

Ergebnisse des Monitorings zum Probebetrieb der Lufthansa mit dem „Startverfahren „Cut- back bei 1000ft“

Juni 2014 |

Umwelt- und Nachbarschaftshaus | Rüsselsheimer Str. 100 | 65451 Kelsterbach

Inhaltsverzeichnis

Ergebnisse des Monitorings zum Probetrieb der Lufthansa mit dem „Startverfahren „Cutback bei 1000ft“		1
1	Vorhaben	4
<hr/>		
1.1	Monitoring, Planung und Vorgaben	8
1.2	Vorgehen, Festlegungen	9
1.2.1	Ausgewertete Daten	10
1.3	Diskussion der Messpunkte	11
2	Auswertungen	14
<hr/>		
2.1	Auswertung A320	15
2.1.1	Auswertung der Pegel, A320	15
2.1.2	Auswertung der Überflughöhen	16
2.1.3	Erste Bewertung:	17
2.1.4	Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit	17
2.1.5	Statistik gesamt	19
2.2	Auswertung A333	20
2.2.1	Auswertung der Lärmpegel A333	20
2.2.2	. Auswertung der Überflughöhen für Abflüge nach Abuja, DNAA	21
2.2.3	. Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit für Abflüge nach Abuja, DNAA	22
2.2.4	. Statistik gesamt für Abflüge nach Abuja, DNAA	23
2.3	Auswertung A388 Abflüge	24
2.3.1	Auswertung der Lärmpegel	24
2.3.2	. Auswertung der Überflughöhen	25
2.3.3	Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit	26
2.3.4	Gesamtstatistik	28
2.3.5	Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit	31
2.3.6	Gesamtstatistik	32
2.4	Auswertung B744 nach Mumbai über AMTIX, B744 nach Buenos Aires	33
2.4.1	Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit	35
2.4.2	. Gesamtstatistik	36
3	Abbildungsverzeichnis	41
<hr/>		

1 Vorhaben

Lufthansa hat am 1. Juli 2013 auf den Abflugstrecken von der Startbahn 18West ein geändertes Startverfahren im Probetrieb eingeführt. Beim neuen Verfahren erfolgt die Schubrücknahme („cutback“) nach dem ersten Startsteigflugsegment bei 1000 ft Höhe im Vergleich zu 1500 ft beim bisherigen Verfahren. Mit der Reduzierung der Acceleration Hight geht das Flugzeug früher in das Beschleunigungssegment über und kann bei Erreichen der entsprechenden Geschwindigkeiten die Klappensysteme früher einfahren..

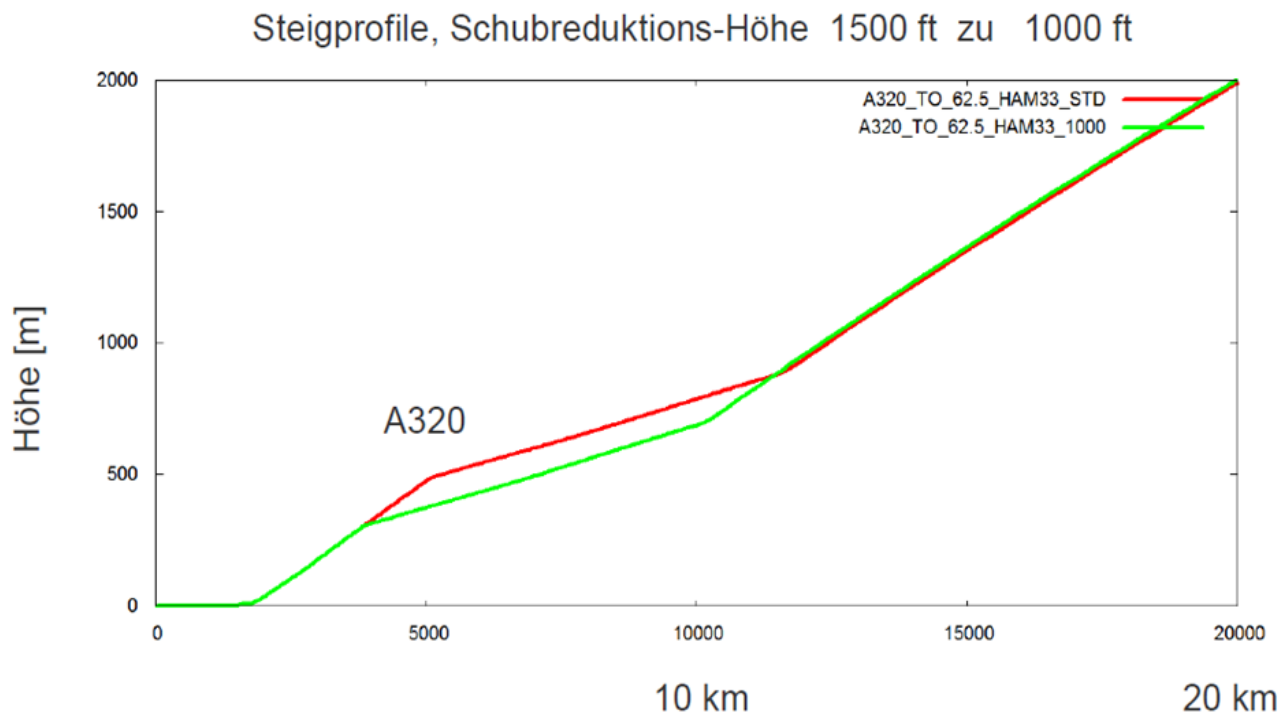


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Änderung des Profils mit einer Speed-Restriction

Abb. 1 – Vergleich berechneter Startsteigprofile für A320 für die beiden cutback-Höhen 1000 und 1500 ft.

Bitte beachten: Bei Startverfahren wird die Höhe in ft über Grund, nicht über MSL angegeben!

Ziel ist es, mit diesem geänderten Verfahren Kerosin einzusparen und die Belastung der Triebwerke zu verringern. Veränderungen der Lärmbelastung, insbesondere eine Verschlechterung werden nicht erwartet.

Im Vorfeld des Pilotbetriebes wurde das DLR gebeten, im Rahmen der ExpASS eine Abschätzung der Lärmauswirkungen unter Einbeziehung diverser Musterberechnungen durch Herrn Kurt Müller vorzulegen.

Die erarbeiteten Thesen lauteten im Wesentlichen¹:

Bei Reduktion der Cutback-Höhe von 1500 auf 1000 ft

- Deutlicher Effekt (Maximalpegelabnahme bis 3 dB) im Nahbereich bei voller Startleistung
- Leichte Verschlechterungen im Fernbereich (Maximalpegelzunahmen unter 1 dB, insbes. direkt unter dem Flugpfad)
- Effekte fallen bei realistischen Startleistungen deutlich geringer aus (unter ± 1 dB)

Aus akustischer Sicht keine signifikante Verschlechterung

Einen Hinweis auf mögliche Einflüsse anderer Vorgaben gibt bereits das Addendum zur Frage einer Speed-Restriction wie sie z.B. bei der Südumfliegung vorliegt:

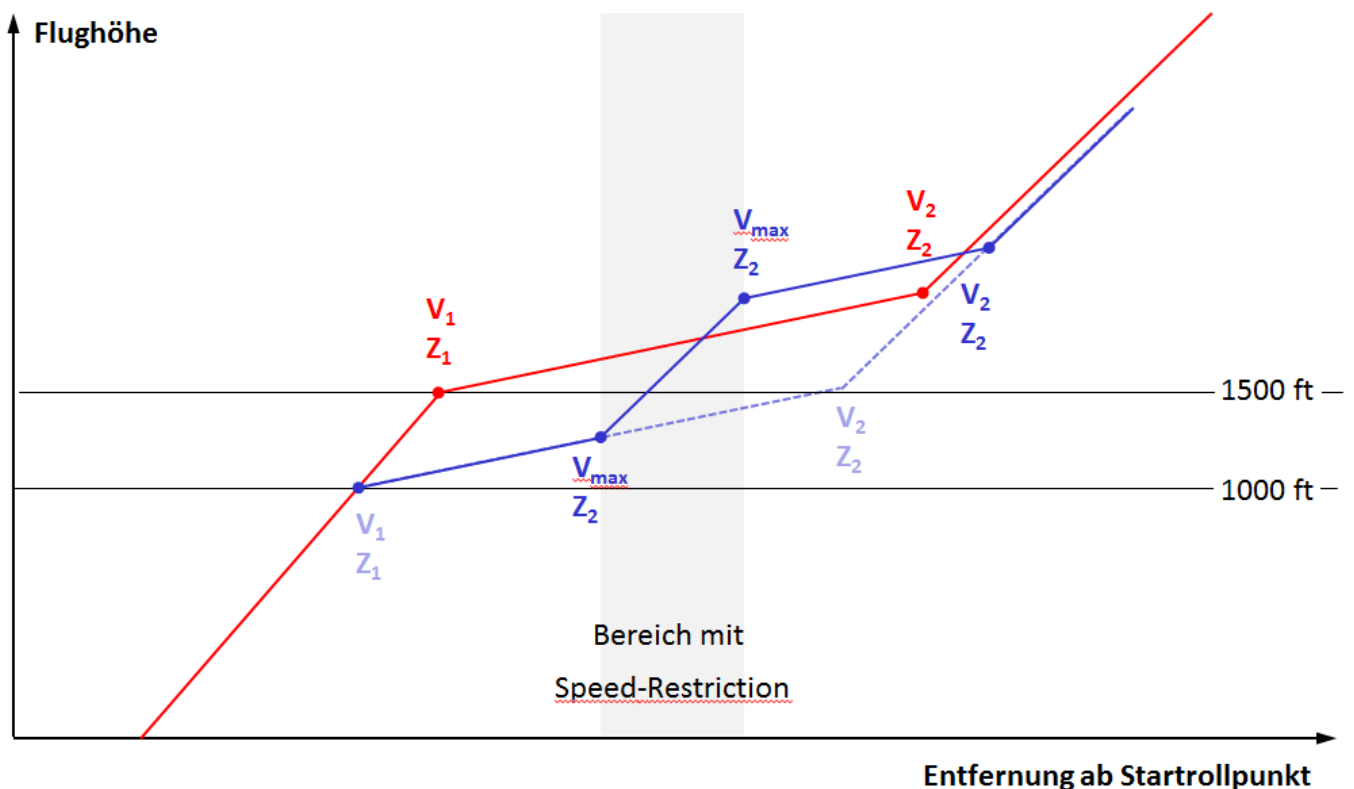


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Änderung des Profils mit einer Speed-Restriction

¹ Präsentation s. Anhang 2

Abb. 2 Schematische Darstellung der Änderung des Profils mit einer Speed-Restriction

Das FFR ist gebeten worden, in Zusammenarbeit mit Fraport das Verfahren messtechnisch zu begleiten und die Veränderungen im Vorher/Nachher-Vergleich zu dokumentieren. LH wird die Entscheidung über die generelle Einführung des Verfahrens bis zum Ablauf dieses Monitorings und Vorliegen der Ergebnisse zurückstellen.

1.1 Monitoring, Planung und Vorgaben

Für die Durchführung des Monitorings stehen folgende Daten zur Verfügung:

1. Messdaten von vorhandenen, stationären Fluglärmmessstationen von Fraport
2. FANOMOS-Daten der DFS im UNH

Temporäre Fluglärmmessstationen konnten nicht zum Einsatz kommen, da für eine vergleichende Betrachtung Daten des Vorjahres nicht zur Verfügung standen.

Cockpit-Daten stehen nicht zur Verfügung, da diese wegen möglicher Leistungskontrollen der Mitbestimmung unterliegen und nicht erhältlich sind.

Der Probetrieb wird auf die Startbahn 18West beschränkt. Hier können drei verschiedene Situationen mit ihren unterschiedlichen Einflüssen auf das Startverfahren untersucht werden: die Ried-Abflugstrecken Richtung Süden ohne Einschränkungen, Amtix-Abflüge Richtung Südost mit einem Höhenconstraint von 2500 ft bei Radial 200 (Egelsbach, Sicherheit) und die nach Südwesten abzweigenden Strecken (SOBRA), bei denen in größerer Entfernung ein Höhenconstraint wegen militärischem Übungsgebiet vorliegt.

1.2 Vorgehen, Festlegungen

Der Probetrieb startete am 1.07.2013. Nach einer einmonatigen Umstellungsphase im LH-Flugbetrieb begann der einjährige Messzeitraum am 1.8.2013. Die erste Vergleichserhebung erfolgte für den Zeitraum 1.08.2013 bis 31.01.2014

Zeiträume für die erste vergleichende Betrachtung waren

Zeitabschnitt 1 - 01.08.2012 bis 31.01.2013

Zeitabschnitt 2 - 01.08.2013 bis 31.01.2014

Die weitere Vergleichserhebung ist für den gesamten Messzeitraum 1.8.2013 bis 31.7.2014 vorgesehen.

Betrachtet wurden ausschließlich Flüge der LH Passage , Cityline und Cargo wurden nicht berücksichtigt.

. In Abstimmung mit der AG Lärmberechnung/-monitoring wurden verschiedene Flugzeugtypen/Zielort-Kombinationen nach den folgenden Vorgaben bestimmt:

- gute Vergleichbarkeit einzelner Flugereignisse untereinander durch die Unterscheidung nach einzelnen Zielorten, wegen immer gleiche Entfernung, ähnlichem Kerosinbedarf und damit ähnlichem Startgewicht
- Ausreichende Flugereignisse eines Flugzeugtyps zu einem Zielort (Statistik!)

Aus den Messdaten von Fraport wurden für die Flugzeugtypen/Zielort-Kombinationen die entsprechenden Flüge extrahiert und ausgewertet.

UNH hat aus den FANOMOS-Daten für ausgewählten Flugzeugtypen/Zielort-Kombinationen Höhen- und Geschwindigkeitsdaten der zugehörigen Flüge an den Messstationen sowie weiteren Punkten ausgewertet.

Zusätzlich verwendete Informationen waren vergleichende Wetterdaten (Temperatur) für die Zeitabschnitte der ersten Vergleichserhebung sowie beispielhafte Berechnungen von Startsteigprofilen von LH für die Muster A320, A330 sowie A388 (Steigprofile für beide Varianten im Vergleich).

1.2.1 Ausgewertete Daten

Folgende Flugzeugtypen-Destinationskombinationen² wurden ausgewertet:

A319 EBBR, EDDM

A321 EGLL, LEBL, EDDM, LOWW

A343 SBGL, OKBK

A388 FAOR, WSSS

B735 LSGG, EDDC

B744 SAEZ, SBGR, VABB

A320 EGLL, EDDM, LHBP

A333 DNAA, DNMM, OEJN, OMAA

A346 SKBO, SVMI, VTBS

B733 LFLL, LSZH, LKPR

B738 DGAA, OEDF (Nicht LH)

B748 VIDP, VOBL

In die Auswertung flossen insgesamt Daten von ca. 20.150 Flügen ein.

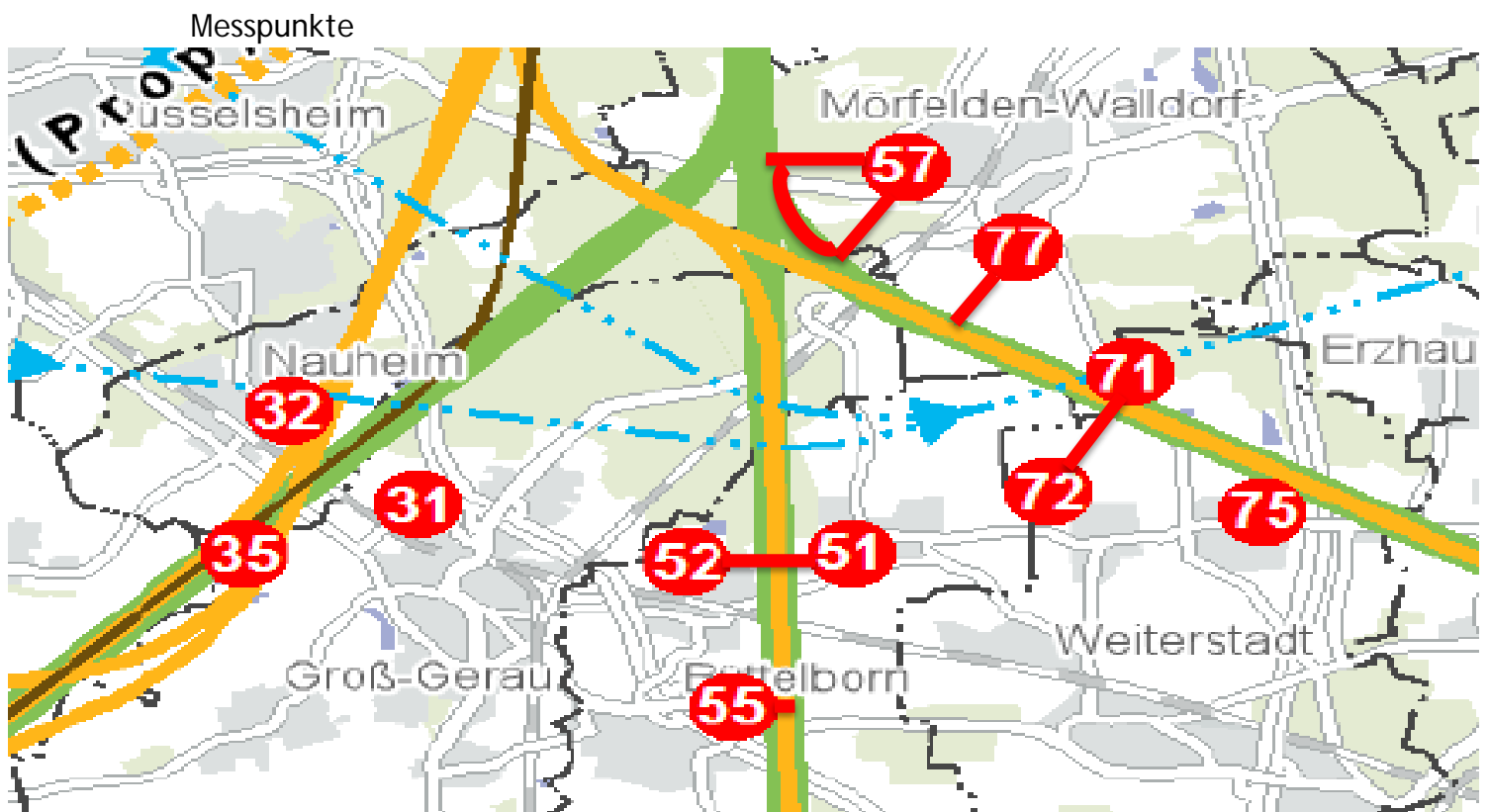


Abbildung 3 Messpunkte 57 u. 77, Messtore 52-51 und 72-71 sowie Messpunkte 55 und 75; Messpunkt 57 wurde ausgewertet für Ried-Strecken sowie Amtix, die weiteren Messpunkte jeweils nur für die betroffene Strecke

² Eine Liste der Destinationsabkürzungen findet sich im Anhang

1.3 Diskussion der Messpunkte

Zur Planung des Monitoringverfahrens wurden die besten verfügbaren Daten einbezogen. Ergänzend wurden die Startsteigprofile mit Höhenverlauf für verschiedene Abflugrouten berechnet und in Relation zu den Entfernungen der Messorte zum Startrollpunkt gesetzt (s. Abb. 3)

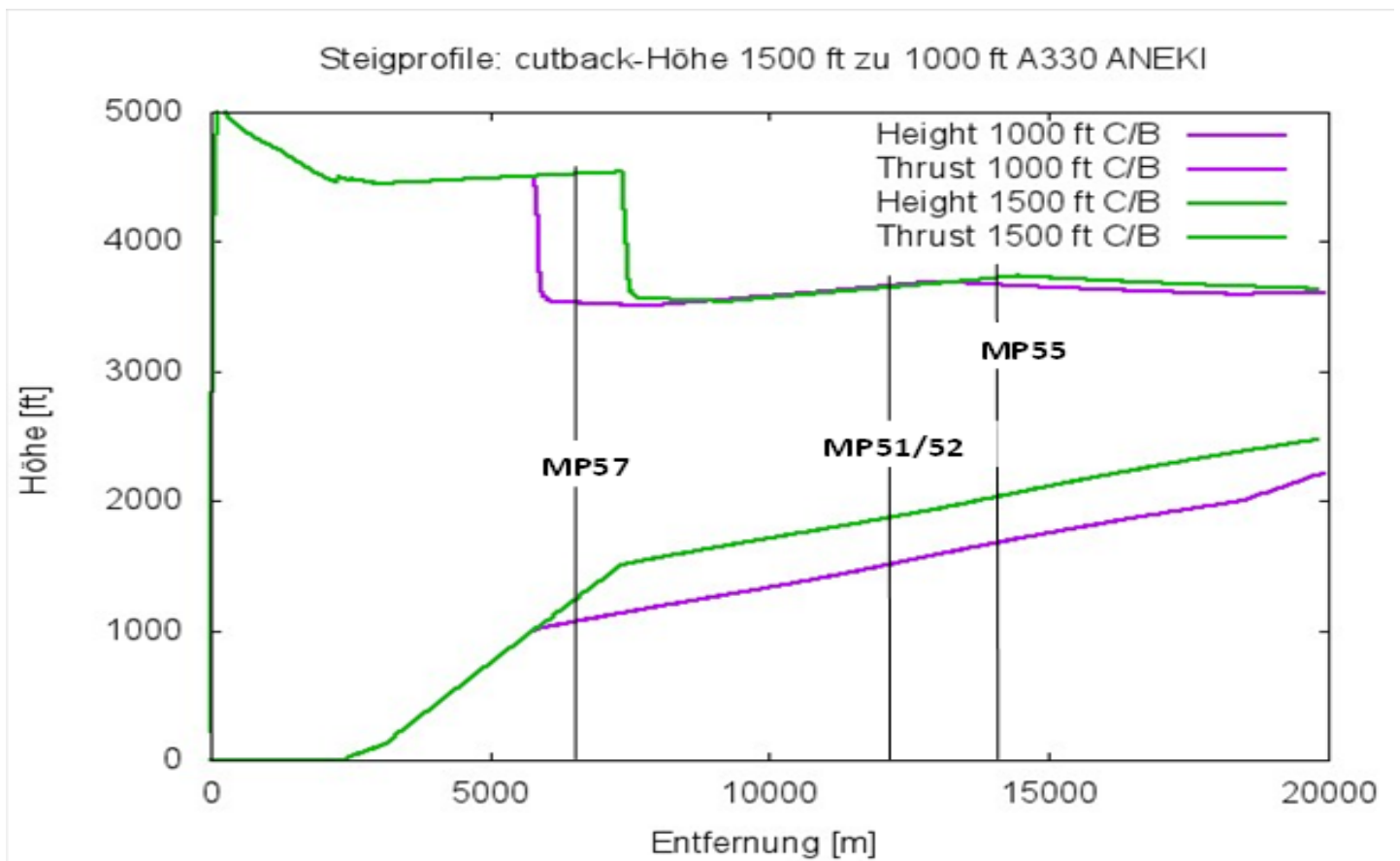


Abbildung 4 Steigprofil A330, TOW 207,3 to, SID: ANEKI; Senkrecht abgetragen die Lage der Messpunkte

Für den Abschluss des Verfahrens (d.h. Erreichen der Zielgeschwindigkeit und Einleiten des Steigens auf Reise Flughöhe) konnte bei Heavys ein Punkt etwa 2,5 km hinter MP55 identifiziert werden

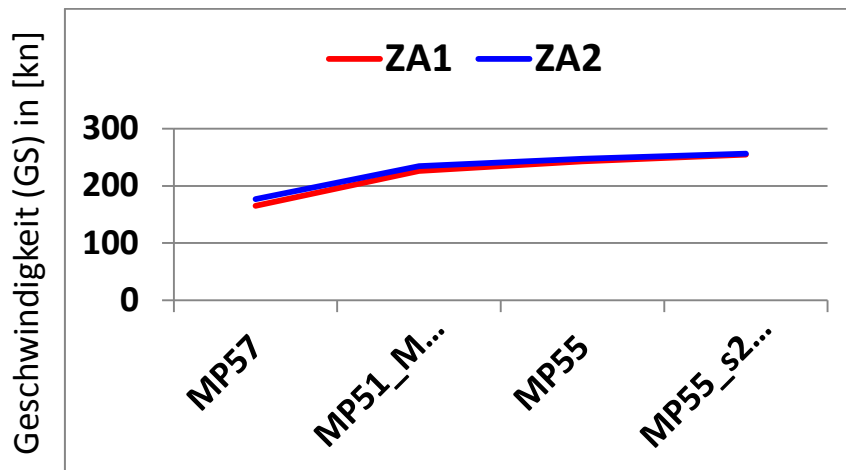


Abbildung 5 A333 nach DNAA – Geschwindigkeit, 5% getrimmtes Mittel im Vergleich

Für Mediums, insbesondere dem am häufigsten eingesetzten Typ A320, konnte festgestellt werden, dass das Verfahren bereits vor Erreichen von Siedlungsgebieten unter den Abflugrouten der Startbahn 18 West abgeschlossen ist, etwa in Höhe des Messpunktes 57 bzw. kurz danach:

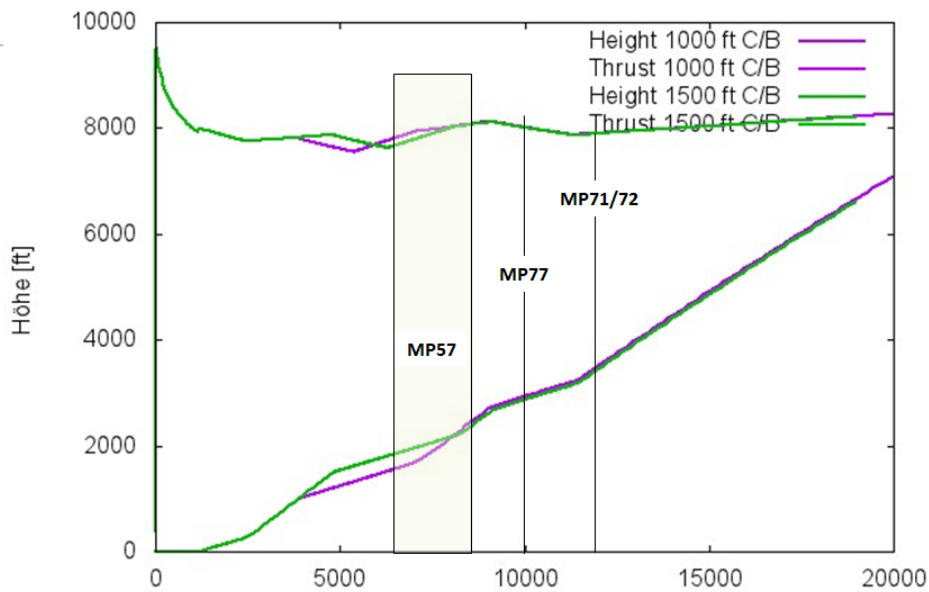


Abbildung 6 Steigprofil A320, TOW 59,0 to, SID: KNG (kurz); Senkrecht abgetragen Lage der Messpunkte, schraffierter Bereich siehe Messpunkt 57, genauer Ort des Maximalpegels auf Grund der Situation nicht bestimmbar.

Die Daten belegen, dass mit den vorhandenen Dauermessstellen die Auswirkungen des geänder-
ten Startverfahrens für Abflugrouten von der Startbahn West gut überprüft werden konnten.

2 Auswertungen

Wie bereits dargestellt, wurden für die beiden Vergleichszeiträume für alle vorgesehenen Flugzeugtypen/Zielort-Kombinationen die AS-bewerteten Maximalschallpegel der genannten Stationen ausgewertet. Neben den Pegeln erfolgte die Auswertung von Überflughöhen an den Messpunkten, für die Strecke ANEKI/SOBRA wurde eine zusätzliche Höhenauswertung 2,5 km südlich des Messpunkte MP55 vorgenommen, um bei den Heavys auf dieser Strecke eine Abschätzung über die Länge bzw. Dauer des Verfahrens zu erhalten.

Die nachfolgenden Beispiele zeigen die vorgenommenen Auswertungen und deren Ergebnisdarstellung.

2.1 Auswertung A320

2.1.1 Auswertung der Pegel, A320

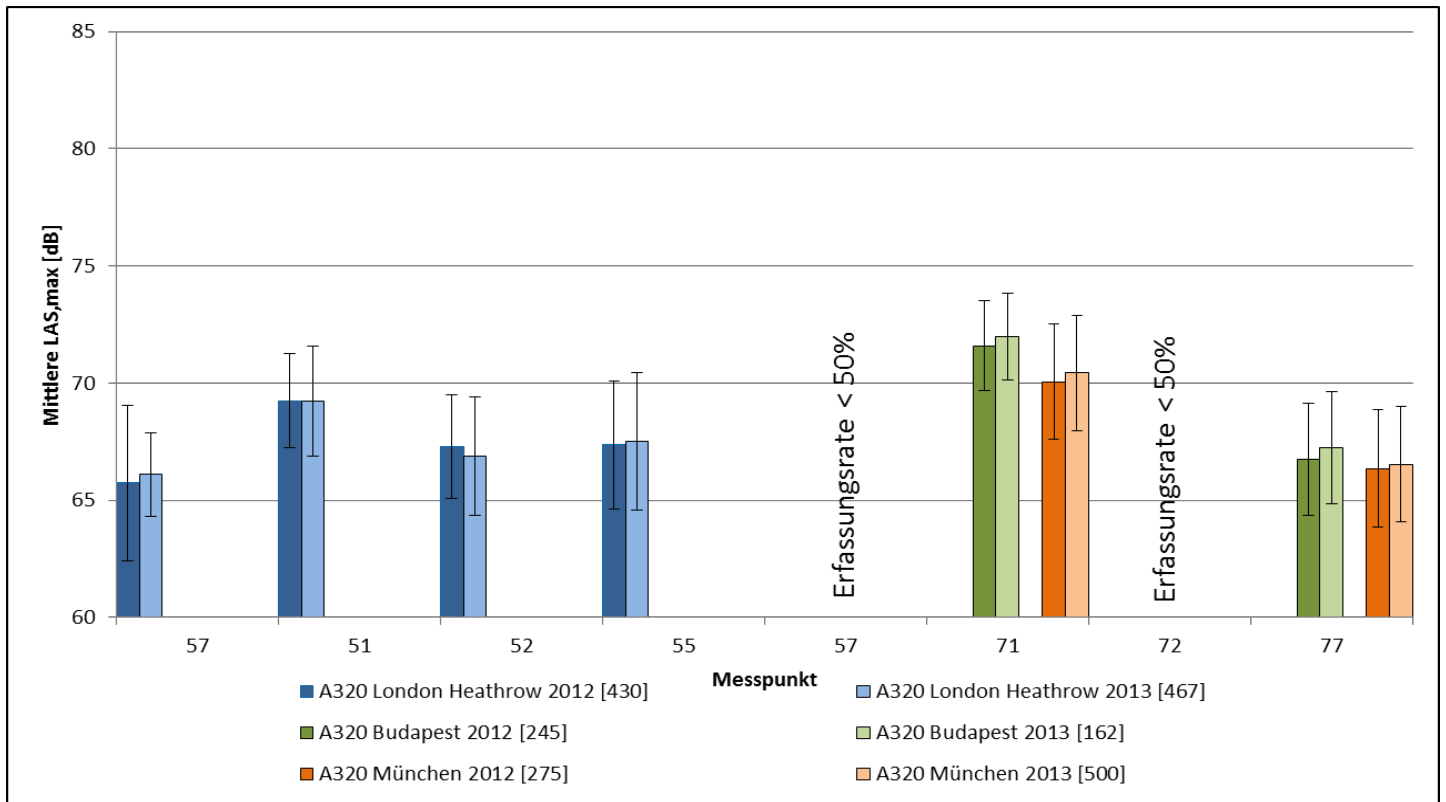


Abbildung 7 exemplarische Pegeldarstellungen am Beispiel A320

Die Abbildung zeigt für jeden Messpunkt und die jeweilige Destination, je nach Abflugroute den LASmax im Vorher/Nachher-Vergleich (dunkle / helle Farben). Zusätzlich ist die Standardabweichung (arithmetisch) für eine nicht energetische Mittelung der Messdaten dargestellt.³

³ Die AG Lärmberechnung hat dieses Vorgehen als sachgerecht bestätigt; Ist die Erfassungsrate auf Grund der in der Messstation eingerichteten Schwelle < 50% wird keine Pegelberechnung vorgenommen.

Am Beispiel der A320 ist zu erkennen, dass

- sowohl Pegelerhöhungen als auch Verringerungen, unterschiedlich von Station zu Station zu sehen sind,
- die Pegeldifferenzen im Vergleich z.T. deutlich unter 1 db(A) liegen und
- die statistischen Schwankungen, erkennbar am Fehlerbalken, in beiden Zeiträumen weit größer sind, als die Änderungen der mittleren Pegel.

2.1.2 Auswertung der Überflughöhen

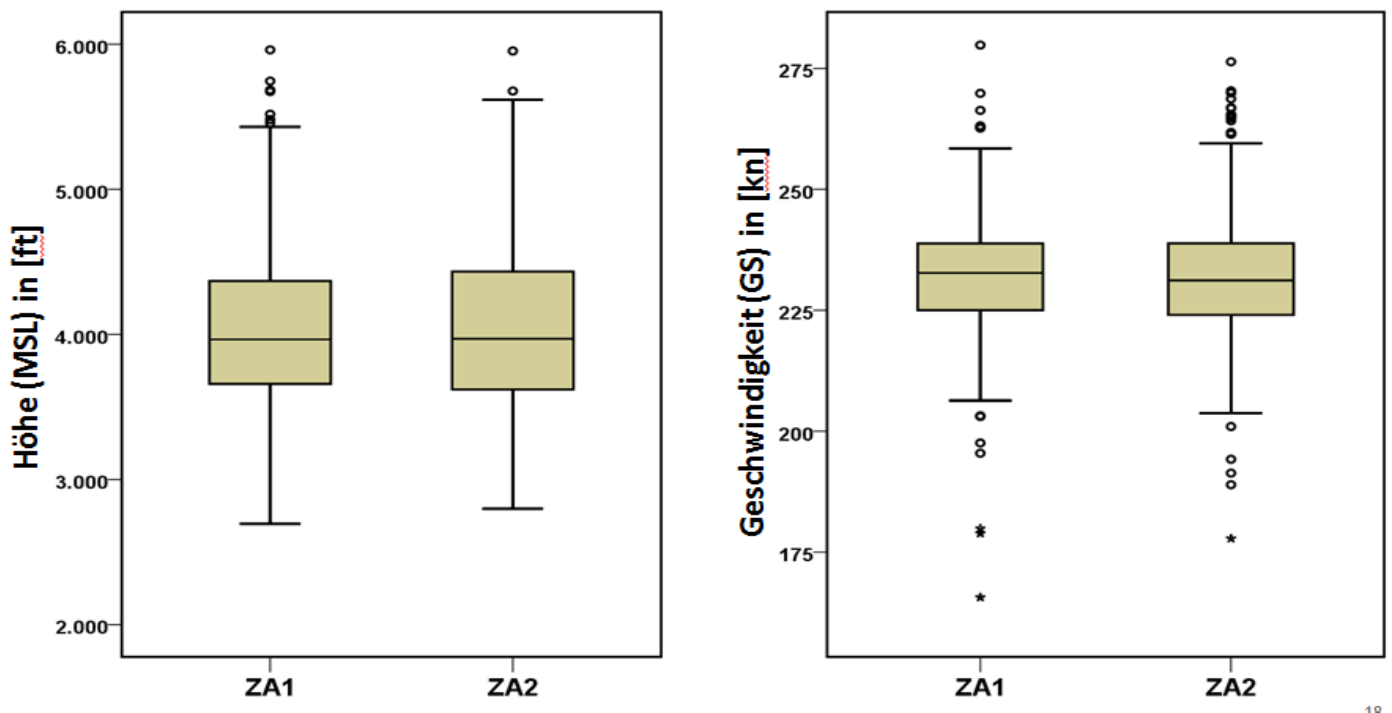


Abbildung 8 Boxplots von Höhen und Geschwindigkeit, hier A320 nach ELL am Tor MP51/52

Die Boxplots stellen die Quartile (25%, 50% (Median) und 75%), extreme Werte und Ausreißer sowie den größten und den kleinsten nicht extremen Wert dar. Ausreißer (Kringel) sind dadurch gekennzeichnet, dass deren Abstand vom 25%-Perzentil nach unten bzw. vom 75%-Perzentil nach oben zwischen $1,5 \times \text{IQR}$ (Interquartilbereich bzw. Boxhöhe) und $3 \times \text{IQR}$ liegt. Extreme Werte (Stern), sind diejenigen Werte, deren Abstand von dem 25%- bzw. dem 75%-Perzentil über $3 \times \text{IQR}$ liegt.

Am Beispiel der A320 nach London ist zu sehen dass

- an den Messpunkte MP51/MP52 keine Höhenunterschiede und keine Geschwindigkeitsunterschiede sichtbar sind

2.1.3 Erste Bewertung:

Unterschiede im Vorher-Nachher-Vergleich sind nicht hörbar. Auf Grund der großen Schwankungsbreite scheint es daher unmöglich, einer spezifischen Maschine ein bestimmtes Startverfahren zuzuordnen.

Die Höhenauswertung am Tor MP51/MP52 zeigt darüber hinaus, dass von den typischen Merkmalen des Verfahrens in bestimmten Entfernungsbereichen niedrigere Überflughöhe bei gleichzeitig höherer Geschwindigkeit nichts mehr erkennbar ist. Das Verfahren scheint tatsächlich für diesen Flugzeugtyp spätestens kurz hinter Messpunkt 57 abgeschlossen zu sein.

2.1.4 Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit

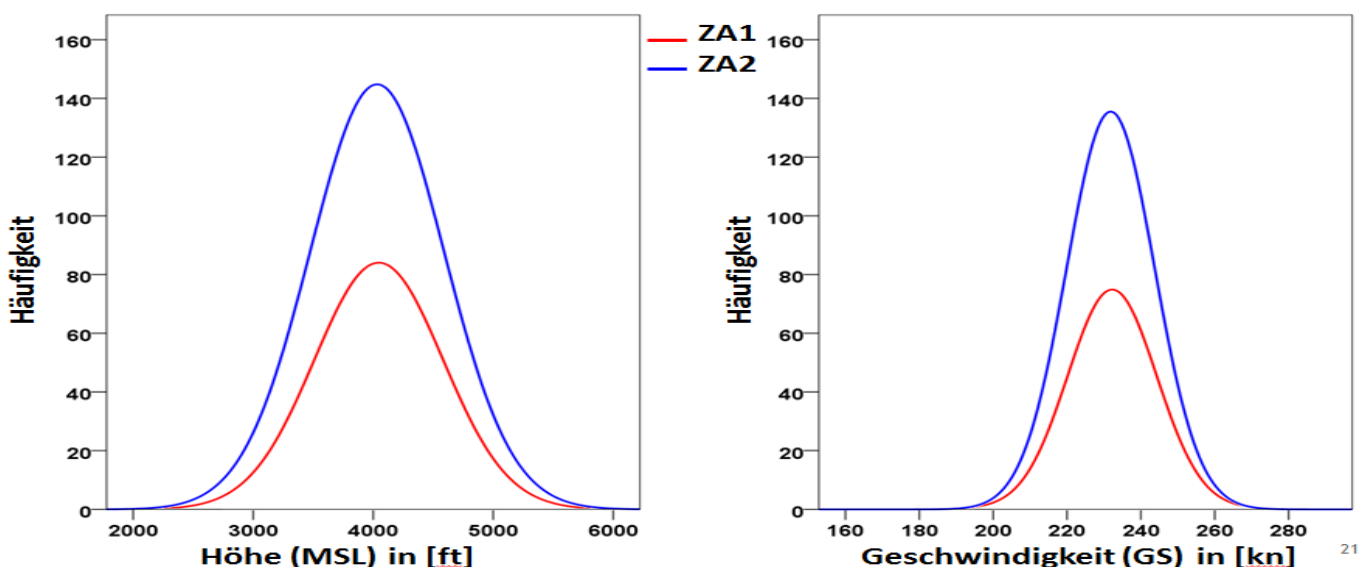


Abbildung 9 Höhe & Geschwindigkeit, Verteilungsfunktionen -- Tor (MP51/MP52)

Die Häufigkeitsverteilung bestätigt das Bild, an dem betreffenden Tor ist kein Unterschied mehr feststellbar.

2.1.5 Statistik gesamt

A320_EGLL		Höhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [kn]			
		ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler	ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler
Mittelwert		4046,10	25,233	4032,53	19,603	232,23	,567	231,82	,419
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	3996,51		3994,05		231,11		231,00	
	Obergrenze	4095,68		4071,01		233,34		232,64	
5% getrimmtes Mittel		4024,60		4019,25		232,30		231,61	
Median		3965,96		3970,18		232,73		231,19	
Standardabweichung		536,466		557,900		12,056		11,921	
Minimum		2695		2799		166		178	
Maximum		5961		5954		280		276	
Spannweite		3266		3155		114		99	
Interquartilbereich		710		813		14		15	
Schiefe		,608	,115	,357	,086	-,460	,115	,183	,086
Kurtosis		,370	,229	-,307	,172	3,688	,229	1,152	,172

Abbildung 10 Statistische Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse A320 FRA-EGLL

Die Auswertung bestätigt das bisher dargestellt Bild nochmals: Während die Schwankungsbreite der Überflughöhen an Tor 51/52 in beiden Zeitabschnitten von ca. 3200 ft bis fast 6000 ft reicht ist im Mittel (5%-getrimmtes Mittel) der Unterschied noch bei 6 ft(!).

Bewertung:

An den untersuchten Abflugrouten sind in der Kategorie Medium keine Auswirkungen auf Siedlungsbereiche unterhalb der Abflugrouten der Startbahn West feststellbar. Die Pegelmessungen ergeben ein uneinheitliches Bild, die Schwankungen im Mittel unterhalb 1 dB (LASmax) sind statistisch nicht signifikant und weit unterhalb einer Unterscheidbarkeit wobei zusätzlich die Spannweite der gemessenen Pegel besonders zu berücksichtigen ist.

2.2 Auswertung A333

2.2.1 Auswertung der Lärmpegel A333

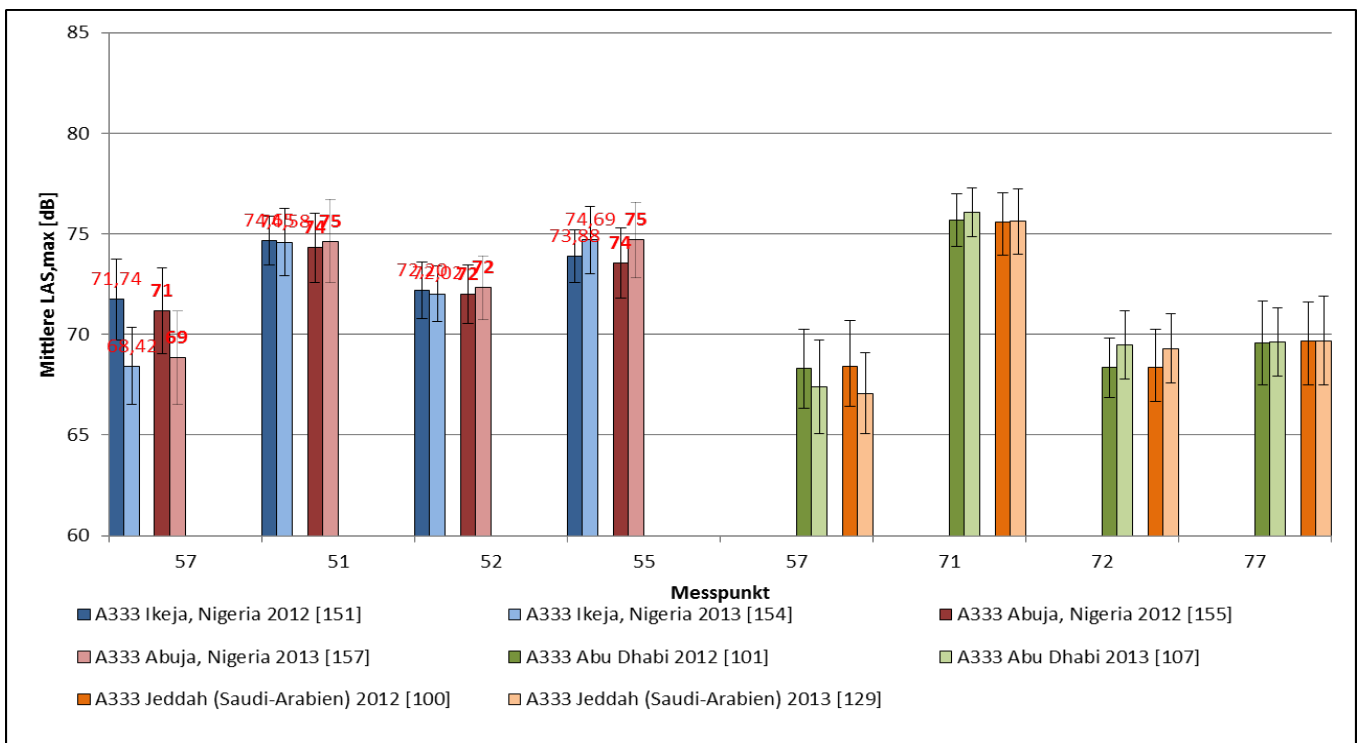


Abbildung 11 Pegelauswertungen A333 nach Ikeja, Abuja, Jeddah und Abu Dhabi.

Etwas deutlichere Pegeländerungen sind an einzelnen Messpunkten zu erkennen, allerdings ist auch hier das Ergebnis nicht eindeutig: An Messpunkt 57 ist eine – teils deutliche – Abnahme der Pegel im Zeitraum 2 zu erkennen. Die Pegel an den Punkten 51, 52 und 55 liegen teils niedriger, teils höher.

Erste Bewertung:

Sinkende Pegel am Messpunkt 57 im Zeitraum 2 lassen sich vermutlich wie folgt erklären: Wie in Abb.4 dargestellt befindet sich ein A333 am Messpunkt 57 bei einem typischen Abflug mit

cutback bei 1500ft noch im ersten Startsteigflugsegment mit Startsteigschub, während im Zeitraum 2 mit dem neuen Verfahren dort die Schubrücknahme bereits erfolgt ist. Die Vergleich der Daten und die Größe der Änderung deuten darauf hin, dass die Schubrücknahme im Fall 1000ft-cutback die Hauptursache der Pegelerniedrigung im Zeitraum 2 darstellt. . Der Pegelvergleich zwischen Zeitraum 1 und 2 zeigt an den anderen Messstellen im Vergleich zu den statistischen Schwankungen nicht signifikant Änderungen bis maximal 1 dB.

2.2.2 . Auswertung der Überflughöhen für Abflüge nach Abuja, DNAA

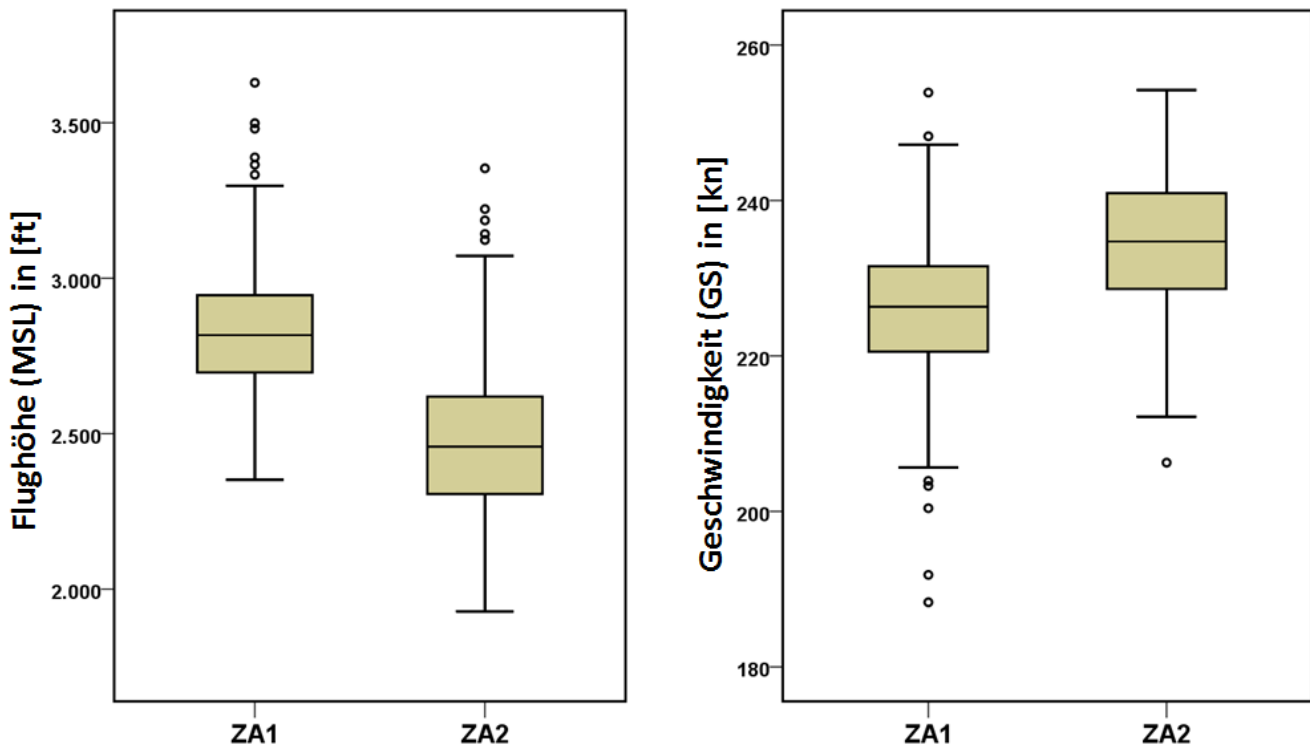


Abbildung 12 Boxplots von Höhen und Geschwindigkeiten der A333 nach DNAA; Messung am Tor 51/52; Auswertungsrahmen wie bereits beschrieben

Deutlich erkennbar hier eine Verringerung der Überflughöhe in Verbindung mit einer ebenfalls deutlich sichtbaren höheren Geschwindigkeit.

2.2.3 . Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit für Abflüge nach Abuja, DNAA

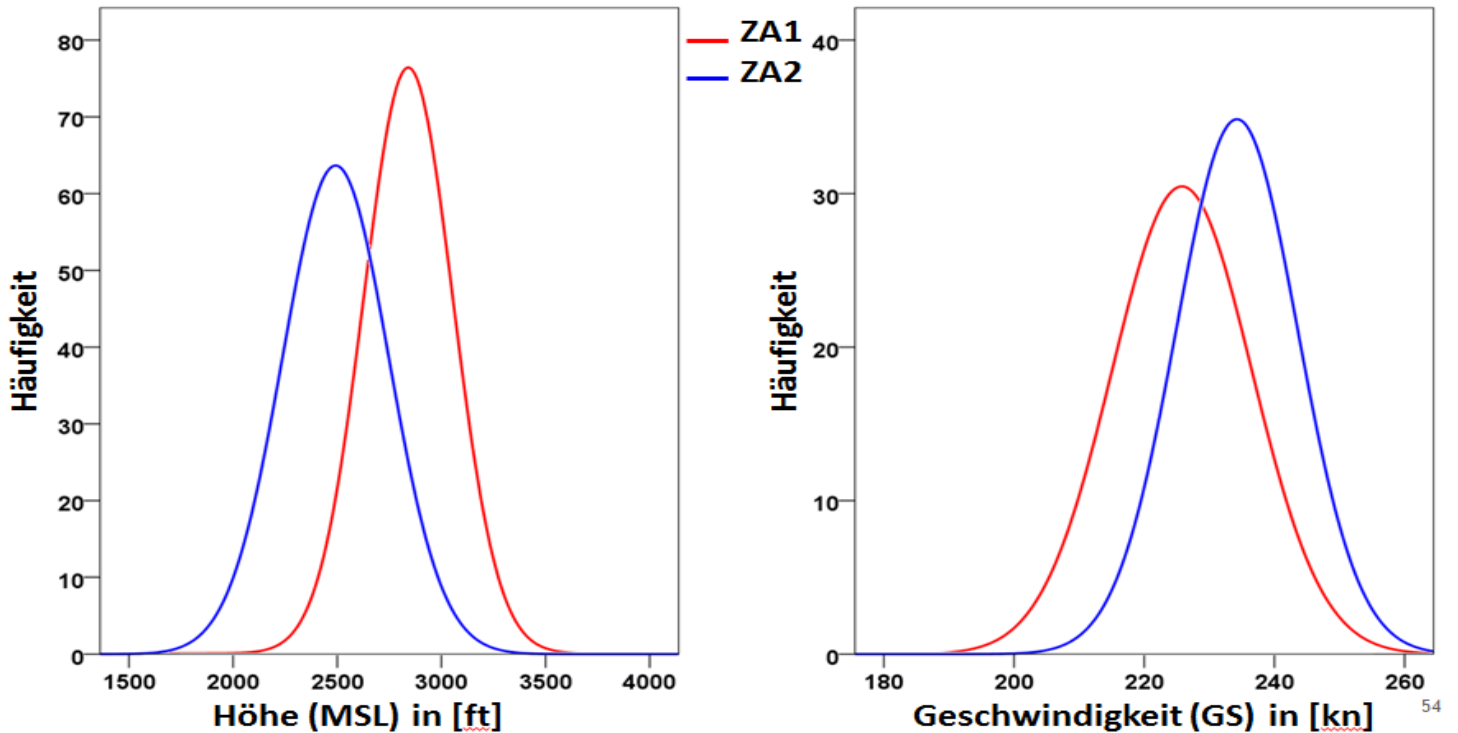


Abbildung 13 Höhe & Geschwindigkeit, Verteilungsfunktionen -- Tor (MP51/MP52)

In beiden Zeitabschnitten ist eine gleichmäßige Verteilung von Höhe und Geschwindigkeit zu sehen, jeweils versetzt in Richtung geringerer Höhe und höherer Geschwindigkeit.

Erste Bewertung: die Auswertungen zeigen, dass durch die Einführung eines früheren Cutback-Zeitpunktes zu erwartende Bild. Die höhere Geschwindigkeit hat einen Nebeneffekt: Der zeitbewertete Pegel kann seitlich der Route eine Verringerung des Dauerschallpegels um bis zu 0.3 dB(A) bewirken (Isermann, per mail Juni 2014).

2.2.4 . Statistik gesamt für Abflüge nach Abuja, DNAA

A333_DNAA		Flughöhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [Kn]			
		ZA1	ZA1	ZA2	ZA2	ZA1	ZA1	ZA2	ZA2
		Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler
Mittelwert		2840,76	16,710	2492,28	19,996	225,79	,838	234,24	,731
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2807,77		2452,80		224,13		232,80	
	Obergrenze	2873,76		2531,77		227,45		235,69	
5% getrimmtes Mittel		2830,69		2480,08		225,96		234,45	
Median		2817,06		2458,37		226,32		234,72	
Standardabweichung		213,994		255,298		10,735		9,328	
Minimum		2351		1928		188		206	
Maximum		3629		3353		254		254	
Spannweite		1277		1425		66		48	
Interquartilbereich		250		318		11		12	
Schiefe		,793	,190	,766	,190	-,367	,190	-,333	,190
Kurtosis		1,356	,377	,876	,378	,978	,377	-,167	,378

Abbildung 14 Statistik der A333 nach DNAA; deutlich in absoluten Zahlen noch einmal die durchschnittlich verringerte Höhe am Messpunkt von annähernd 350 ft sowie eine Erhöhung der Geschwindigkeit um fast 10 Knoten im Mittel.

2.3 Auswertung A388 Abflüge

2.3.1 Auswertung der Lärmpegel

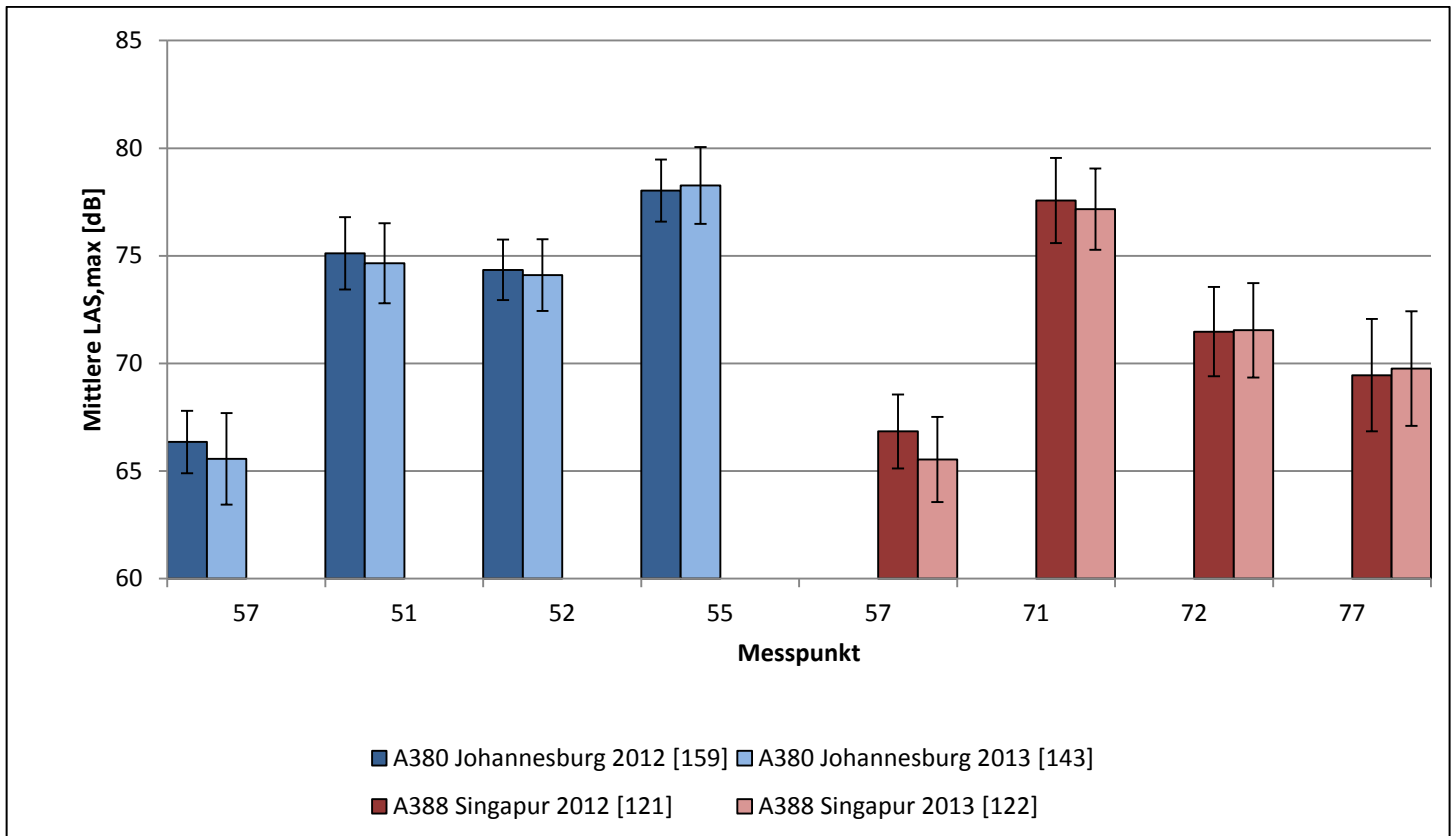


Abbildung 15 Pegel der A388 auf den beiden Strecken

Unterschiede sind auch hier kaum erkennbar. Geringfügigen Minderungen stehen geringfügige Erhöhungen gegenüber. In allen Fällen sind die Schwankungsbreiten der Einzelmessungen deutlich größer als die Pegeländerungen beim Vergleich der Zeiträume 1 und 2., so dass auch hier keine Zuordnung eines Fluges zu einem bestimmten Verfahren allein dadurch möglich wäre.

Erste Bewertung: Es zeigen sich kaum bzw. keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren.

2.3.2 . Auswertung der Überflughöhen

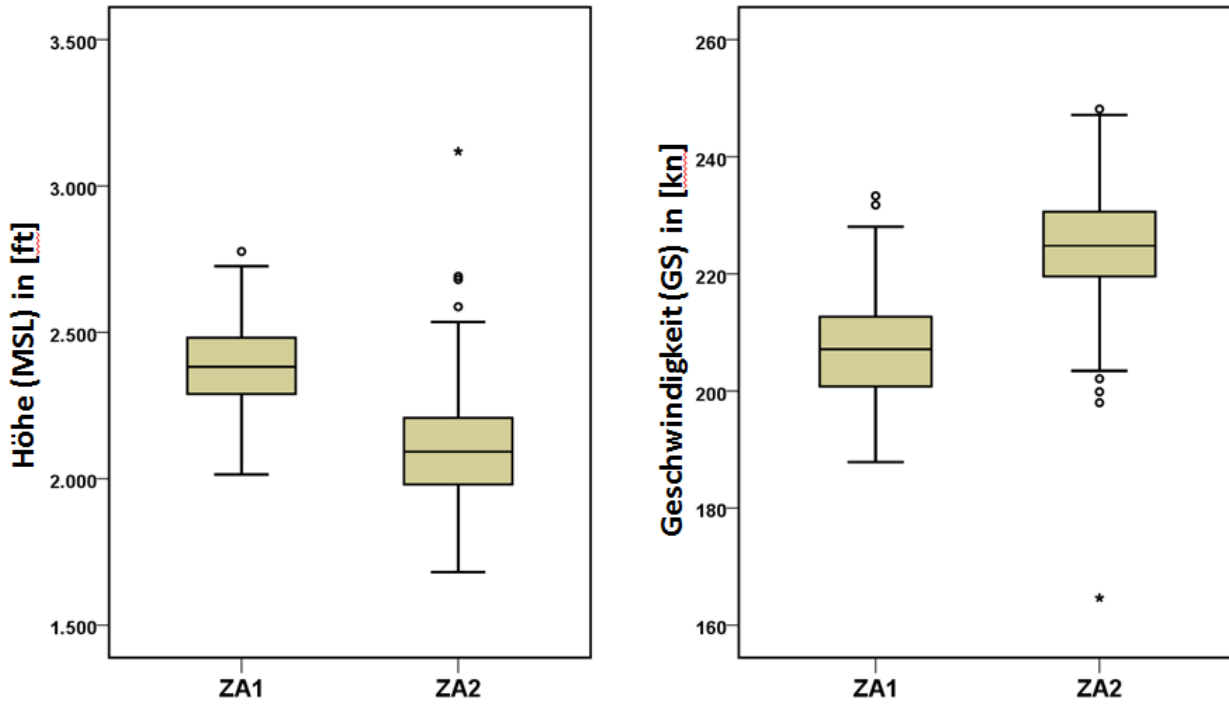


Abbildung 16 Boxplots Höhe und Geschwindigkeit der A388 nach Johannesburg am Tor 51/52;

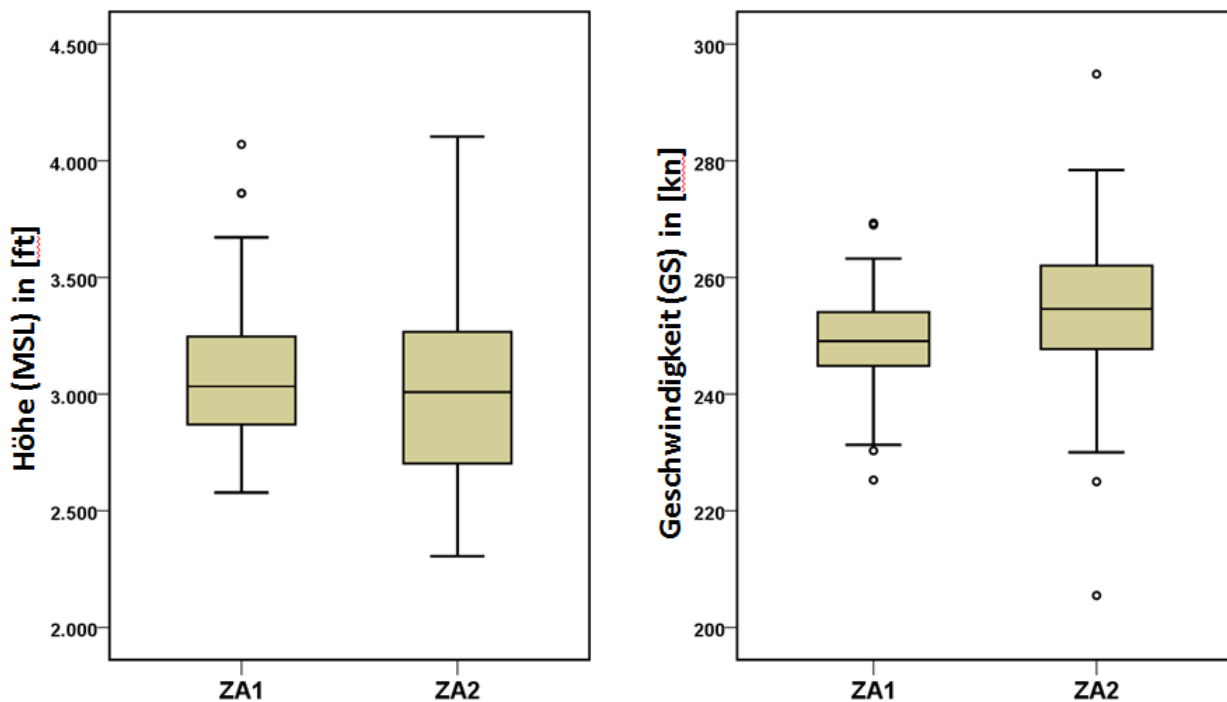


Abbildung 17 Boxplots Höhe und Geschwindigkeit der A388 nach Johannesburg 2,5 km hinter MP 55

Wie im Vergleich der beiden Plots deutlich erkennbar, ist etwa 2,5 km (Bereich südlich von Büttelborn) hinter MP 55 die noch am MP-Tor 51/52 (Bereich Klein-Gerau) deutlich sichtbare Höhendifferenz nahezu ausgeglichen, die Geschwindigkeit ist noch leicht höher. Abb. 16 verdeutlicht in der Höhendifferenz – wie bereits beim Flugzeugtyp A333 – eine auch von Laien bei gewohnten Bezugspunkten sichtbare Höhenunterschiede.

Erste Bewertung: Erkennbar ist, dass am Tor 2,5 km hinter MP 55 keine Höhenunterschied für A388-Abflüge mit 1000 oder 1500ft-cutback erkennbar ist.

2.3.3 Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit

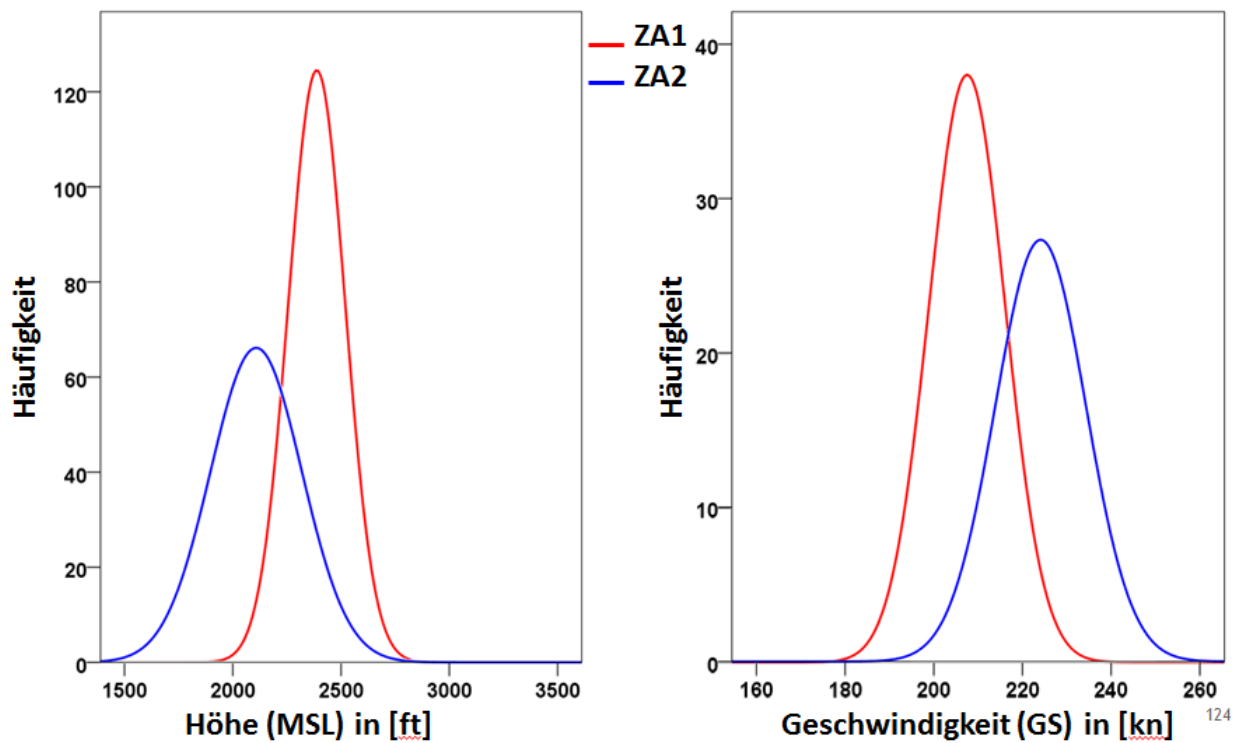


Abbildung 18 Diagramme zur Verteilung von Höhe und Geschwindigkeit am Tor 51/52

Erste Bewertung: Gleichmäßige Verteilung, keine Auffälligkeiten. Höhen- und Geschwindigkeitsunterschied fallen größer aus als beim A333.

2.3.4 Gesamtstatistik

A388_FAOR		Höhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [kn]			
		ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler	ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler
Mittelwert		2387,76	10,254	2108,01	17,841	207,52	,672	224,11	,864
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2367,51		2072,73		206,19		222,40	
	Obergrenze	2408,01		2143,28		208,84		225,81	
5% getrimmtes Mittel		2386,35		2097,40		207,30		224,59	
Median		2382,30		2092,34		207,12		224,80	
Standardabweichung		131,320		211,099		8,603		10,219	
Minimum		2014		1681		188		165	
Maximum		2777		3118		233		248	
Spannweite		762		1437		45		83	
Interquartilbereich		193		229		12		11	
Schiefe		,172	,190	1,090	,205	,335	,190	-1,565	,205
Kurtosis		-,045	,377	3,353	,407	-,082	,377	7,688	,407

Abbildung 19 Daten der A388 nach Johannesburg

Am Auswertungstor 51/52 ist der Unterschied zwischen den beiden Vergleichszeiträumen sowohl bei Höhe als auch bei Geschwindigkeit größer als beim A333. Der deutlich sichtbar niedrigeren Überflughöhe mit ebenfalls deutlich größerer Geschwindigkeit stehen Lärmmessungen gegenüber, die keinen statistisch signifikanten Unterschiede aufweisen und sogar – bis auf MP 57 – als faktisch unverändert bezeichnet werden können.

A388 nach WSSS - Höhe & Geschwindigkeit Boxplots -- Tor (MP71/MP72)

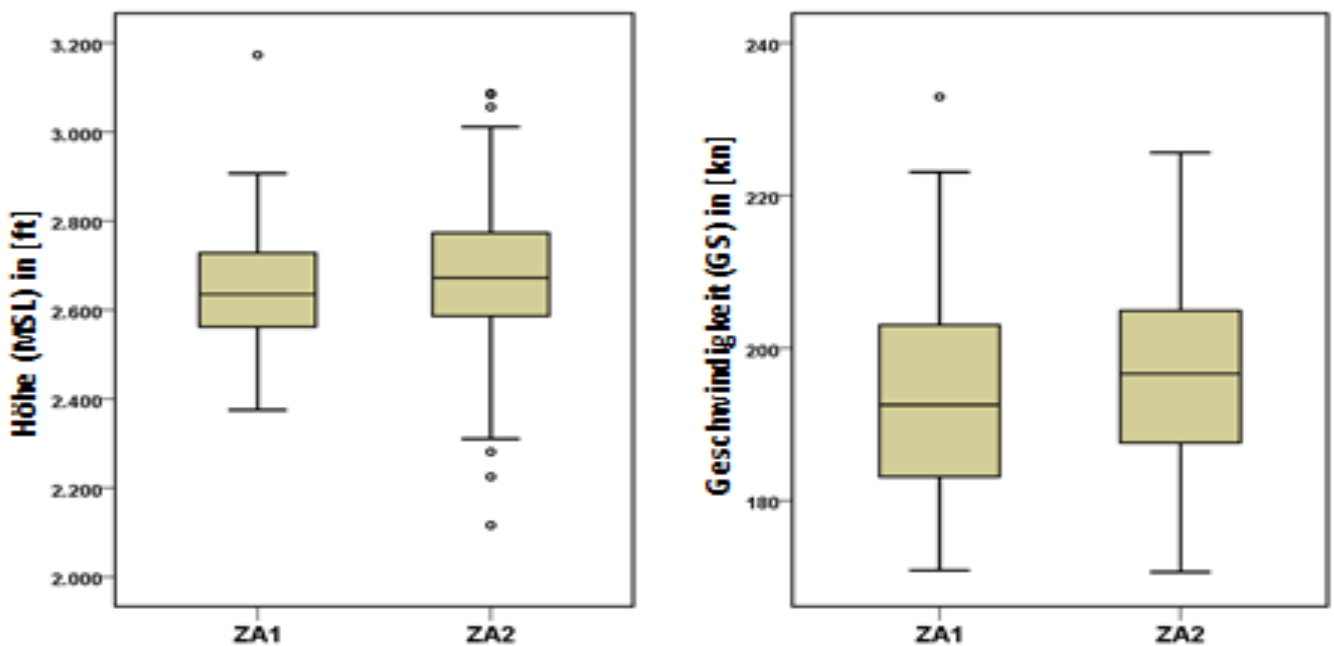


Abbildung 20 Boxplots der A388 nach Singapur

Im Gegensatz zur A388 nach Johannesburg zeigt sich auf der Strecke AMTIX ein anderes Bild: Am Tor 71/72 ist eine leichte Steigerung der Höhe und Geschwindigkeit zu sehen. Der Unterschied beider Abflugstrecken liegt darin, dass auf Grund des Flugplatzes Egelsbach bei Radial200 eine Mindestflughöhe von 2500 ft einzuhalten ist.

Dies zeigt auch die Berechnung von LH:

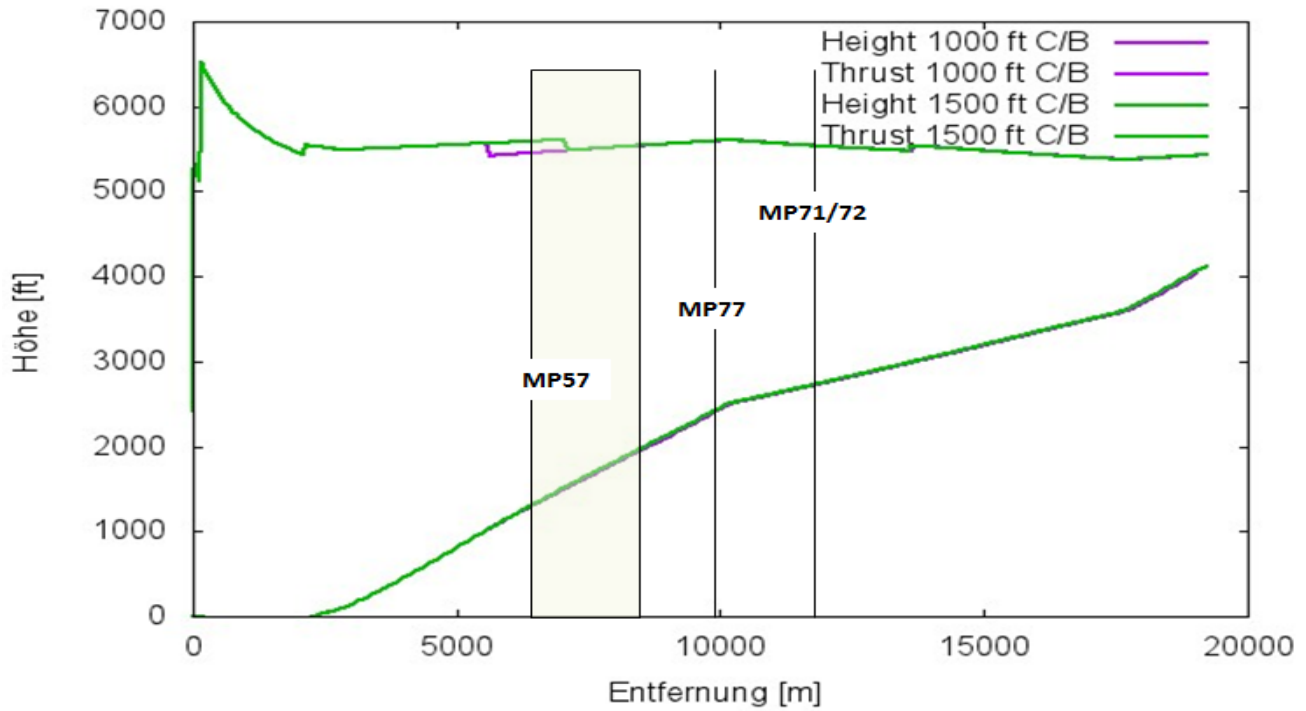


Abbildung 21 Profil A388 nach Singapur, TOW 522,7 to, AMTIX

Der Cutback erfolgt auch auf den AMTIX-Abflügen bei 1000 bzw. 1500 ft, wie die Schubverläufe in Abb.21 zeigen. Danach steigt das Flugzeug in beiden Fällen weiter, um die o.g. Mindestflughöhe einhalten zu können.

2.3.5 Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit

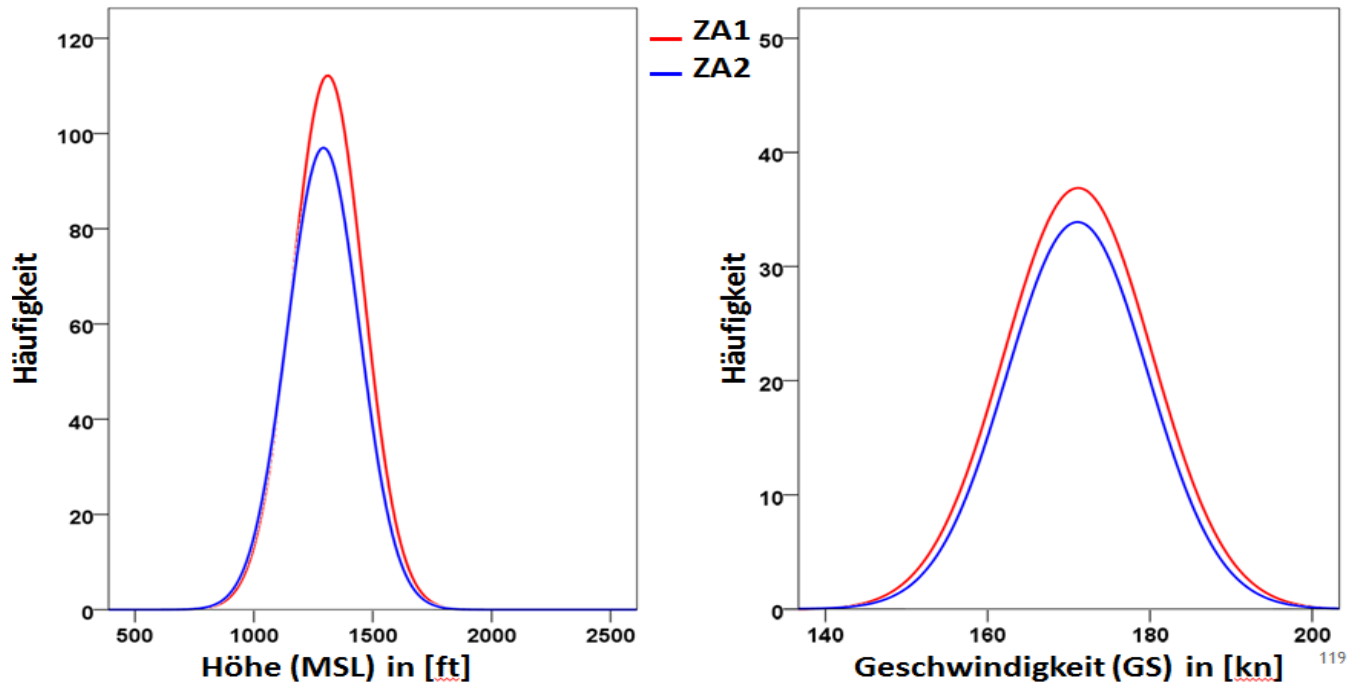


Abbildung 22 Diagramme zur Verteilung von Höhe und Geschwindigkeit am Tor MP71/MP72

2.3.6 Gesamtstatistik

A388_WSSS		Höhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [kn]			
		ZA1	ZA1	ZA2	ZA2	ZA1	ZA1	ZA2	ZA2
		Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler	Statistik	Standard- fehler
Mittelwert		2648,64	11,912	2669,38	15,182	193,95	1,156	196,44	1,057
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2625,06		2639,33		191,66		194,35	
	Obergrenze	2672,22		2699,42		196,24		198,54	
5% getrimmtes Mittel		2647,26		2672,88		193,61		196,25	
Median		2635,00		2672,00		192,56		196,63	
Standardabweichung		133,182		169,736		12,928		11,821	
Minimum		2375		2116		171		171	
Maximum		3173		3087		233		226	
Spannweite		798		971		62		55	
Interquartilbereich		173		193		21		18	
Schiefe		,393	,217	-,331	,217	,304	,217	,199	,217
Kurtosis		,942	,430	,813	,430	-,462	,430	-,535	,430

Abbildung 23 A388 nach WSSS Tor (MP71/MP72)

Erste Bewertung:

Die Statistiken im Vergleich zeigen sehr deutlich den Unterschied zwischen AMTIX und ANEKI. Für AMTIX gilt: kaum Höhenunterschied, kaum Differenzen in der Geschwindigkeit zwischen Vorher/Nachher.

2.4 Auswertung B744 nach Mumbai über AMTIX, B744 nach Buenos Aires

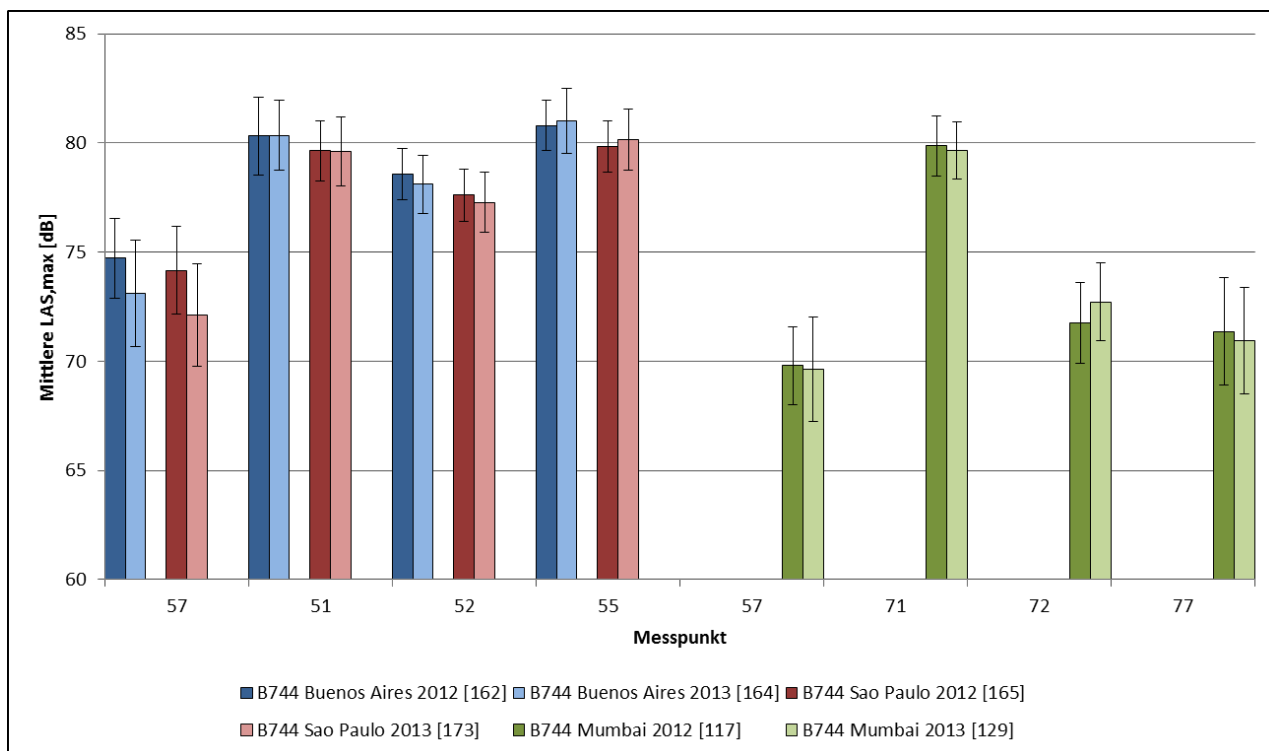


Abbildung 24 Pegel der B744

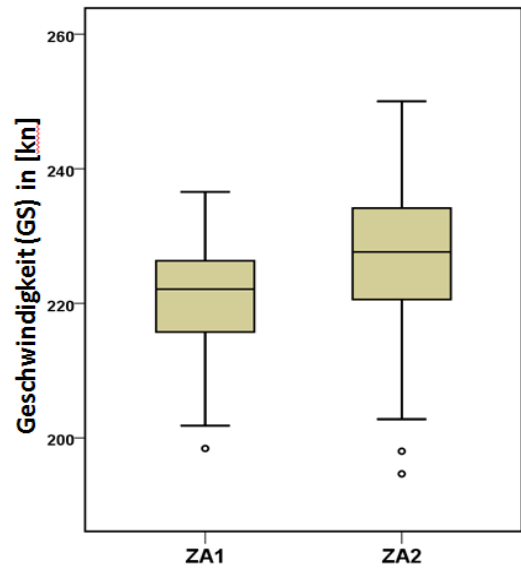
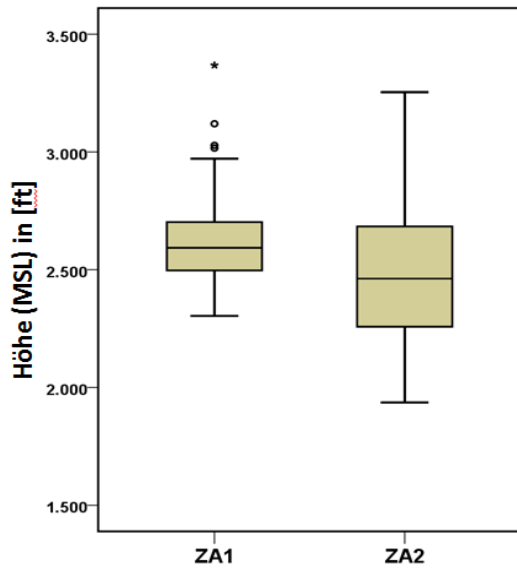


Abbildung 25 B744 nach SAEZ, Tor 51/52

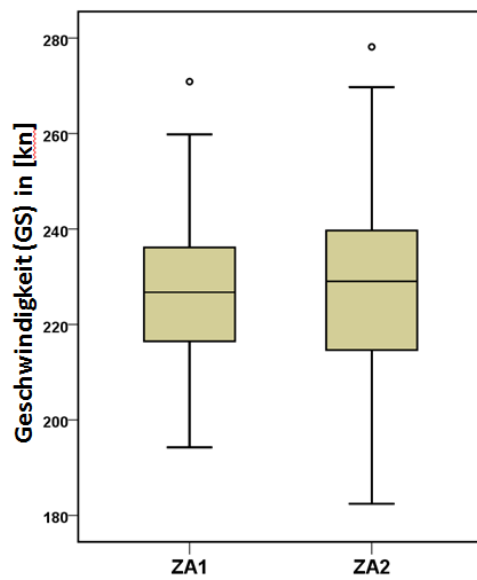
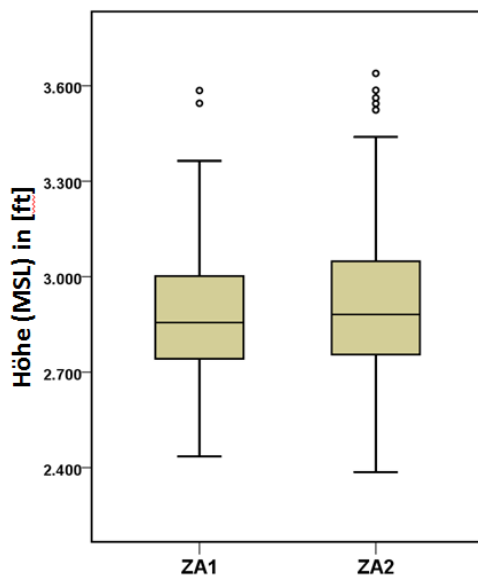


Abbildung 26 B744 nach VABB, Tor 71/72

Erste Bewertung:

Annähernd gleiche Ergebnisse wie bei A388, am Tor 51/52 zeigen sich die Auswirkungen des Startverfahrens (geringere Höhe, höhere Geschwindigkeit); Am Tor 71/72 mit der Höhenvorgabe keine statistisch signifikanten Unterschiede.

2.4.1 Verteilung der Höhe und Geschwindigkeit

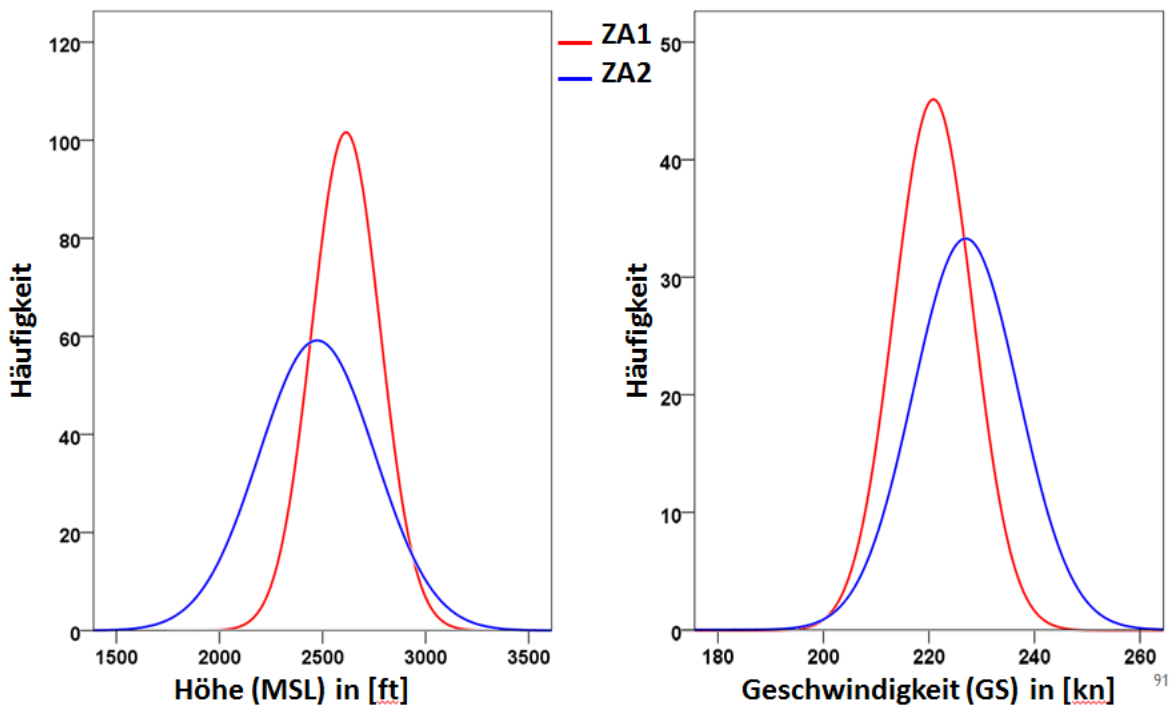


Abbildung 27 B744 – SAEZ Tor 51/52

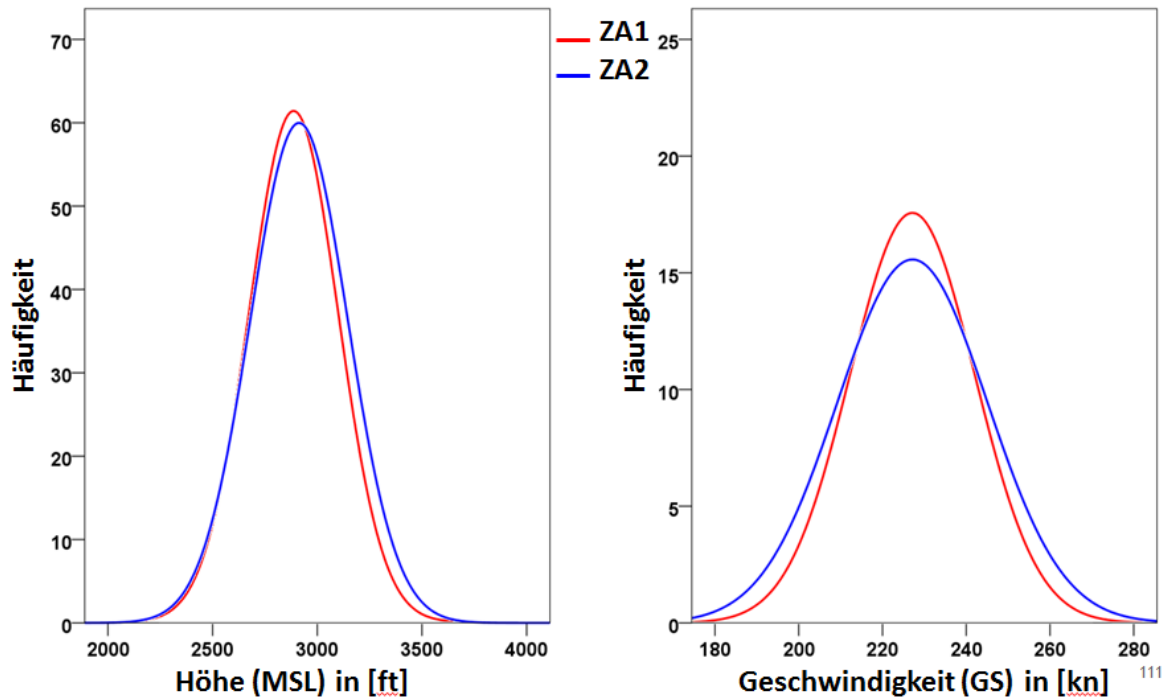


Abbildung 28 B744 – VABB, Tor 71/72

2.4.2 . Gesamtstatistik

B744_SAEZ		Höhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [kn]			
		ZA1 Statistik	ZA1 Standardfehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standardfehler	ZA1 Statistik	ZA1 Standardfehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standardfehler
Mittelwert		2613,86	12,755	2473,26	21,780	220,84	,574	226,97	,774
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2588,68		2430,26		219,71		225,44	
	Obergrenze	2639,04		2516,26		221,97		228,49	
5% getrimmtes Mittel		2603,90		2466,57		220,99		227,15	
Median		2592,91		2462,01		222,11		227,64	
Standardabweichung		165,816		281,456		7,466		10,006	
Minimum		2304		1936		198		195	
Maximum		3368		3254		237		250	
Spannweite		1064		1318		38		55	
Interquartilbereich		206		432		11		14	
Schiefe		1,036	,187	,305	,188	-,353	,187	-,303	,188
Kurtosis		2,098	,371	-,480	,374	-,144	,371	,103	,374

Abbildung 29 ANEKI-Strecke

B744_VABB		Höhe (MSL) in [ft]				Geschwindigkeit (GS) in [kn]			
		ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler	ZA1 Statistik	ZA1 Standard- fehler	ZA2 Statistik	ZA2 Standard- fehler
Mittelwert		2886,76	18,587	2912,82	19,670	227,14	1,300	227,15	1,516
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2849,99		2873,93		224,57		224,15	
	Obergrenze	2923,54		2951,71		229,71		230,14	
5% getrimmtes Mittel		2879,18		2901,98		226,90		227,02	
Median		2856,00		2881,50		226,74		229,03	
Standardabweichung		212,738		232,737		14,875		17,935	
Minimum		2435		2386		194		182	
Maximum		3585		3639		271		278	
Spannweite		1150		1253		77		96	
Interquartilbereich		269		297		20		25	
Schiefe		,624	,212	,707	,205	,221	,212	-,015	,205
Kurtosis		,619	,420	,924	,407	-,223	,420	-,220	,407

Abbildung 30 AMTIX-Strecke

Erste Bewertung: Auch bei den Gesamtstatistiken bestätigt sich das Bild, dass die Umsetzung des Cutback bei 1000ft zu geringerer Höhe und höherer Geschwindigkeit führt – bei wie in den entsprechenden Abbildungen sichtbar – gleichbleibenden, jedenfalls signifikant nicht unterschiedlichen Maximalpegeln. Die bei dem Ziel Buenos Aires zu sehende nur geringfügige Steigerung der Geschwindigkeit kann eine Ursache in der Flugstrecke haben, sie ist mit etwa 11500 km die mit Abstand weiteste Entfernung in der Auswertung und daher wohl auch von der Beladung her wohl in der Nähe des MTOW.

Zusammenfassung

Es wurden insgesamt 12 Flugzeugtypen untersucht, in der Zusammenfassung wurden die wichtigsten Ergebnisse im Detail dargestellt. Die komplette Auswertung mit allen Daten, Abbildungen und Grafiken werden als PDF-Datei der PP-Präsentation online ergänzend zur Verfügung gestellt.

Die durchgeführten Pegelmessungen zeigen nur geringe Unterschiede zwischen Messungen von 2012/3 und 2013/4: Sie differieren zumeist nur wenige Zehntel bis zu 1 dB in beide Richtungen, sowohl unter dem Flugpfad als auch seitlich davon.

Die Unterschiede liegen fast immer – z.T. weit - innerhalb des Bereiches der Fehlerbalken. Da Temperaturunterschiede (Kalter Winter 2012/3, warmer Winter 2013/4) zu spürbaren Einflüssen auf die Steigleistung (nimmt bei niedrigen Temperaturen zu) führen können, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die aus dem Winter 2013/2014 stammenden Daten dadurch zusätzlich beeinflusst wurden. Hierzu liegen jedoch keine genaueren und belastbaren Daten vor.

Bei Medium Luftfahrzeugen (z.B. A320) ist das Cutback-Verfahren in beiden Varianten (1000 ft / 1500 ft) vor Erreichen von Siedlungsgebieten abgeschlossen; geringe Höhenunterschiede wirken sich kaum auf die Pegel aus. Bei den untersuchten Luftfahrzeugen der Kategorie Heavy (A330, B747, A380) zeigen sich sowohl bei Höhe als auch Geschwindigkeit deutliche Veränderungen im Vergleich der beiden Verfahren. Die These, dass die geringere Höhe durch geringere Triebwerksleistung und frühere „Clean Configuration“ kompensiert wird, scheint sich an Hand der Messdaten zu bestätigen. Nach Aussagen des DLR kann sich die höhere Geschwindigkeit seitlich des Flugpfades durch zeitintegrierte Pegel geringfügig positiv auch auf den Dauerschallpegel auswirken.

Eine besondere Rolle spielt die Frage, ob die Ergebnisse des Pilotbetriebes bei Starts von der 18West auf andere Abflugstrecken oder gar Airports übertragbar wären.

Zumindest für Frankfurt kann festgehalten werden, dass eine kursorische Überprüfung der übrigen Abflugstrecken auf Grund der Siedlungsstruktur und der jeweiligen Höhen- bzw. Geschwindigkeitsvorgaben (teils auch beides auf gleicher Strecke) keine negativen Auswirkungen erwarten lässt. Eine genauere Betrachtung der Strecken 07Nlang und –ost ergaben auch dort keine zu erwartenden negativen Änderungen). Der Vergleich der Daten für die Strecken AMTIX und ANEKI/SOBRA zeigen, dass solche Beschränkungen z.B. aus Sicherheitsgründen ein Standardverfahren „überschreiben“. In jedem Fall wird für Frankfurt empfohlen, bei Einführung dieses Verfahrens zumindest im eingeschränkten Umfang nach dem hier beschriebenen Verfahren regelmäßig bestimmte Typen und Destinationen zu überprüfen.

Ob ein solches Verfahren ohne negative Auswirkungen auch auf andere Airports übertragbar ist kann hier nicht ohne weiteres vermutet werden. Dazu ist in jedem Fall die Bewertung der spezifischen Situation vor Ort, insbesondere Siedlungslage- und Struktur sowie die Definition der entsprechenden Verfahren vor Ort zu prüfen.

Anhang

Liste der Abkürzungen

ICAO-Code Zielflughäfen , Tore (MP57, MP51/MP52, MP55, MP55_s2500m)

ICAO-Code	Stadt / Land	Entfernung* [km] (Luftlinie)
DGAA	Accra / Ghana	5006
DNAA	Abuja / Nigeria	4775
DNMM	Ikeja bei Lagos / Nigeria	5005
EBBR	Brüssel / Belgien	304
EGLL	London / Großbritannien	654
FAOR	Johannesburg / Südafrika	8690
LEBL	Barcelona / Spanien	1149
LFLL	Lyon / Frankreich	543
LSGG	Genf / Schweiz	459
LSZH	Zürich / Schweiz	285
SAEZ	Buenos Aires / Argentinien	11500
SBGL	Rio de Janeiro / Brasilien	9254
SBGR	São Paulo / Brasilien	9796
SKBO	Bogotá / Kolumbien	8473
SVMI	Caracas / Venezuela	7471

ICAO-Code Zielflughäfen, Tor (MP71/MP72)

ICAO-Code	Stadt / Land	Entfernung* [km] (Luftlinie)
EDDC	Dresden / Deutschland	389
EDDM	München / Deutschland	301
LHBP	Budapest / Ungarn	836
LKPR	Prag / Tschechien	409
LOWW	Wien / Österreich	622
OEDF	Dammam / Saudi Arabien	4369
OEJN	Dschidda / Saudi Arabien	4133
OKBK	Kuwait / Kuwait	4022
OMAA	Abu Dhabi / VAE	4864
VABB	Mumbai / Indien	6571
VIDP	Neu-Delhi / Indien	6123
VOBL	Bangalore / Indien	7422
VTBS	Bangkok / Thailand	9002
WSSS	Singapur / Singapur	10281

3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schematische Darstellung der Änderung des Profils mit einer Speed-Restriction	4
Abbildung 2 Schematische Darstellung der Änderung des Profils mit einer Speed-Restriction...	6
Abbildung 3 Messpunkte 57 u. 77, Messtore 52-51 und 72-71 sowie Messpunkte 55 und 75; Messpunkt 57 wurde ausgewertet für Ried-Strecken sowie Amtix, die weiteren Messpunkte jeweils nur für die betroffene Strecke	10
Abbildung 4 Steigprofil A330, TOW 207,3 to, SID: ANEKI; Senkrecht abgetragen die Lage der Messpunkte	11
Abbildung 5 A333 nach DNAA – Geschwindigkeit, 5% getrimmtes Mittel im Vergleich.....	12
Abbildung 6 Steigprofil A320, TOW 59,0 to, SID: KNG (kurz); Senkrecht abgetragen Lage der Messpunkte, schraffierter Bereich siehe Messpunkt 57, genauer Ort des Maximalpegels auf Grund der Situation nicht bestimmbar.....	13
Abbildung 7 exemplarische Pegeldarstellungen am Beispiel A320	15
Abbildung 8 Boxplots von Höhen und Geschwindigkeit, hier A320 nach EGLL am Tor MP51/52	16
Abbildung 9 Höhe & Geschwindigkeit, Verteilungsfunktionen -- Tor (MP51/MP52).....	17
Abbildung 10 Statistische Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse A320 FRA-EGLL.....	19
Abbildung 11 Pegelauswertungen A333 nach Ikeja, Abuja, Jeddah und Abu Dhabi.....	20
Abbildung 12 Boxplots von Höhen und Geschwindigkeiten der A333 nach DNAA; Messung am Tor 51/52; Auswertungsrahmen wie bereits beschrieben.....	21
Abbildung 13 Höhe & Geschwindigkeit, Verteilungsfunktionen -- Tor (MP51/MP52)	22
Abbildung 14 Statistik der A333 nach DNAA; deutlich in absoluten Zahlen noch einmal die durchschnittlich verringerte Höhe am Messpunkt von annähernd 350 ft sowie eine Erhöhung der Geschwindigkeit um fast 10 Knoten im Mittel.....	23
Abbildung 15 Pegel der A388 auf den beiden Strecken	24
Abbildung 16 Boxplots Höhe und Geschwindigkeit der A388 nach Johannesburg am Tor 51/52;	25
Abbildung 17 Boxplots Höhe und Geschwindigkeit der A388 nach Johannesburg 2,,5 km hinter MP 55.....	26
Abbildung 18 Diagramme zur Verteilung von Höhe und Geschwindigkeit am Tor 51/52	27
Abbildung 19 Daten der A388 nach Johannesburg	28
Abbildung 20 Boxplots der A388 nach Singapur.....	29
Abbildung 21 Profil A388 nach Singapur, TOW 522,7 to, AMTIX	30
Abbildung 22 Diagramme zur Verteilung von Höhe und Geschwindigkeit am Tor MP71/MP72	31
Abbildung 23 A388 nach WSSS Tor (MP71/MP72).....	32
Abbildung 24 Pegel der B744	33
Abbildung 25 B744 nach SAEZ, Tor 51/52.....	34

Abbildung 26 B744 nach VABB, Tor 71/72	34
Abbildung 27 B744 – SAEZ Tor 51/52	35
Abbildung 28 B744 – VABB, Tor 71/72	36
Abbildung 29 ANEKI-Strecke	36
Abbildung 30 AMTIX-Strecke.....	37