 2): Überflug für C525C nicht gewährleistet
- MA 11 (Szenario 3): Überflug für C525C gewährleistet
- MA 29 (Szenario 4): Überflug für C525C gewährleistet

<sup>7</sup> Reduzierte Steigleistung aufgrund Lastvielfachen

### 3 Fazit der Risikoanalyse

Zur Bewertung der Kollisionsrisiken von Flugbewegungen unter Ausnahmebedingungen nach VFR und IFR erfolgte die Anwendung eines Mehrstufenprüfplans (Prüfstufen siehe Kapitel 2.1) für das LFZ-Muster C525C. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Prüfergebnisse grundlegend mit denen des Musters C525A zu vergleichen sind, wenngleich die C525C über verbesserte Flugleistungen (aufgrund der stärkeren Triebwerke, welche das gegenüber der C525A erhöhte MTOM überkompensieren) verfügt. Die festgestellten Überflughöhen über die kritischen Hindernisse liegen somit zumeist über denen der C525A.

Zusammenfassend ist dennoch festzustellen, dass nach Anwendung des Mehrstufenprüfplans auch für das LFZ C525C ein Restrisiko bei Starts in BR 29 (Gefahrenszenario 2) bezüglich der Kollision mit dem Hindernis 2 (*Hahnberg*) verbleibt. Dies wurde jedoch analog für die C525A bereits im Hauptgutachten [1] festgestellt und wurde somit bei den entwickelten Risikominderungsmaßnahmen explizit berücksichtigt.

**Die vorliegenden Untersuchungen zeigen daher im Ergebnis, dass keine weiteren spezifischen Risikominderungsmaßnahmen erforderlich sind, die alleinig auf das LFZ-Muster C525C abstellen. Alle im Hauptgutachten [1] ausgeführten Risikominderungsmaßnahmen sind folglich auch unter Berücksichtigung der C525C als ausreichend zu werten.**

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AFM</b>	Airplane/Aircraft Flight Manual
<b>AG</b>	Auftraggeber
<b>AGL</b>	Above Ground Level (Höhe über Grund)
<b>AS</b>	Aeronautical Study (Luftfahrttechnische Studie)
<b>CS-23</b>	Certification Specifications (CS) and Acceptable Means of Compliance for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes (Zulassungsvorschrift der EASA)
<b>EASA</b>	European Aviation Safety Agency (Europäische Agentur für Flugsicherheit)
<b>GfL</b>	Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH
<b>IFR</b>	Instrument Flight Rules (Instrumentenflugregeln)
<b>LFZ</b>	Luftfahrzeug
<b>MTOM</b>	Maximum Takeoff Mass (maximale Startmasse)
<b>PGVC</b>	Projektgesellschaft Verkehrslandeplatz Coburg
<b>SOP</b>	Standard Operating Procedure
<b>TODR</b>	Takeoff Distance Required (benötigte Startstrecke)
<b>VFR</b>	Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)
<b>VLP</b>	Verkehrslandeplatz

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kollisionstrajektorien C525C mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenario 2 (links: maximale TODR, rechts: minimale TODR).....	9
Abbildung 2: Kollisionstrajektorien mit Querneigungswinkel von 15° für Gefahrenszenarien 3 und 4 (links: BR 11, rechts: BR 29) .....	9

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Minimale und maximale TODR zur Festlegung von Abhebepunkten .....	9
Tabelle 2: Übersicht konstruierter Kollisionstrajektorien in Abhängigkeit der Gefahrenszenarien und sonstiger Randbedingungen.....	10
Tabelle 3: Minimale Überflughöhen C525C und C525A je Szenario der Stufe 3 .....	10
Tabelle 4: Steiggradienten zur Ermittlung der Überflughöhen der Stufe 5.....	13
Tabelle 5: Minimale Überflughöhen für C525C und C525A je Szenario der Stufe 5 <sup>5</sup> .....	13



## Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] GESELLSCHAFT FÜR LUFTVERKEHRSFORSCHUNG MBH: *Aeronautical Study zur Durchdringung von Hindernisbegrenzungsflächen bei geplantem Neubau des Verkehrslandeplatzes Coburg am Standort Meeder-Neida*. Dresden : GfL, April 2016
- [2] 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
- [3] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: *EASA Type-Certificate Data Sheet EASA.IM.A.078 – 525 (Citation Jet), Model 525C*. Issue 10, Köln : EASA, Dezember 2015
- [4] CESSNA AIRCRAFT COMPANY: *FAA Approved Airplane Flight Manual Citation CJ4 (Model 525C)*. 525CFM-05, Revision 5, Wichita, Juni 2015
- [5] 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
- [6] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: *Type Certificate Data Sheet No. A1WI – Textron Aviation Inc. 525C*. Revision 24, Washington, D. C. : FAA, Juli 2015
- [7] BROSE FLUGSERVICE ; GFL: *Telefonat mit Herrn Christian Vohl, Leiter Brose Flugservice zum Thema Flugleistungen und -eigenschaften der LFZ C525A und C525C*. Dresden, 14.09.2016