

Gutachterliche Stellungnahme

Auswirkung der Überwachung eines Platzrunden-Korridors auf die Flugsicherheit am Verkehrslandeplatz Bonn Hangelar

FH Aachen
Hohenstaufenallee 6
52064 Aachen
www.fb6.fh-aachen.de

Prof. Dr.-Ing. F. Janser

Fachbereich
Luft- und Raumfahrttechnik

Lehrgebiet
Strömungsmechanik,
Aerodynamik

Kontakt
T +49. 241. 6009 52354
F +49. 241. 6009 52834
Janser@fh-aachen.de

Datum
16.08.2013

Aktenzeichen

Auftraggeber: Ministerium für Bauen, Wohnen,
Stadtentwicklung und Verkehr des Landes
Nordrhein-Westfalens
Jürgensplatz 1
40219 Düsseldorf

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. Frank Janser
Bastian Hoeveler, B. Eng.
Talip Zeybek

Dieses Gutachten umfasst 72 Seiten.

Nachdruck und Vervielfältigung, auch in Auszügen nur mit Genehmigung des Verfassers.

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung / Zielsetzung	1
2.	Platzrunde.....	2
2.1	Flugverfahren.....	2
2.2	Rechtsgrundlagen	4
3.	Ausbildungsanforderungen an Piloten	8
3.1	Sichtfluglizenz	9
3.2	Instrumentenflugberechtigung	9
4.	Sicherheit im Luftverkehr	10
5.	Platzrunde Bonn-Hangelar	12
5.1	Beschreibung	12
5.2	Veröffentlichte Hilfestellung ortskundiger Piloten	13
5.3	Veröffentlichte Anflugkarten.....	16
6.	Geforderte Toleranzen	18
6.1	Einhaltung der Platzrundenhöhe	18
6.2	Laterale Abweichungen.....	20
7.	Erfüllbarkeit der Genauigkeitsanforderungen	22
7.1	Luftfahrzeugführer	22
7.2	Erkennbarkeit der Bodenmerkmale	26
7.3	Sicht aus dem Cockpit.....	33
7.4	Genauigkeit GPS-Navigation und Radarsysteme.....	48
7.5	Vergleich mit den Anforderungen des Instrumentenfluges.....	49

8.	Beurteilung des Messverfahrens.....	51
8.1	Messgeräte	51
8.2	Anforderungen an das Verfahren	56
8.3	Schwächen des Messverfahrens.....	56
8.4	Experimentelle Untersuchung	58
9.	Auswirkungen auf die Sicherheit	65
9.1	Zusammenstoßgefahren in der Platzrunde	65
9.2	Kontrollverlust.....	65
9.3	Einflug / Einordnen in den Platzrundenverkehr	66
9.4	Beobachtungen der Bodenaktivitäten	66
10.	Fazit.....	67
11.	Literaturverzeichnis	69
12.	Abbildungsverzeichnis.....	70

1. Aufgabenstellung / Zielsetzung

Die FH Aachen/ACIAS soll in einem wissenschaftlichen Gutachten untersuchen, ob Privatpiloten die Platzrunde am Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar mit einer Genauigkeit von ± 150 m fliegen können, wie sehr die Konzentration auf die Einhaltung dieses „Flugkorridors“ den Piloten von der Führung des Luftfahrzeuges ablenkt und welche Auswirkungen sich daraus auf die Flugsicherheit ergeben.

2. Platzrunde

2.1 Flugverfahren

Die Platzrunde, auch als „*Volte*“ oder international „*Pattern*“ bezeichnet, ist ein standardisiertes An- und Abflugverfahren für Flüge nach Sichtflugregeln (VFR = visual flight rules). Sie dient im Allgemeinen der Sicherheit im Flugplatzverkehr und unterstützt den Luftfahrzeugführer bei der Einteilung eines sicheren Landeanfluges oder beim Verlassen des Flugplatzes.

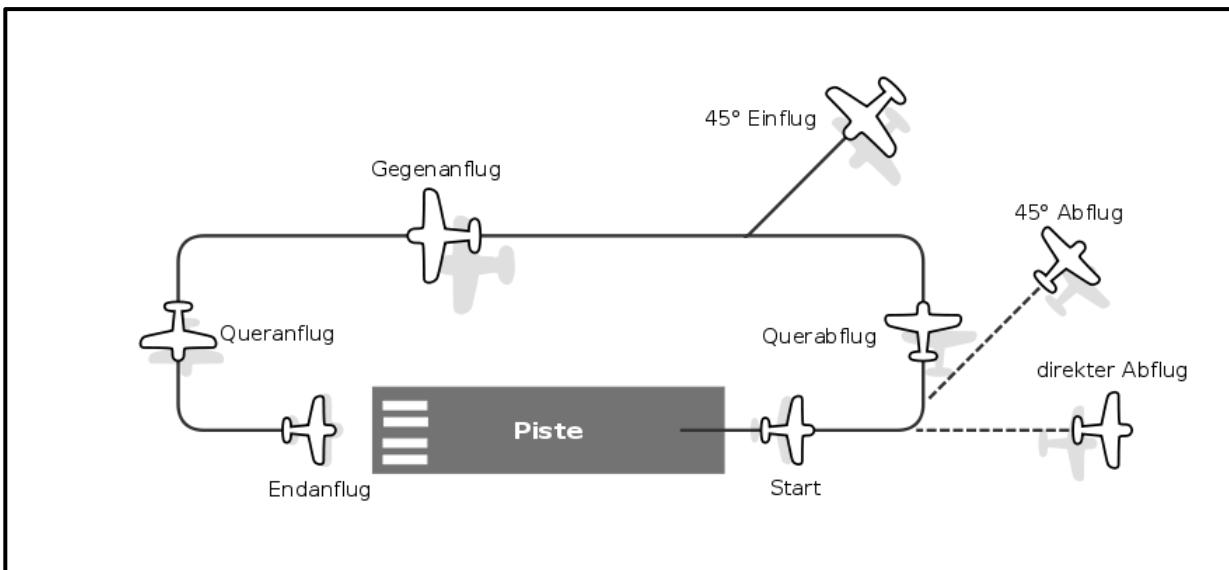


Abbildung 2.1: Skizze einer Standardplatzrunde (Quelle: wikipedia.de [1])

Die Standardplatzrunde ist in fünf Flugsegmente unterteilt:

1. Start
2. Querabflug (crosswind)
3. Gegenanflug (downwind)
4. Queranflug (base)
5. Endanflug (final)

Diese Segmente bilden, wie in Abbildung 2.1 zu sehen, ein Rechteck. Die Abstände beim Eindrehen in den Querabflug und Startbahnende sowie des Flugweges im Gegenanflug und der Landebahn betragen im Allgemeinen 1,5 km. Der Endanflug zur Piste weist eine Länge von ebenfalls ca. 1,5 km auf. In die Platzrunde wird üblicherweise im Gegenanflug eingeflogen um eine optimale Beobachtung des Platzrundenverkehrs zu haben. Verlassen wird sie im Querabflug. Üblicherweise wird die Platzrunde linksherum, also gegen den Uhrzeigersinn, geflogen. Damit hat der linkssitzende Pilot eine bessere Sicht auf den Platzrundenbetrieb und hat einen ungestörten Blick auf die Flugbetriebsflächen. Diese Beschreibungen und Vorgaben entsprechen den Empfehlungen der ICAO.

Die Detailbeschreibung der üblichen Verfahren beim An- und Abflug eines unkontrollierten Flugplatzes ist wie folgt:

Das Flugzeug startet in der Startkonfiguration. Nach dem Erreichen einer sicheren Steiggeschwindigkeit wird das Fahrwerk eingefahren. Beim Passieren einer sicheren Höhe, spätestens in einer Höhe von 500 Fuß (150 m) über Grund, werden dann die Klappen eingefahren. Nach einer Flugstrecke von ca. 1,5 km dreht das Flugzeug in den Querabflug, der 90° quer zur Bahnausrichtung verläuft und, sofern gewünscht, verlässt in diesem Platzrundenabschnitt die Platzrunde. Beim Anflug meldet sich der Pilot im Allgemeinen 5 min bis 10 min vor Erreichen der Platzrunde über Funk auf der Info-Frequenz des Landeplatzes an. Durch die Funkmeldung werden sowohl der Flugleiter des Landeplatzes als auch andere am Platzverkehr teilnehmende Piloten über seine Position und die Absichten informiert. Der Einflug in die Platzrunde erfolgt gewöhnlich im Gegenanflug. Nach dem Verringern der Geschwindigkeit werden die Landeklappen und das Fahrwerk ausgefahren. Der Gegenanflug verläuft parallel entgegen der Landerichtung zur Landebahn und wird von kleinen Flug-

zeugen solange geflogen, bis die Landebahnschwelle ca. 1,5 km oder 45° hinter dem Rücken des Piloten liegt. Die Flughöhe hierbei ist 1000ft über Platzhöhe. Ein schnelleres Flugzeug fliegt dagegen weitere 30 Sekunden, um einen langen Endanflug zur notwendigen Geschwindigkeitsreduktion zu gewährleisten. Nach dem Eindrehen in den Queranflug wird die Platzrundenhöhe verlassen und der Sinkflug zur Landebahn begonnen. Die Geschwindigkeit wird weiter reduziert. Es wird gewöhnlich auf 500 Fuß über Platzhöhe gesunken. Der Queranflug endet mit der Kurve in den Endanflug (final turn). Die Geschwindigkeit wird auf die Endanfluggeschwindigkeit reduziert und der Sinkflug so eingeteilt, dass das Aufsetzen kurz hinter der Landebahnschwelle erfolgt.

2.2 Rechtsgrundlagen

Im Folgenden werden nun die in Deutschland vorhandenen Rechtsgrundlagen für die Gestaltung von Platzrunden vorgestellt.

Zum Flugplatzverkehr gehören dabei Bewegungen von Luftfahrzeugen am Boden und in der Platzrunde. Die Regelung des Flugplatzverkehrs ist in **§ 21a LuftVO** fest verankert:

„(1) Für die Durchführung des Flugplatzverkehrs können besondere Regelungen durch die Flugsicherungsorganisation getroffen werden, wenn Flugplätze mit Flugverkehrskontrollstelle betroffen sind. In allen anderen Fällen werden die Regelungen von der für die Genehmigung des Flugplatzes zuständigen Luftfahrtbehörde des Landes aufgrund einer gutachtlichen Stellungnahme der Flugsicherungsorganisation getroffen. Die Regelungen werden in den Nachrichten für Luftfahrer (NfL) bekanntgemacht.

(2) Flugplatzverkehr ist der Verkehr von Luftfahrzeugen, die sich in der Platzrunde befinden, in diese einfliegen oder sie verlassen, sowie der gesamte Verkehr auf dem Rollfeld. Rollfeld sind die Start- und Landebahnen sowie die weiteren für Start und Landung bestimmten Teile eines Flugplatzes einschließlich der sie umgebenden Schutzstreifen und die Rollbahnen sowie die weiteren zum Rollen bestimmten Teile eines Flugplatzes außerhalb des Vorfeldes; das Vorfeld ist nicht Bestandteil des Rollfeldes.

(3) Gleichzeitiger Flugplatzverkehr von Luftsportgeräten und anderen Luftfahrzeugen bedarf der Zustimmung der zuständigen Luftaufsichtsstelle oder der Flugleitung.

(4) Auf Flugplätzen oder Geländern, die ausschließlich dem Betrieb von Luftsportgeräten dienen, gelten die Regelungen der Flugbetriebsordnung für Luftsportgeräte des Beauftragten. Absatz 3 ist sinngemäß anzuwenden."

Absatz (1) besagt, dass die zuständige Landesluftfahrtbehörde des jeweiligen Flugplatzes für den Sichtflugverkehr besondere Verfahren einführen kann, um einen sicheren und flüssigen Verkehrsverlauf zu gewährleisten. Eine erste Informationsquelle für Flugplatzverfahren ist das Luftfahrt- handbuch AIP-VFR, in dem alle wichtigen Regelungen eines Flugplatzes beschrieben sind. Alle weiteren Informationen sind der Flugplatz- benutzungsordnung zu entnehmen, welche in den Nachrichten für Luftfahrer (NfL) veröffentlicht werden.

Eine veröffentlichte Platzrundenführung existiert in Deutschland nur an Flugplätzen ohne Flugverkehrskontrolle. Diese soll im Allgemeinen

lärmempfindliche Gebiete schützen und die topographischen Besonderheiten berücksichtigen.

Der Gesetzgeber hat im NfL II 37/00 die Bestimmungen einer Standardplatzrunde für den Motorflug beschrieben.

Demnach zählen zu den wichtigen Aufgaben und Kriterien der Platzrunde und insbesondere der veröffentlichten Platzrundenführung:

- Gewährleistung der Sicherheit im Flugplatzverkehr, insbesondere bei Start und Landung sowie beim An- und Abflug
- Steuerung und Optimierung des Verkehrsflusses
- Flugführungshilfe für den Piloten im Flugplatzverkehr
- Einteilungshilfe bei der Bedienung des Luftfahrzeuges nach dem Start sowie bei der Vorbereitung und Durchführung der Landung
- Schutz lärmempfindlicher Gebiete rund um den Flugplatz.

Befinden sich Flugzeuge bereits in der Platzrunde, so haben diese grundsätzlich Vorrang vor Flugzeugen, die in die Platzrunde einfliegen wollen.

Der Flugverkehr in einer Platzrunde findet in der Regel, wie auch im vorliegenden Fall des Verkehrslandeplatzes Bonn-Hangelar im Luftraum G, einem unkontrollierten Luftraum, statt. Es findet somit keine aktive Überwachung und Steuerung des Flugplatzverkehrs durch Fluglotsen statt.

Dabei gibt es weder in nationalen, europäischen oder in internationalen Regularien eine Definition, in wie weit eine Platzrunde, die nach Sichtflugregeln geflogen wird, eingehalten werden muss. Es finden sich lediglich allgemeine Formulierungen wie zum Beispiel „die veröffentlichten

Flugbetriebsregelungen sind entsprechend § 22 Abs. 1 Nr. 1 LuftVO zu beachten und daher grundsätzlich verbindlich“ (NfL II 37/2000).

Für den unkontrollierten Sichtflug ist ein verbindlich festgelegter Flugweg nicht vorgesehen. Von daher gibt es auch keine weitere Beschreibung über mögliche und zulässige Abweichungen vom veröffentlichten Flugweg.

3. Ausbildungsanforderungen an Piloten

In der europäischen Verordnung über die Lizensierung von Luftfahrtpersonal, EU-FCL 1, werden Angaben zu den Leistungen gegeben, die ein Pilot erfüllen und im Rahmen der praktischen Flugprüfung auch nachweisen muss.

Wichtigstes Gebot ist hierbei die Vermeidung von einer Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer in jeder Situation. Dies umfasst insbesondere die Kollisionsvermeidung durch entsprechenden Sichtkontakt und eine umsichtige Flugwegführung.

In den folgenden Kapiteln werden die Anforderungen an die Piloten hinsichtlich der zulässigen Toleranzen in Abhängigkeit der jeweiligen Lizenz dargestellt.

In EU-FCL-1 ist dabei festgehalten, dass es sich bei den genannten Werten um allgemeine Richtwerte handeln, die abhängig von der Flugleistung und Flugeigenschaften des Flugzeuges sind und bei Turbulenzen auch überschritten werden dürfen.

3.1 Sichtfluglizenz

Privat Pilot License (Privatpilotenlizenz):

Ein Privatpilot muss die Flughöhe auf $\pm 150\text{ft}$ einhalten können. Der Steuerkurs und auch der Kurs über Grund dürfen nicht mehr als $\pm 10^\circ$ vom Sollwert abweichen. (EU-FCL-1)

Commercial Pilot License (Berufspilotenlizenz):

Ein Berufspilot (ohne Instrumentenflugberechtigung) muss die Flughöhe auf $\pm 100\text{ft}$ einhalten können. Der Steuerkurs und auch der Kurs über Grund müssen auf $\pm 10^\circ$ eingehalten werden. (EU-FCL-1)

3.2 Instrumentenflugberechtigung

Ein Pilot mit Instrumentenfluglizenz muss die Flughöhe auf $\pm 100\text{ft}$ einhalten können. Der Steuerkurs und auch der Kurs über Grund müssen auf $\pm 5^\circ$ eingehalten werden.

Eine Funkstandlinie im Reiseflug muss auf $\pm 5^\circ$ eingehalten werden.

Während eines Instrumentenanfluges ist eine Abweichung von der Größenordnung der halben Localizer Anzeige erlaubt, was einer zulässigen Toleranz von $\pm 2,5^\circ$ entspricht. (EU-FCL-1)

4. Sicherheit im Luftverkehr

Der Flugplatzverkehr erfordert eine erhöhte Aufmerksamkeit vom Flugzeugführer auf Grund des dichten Verkehrsaufkommens. Um alle Luftverkehrsteilnehmer für diese Situation zu sensibilisieren, wurden deshalb im Rahmen der Luftverkehrsordnung (LuftVO) besondere Vorschriften erlassen.

Die LuftVO gibt Grundregeln für das Verhalten im Luftverkehr vor.

§ 1 LuftVO:

(1) Jeder Teilnehmer am Luftverkehr hat sich so zu verhalten, dass Sicherheit und Ordnung im Luftverkehr gewährleistet sind und kein anderer gefährdet, geschädigt oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar behindert oder belästigt wird.

Zu den Rechten und Pflichten des Luftfahrzeugführers steht in

§ 3 LuftVO:

(1) Der Luftfahrzeugführer hat das Entscheidungsrecht über die Führung des Luftfahrzeugs. Er hat die während des Flugs, bei Start und Landung und beim Rollen aus Gründen der Sicherheit notwendigen Maßnahmen zu treffen.

(2) Der Luftfahrzeugführer hat dafür zu sorgen, dass die Vorschriften dieser Verordnung und sonstiger Verordnungen über den Betrieb von Luftfahrzeugen sowie die in Ausübung der Luftaufsicht zur Durchführung des Fluges ergangenen Verfügungen eingehalten werden.

Ganz besonders gilt an allen Flugplätzen der Grundsatz, sich rücksichtsvoll gegenüber den anderen Verkehrsteilnehmern zu verhalten. Der Flugplatzverkehr birgt besondere Gefahren durch eine Ballung des Verkehrs und den viel Aufmerksamkeit verlangenden Start- und Landphasen. Der Flugzeugführer ist hier sehr stark gefordert, da er neben dem sicheren Führen des Luftfahrzeuges auf Funkinformationen zu achten hat und noch den Verkehr in besonderem Maße beobachten muss.

5. Platzrunde Bonn-Hangelar

Die in Kapitel 2 gezeigte Skizze und Beschreibung beziehen sich auf eine idealisierte Platzrunde. Der reale Platzrundenverlauf an dezidierten Landeplätzen weicht jedoch teils erheblich von der oben beschriebenen idealen Platzrunde ab, so auch am Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar. Gründe hierfür sind Bauvorschriften, Hindernisfreiheit und der Lärmschutz. Ein Anflug nach Instrumentenflugverfahren ist nicht möglich. Für die Überwachung, Regelung und Einhaltung der Luftverkehrsregeln ist derzeit ein Sachbearbeiter für Luftaufsicht der Bezirksregierung Düsseldorf zuständig.

5.1 Beschreibung

Im Folgenden ist die veröffentlichte Platzrundenführung am Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar zu sehen. Diese Karte ist der VFR-AIP entnommen.

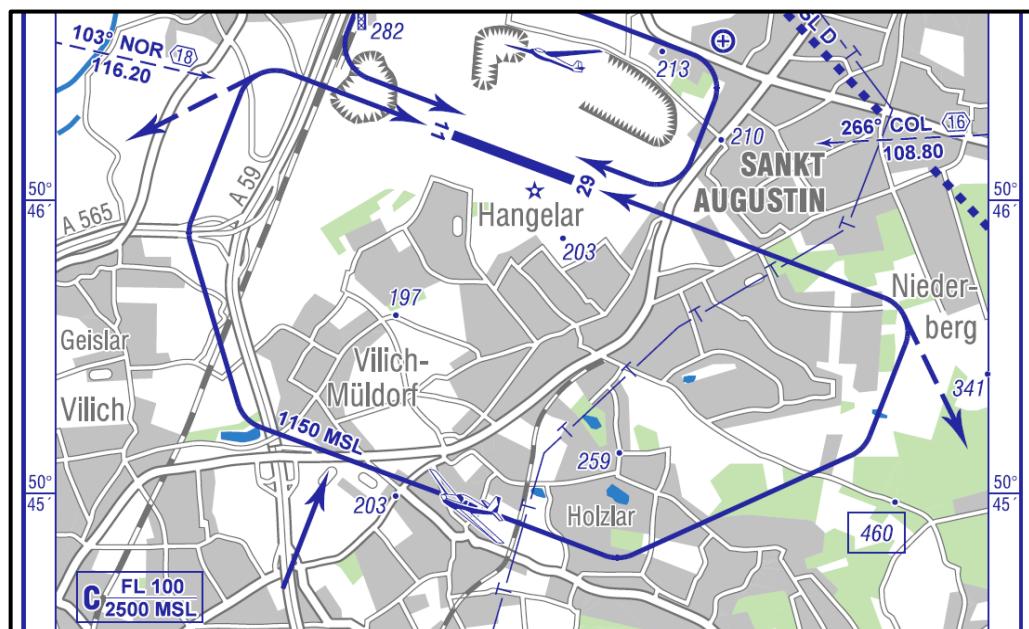


Abbildung 5.1: Platzrunde EDKB AIP-Version (Quelle: DFS AIP)

Wie man auf der Karte sieht, ist der Gegenanflug an beiden Enden aus Lärmschutzgründen verkürzt worden und es erfolgt ein schräger Einflug in den Queranflug. Die letzte Änderung ist hierbei im August 2011 in Kraft getreten, so dass die neue Platzrunde östlich von Geislar über nahezu unbebautes Gelände vorbeigeführt wird.

Die Platzrunde hat somit eine sechseckige Form (siehe Abbildung 5.1).

5.2 Veröffentlichte Hilfestellung ortskundiger Piloten

Um Piloten eine zusätzliche Hilfestellung zu geben hat der ortsansässiger Pilotenverein „*Fliegergemeinschaft Hangelar e.V.*“ folgenden Vorschlag für Start und Landung auf der Piste 11 zusammen mit der Karte aus Abbildung 5.2 in seinem Internetauftritt aufgeführt:

„Start auf der Piste 11:

1. Man nehme am Horizont den Kirchturm Rott als Ziel.
2. Nach Überfliegen der Flugplatzgrenze, den großen weißen Gebäudekomplex IV auf der linken Seite liegen lassen.
3. Wohngebiete B und C nicht überfliegen
4. Zwischen diesen beiden Wohngebieten eine Rechtskurve in Richtung Schloss Birlinghoven fliegen. Ausflug aus der Platzrunde über unbebautes Gebiet 4 in Richtung Oelberg.
5. Nach Passieren von Schloss Birlinghoven auf Kurs gehen

Landerichtung 11:

1. Mit 45° Winkel zum rechten Gegenkurs 2 an der roten Schule in den rechten Gegenanflug einordnen
2. Nach Querung Autobahn-Abfahrt B56 nach rechts 45° und der A59 folgen
3. Über BAB-Dreieck Bonn-Nord-Ost erneut 45° nach rechts parallele A59 bis zum Eindrehen ins Endteil folgen

Rechtzeitig Endanflugkurve einleiten, Platzrunde Segelflug beachten. Segelflugzeuge auf Gegenkurs“ [2]

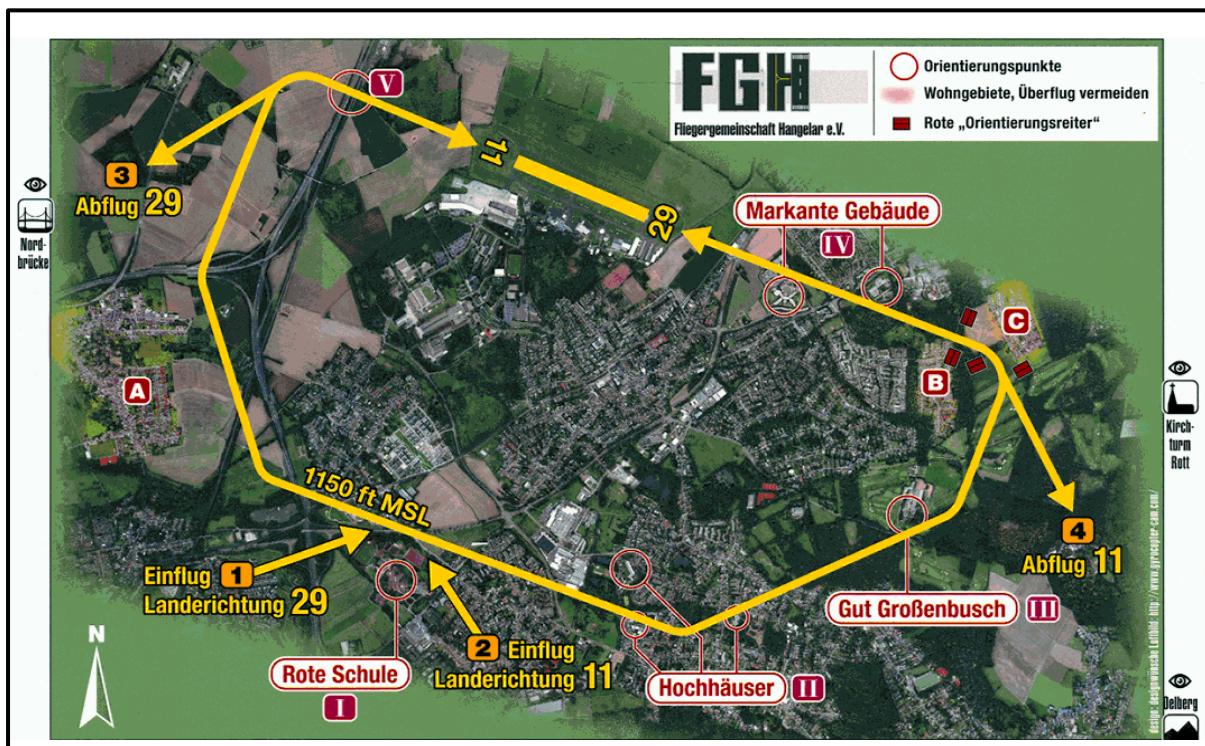


Abbildung 5.2: Platzrunde EDKB (Quelle: Fliegergemeinschaft Hangelar e.V. [2])

Wie man anhand des Beispiels gut sehen kann, erfolgt eine wirklich präzise Navigation in der Platzrunde ausschließlich durch Identifikation besonderer Geländemerkmale, die aber zum großen Teil nicht in der offiziellen Anflugkarte verzeichnet sind. Ortsfremde Piloten können nur auf die Inhalte der Anflugkarte zugreifen und diese visuell mit der Landschaft abgleichen. Flugzeugführer nehmen hierfür gewöhnlich Strukturen wie Flüsse, Eisenbahnlinien und Autobahnen oder auch Waldübergänge und Bebauungsgrenzen als Orientierungshilfe sowie auf der Karte markierte Bergkuppen, Türme und Hochhäuser. Für den ortskundigen Piloten sind diese Merkmale gut zu erkennen, aber für Flugschüler und ortsfremde Piloten stellt die Orientierung eine große Herausforderung dar, da sie die Wegmarken nicht immer zweifelsfrei identifizieren können. Doch gerade der in Bonn-Hangelar geforderte $\pm 150\text{m}$ Korridor verlangt eine äußerst präzise Flugführung.

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, muss ein Pilot, der nach Sichtflugregeln ausgebildet ist, die Flugrichtung allerdings nach den Ausbildungskriterien nur auf $\pm 10^\circ$ genau einhalten.

5.3 Veröffentlichte Anflugkarten

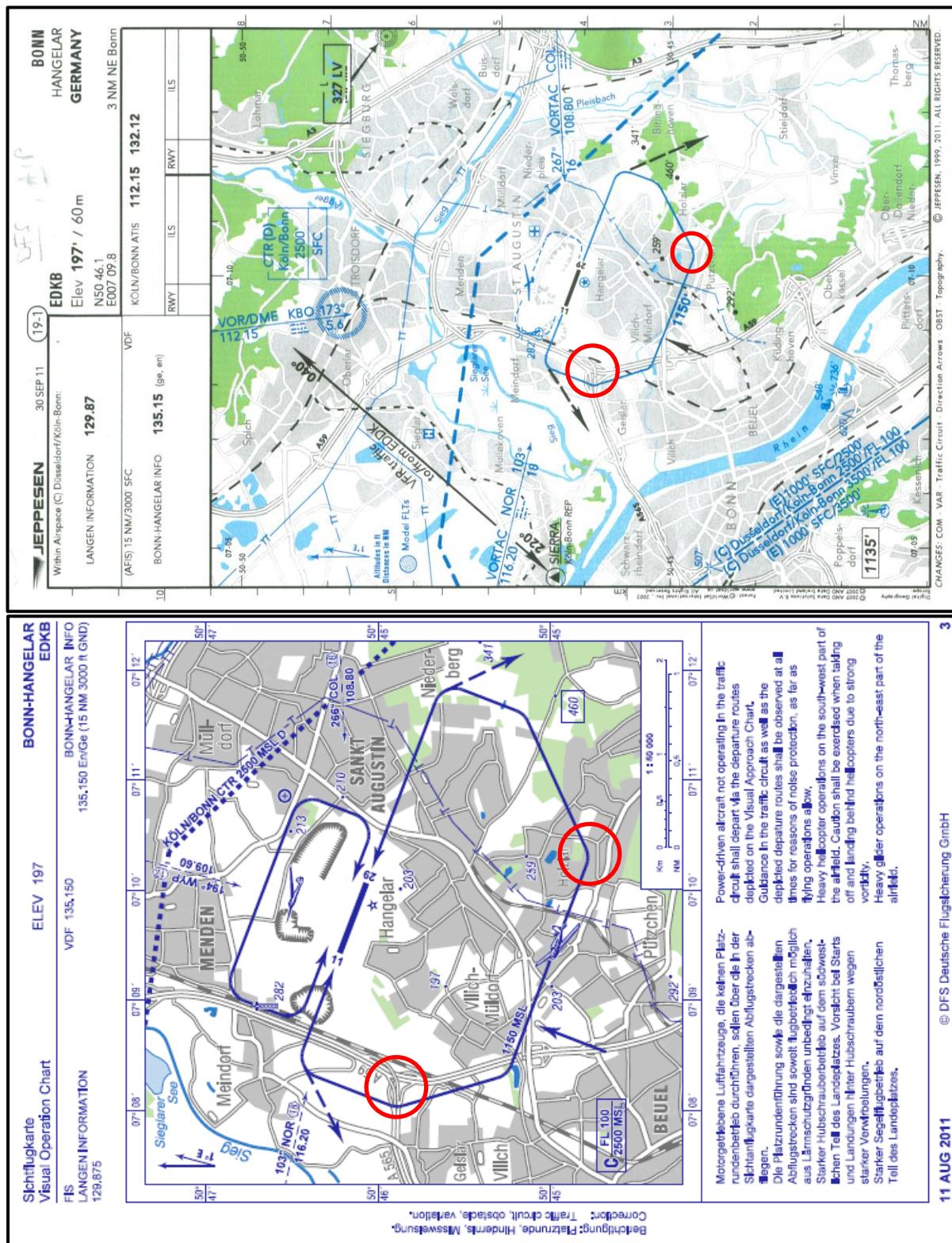


Abbildung 5.3: Vergleich Anflugkarten Jeppesen (oben) und DFS AIP (unten)

Beim Vergleich der beiden zugelassenen Anflugkarten, zum einen der Firma Jeppesen (oben) und zum anderen von der deutschen Flugsicherung (unten) sind die unterschiedlichen Maßstäbe (1:100.000 Jeppesen, 1:50.000 DFS) offensichtlich.

Hinzu kommen deutliche Abweichungen in der Platzrundenführung (blaue Streckenzüge) zwischen den Karten (rote Markierungen). Diese übersteigen bereits die von der Bezirksregierung vorgegebenen Toleranzwerte von $\pm 150\text{m}$.

Die Geländeauflösung der Jeppesen-Karte ist wesentlich größer. Im Kontext, dass Sichtflugplatzrunden weltweit als Empfehlung und Orientierungshilfe gesehen werden, ist diese Auflösung in der fliegerischen Praxis vollkommen ausreichend. Für eine hochpräzise Navigation, wie in Bonn-Hangelar gefordert, sind sie nicht vorgesehen.

Beide Kartensysteme sind für die VFR-Flugplanung zulässig.

6. Geforderte Toleranzen

6.1 Einhaltung der Platzrundenhöhe

Von an- und abfliegenden Flugzeugen am Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar wird seitens der Luftaufsicht erwartet, dass im Gegenanflug die Platzrundenhöhe von 1150 ft über dem Meeresspiegel mit einer Toleranz von -150 ft eingehalten wird, sofern die Wetterlage dies zulässt.

Die zulässige Einbautoleranz des Höhenmessers beträgt hierbei $\pm 30\text{ft}$ und der zulässige Instrumentenfehler $\pm 20\text{ft}$ (FAR 43). Die Standardabweichung (1σ Toleranz) des Laserfernglases bei 3000m Messentfernung beträgt $\pm 35\text{ft}$. Somit muss im kritischen Fall in der Realität eine sehr enge -65 ft Toleranz von dem Piloten eingehalten werden. Eine formale rechtliche Vorgabe oder ein Toleranzwert aus den Ausbildungsrichtlinien speziell für den Platzrundenverkehr existiert nicht.

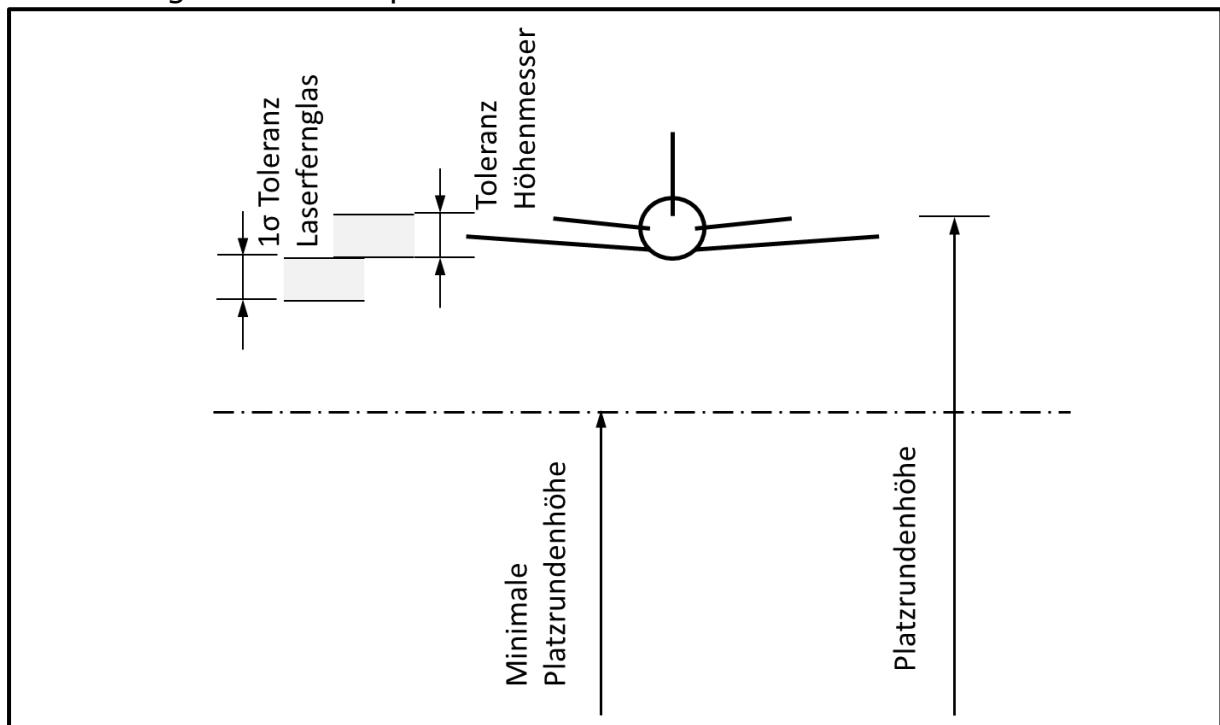


Abbildung 6.1: Höhenmesserfehler

Unberührt bleibt hiervon, dass ein Flug nach Sichtflugregeln im Luftraum G frei von Wolken erfolgen muss und dass Erdsicht gegeben ist. Flüge im Luftraum G sind somit bei einer Hauptwolkenuntergrenze von 500 GND (in Bonn-Hangelar entspricht dies 650 ft MSL) legal möglich. Somit können bei niedriger Wolkenuntergrenze sowie bei schlechter Sicht auch legal entsprechend niedrigere Flughöhen nach Ermessen des Piloten für den Anflug gewählt werden

Bei Überlandflügen soll eine Sicherheitsmindesthöhe von 2000 ft (600 m) über Grund eingehalten werden, solange die Wetterbedingungen und Luftraumstruktur es ermöglichen. Städten und Menschenansammlung dürfen nicht unter einer Mindesthöhe von 2000 Fuß (600 Meter) überflogen werden, geschlossene Ortschaften nicht unter 1000ft und die Flughöhe über Grund und Wasser soll mindestens 500 Fuß (150 Meter) betragen.

„(3) Überlandflüge nach Sichtflugregeln mit motorgetriebenen Luftfahrzeugen sind in einer Höhe von mindestens 600 Meter (2000 Fuß) über Grund oder Wasser durchzuführen, soweit nicht aus Sicherheitsgründen nach Absatz 1 Satz 2 und 3 eine größere Höhe einzuhalten ist. Überlandflüge in einer geringeren Höhe als 600 Meter (2000 Fuß) über Grund oder Wasser dürfen unter Beachtung der Vorschriften der Absätze 1 und 2 angetreten oder durchgeführt werden, wenn die Einhaltung sonstiger Vorschriften und Festlegungen nach dieser Verordnung, insbesondere die Einhaltung der Luftraumordnung nach § 10, der Sichtflugregeln nach § 28 oder von Flugverkehrskontrollfreigaben, eine geringere Höhe erfordert.“ (§6, Absatz 3 LuftVO)

6.2 Laterale Abweichungen

In einem Brief vom 23.02.2011 an die Flugplatzgesellschaft Hangelar mbH hat die Bezirksregierung Düsseldorf einen Platzrundenkorridor für Bonn-Hangelar festgelegt. Die Flugplatzgesellschaft hat demnach ihre Nutzer über die Einhaltung eines 300 m breiten Korridors zu informieren. Die Nichteinhaltung dieses Korridors werde man als Ordnungswidrigkeit ahnden:

„[...] Im Rahmen der von mir durch die Luftaufsicht durchgeführten Kontrollen lege ich grundsätzlich einen flugbetrieblichen Schwankungskorridor in einer seitlichen Ausdehnung von jeweils 150 m seitlich der Platzrundenlinie zu Grunde. Die Einhaltung dieser Korridorbreite wird im gebotenen Umfang vor Ort überwacht. Bei festgestellten Überschreitungen prüfe ich, ggf. unter Beteiligung des betroffenen Luftfahrzeugführers, ob hierfür nachvollziehbare flugbetriebliche Gründe (z.B. meteorologische, verkehrsbedingte, technische Gründe) vorliegen. Andernfalls werden ordnungsrechtliche bzw. ordnungswidrigkeitenrechtliche Schritte eingeleitet (§ 43 Nr. 26 LuftVO). [...]“

[3]

Die Bedeutung dieser Aussage ist graphisch der folgenden Abbildung (Abbildung 6.2) zu entnehmen.

Die eingezeichnete Platzrunde dient in erster Line dazu, dem Piloten eine Orientierungshilfe zu bieten. Die festgelegte Toleranz zwingt den Piloten in einem Luftkorridor von 300 m Breite zu fliegen. Dieser Korridor ist in folgender Karte blau, der Sollweg als rote Linie gezeichnet.

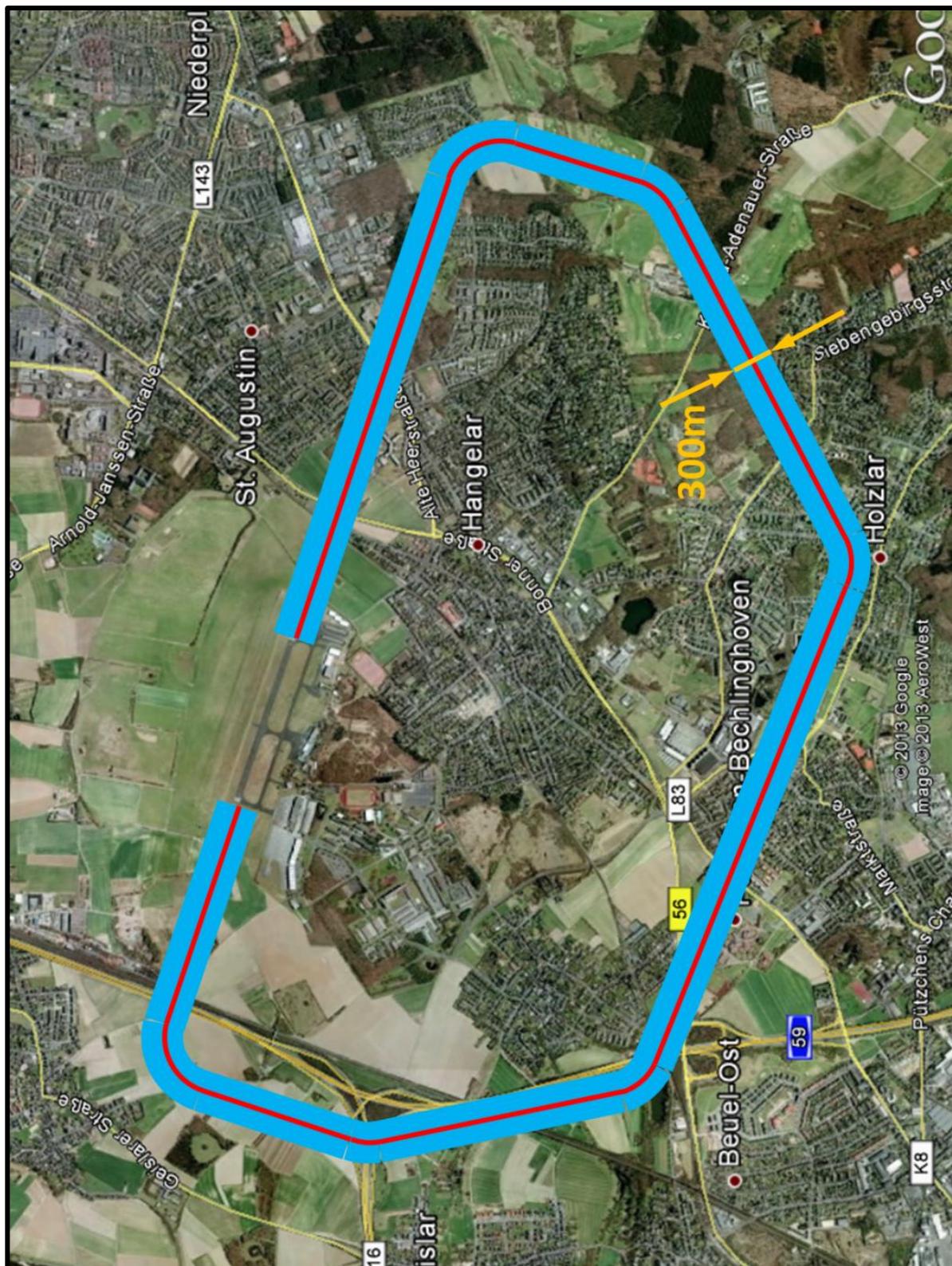


Abbildung 6.2: Platzrunde mit $\pm 150\text{m}$ Toleranz (Karte: Google Earth)

7. Erfüllbarkeit der Genauigkeitsanforderungen

In diesem Kapitel wird analysiert, inwiefern die geforderten Toleranzen seitens der Bezirksregierung in der Platzrunde erfüllbar sind, welche Anforderungen dies an die Piloten darstellt und welche Auswirkungen sich daraus auf die Sicherheit ergeben.

Als VFR-Anflug bezeichnet man einen Anflug, der von Piloten nach Sichtflugregeln geflogen wird, wie dies auch in einer Platzrunde der Fall ist. Im Gegensatz zum Instrumentenanflug (IFR approach) wird beim Sichtflug die Position im Anflug von dem Piloten visuell an Bezugspunkten außerhalb des Flugzeuges beurteilt. Dazu werden Bodenreferenzen und der natürliche Horizont genutzt. Auf diese Weise werden auch Annäherungen und Kollisionen mit anderen Flugzeugen vermieden.

Für den Sichtflug existieren meteorologische Mindestbedingungen. So muss die Sichtweite mindestens 1,5 km betragen und die Hauptwolkenuntergrenze muss mindestens bei 500 ft (Luftraum G) über Grund liegen, so dass ein Flug frei von Wolken durchgeführt werden kann.

7.1 Luftfahrzeugführer

Das Fliegen in der Platzrunde Bonn-Hangelar stellt auf Grund der besonderen Grundrissform für den Piloten eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Der von der Bezirksregierung vorgesehenen Korridor von 300m Breite entspricht auf der Anflugkarte der Firma Jeppesen in der Darstellung einer Liniendicke von nur 3mm (Maßstab 1:100.000). Dies ist in folgender Abbildung dargestellt.

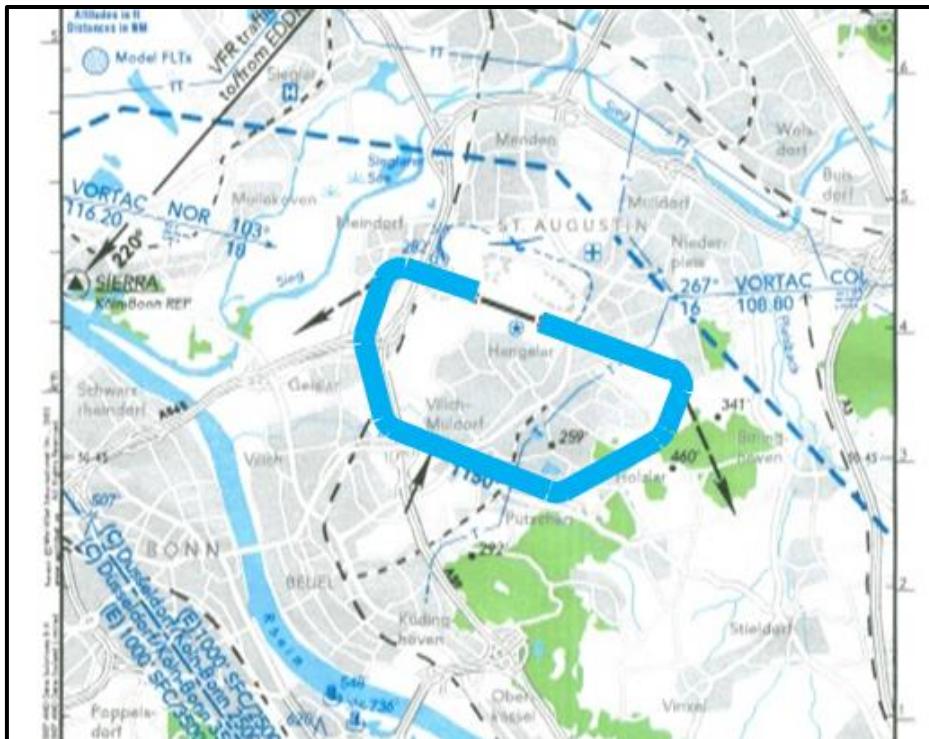


Abbildung 7.1: 3mm Korridor (Karte: Jeppesen)

Dieser Toleranzkorridor selbst ist anhand von Bodenmerkmalen nicht identifizierbar und in der Landschaft natürlich unsichtbar.

Wie aus Kapitel 5.2 ersichtlich, erfolgt eine wirklich präzise Navigation in der Platzrunde ausschließlich durch Identifikation besonderer Gelände-merkmale, die aber zum großen Teil nicht in der offiziellen Anflugkarte verzeichnet sind.

Wie in Abbildung 7.2 zu sehen ist, wird der Korridor bei einer angenommen Fluggeschwindigkeit von 90kt unter Zugrundelegung der Ausbildungstoleranz für die Kurshaltung in ca. 17 Sekunden verlassen werden, wenn der Pilot die ausbildungskonforme Richtungstoleranz einhält. Dies verlangt also vom Piloten, sich stetig anhand der Merkmale ca. alle 10 Sekunden auf der Karte neu zu orientieren (Abbildung 7.3). Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Platzrunde mehrfache

Richtungsänderungen aufweist mit beidseitig verkürzten Queranflügen sowie einem erheblich verkürztem Gegenanflug, bei dem die Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmer insbesondere wegen des ein- und ausfliegenden Verkehrs Priorität haben muss.

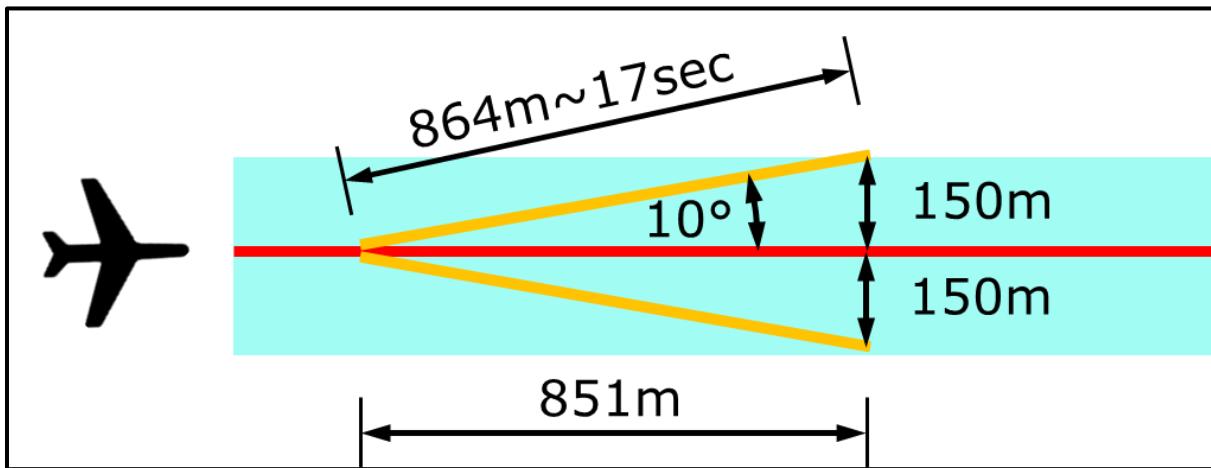


Abbildung 7.2: Abdrift



Abbildung 7.3: Platzrunde mit 10° Abdriftmarkierungen (Karte: Google Earth)

Diese besondere navigatorische Herausforderung hat unter anderem zur Folge, dass die Luftraumbeobachtung, auch Scannen genannt, enorm leidet. Das sogenannte Scannen des Luftraumes ist durch eine Serie horizontaler kurzer Augenbewegungen in regelmäßigen Abständen gekennzeichnet. Für das effektive Scannen der Blicksegmente müssen diese jeweils ca. 3 Sekunden lang beobachtet werden. Soll also ein 90°

Sektor in 6 Segmenten gescannt werden, ist der Korridor zwischenzeitlich durch die Steuerkursabweichung verlassen worden. Auch wird die Bedeutung der Luftraumbeobachtung klar, wenn man sich verdeutlicht, dass in der Platzrunde Luftfahrzeuge unterschiedlicher Geschwindigkeiten und Erkennbarkeit unterwegs sind. Tragschrauber zum Beispiel weisen eine sehr schlechte Erkennbarkeit auf. Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge fliegen sehr langsam im Gegensatz zur ein- oder zweimotorigen Flugzeugen. Hinzu kommt noch, dass über einem Siedlungsgebiet die Erkennbarkeit der Luftfahrzeuge durch mangelnde Kontraste zusätzlich erschwert wird.

In Abbildung 7.4 ist abschließend dargestellt, welche Wirkung eine 3 sec Verzögerung beim Eindrehen aus den Gegen- in den Queranflug bei 100kt Geschwindigkeit über Grund hat. Der resultierende Versatz von 153,3 m hat zur Folge, dass der Korridor verlassen wird.

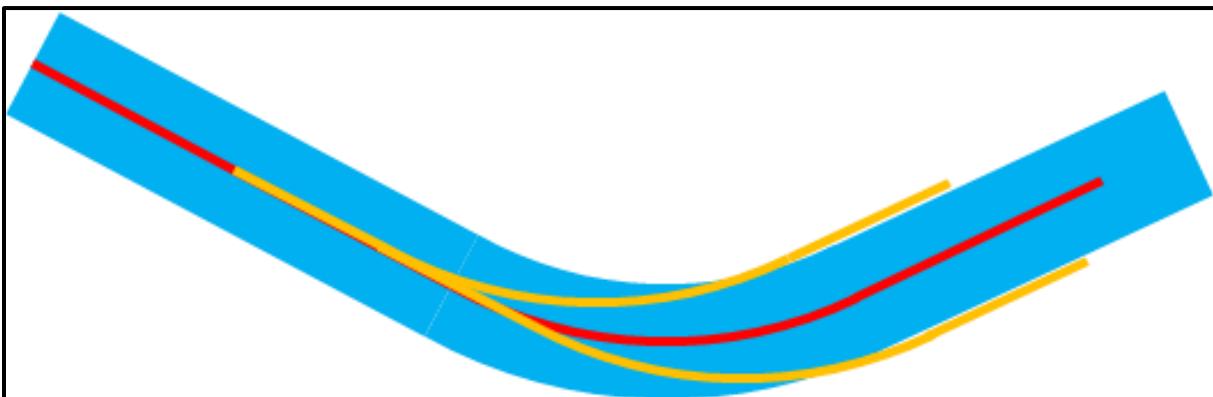


Abbildung 7.4: 3sec Abweichung beim Eindrehen aus dem Gegen- in den Queranflug

7.2 Erkennbarkeit der Bodenmerkmale

Anhand der in Abbildung 7.5 gekennzeichneten fünf Orte soll die Fliegbarkeit der Platzrunde an Hand der vorgegebenen Bodenmerkmale analysiert werden. Hierbei soll die Darstellung auf den Anflugkarten mit der jeweiligen realen Bodensituation verglichen werden.

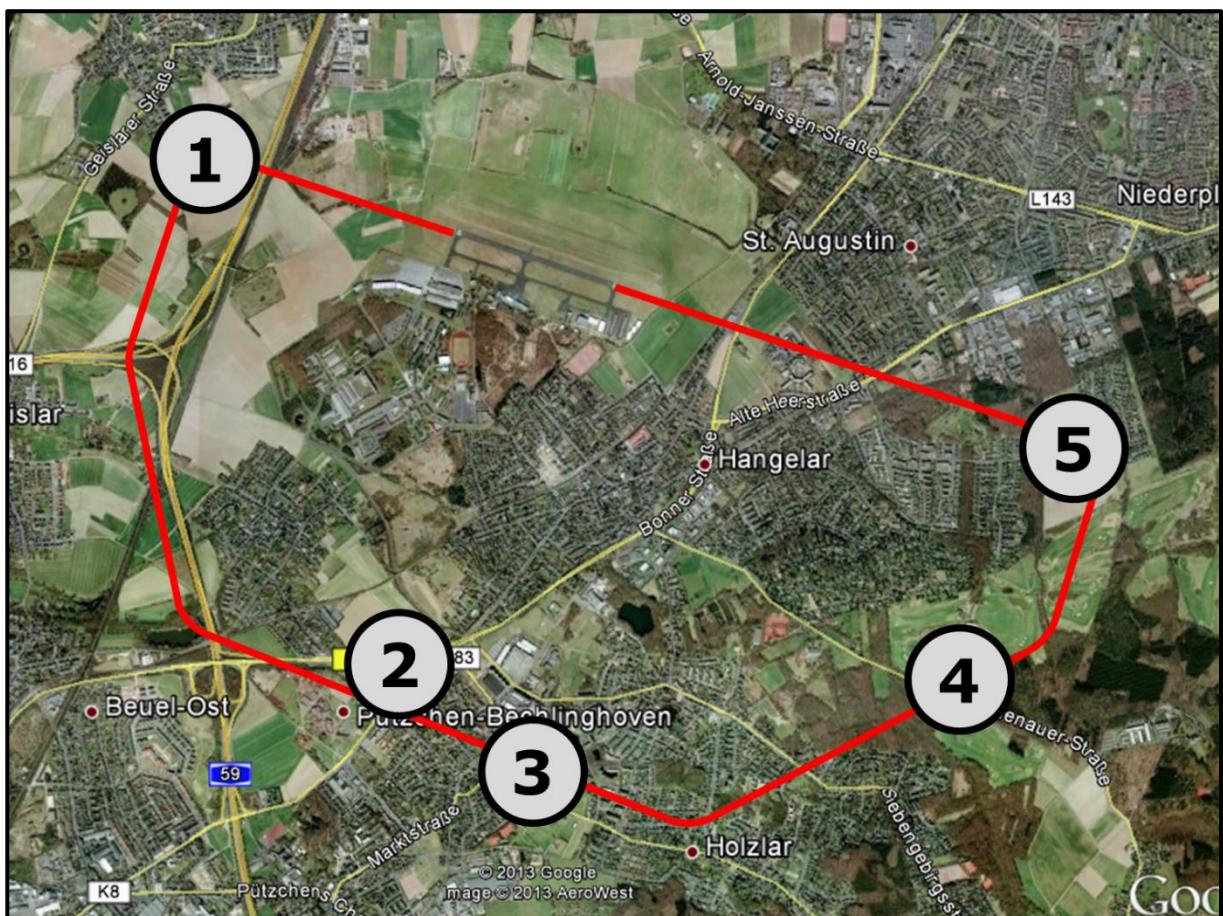


Abbildung 7.5: Bodenmerkmale in der Platzrunde (Karte: Google Earth)

An den in Abbildung 7.5 gekennzeichneten Orten wird nachfolgend jeweils der Kartenausschnitt aus der DFS AIP mit demselben Kartenausschnitt aus der Jeppesen Anflugkarte, Google Earth und Bodenfotos gegenübergestellt.

Eindrehen Querabflug

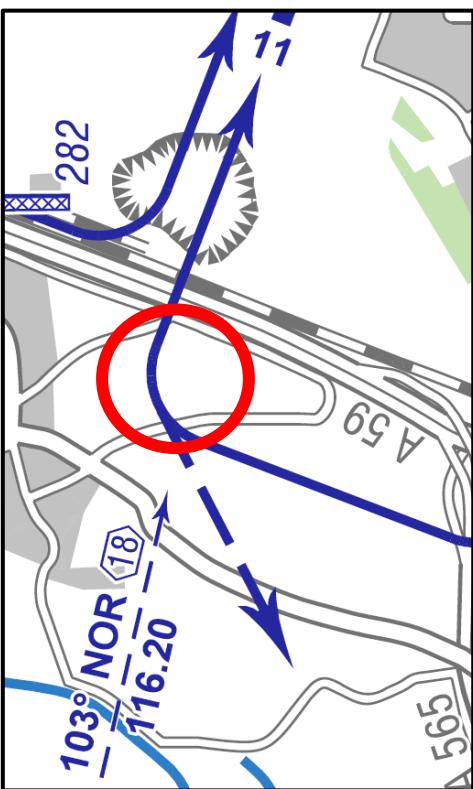


Abbildung 7.9: AIP Ort 1

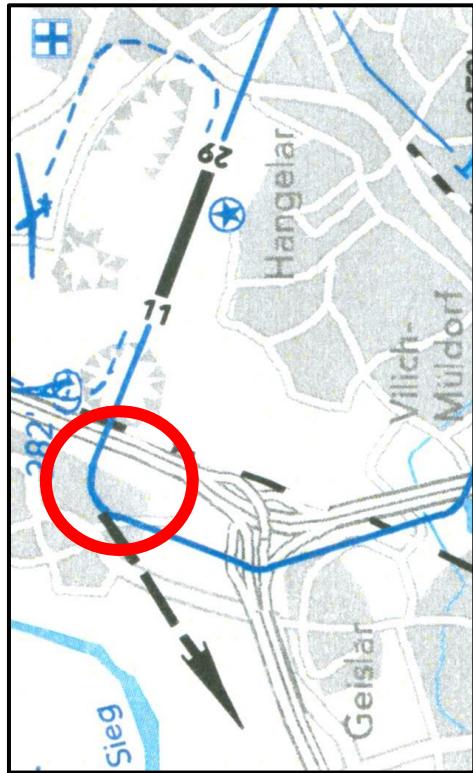


Abbildung 7.7: Jeppesen Ort 1

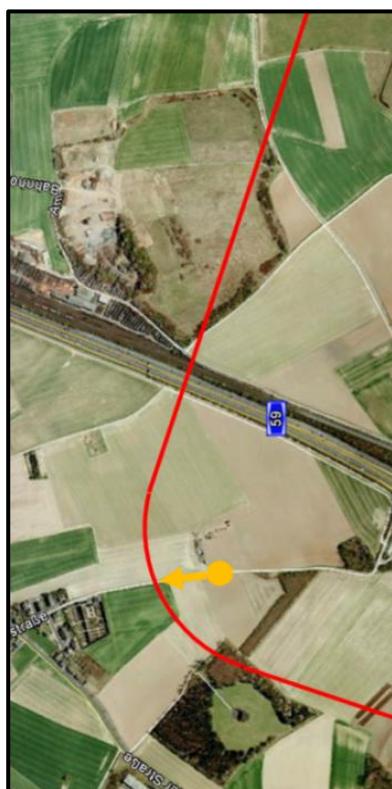


Abbildung 7.6: Kartenausschnitt Google Earth Ort 1

Am Ort 1 nahe Meindorf findet der Pilot Felder anstatt der Siedlung, wie auf der Anflugkarte von Jeppesen gezeigt.

Einflug_Gegenanflug

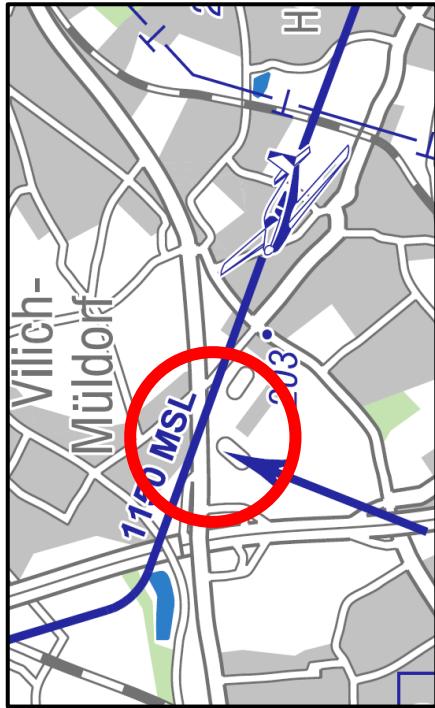


Abbildung 7.11: AIP Ort 2

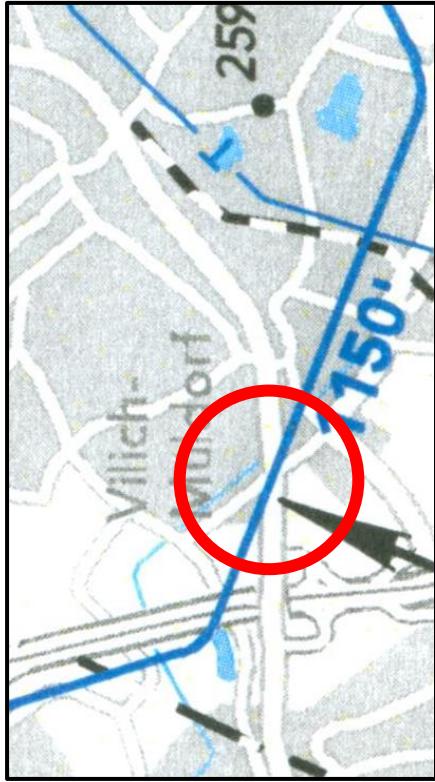


Abbildung 7.12: Jeppesen Ort

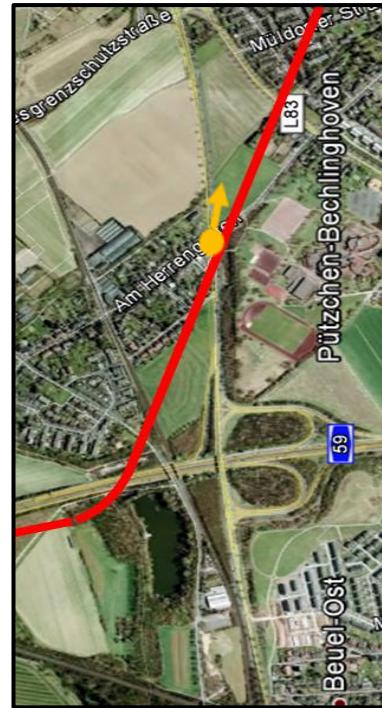


Abbildung 7.10: Kartenausschnitt Google Earth Ort

Anders als auf Jeppesenkarte verzeichnet befindet sich der Einflugort nicht direkt am Rand einer großen Ortschaft sondern zwischen Vilich-Müldorf und Pützchen-Bechlinghoven. Weder die Felder sind zu erkennen, noch der genaue Verlauf der Siedlungsgrenzen südlich des Platzes.

Querung Eisenbahn

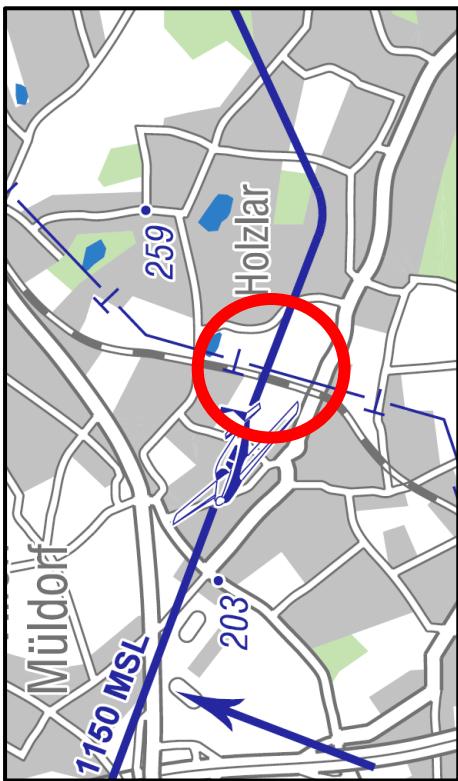


Abbildung 7.15: AIP Ort 3



Abbildung 7.16: Jeppesen Ort 3



Abbildung 7.14: Google Earth Kartenausschnitt Ort 3



Abbildung 7.17: Bodensituation Ort 3

Im Gegensatz zur Anflugkarte wird die Eisenbahnstrecke umgeben von Feldern überquert.

Queranflug



Abbildung 7.21: AIP Ort 4



Abbildung 7.19: Google Earth Kartenausschnitt
Ort 4

Dieser Ort entspricht weitestgehend der Kartenendarstellung. Das Verzeichenen der Golfplatzgebäude könnte hilfreich sein.

Platzrundenkorridor Bonn-Hangelar

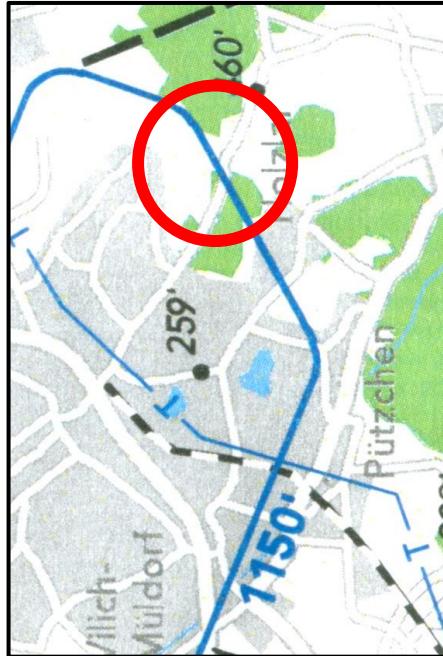


Abbildung 7.20: Jeppesen Ort 4

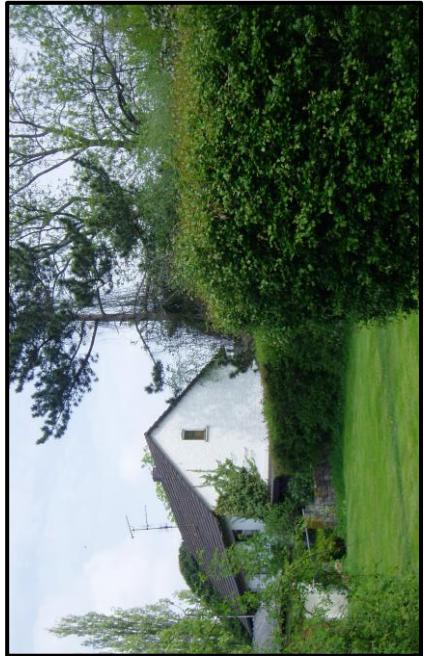


Abbildung 7.18: Bodensituation Ort 4

Das Verzeichnen der Golfplatz-

Eindrehen Endanflug

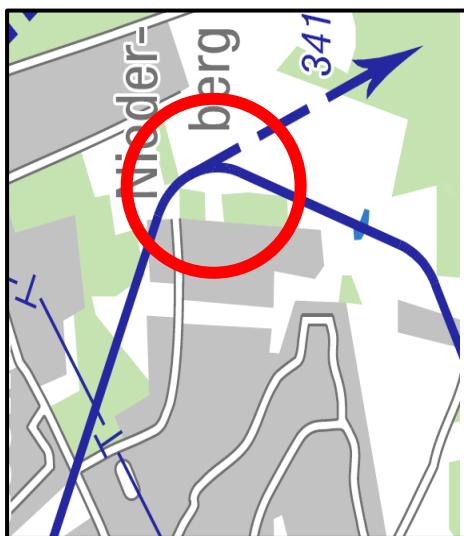


Abbildung 7.27: AIP Ort 5



Abbildung 7.28: Jeppesen Ort 5



Abbildung 7.24: 1. Markierung



Abbildung 7.23: 2. Markierung



Abbildung 7.22: 3. Markierung
Abbildung 7.25:
4. Markierung

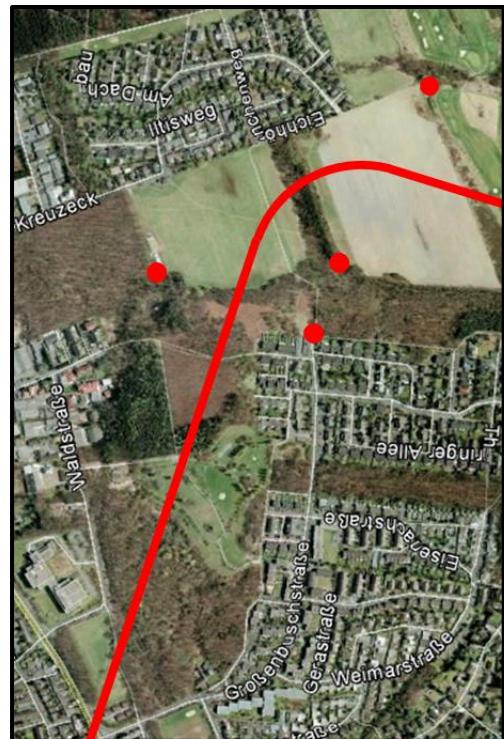


Abbildung 7.26: Google Earth Kartenausschnitt Ort 5

Am Ort 5 ist gut zu erkennen, dass die Siedlung auf der Innenseite der Kurve in der Anflugkarte gar nicht vermerkt ist.

Auch sind die orangefarbenen Markierungstafeln, die eigentlich für an- und abfliegenden Flugzeuge aufgestellt worden sind, sind nicht verzeichnet.

Diese Signaltafeln können jedoch ihren Zweck ohnehin nur unzureichend erfüllen, da sie viel zu klein, nur unidirektional sichtbar und zwischen Bäumen versteckt sind. Für ortskundige Piloten sind sie gut zu erkennen, doch gerade diese werden die Hilfestellung nicht benötigen. Ortsfremden Piloten werden sie nicht auffallen. Besonders fragwürdig ist der Zweck der ersten Markierung, da diese in Sichtrichtung des abfliegenden Verkehrs ausgerichtet ist und im Steigflug durch die schmale Waldlücke von Ästen verdeckt ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Orientierung an Hand der Bodenmerkmale außerordentlich schwierig und ungenau ist, was schnell zu einer Verschlechterung der Sichtung und Beobachtung des übrigen Platzrundenerkehrs führen wird.

7.3 Sicht aus dem Cockpit

In diesem Kapitel werden die Sichtbedingungen aus dem Cockpit typischer Flugzeuge analysiert. Die relevanten Faktoren sind zum einen das Beobachten des Verkehrs in der Platzrunde und zum anderen das Navigieren an Hand der im vorherigen Kapitel beschriebenen Bodenmerkmale.

Hierfür ist mit Hilfe von zwei Testpersonen unterschiedlicher Größe die Sicht zum Boden aus dem Cockpit bestimmt worden. Die größere Testperson ist 191 cm groß, die kleinere 173 cm.

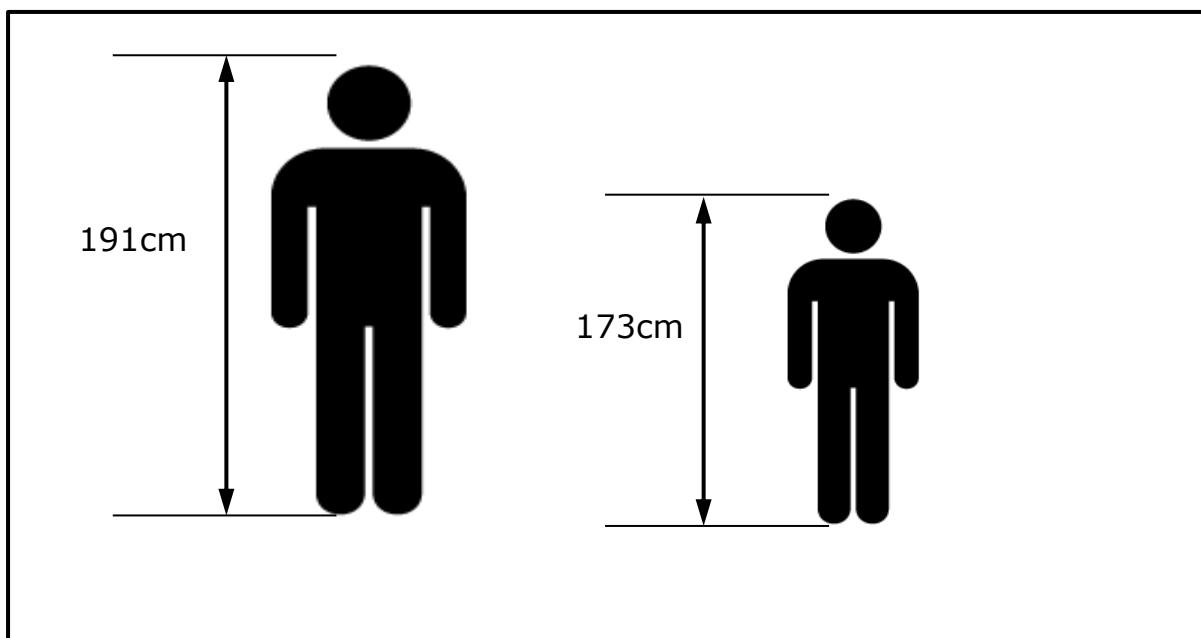


Abbildung 7.29: Versuchspiloten

Die Sicht aus dem Cockpit wurde in vier Richtungen bestimmt:

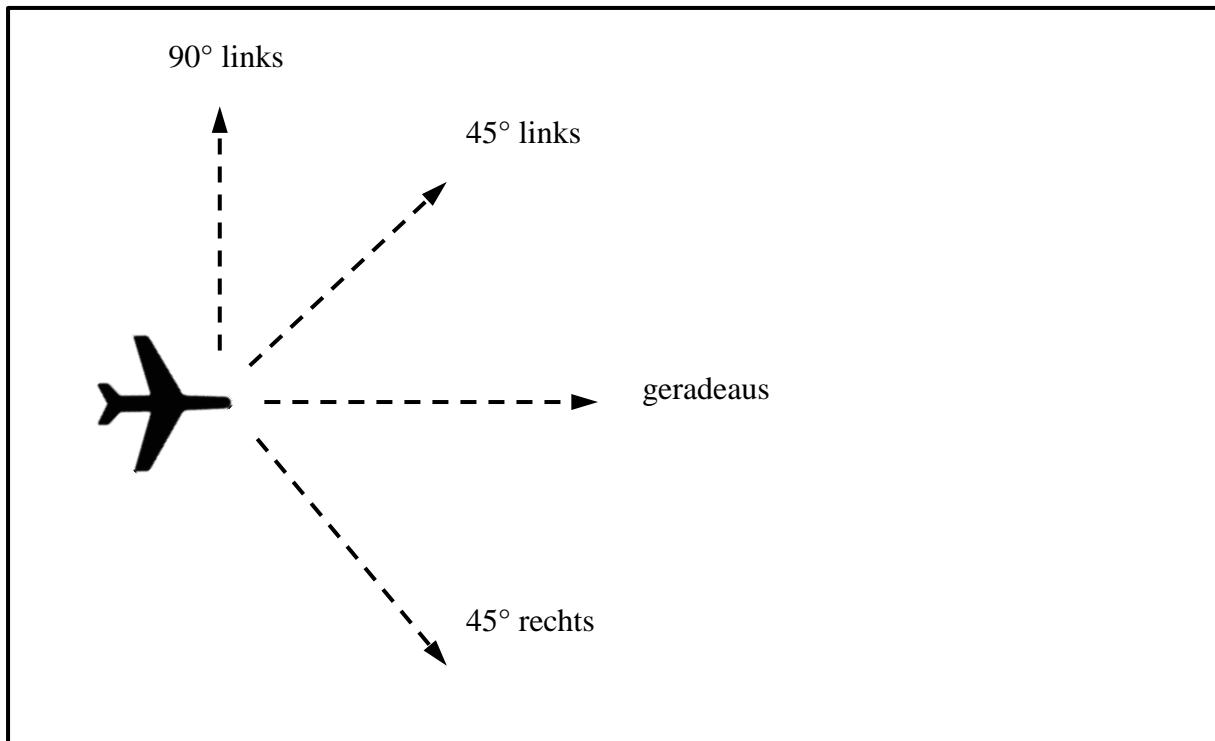


Abbildung 7.30: Blickrichtungen

Diese Richtungen sehen aus der Sicht des Piloten exemplarisch wie folgt aus. Die Fotos sind jeweils in einem viersitzigen Reiseflugzeug des Typs Piper Pa-28 aufgenommen worden.



Abbildung 7.31: Blick nach links aus dem Cockpit



Abbildung 7.32: Blick nach links vorne



Abbildung 7.34: Blick nach vorne



Abbildung 7.33: Blick nach rechts

Von der Horizontlinie ausgehend kann der Blickwinkel in Richtung des Erdbodens aus dem Cockpit errechnet werden. Mit Hilfe dieses Wertes kann die horizontale Entfernung bestimmt werden, bei der der Boden während des Fluges in Platzrundenhöhe in den jeweiligen Blickrichtungen zuerst sichtbar wird.

Hierbei ergeben sich für die drei vermessenen Flugzeuge Mooney Mo-20, Piper Pa-28 und Cessna C172 folgende Werte für den Blickwinkel und die Entfernung, in der der Boden aus einer Platzrundenhöhe von 1150 ft MSL (dies entspricht 950 ft (300m) über Bodenniveau) in der jeweiligen Richtung sichtbar wird:

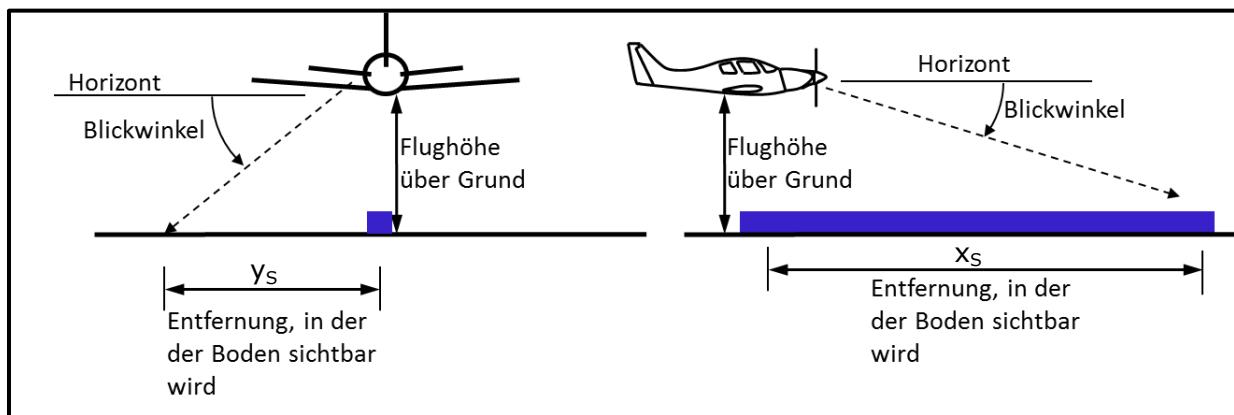


Abbildung 7.35: Blickwinkel



Abbildung 7.36: Versuchsaufbau

Luftfahrzeugtyp	Maximaler Blickwinkel horizontal		Minimale Bodenentfernung horizontal	
Piper Pa28 D-ENEU	Person A	Person B	Person A	Person B
90° links (y_s)	50°	51°	256m	247m
45° links	39°	41°	372m	354m
geradeaus (x_s)	8,5°	6,4°	2040m	2717m
45° rechts	7,2°	5,7°	2423m	3038m
Mooney M20 D-EMOH	Person A	Person B	Person A	Person B
90° links (y_s)	42°	35°	340m	434m
45° links	31,5°	26,25°	497m	618m
geradeaus (x_s)	5,2°	<0° (keine Bodensicht)	3362m	∞ (keine Bodensicht)
45° rechts	5,6°	<0° (keine Bodensicht)	3103m	∞ (keine Bodensicht)
Cessna C172 D-EWAE	Person A	Person B	Person A	Person B
90° links (y_s)	56°	58°	203m	194m
45° links	46°	48°	291m	276m
geradeaus (x_s)	8,8°	6,5°	1969m	2675m
45° rechts	20°	16°	842m	1033m

Tabelle 7.1: Ergebnisse Blickmessung

Folgende Skizze zeigt, welcher Bereich am Boden aus dem Cockpit nicht gesehen werden kann.

Der vorgegebene Flugweg durch die Platzrunde ist dabei der mittlere Strich. Die vorgegebene Toleranzbreite von $\pm 150\text{m}$ ist durch die dünnen Striche rechts und links davon begrenzt.

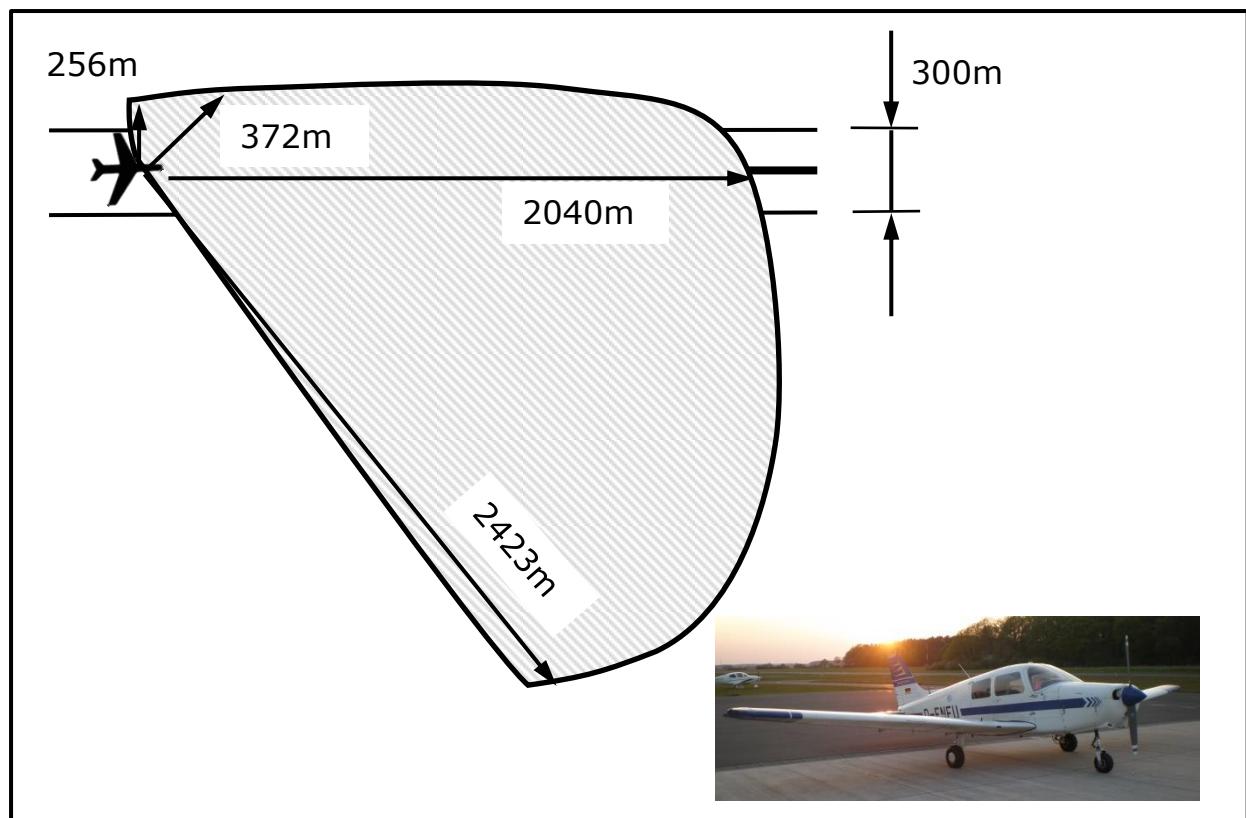


Abbildung 7.37: verdecktes Sichtfeld Pa-28 Person A

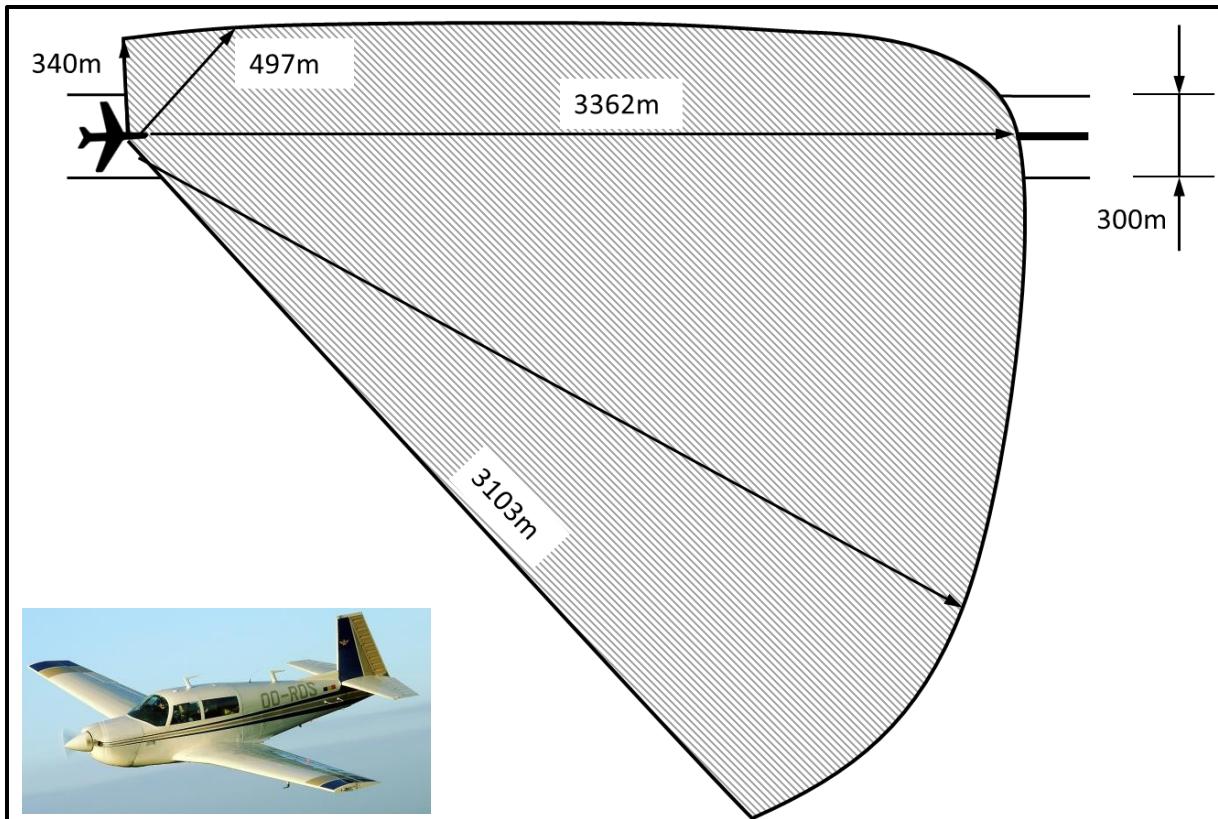


Abbildung 7.38: Verdecktes Sichtfeld Mooney Person A (Foto: Jan Vanhulle)

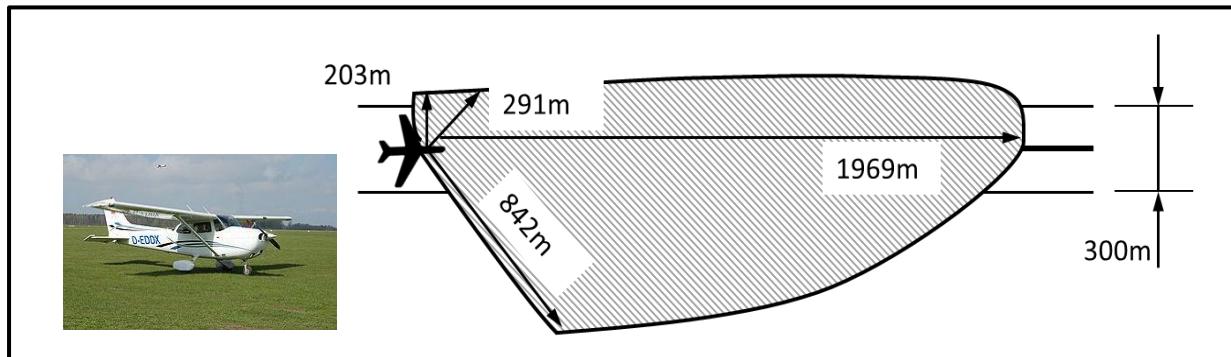


Abbildung 7.39: Verdecktes Sichtfeld Cessna C172 Person A (Foto: wikipedia.de)

Das heißt, selbst im günstigsten Fall ist der Boden beim seitlichen Blick aus dem Fenster innerhalb des $\pm 150\text{m}$ Korridors nicht sichtbar.

Daraus folgt, dass Luftfahrzeugführer zum Erkennen der Bodenmerkmale außerhalb des Korridors fliegen muss, wie mit nachfolgenden Skizzen verdeutlicht werden soll:

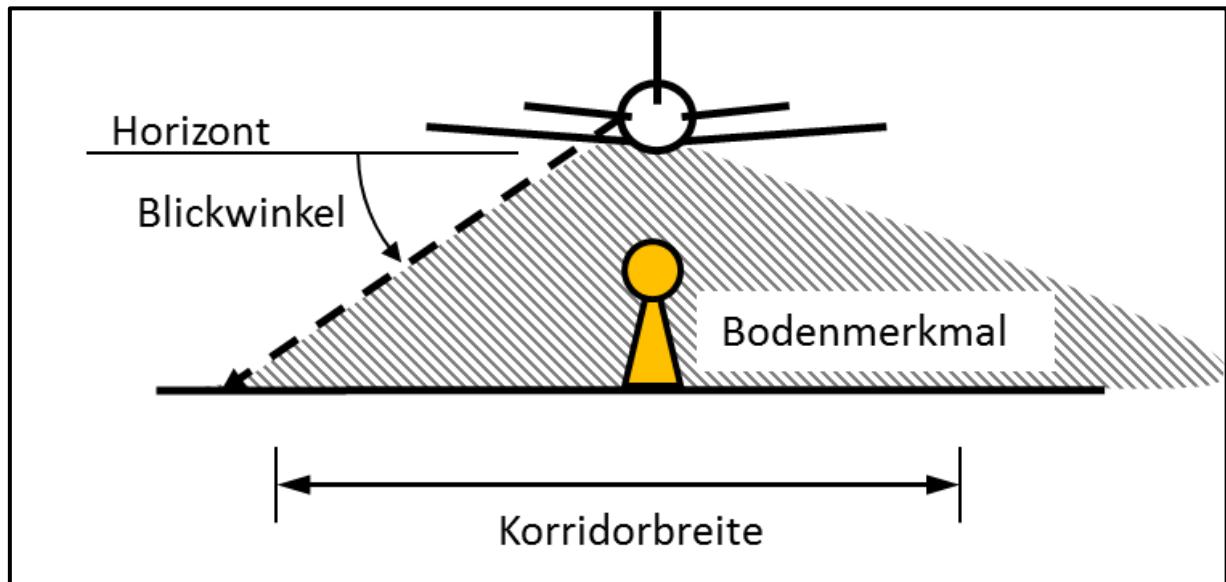


Abbildung 7.40: Flug im Korridor

Beim Flug im Platzrundenkorridor ist kein Bodenmerkmal, das sich im Korridor befindet, sichtbar, wie in Abbildung 7.40 dargestellt wird.

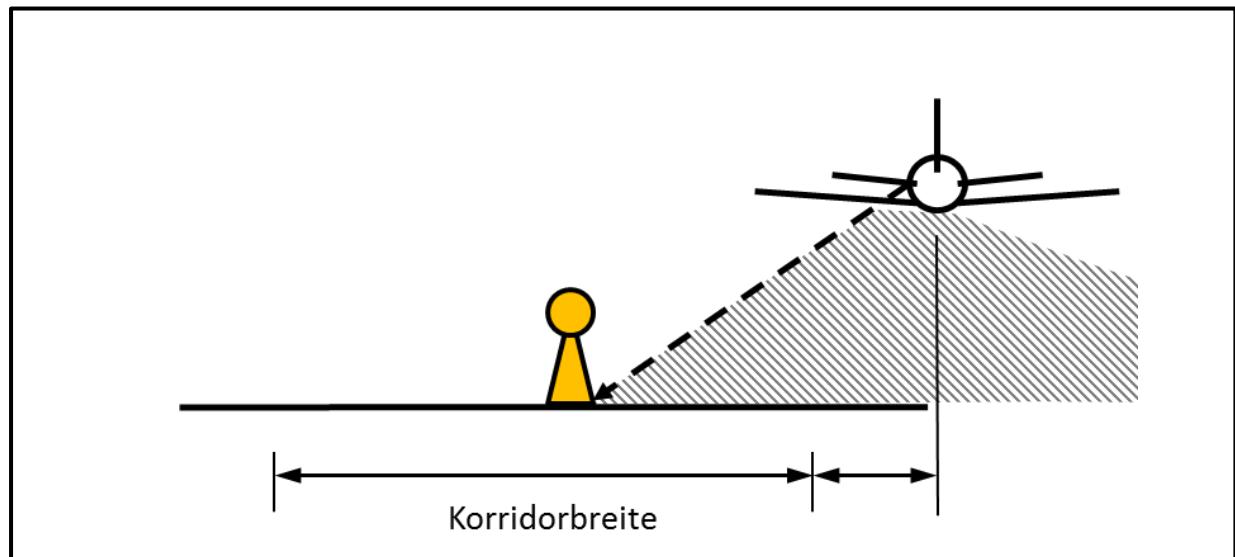


Abbildung 7.41: Bodenmerkmal sichtbar

Damit ein Bodenmerkmal, das sich exakt unter dem vorgegebenen Platzrundenkurs befindet, erkennen zu können, muss wie in Abbildung 7.41 dargestellt, der Korridor verlassen werden.

Mit diesen Ergebnissen soll nun zum Vergleich die vorgeschriebene Cockpitsicht aus den Zulassungsvorschriften für Verkehrsflugzeuge gegenüber gestellt werden. Diese ist im Advisory Circular 25.773-1 festgelegt worden.

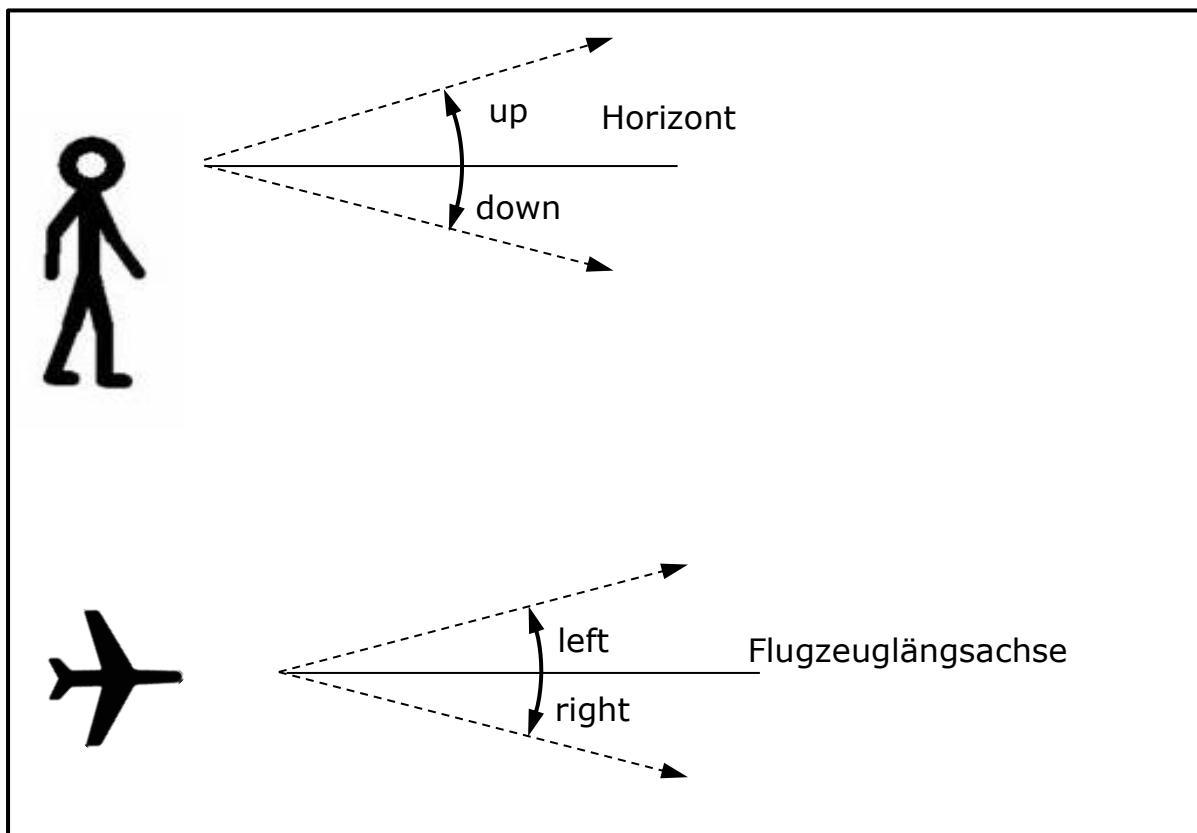


Abbildung 7.42: Definition der Sichtwinkel Advisory Circular 25.773-1

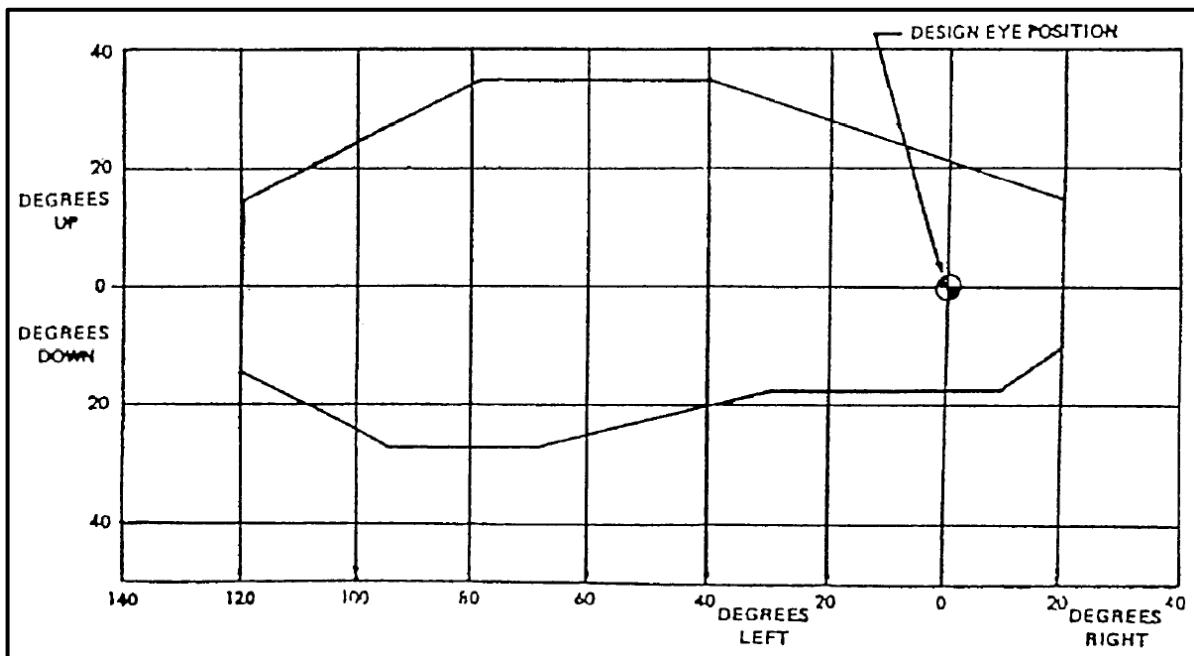


Abbildung 7.43: Anforderungen ans Blickfeld von Verkehrsflugzeugen

Offensichtlich ist die Bodensicht aus Flugzeugen der allgemeinen Luftfahrt schlechter, als die für Verkehrsflugzeuge zulassungstechnisch gefordert. Eine entsprechende Vorschrift für Kleinflugzeuge existiert nicht.

Nachfolgend wird die horizontale Sicht aus den jeweiligen Flugzeugen dargestellt.

Hierbei ist festzuhalten, dass bei den drei betrachteten Flugzeugen die Horizontalsicht sehr gut ist und lediglich durch konstruktiv notwendige Sichthindernisse beschränkt wird.

Mooney M20:

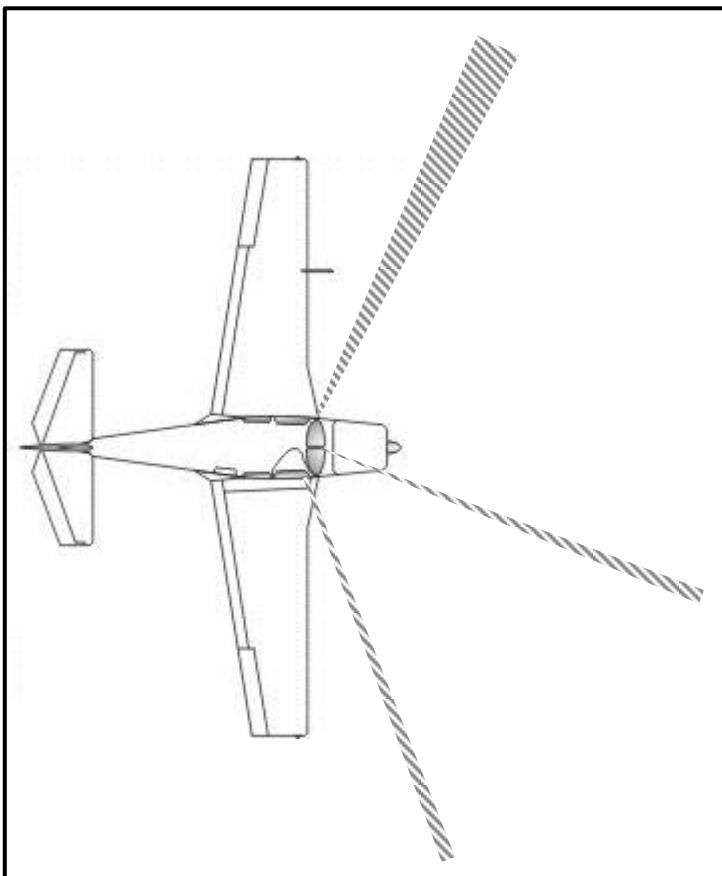


Abbildung 7.44: Sichtfeld Mooney (Quelle: Mooney)

Die horizontale Sicht der Mooney ist durch zwei seitliche Scheibenstreben beeinträchtigt.

Piper Pa28:

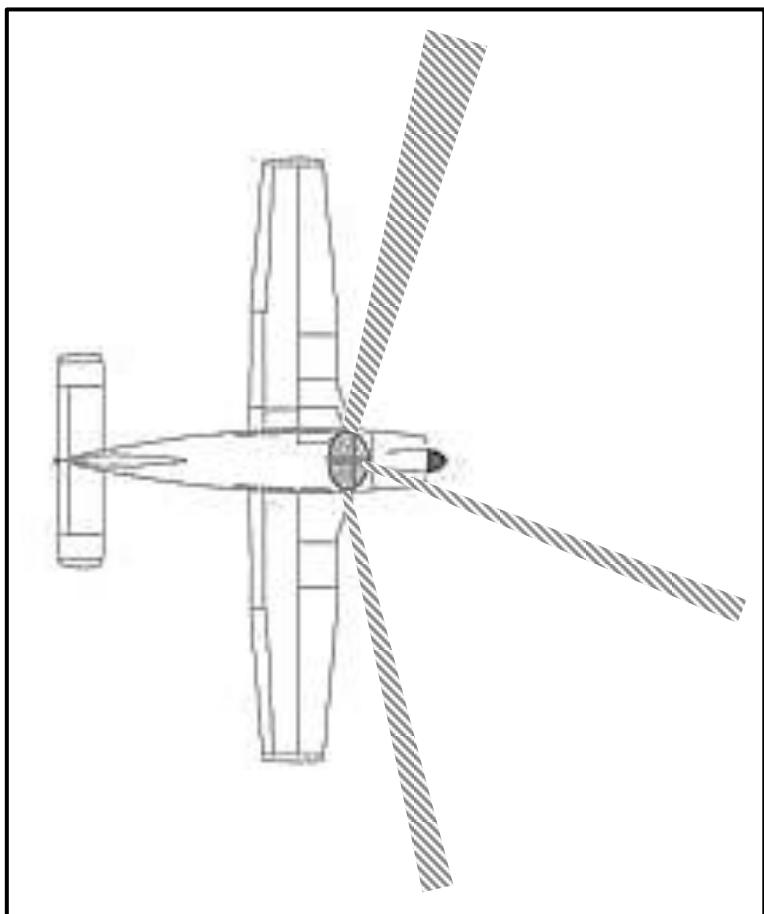


Abbildung 7.45: Sichtfeld Pa 28 (Quelle: Piper)

Die horizontale Sicht der Piper ist wie bei Mooney durch zwei seitliche Scheibenstreben und zusätzlich durch eine dritte zentrale Strebe beeinträchtigt.

Cessna 172:

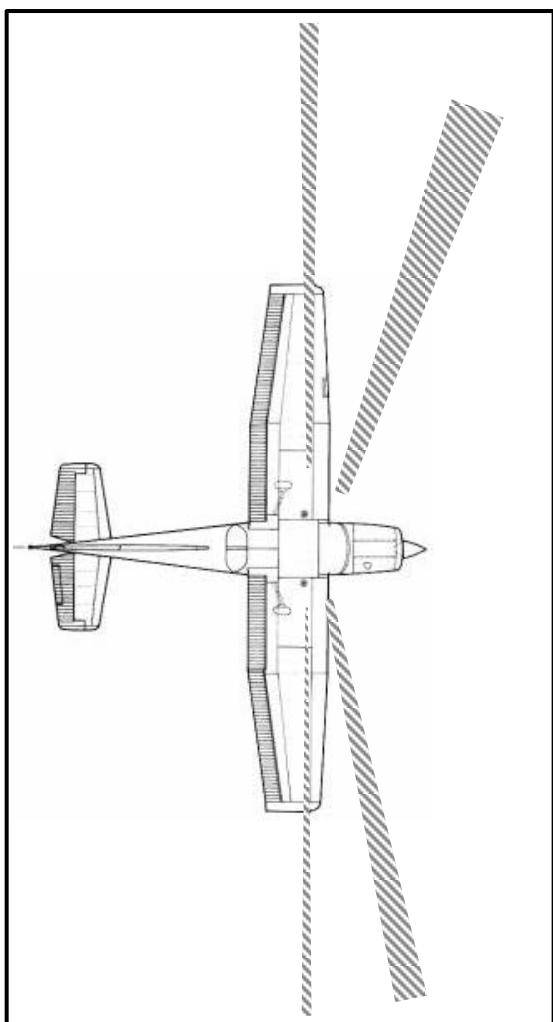


Abbildung 7.46: Sichtfeld Cessna C 172
(Quelle: Cessna)

Die horizontale Sicht aus der Cessna 172 ist durch zwei seitliche Streben und zusätzlich durch die beiden Tragflächen-Streben beeinträchtigt.

Auf Grund der beschriebenen Sichtbeeinträchtigungen ist die Luftraumbeobachtung im Allgemeinen aufwändig. Diese muss zusätzlich zu den weiteren notwendigen Anflugvorbereitungen stattfinden.

7.4 Genauigkeit GPS-Navigation und Radarsysteme

In diesem Kapitel soll als Referenz die Genauigkeit moderner Radarsysteme und Satellitennavigationssysteme dargestellt werden.

Eine Überwachung von Flugplatzradarsystemen (approach radar) erreicht unter optimalen Bedingungen $\pm 200\text{m}$, selbst das nahe gelegene Anflugradar des Verkehrsflughafens Köln/Bonn ermöglicht eine Überwachung des Platzrundenverkehrs und die Einhaltung des Korridors somit nicht.

Auch ein militärisches Präzisionsanflugradar (PAR), mit dem Anflüge von Militärflugzeugen bei schlechten Sichtbedingungen an Flugplätzen ohne Instrumentenlandesysteme ermöglicht werden, hätte nur eine Auflösung von $\pm 100\text{m}$, so dass auch hiermit eine ausreichende Genauigkeit nicht erreicht wird.

Zunehmend findet in der allgemeinen Luftfahrt Flächennavigationsausrüstung immer mehr an Bedeutung. Diese können meistens ausreichende Genauigkeiten erreichen, um eine Einhaltung des Korridors zu erzielen. Die in Deutschland zum Verkehr zugelassenen IFR-GPS-Empfänger haben nach TSO-1298(a) eine Mindestgenauigkeit von lediglich 0,3 NM, dies entspricht 555 Meter in jede Richtung. [4]

Um der Verfolgung einer Ordnungswidrigkeit in der Platzrunde zu entgehen, werden viele Piloten zunehmend dazu neigen, die Platzrunde in das GPS-Gerät einzuprogrammieren und somit eine virtuelle GPS-Platzrunde abfliegen. Das hat zur Konsequenz, dass die Aufmerksamkeit fast vollständig auf das Anzeigegerät gerichtet wird und die Luftraumbeobachtung daher enorm vernachlässigt wird. Dies ist eine latent unsichere Situation, da Platzrunden des Sichtflugverkehrs auch nicht der Hindernisfreiheit von veröffentlichten Instrumentenanflügen genügen

müssen und so eine Hindernisannäherung unbemerkt bleiben kann. Des Weiteren gehört der GPS-Empfänger nicht zur Mindestausrüstung und somit nicht einsatzbereit mitzuführen.

7.5 Vergleich mit den Anforderungen des Instrumentenfluges

Wie im Kapitel 6.1 bereits erwähnt, schreibt die Bezirksregierung Düsseldorf, eine Toleranzbreite von $\pm 150\text{m}$ für die Einhaltung der Platzrunde vor. Dies entspricht der höchstzulässigen Abweichung von 2 NM vor der Landebahnschwelle im Endanflug eines Instrumentenfluges. Jedoch benötigt der Instrumentenanflug spezielle Hardware, die aufwendig kalibriert sein muss. Diese Ausrüstung ist in einem normalen VFR-Flugzeug nicht vorhanden. Von den Piloten wird hierbei jedoch erwartet mit höherer Präzision als bei einem Instrumentenanflug zu fliegen.

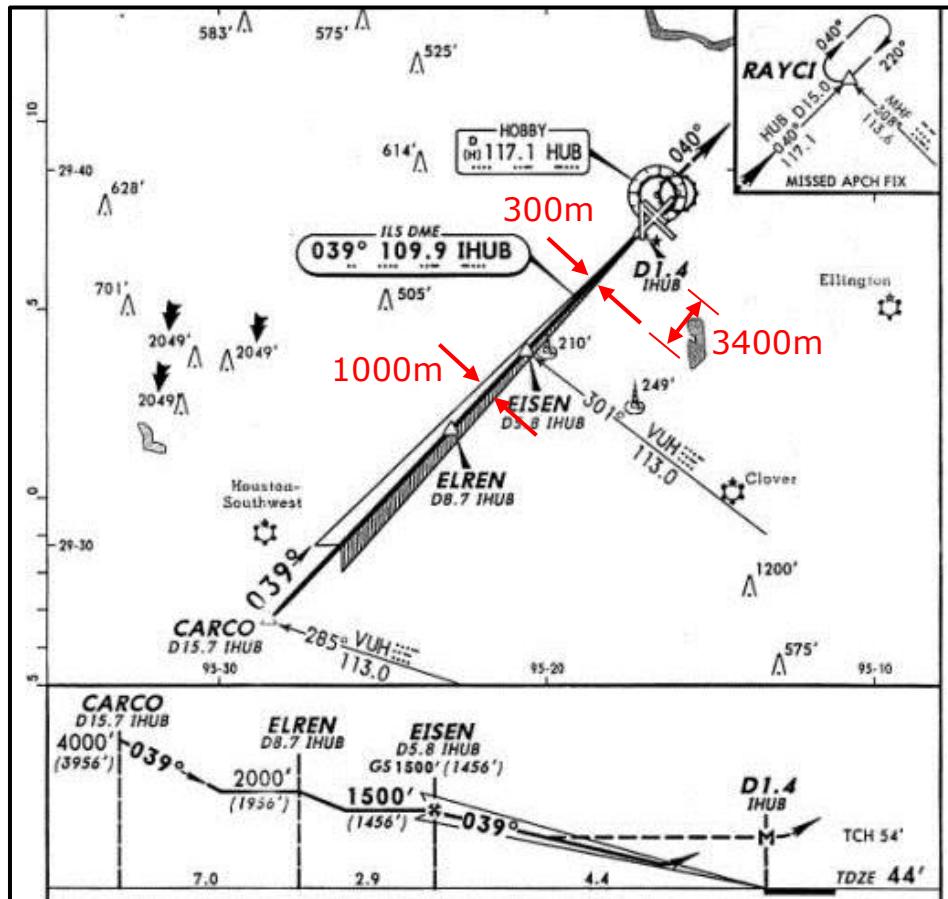


Abbildung 7.47: ILS approach chart (Quelle: NTSB)

Toleranzwerte für die Einhaltung eines Platzrundenkurses finden sich für das Instrumentenfluganflugverfahren „circling approach“. Hierbei sinkt das Flugzeug entgegen der Landerichtung bis es sich in Sichtflugbedingungen befindet, um dann nach visuellen Referenzen den Anflug nach einem Platzrundenverfahren durchzuführen. Im ICAO Doc 8168 ist hierbei für „visual manoeuvering using prescribed track“ (visuelles Navigieren entlang eines vorgeschriebenen Kurses über Grund) für Flugzeuge der CAT A (Anfluggeschwindigkeit unter 100kt) die zulässige Toleranz zur Einhaltung des vorgegebenen Flugweges mit $\pm 1400\text{m}$ angegeben. Für diesen Flugweg ist für Kurven ein Kurvenradius von 1,28 km vorgesehen (hängt von Geschwindigkeit ab und entspricht einer Querneigung des Flugzeuges von 12°). Anzumerken ist, dass diese Werte für Piloten mit Instrumentenflugberechtigung gelten, die einen deutlich höheren Ausbildungsstand aufweisen als Piloten mit einer Sichtfluglizenz.

8. Beurteilung des Messverfahrens

Das von der Bezirksregierung benutzte Lasermess-Fernglas soll dazu dienen, die Position eines Flugzeuges in der Platzrunde zu bestimmen. Die Luftaufsicht Düsseldorf überprüft damit, welche Flugzeuge von der vorgeschriebenen Linie abweichen, damit gegebenenfalls ein Ordnungswidrigkeitsverfahren eingeleitet werden kann.

8.1 Messgeräte

Die von der Luftaufsicht angewendeten Messgeräte sind Laser-Entfernungsmesser, die auf Halbleiter-Dioden-Technologie basieren. Eines dieser Messgeräte ist das *VECTOR Laser Rangefinder*.

Technische Daten des Gerätes:

Binokulare Beobachtung	ja
Vergrößerung	7x
Sehfeld	120m/6.75°
Objektivdurchmesser	42mm
Fokus	Fix
Einteilung Strichplatte	5m
Elektr. Zielmarke (rotes LED-Quadrat)	ja
Abstand der Austrittspupille	18mm
Dioptrieeinstellung	>+/- 4 dpt
Min. Augenabstand	58.5mm
Max. Augenabstand	71.5mm
Schutz geg. 1064nm LASER	>4 Optische Dichte

Tabelle 8.1: Laserfernglasdaten [5]

Das Gerät ist ausgestattet mit vier integrierten Instrumenten:

1. Laser-Entfernungsmesser: Abstandsmessungen von 5 m bis über 25 km; je nach Sichtbedingungen und Art des Ziels
2. Digitaler Kompass: Zur Anzeige von magnetisch Nord- bzw. Kartenazimut in Grad, Gon oder Strich
3. Neigungsmesser: Messungen von Vertikalwinkel im Bereich von -45° bis $+45^\circ$
4. Nachtsichtfunktion: Messung auch bei Nacht oder schlechten Lichtverhältnisse möglich

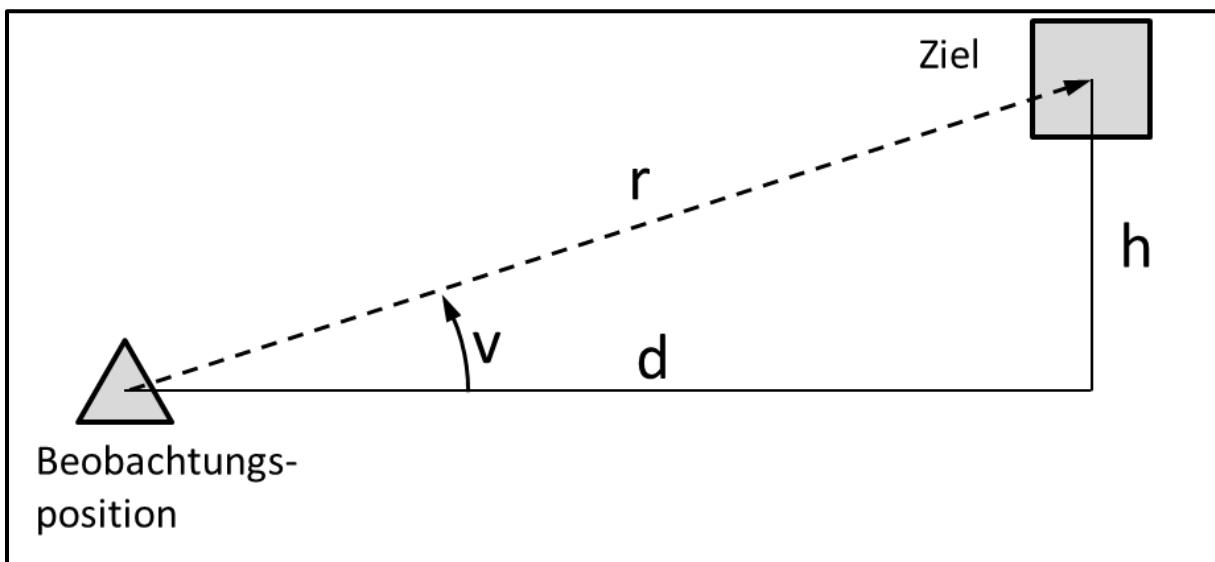


Abbildung 8.1: Lasermessung Skizze

Abbildung 8.1 zeigt schematisch die Positionsbestimmung in Abhängigkeit von r =range (Schrägdistanz), v =Vertikalwinkel (Neigung), a =Azimut (Richtungswinkel), h =Höhendifferenz

Das Gerät verfügt im Sehfeld über eine Strichplatte und eine Zielmarke.

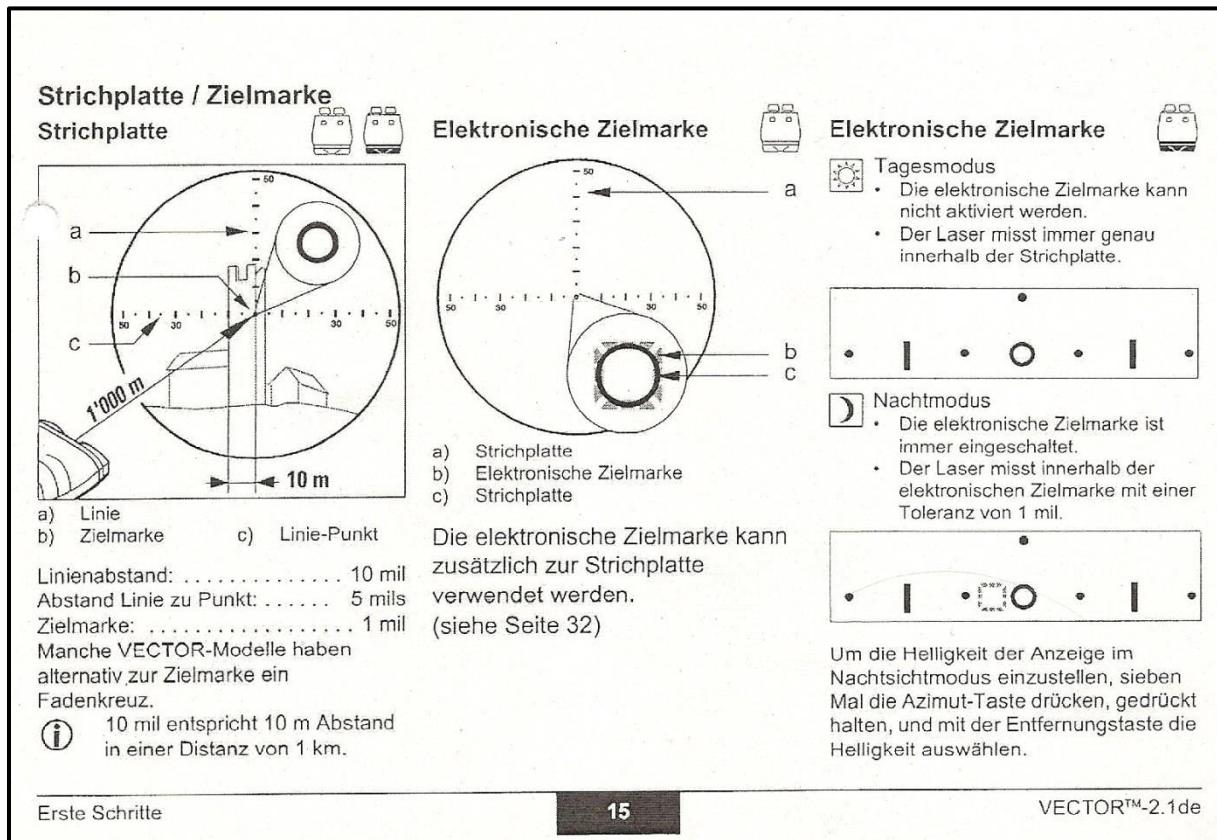


Abbildung 8.2: Zielmarkierung Laserfernglas (Quelle: Vectronix)

In einer Distanz von 1km entsprechen die Linienabstände im Fadenkreuz 10m, Abstand von Linie zu Punkt 5m, die Zielmarke hat eine Größe von 1m. Zudem verfügt das Gerät über eine elektronische Zielmarke, die jedoch nur bei Nachtmodus aktiviert werden kann.

Bedienung wie folgt:

Zum Messen einer Distanz, dies kann auch in einer Schräglage sein, hält man die Taste „Distanz“ gedrückt und visiert das Objekt an. Nach dem Loslassen wird dann im Sehfeld die Entfernung angezeigt.

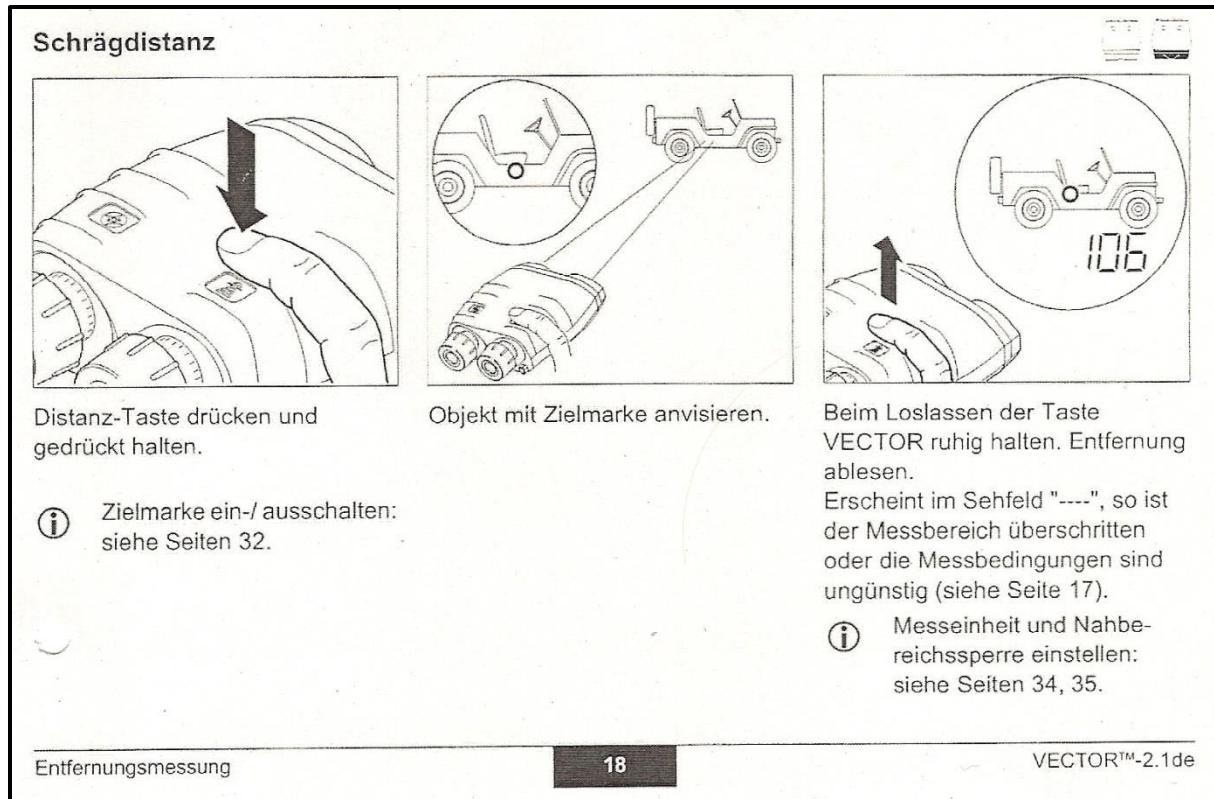


Abbildung 8.3: Distanzmessung (Quelle: Vectronix)

Ferner kann auch eine kombinierte Messung aus Distanz, Azimut und Neigung durchgeführt werden. Dazu werden beide Tasten gleichzeitig gerückt und gehalten, das Objekt anvisiert. Nun erscheint im Sehfeld der aktuelle Azimut, welcher zweimal pro Sekunde aktualisiert wird. Das Luftfahrzeug legt in dieser Zeit in dieser Zeit bei 90kt Fluggeschwindigkeit 93m zurück.

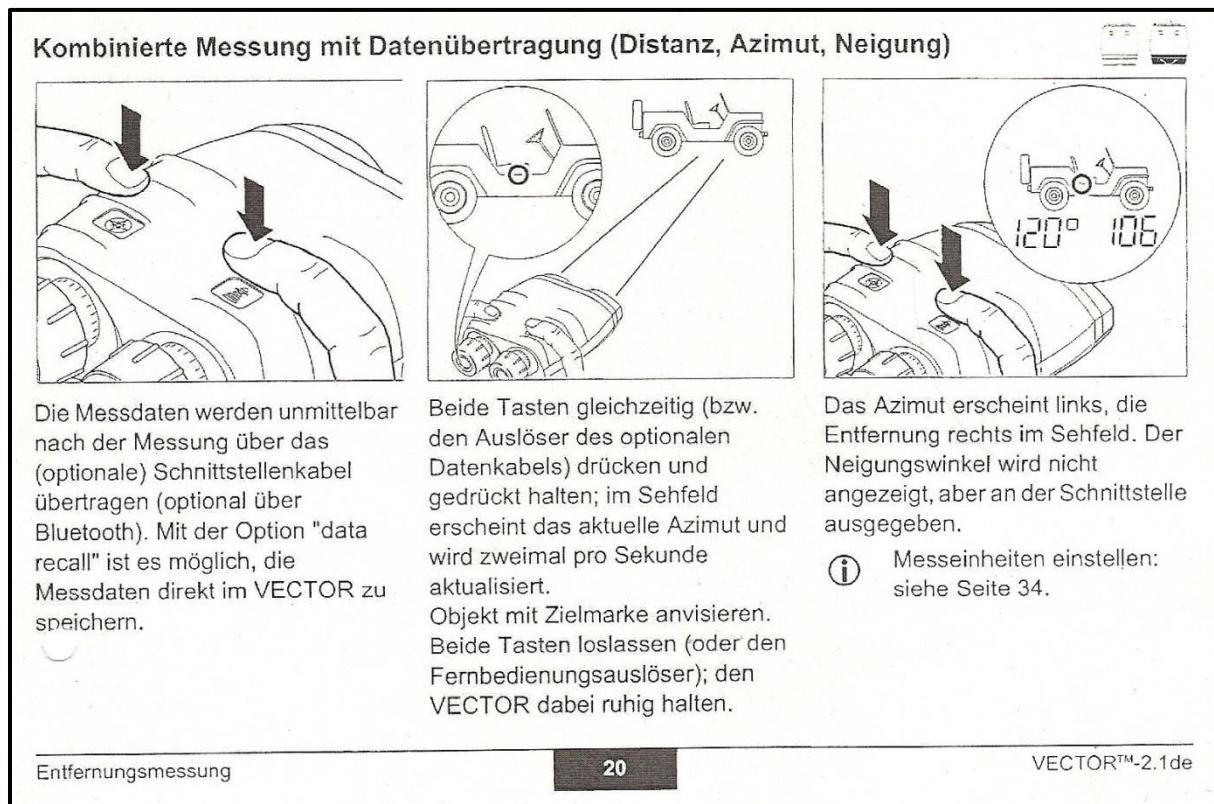


Abbildung 8.4: Messung Laserfernglas (Quelle: Vectronix)

Wie im Bild wird der Azimut links und die Entfernung rechts angezeigt.

Mit dem Gerät lassen sich auch horizontale und vertikale Distanzen zwischen zwei Objekten bestimmen. Dazu wird der erste Punkt angepeilt, im Sehfeld als 1-P bestätigt, dann wird zweiter Punkt anvisiert. Als Ergebnis erscheinen dann im Sehfeld rechts die vertikale Distanz und links die horizontale.

Wichtig bei den gesamten Messungen ist, dass man das Messgerät während des Anvisierens ruhig hält, ansonsten können Messfehler entstehen. Dies ist nur bei Stativmessungen realistisch.

Nach der Messung können die Messdaten über eine Schnittstelle oder Bluetooth an einen Computer übertragen werden. Mit der Option „data recall“ ist es möglich, die Messdaten direkt im VECTOR zu speichern.

Ein anderes Gerät, welches für die Messung der Flugzeuge in der Platzrunde benutzt wird, ist das andere Modell „Leica VECTOR AERO“. Dieses Gerät verfügt fast über dieselben technischen Merkmale wie das Modell Rangefinder. Der Unterschied liegt lediglich in seiner Leistung. Das „Leica VECTOR AERO“ misst Entfernung von 5m bis 6km. Sein Messbereich für Vertikalwinkel beträgt -35° bis +90°. Als Zielmarke dient ein rotes Quadrat, welches in der Mitte des Sehfeldes bei Bedienung leuchtet.

8.2 Anforderungen an das Verfahren

An das Messverfahren für die Überwachung der Platzrunde werden folgende Anforderungen gestellt:

- Die Messdaten müssen bei identischen Rahmenbedingungen jederzeit unabhängig vom Nutzer reproduzierbar sein.
- Die Messdaten müssen auch in einer dynamischen Situation und unter ungünstigen optischen Rahmenbedingungen präzise sein

8.3 Schwächen des Messverfahrens

Der Hersteller setzt voraus, dass die Betreiber auf diese Geräte trainiert sind und mit der Bedienung und den Gerätehinweise vertraut sind, andernfalls können leicht Fehlfunktion sowie Instrumentenfehler entstehen. Ferner dürfen die Geräte nicht in der Nähe von elektrischen Anlagen eingesetzt werden.

Der digitale Kompass im VECTOR hat dieselbe Funktionsweise wie ein Magnetkompass, deshalb ist es gegen Metallgegenstände, magnetische Felder und Elektrogeräte sehr empfindlich. Aus diesem Grund schreibt der Hersteller vor, dass während der Messungen gegenüber Elektromasten ein Mindestabstand von 55m einhalten soll. Fahrzeuge können die Messungen innerhalb von 10m beeinflussen. Handys, Uhren und Kopfhörer sollten einen Mindestabstand von halben Meter bewahren.

Der Kompass muss aufwendig vor und nach der Benutzung kalibriert werden. Gründe für die Kalibration können sein:

1. Batteriewechsel
2. Das Gerät ist starken magnetischen Feldern ausgesetzt
3. Metallteile sind am Gehäuse befestigt z.B. Stativ
4. Standortwechsel grösser als 20km
5. Wechsel zu unterschiedlichem Geländetyp
6. Temperaturschwankungen von mehr als 20 Grad

Die Kalibration sollte keinesfalls im Gebäude, sondern möglichst im freien Gelände zum Beispiel auf einer Wiese mit ausreichendem Abstand zu Bauwerken und metallischen Gegenständen erfolgen. Diese können auch Rohre und Leitungen sein, die im Untergrund verlaufen.

8.4 Experimentelle Untersuchung

Bei einer experimentellen Untersuchung mit einem Laserfernglas, das baugleich zu den von der Bezirksregierung verwendeten Ferngläsern ist, haben die Gutachter vom Südteil des Verkehrslandeplatzes Aachen-Merzbrück einen Funkmast nahe dem Aachener Autobahnkreuz angepeilt.



Abbildung 8.5: Funkturmpeilung

Folgende Messwerte werden aufgenommen:

Person	Ort	Messung	Entfernung	Höhe	Bemerkung
A	Funkturm	1	8081	181	Fixpunkt
		2	8073	174	
		3	8076	195	
		4	8080	134	
		5	8088	139	
		6	8083	157	
B	Funkturm	1	8097	175	Fixpunkt
		2	8077	217	
		3	8085	199	
		4	8079	220	
		5	8075	200	
		6	8092	165	

Tabelle 8.2: Funkturmmessung

Die Höhenmesswerte schwanken bei einem fixen Bezugsziel um $\pm 35\text{ft}$ um den Mittelwert 180ft. Weil die oberste Schüssel unterhalb der Turmspitze angepeilt worden ist, kann dieser Mittelwert als schlüssig angenommen werden, da die Gesamtturmhöhe 205ft über der Höhe des Messpunktes liegt. Die gemessene mittlere Entfernung beträgt 8080ft bei lediglich $\pm 15\text{ft}$ Toleranzbreite. Nach der Katasterkarte beträgt die Turmentfernung 8060ft, so dass das Fernglas die Messgenauigkeitsanforderungen erfüllt.



Abbildung 8.6: Turmentfernung (Karte: Google Earth)

Im nächsten Schritt wurde versucht die Position eines in der Platzrunde fliegenden Flugzeugs (Katana DV-20) mit dem Laserfernglas eindeutig zu bestimmen. Der Versuchspilot hat die Platzrundenhöhe auf 20 ft eingehalten.

Während eines Platzrundenfluges sind dabei folgende fünf Messpunkte aufgenommen worden.

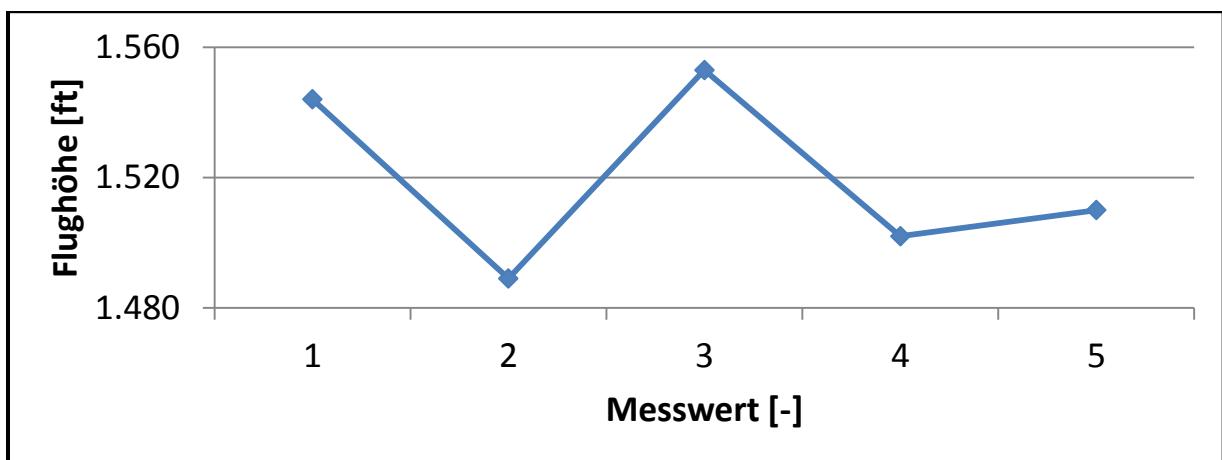


Diagramm 8.1: Platzrundenflughöhe

Die gemessene durchschnittliche Flughöhe hat im Gegenanflug 1520 ft betragen.

Danach ist der Flugweg des Flugzeuges vom Turm des Verkehrslandeplatzes Aachen-Merzbrück aus vermessen worden.



Abbildung 8.7: Flugweg Katana (Karte: Google Earth)

Der erfasste Flugweg über Grund entspricht weitestgehend der veröffentlichten Platzrunde. Ungewöhnlich ist die links-rechts Krümmung im Gegenanflug, obwohl der Steuerkurs auf $\pm 2^\circ$ eingehalten wurde.

Abschließend ist der Flugweg noch direkt bei Start und Landung vermessen worden. Die Messergebnisse sind in Abbildung 8.7 als rote Kreuze dargestellt.

Hierbei ist es zu einer erheblichen Fehlmessung gekommen. Nach den Messdaten sollte sich das Flugzeug am markierten ersten Punkt befinden, tatsächlich schwebte das Flugzeug bereits über der Eisenbahnlinie zur Landung aus. Beim nächsten Messpunkt befindet sich das Flugzeug

deutlich neben der Bahn, obwohl es in Wirklichkeit in 50% größerer Entfernung auf der Bahn gelandet ist.

Beim dritten Messpunkt liegt nur ein kleiner Versatz vor.

Beim letzten Messpunkt befand sich das Flugzeug schon deutlich hinter dem Bahnende, obwohl die Messdaten aussagen, dass es noch über der Bahn fliegt.



Abbildung 8.8: Flugweg bei Start und Landung (Karte: Google Earth)

In Abbildung 8.8 sind zu den jeweiligen Messdaten (rot) die tatsächlichen Positionen des Flugzeuges eingezeichnet.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Messdaten des Fernglases nur bei perfekt statischen Messungen den Genauigkeitsanforderungen entsprechen. Insbesondere bei dynamischen Messungen, wie im Fall von relativ schnell bewegten Luftfahrzeugen, weichen die Messdaten erheblich ab. Dies wird unter anderem dadurch verursacht, dass beim Nachführen des Fernglases Kräfte auf die Beschleunigungssensoren des Fernglases

ausgeübt werden, welche damit der Auswertungssoftware offensichtlich eine falsche Neigung vorgeben.

Welche Auswirkungen auch kleine Messfehler der Neigung haben, zeigt folgende Skizze:

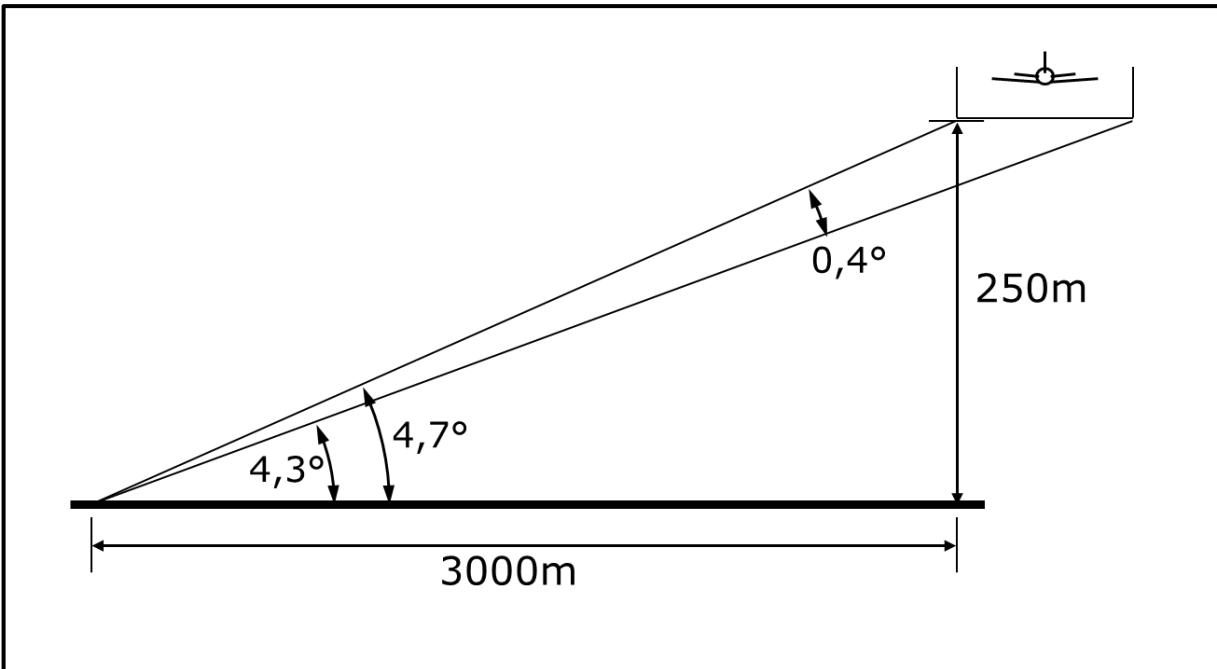


Abbildung 8.9: kleine Toleranz bei der Neigung

Wie in Abbildung 8.9 zu sehen ist, ist der Winkelunterschied zwischen einem Flug am linken Toleranzrand im Gegenanflug und am rechten Rand lediglich $0,4^\circ$. Anders ausgedrückt, dass Flugzeug darf $\pm 0,2^\circ$ von der Solllinie legal abweichen. Diese $\pm 0,2^\circ$ entsprechen jedoch der Standardabweichung des Fernglases, was bedeutet, dass die durchschnittliche Messungenauigkeit des Fernglases bei einer statischen Messung unter idealen Bedingungen genauso groß ist wie die zulässige Toleranz. Dies bedeutet, dass ein Flugzeug, welches sich exakt auf der Platzrundenlinie bewegt, in der Hälfte der Messungen mit einer zu großen Abweichung gemessen wird.

Bei Flugzeugen in 3 km Entfernung führt nur jede dritte Messung auf Grund des kleinen Messbereiches und den geringen Reflexions-eigenschaften des Flugzeuges zu einem Messergebnis, so dass eine zuverlässige Überwachung des Flugweges nicht gegeben ist. Dies ist nicht überraschend, wie sich aus folgenden Informationen der Gebrauchs-anweisung erkennen lässt:

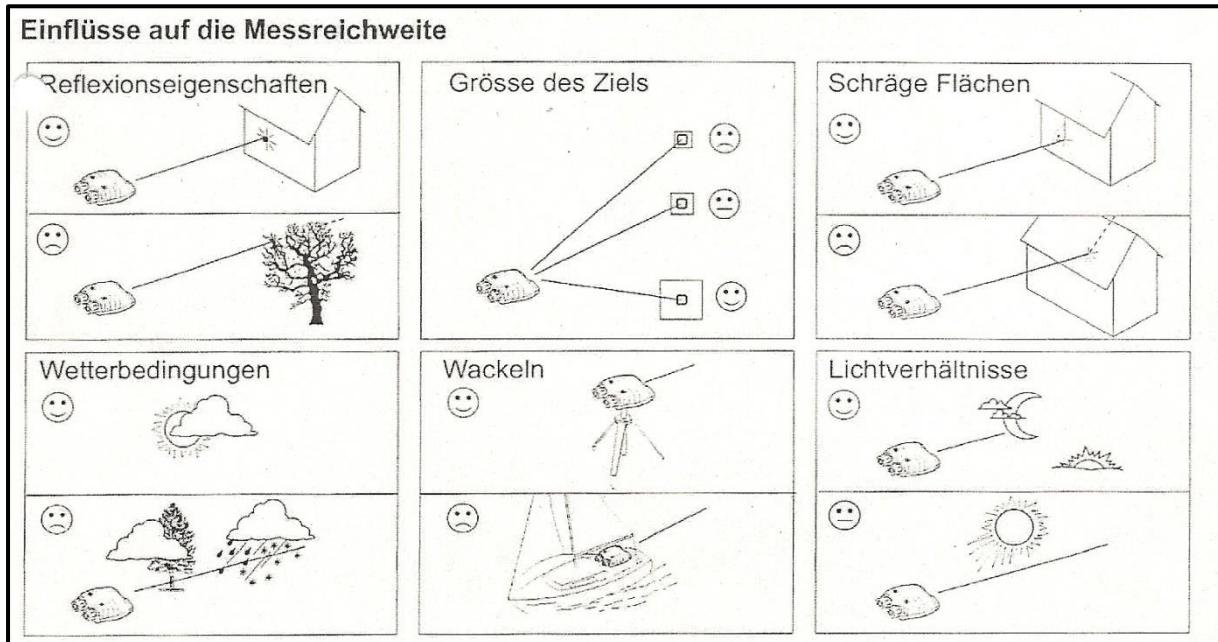


Abbildung 8.10: Gebrauchsanweisungshinweise (Quelle: Vectronix)

Ein Flugzeug stellt zudem ein sehr kleines Ziel dar, welches nur schwer zu erfassen ist. Die meisten Flugzeuge weisen schlechte Reflexions-eigenschaften auf. Gegenüber der Messposition des Fernglases verfügen sie ausschließlich schräge Flächen, so dass eine Reflexion sehr gering ist. Beim manuellen Nachführen ist ein Wackeln des Fernglases unvermeidlich. Doch der Hersteller gibt in der Gebrauchsanweisung bereits die Roll- und Nickbewegung eines Bootes in ruhiger See als unzulässig an.

Zusätzlich ist beim Einsatz des Fernglases unerwünschter direkter Sonnenschein zu erwarten. Dieser Fall kann besonders in einer Südplatz-Runde, wie in Bonn-Hangelar auftreten.

9. Auswirkungen auf die Sicherheit

9.1 Zusammenstoßgefahren in der Platzrunde

Die geforderten Toleranzen erhöhen die Zusammenstoßgefahr in der Platzrunde. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Piloten der Einhaltung des erwarteten Kurses über Grund zusätzliche Aufmerksamkeit schenken müssen. Hierdurch verbleibt weniger Zeit zur Beobachtung des Luftraumes. Somit werden mögliche Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern später oder im schlechtesten Fall gar nicht erkannt.

9.2 Kontrollverlust

Die Forderung an die Piloten die Platzrunde exakt einzuhalten hat zur Folge, dass dieser Aufgabe vermehrte Aufmerksamkeit zu Teil wird, die für andere Aufgaben der Vorbereitung der Landung fehlt.

Dies erhöht die Gefahr einer Landung mit eingefahrenem Fahrwerk oder nicht ausgefahrenen Landeklappen. Ebenso können eine Unterschreitung der Anfluggeschwindigkeit und damit eine Annäherung an den Strömungsabriss unbemerkt bleiben, woraus zusammen mit der niedrigen Flughöhe beim Anflug eine gefährliche Situation entstehen kann.

Die hohe Arbeitsbelastung hat zur Folge, dass die notwendigen Anflugchecks vergessen, weggelassen oder unsauber durchgeführt werden, so dass ein Anflug mit einem unvollständig konfigurierten Flugzeug unbemerkt bleibt. Dies kann spätestens im Falle eines Durchstartens zu einem sehr gefährlichen Flugzustand führen.

Eine weitere Gefahr resultiert aus den in den Anflugkarten verzeichneten Kurvenradien und der Tatsache, dass der zulässige Toleranzbereich sich an dem in der Karte verzeichneten Kurs orientiert. Die Kurven haben

einen Kurvenradius von lediglich 330 m. Der Verkehrslandeplatz Bonn-Hangelar wird typischerweise von Flugzeugen der CAT-A benutzt. Diese haben eine Anfluggeschwindigkeit von <100 kt. Um diesen Kurvenradius einhalten zu können, ist eine Horizontalbeschleunigung von 8m/sec^2 notwendig bzw. eine Querlage des Flugzeugs von 40° . Dies ist der doppelte Wert der empfohlenen 20° Querlage für den Normalbetrieb.

9.3 Einflug / Einordnen in den Platzrundenverkehr

Ein wichtiges Gebot beim Einflug und dem Einordnen in die Platzrunde ist das Beobachten des Platzrundenverkehrs. Da Verkehr in der Platzrunde Vorrang hat, muss ein anliegendes Flugzeug eine geeignete Lücke im Platzrundenverkehr visuell identifizieren und sich in diese einordnen. Hierbei ist für einen längeren Zeitraum sehr hohe Aufmerksamkeit bei der Verkehrsbeobachtung verlangt. Es ist zu befürchten, dass zur Einhaltung des Platzrundenkurses die Beobachtung des Verkehrs vernachlässigt wird, woraus eine sehr hohe Kollisionsgefahr resultiert.

9.4 Beobachtungen der Bodenaktivitäten

Ab dem Gegenanflug muss die Besatzung eines anliegenden Flugzeuges Bodenaktivitäten auf dem Flugplatzgelände, insbesondere der Start- und Landebahn beobachten, um Gefahren erkennen zu können. Wird dies vernachlässigt, können daraus potentiell gefährliche Situationen entstehen, weil Gefahren gar nicht oder erst sehr spät erkannt werden können. Folglich muss in einer späten Phase des Anfluges sehr tief über dem Erdboden durchgestartet werden.

10. Fazit

Zusammenfassend muss konstatiert werden, dass die Vorgehensweise und die angewendeten Verfahren für den Landeplatz Bonn-Hangelar erhebliche Schwächen und auch logische Unstimmigkeiten aufweisen. Die konsequente Überwachung und Sanktionierung der von den Piloten hier geforderten Toleranzen und Flugverfahren führt zudem zu potentiellen Sicherheitsrisiken.

Eine ordnungsrechtliche Verfolgung einer unbeabsichtigten Abweichung eines vorgegebenen Flugweges widerspricht dem „non-punitive environment“ („nicht-bestrafende Umgebung“), das von der ICAO im „Safety Management Manual“ (Doc 9859) für die Mitgliedsstaaten verbindlich vorgeschrieben ist. Eine drohende ordnungsrechtliche Verfolgung wird Flugzeugbesatzungen davon abhalten, frühzeitig Probleme mitzuteilen und so andere Luftfahrzeuge zu warnen oder auch geeignete Maßnahmen zu ergreifen. [6]

Es wurde gezeigt, dass die hier geforderten Verfahren nicht kompatibel mit den europäischen Vorgaben zur Ausbildung von Privatflugzeugführern nach VFR-Sichtflug-Regeln sind. Die verlangte Präzision befindet sich z.T. sogar oberhalb der Anforderungen für den IFR Flugbetrieb. Die Einhaltung der geforderten Toleranzen „nötigt“ Luftfahrzeugführer gegebenenfalls zur „Eigenkonstruktion“ GPS gestützter Pseudo-IFR-Anflugverfahren, die weder Ihrem Ausbildungsstand entsprechen und für die sie darüber hinaus die, in dieser Flugphase hoch wichtige, Luftraumbeobachtung vernachlässigen. Dies birgt eine latente Kollisionsgefahr mit anderen Luftfahrzeugen in der Platzrunde. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Arbeitsbelastung in dieser Flugphase aus ergonomischen (Sicht aus dem Cockpit) wie flugtechnischen (Landevorbereitung, Luftraumbeobachtung,

Konfigurierung des Luftfahrzeugs) Gründen sehr hoch ist, wird die Aufmerksamkeit hier in ungünstiger Weise auf die Vermeidung von Sanktionen geführt.

Die seitens der Flugplatzverwaltung aufgestellten Positionstafeln an dezi- dierten Punkten am Boden sind zur Überwachung des Flugweges durch den Piloten untauglich. Erwiesen ist, dass die Sichtung der Boden- merkmale aus dem Cockpit bei den meisten Flugzeugtypen bereits zu einem Flugweg außerhalb des Toleranzkorridors führt. Zudem wider- sprechen sich wesentliche Angaben in der offiziellen Anflugdokumentation mit Blick auf die wirklichen geographischen Gegebenheiten.

Die experimentelle Analyse der seitens der Bezirksregierung verwendeten Messtechnik ergab, dass die Genauigkeit des angewendeten Verfahrens kaum für eine objektive Beurteilung des tatsächlichen Flugwegs tauglich sein kann.

Es darf zudem bezweifelt werden, dass das eigentliche Ziel der Lärm- minderung für die Anwohner auf diese Weise erreicht werden kann. Hierzu ist neben der Propellerdrehzahl die Flughöhe der wesentliche physikalische Parameter und nicht die laterale Abweichung im Flugweg. Frühes Konfi- gurieren, d.h. das Ausfahren der Landklappen sowie die Erhöhung der Propellerdrehzahl als ausbildungskonforme Vorbereitung für den Durch- startvorgang, wird die Lärmbelastung für die Anwohner eher erhöhen.

Insgesamt sind die in Bonn-Hangelar vorgegebenen Toleranzfelder und die damit angewendete Überwachungsmethodik und die daraus resultierenden Flugverfahren also im Hinblick auf potentielle erhebliche Sicherheitsrisiken und die Lärmbelastung als kontraproduktiv zu bewerten.

11. Literaturverzeichnis

- [1] Thsutton, „wikimedia,” 16 11 2006. [Online]. Available:
http://wikimediafoundation.org/wiki/File:Airfield_traffic_pattern.svg.
- [2] F. ev, „edb,” [Online]. Available:
<http://www.edkb.de/bilder/Anflugfoto%20FGH%202012%20hinten.pdf>.
- [3] A. Nüse, „Flugplatz Hangelar,” [Online]. Available:
<http://www.edkb.de/Download%20Angebote/BRD%20NRW%20150m%20Korridor%20INFO.pdf>.
- [4] Department of Transportation, „Department of Transportation,” Federal Aviation Administration, [Online]. Available:
<http://www.bluecoat.org/reports/FAA-TSO-C129a.pdf>.
- [5] „vectronix,” [Online]. Available:
http://www.vectronix.ch/userupload/504_VECTOR_brochure_EN.pdf.
- [6] ICAO, „Safety Management Manual,” Montreal, 2009.
- [7] ICAO, „Doc 8168 Aircraft Operations Volume I "Flight Procedures",“ 2006.

12. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2.1: SKIZZE EINER STANDARDPLATZRUNDE (QUELLE: WIKIPEDIA.DE [1])	2
ABBILDUNG 5.1: PLATZRUNDE EDKB AIP-VERSION (QUELLE: DFS AIP)	12
ABBILDUNG 5.2: PLATZRUNDE EDKB (QUELLE: FLIEGERGEMEINSCHAFT HANGELAR E.V. [2]).....	14
ABBILDUNG 5.3: VERGLEICH ANFLUGKARTEN JEPPESEN (OBEN) UND DFS AIP (UNTEN)	16
ABBILDUNG 6.1: HÖHENMESSERFEHLER	18
ABBILDUNG 6.2: PLATZRUNDE MIT $\pm 150\text{M}$ TOLERANZ (KARTE: GOOGLE EARTH)	21
ABBILDUNG 7.1: 3MM KORRIDOR (KARTE: JEPPESEN)	23
ABBILDUNG 7.2: ABDRIIFT	24
ABBILDUNG 7.3: PLATZRUNDE MIT 10° ABDRIIFTMARKIERUNGEN (KARTE: GOOGLE EARTH)	24
ABBILDUNG 7.4: 3SEC ABWEICHUNG BEIM EINDREHEN AUS DEM GEGEN- IN DEN QUERANFLUG	25
ABBILDUNG 7.5: BODENMERKMALE IN DER PLATZRUNDE (KARTE: GOOGLE EARTH)	26
ABBILDUNG 7.6: KARTENAUSSCHNITT GOOGLE EARTH ORT 1.....	27
ABBILDUNG 7.7: JEPPESEN ORT 1	27
ABBILDUNG 7.8: BODENSITUATION ORT 1	27
ABBILDUNG 7.9:AIP ORT 1	27
ABBILDUNG 7.10: KARTENAUSSCHNITT GOOGLE EARTH ORT 2.....	28
ABBILDUNG 7.11: AIP ORT 2	28
ABBILDUNG 7.12: JEPPESEN ORT 2	28
ABBILDUNG 7.13: BODENSITUATION ORT 2	28
ABBILDUNG 7.14: GOOGLE EARTH KARTENAUSSCHNITT ORT 3.....	29
ABBILDUNG 7.15: AIP ORT 3	29
ABBILDUNG 7.16: JEPPESEN ORT 3	29
ABBILDUNG 7.17: BODENSITUATION ORT 3	29
ABBILDUNG 7.18: BODENSITUATION ORT 4	30
ABBILDUNG 7.19: GOOGLE EARTH KARTENAUSSCHNITT ORT 4.....	30
ABBILDUNG 7.20: JEPPESEN ORT 4	30
ABBILDUNG 7.21: AIP ORT 4	30
ABBILDUNG 7.22: 3. MARKIERUNG.....	31
ABBILDUNG 7.23: 2. MARKIERUNG.....	31
ABBILDUNG 7.24: 1. MARKIERUNG.....	31
ABBILDUNG 7.25: 4. MARKIERUNG	31
ABBILDUNG 7.26: GOOGLE EARTH KARTENAUSSCHNITT ORT 5.....	31
ABBILDUNG 7.27: AIP ORT 5	31

ABBILDUNG 7.28: JEPPESEN ORT 5	31
ABBILDUNG 7.29: VERSUCHSPILOTEN	33
ABBILDUNG 7.30: BLICKRICHTUNGEN	34
ABBILDUNG 7.31: BLICK NACH LINKS AUS DEM COCKPIT	35
ABBILDUNG 7.32: BLICK NACH LINKS VORNE	35
ABBILDUNG 7.33: BLICK NACH RECHTS VORNE	36
ABBILDUNG 7.34: BLICK NACH VORNE	36
ABBILDUNG 7.35: BLICKWINKEL	37
ABBILDUNG 7.36: VERSUCHSAUFBAU	38
ABBILDUNG 7.37: VERDECKTES SICHTFELD PA-28 PERSON A	40
ABBILDUNG 7.38: VERDECKTES SICHTFELD MOONEY PERSON A (FOTO: JAN VANHULLE)	41
ABBILDUNG 7.39: VERDECKTES SICHTFELD CESSNA C172 PERSON A (FOTO: WIKIPEDIA.DE)	41
ABBILDUNG 7.40: FLUG IM KORRIDOR	42
ABBILDUNG 7.41: BODENMERKMAL SICHTBAR	42
ABBILDUNG 7.42: DEFINITION DER SICHTWINKEL ADVISORY CIRCULAR 25.773-1	43
ABBILDUNG 7.43: ANFORDERUNGEN ANS BLICKFELD VON VERKEHRSFLUGZEUGEN	44
ABBILDUNG 7.44: SICHTFELD MOONEY (QUELLE: MOONEY)	45
ABBILDUNG 7.45: SICHTFELD PA 28 (QUELLE: PIPER)	46
ABBILDUNG 7.46: SICHTFELD CESSNA C 172 (QUELLE: CESSNA)	47
ABBILDUNG 7.47: ILS APPROACH CHART (QUELLE: NTSB)	49
ABBILDUNG 8.1: LASERMESUNG SKIZZE	52
ABBILDUNG 8.2: ZIELMARKIERUNG LASERFERNGLAS (QUELLE: VECTRONIX)	53
ABBILDUNG 8.3: DISTANZMESSUNG (QUELLE: VECTRONIX)	54
ABBILDUNG 8.4: MESSUNG LASERFERNGLAS (QUELLE: VECTRONIX)	55
ABBILDUNG 8.5: FUNKTURMPEILUNG	58
ABBILDUNG 8.6: TURMENTFERNUNG (KARTE: GOOGLE EARTH)	59
ABBILDUNG 8.7: FLUGWEG KATANA (KARTE: GOOGLE EARTH)	61
ABBILDUNG 8.8: FLUGWEG BEI START UND LANDUNG (KARTE: GOOGLE EARTH)	62
ABBILDUNG 8.9: KLEINE TOLERANZ BEI DER NEIGUNG	63
ABBILDUNG 8.10: GEBRAUCHSANWEISUNGSHINWEISE (QUELLE: VECTRONIX)	64
 DIAGRAMM 8.1: PLATZRUNDENFLUGHÖHE	60

TABELLE 7.1: ERGEBNISSE BLICKMESSUNG.....	39
TABELLE 8.1: LASERFERNGLASDATEN [5].....	51
TABELLE 8.2: FUNKTURMMESSUNG	58

Die Abbildungsquellen sind jeweils angegeben. Eigene Skizzen und Fotos sind nicht gesondert gekennzeichnet.