

Gutachten

Wirkungsanalyse „Fluglärm“ neuer An-/Abflugverfahren für den Flughafen Zürich im Rahmen des angestrebten Betriebsreglements 2014 auf den süddeutschen Raum

Auftraggeber (AG):

Landratsamt Waldshut



– Dresden, 19.02.2016 –

Umfang:

Dieser Bericht umfasst 148 Seiten (108 Seiten zuzüglich 40 Seiten Anhang)

Dokumentenname: Gutachten_ZRH_Ostkonzept_10.1_df190216



Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH

Hermann-Prell-Str. 8
01324 Dresden

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

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

URL: www.gfl-consult.de

Email: info@gfl-consult.de

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke

Dipl.-Ing. Daniel Fiedler

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Kurzfassung.....	7
1 Motivation und Zielstellung	11
2 Eingangsdaten.....	13
3 Wirkungsanalyse für das Ostkonzept gemäß Betriebsreglement 2014	17
3.1 Einleitung	17
3.2 Methodik der Wirkungsanalyse.....	21
3.3 Ergebnisse der Wirkungsanalyse	22
3.4 Fazit der Wirkungsanalyse	24
4 Relevante Planungsgrundlagen für An- und Abflugverfahren.....	27
4.1 Einführung.....	27
4.2 Navigationsverfahren.....	29
4.3 Hindernisfreiheit	30
4.4 Anflugverfahren.....	31
4.5 Abflugverfahren.....	33
4.6 Staffelanforderungen	34
4.7 Fazit	35
5 Methodik zur Durchführung von Fluglärmrechnungen.....	37
5.1 Gesetzliche Grundlagen und Berechnungsmethoden.....	37
5.2 Spezifische Eingangsdaten für die Fluglärmrechnungen	41
5.2.1 Zusammenstellung und Aufbereitung notwendiger Eingangsdaten	41
5.2.2 Radardatenanalyse	46
5.3 Durchführung der Fluglärmrechnungen	49
5.3.1 Einführung und Randbedingungen	49
5.3.2 Lärmtechnische Bewertung des Basisszenarios.....	51
6 Entwurf eines optimierten Ostkonzepts BR2014	55
6.1 Einführung.....	55
6.2 Alternative 1	57
6.2.1 Einführung und Randbedingungen	57
6.2.2 Verfahrensplanerische Prüfung	58
6.2.3 Lärmtechnische Bewertung sowie Ermittlung der Anzahl der Überflüge	62
6.3 Alternative 2	66
6.3.1 Einführung und Randbedingungen	66
6.3.2 Verfahrensplanerische Prüfung	68
6.3.3 Lärmtechnische Bewertung	70
6.4 Alternative 3	73
6.4.1 Einführung und Randbedingungen	73
6.4.2 Verfahrensplanerische Prüfung	75

6.4.3	Lärmtechnische Bewertung	78
6.5	Würdigung der Ergebnisse	83
7	Analyse auf Umsetzbarkeit der „Stuttgarter Erklärung“	85
7.1	Einführung und Randbedingungen	85
7.2	Einschätzung zur Umsetzbarkeit der „Stuttgarter Erklärung“	94
	Abkürzungsverzeichnis	95
	Abbildungsverzeichnis	98
	Tabellenverzeichnis	100
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	103
	Anhang A.....	109
A1	Ergebnisse der Berechnungen zur Wirkungsanalyse für das Ostkonzept gemäß Betriebsreglement 2014.....	109
A2	Weiterführende Informationen zur Verfahrensplanung.....	112
A3	Randbedingungen von Luftfahrzeugklassen und -gruppen nach AzB/AzD sowie Zuordnung von Flugrouten und Flugbewegungszahlen	114
A4	Weiterführende Aspekte der Fluglärmberechnung.....	122
A5	Gemeindespezifische Auswertung der betroffenen Bevölkerung und Auswertung der Betroffenheit Änderungen.....	124
A6	Auswertung der betroffenen Bevölkerung und Auswertung der der Betroffenheit Änderungen in der Schweiz.....	144
A7	Tagesspezifische Auswertung der Warteverfahren Nutzung.....	147

Kurzfassung

Der Flughafen Zürich (ZRH) beabsichtigt im Rahmen des Betriebsreglements 2014 (BR2014) Änderungen an den aktuell veröffentlichten An- und Abflugverfahren, speziell für das sog. Ostkonzept vorzunehmen. Hierdurch befürchten die süddeutschen Landkreise eine Ausweitung und räumliche Verlagerung der Überflüge und damit verbunden erhöhten Fluglärm. Seitens der Schweiz wird insbesondere eine Sicherheitsempfehlung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle (SUST) als Begründung für das BR2014 angeführt, nach der die Komplexität der operationellen An- und Abflugverfahren am Flughafen Zürich zu reduzieren sei.

Die Änderung der Flugrouten zur sogenannten Entflechtung des Ostkonzepts sieht vor, die Abflüge nach Norden von Bahn 32/34 von den aus Osten kommenden Anflügen auf Bahn 28 lateral zu trennen. Im BR2014 ist die Nutzung des Ostkonzepts bei typischen Westwindlagen und insbesondere auch während der Nacht, also während der Zeiten betrieblicher Einschränkungen für den Anflugverkehr über Deutschland auf den Flughafen Zürich gemäß geltender Durchführungsverordnung (DVO)-Zeiten, vorgesehen.

Im vorliegenden Gutachten wurde in einem ersten Schritt untersucht, welche Auswirkungen durch das von der FZAG im Rahmen der Objektblattanpassung des Sachplans Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) veröffentlichte Ostkonzept tatsächlich zu erwarten sind. Der quantitative Vergleich erfolgte zwischen den real in 2014 abgewickelten An-/ Abflügen über süddeutschem Gebiet und dem hypothetisch eingeführten BR2014, dies sowohl für das Jahr 2014 als auch prognostisch für das Jahr 2020 auf Basis einer durch Dritte erstellten Prognose. Im Ergebnis zeigt sich unabhängig vom gewählten Bezugsjahr (vgl. Kapitel 3), dass **mit dem Ostkonzept BR2014 in der Tat eine deutliche Zunahme der Überflüge über die Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis und Konstanz zwischen 2.000 bis ca. 10.000 Flugbewegungen pro Jahr** resultierte. Wesentlicher Grund wären die dann nördlich über deutsches Hoheitsgebiet geführten Zwischenanflüge. Diese erfolgten aus Westen über den Wegpunkt GIPOL, aus Osten über den Wegpunkt AMIKI. Zusätzlich wären dies alle aus Norden kommenden Anflüge auf die Landebahn 28.

Die Flughöhen der real in 2014 abgewickelten An-/ Abflüge über den süddeutschen Landkreisen wurden auf Basis von Radardaten der Deutschen Flugsicherung bestimmt. Hiernach wird der Großteil der Anflüge an der deutsch/schweizerischen Grenze im Landkreis Waldshut in einem Höhenband von 1.200 m ü. NHN bis 2.200 m ü. NHN und in den Landkreisen Schwarzwald-Baar und Konstanz in 2.700 m ü. NHN bis 3.700 m ü. NHN geführt. Die geringsten Überflughöhen traten im Endanflug auf die Landebahnen 14 und 16 im *Nordkonzept* auf. Für Anflüge auf die Landebahn 28 im Rahmen des Ostkonzepts liegen diese hingegen im oberen Bereich der o. g. Werte.

In einem zweiten Schritt wurden drei Alternativen zum Ostkonzept BR2014 mit dem Ziel entwickelt, eine reduzierte Fluglärmbelastung des süddeutschen Raums bei entsprechenden Wetter- und Tageszeitbedingungen (gemäß o.g. DVO) zu erreichen, dies unter weitest möglicher Beachtung der schweizerischen Intention, die Komplexität der Verfahren am Flughafen ZRH zu mindern. Die Analyse schloss hierbei die verfahrenstechnische Prüfung (vgl. Kapitel 4) sowie die lärmtechnische Bewertung ein. Als *Basisszenario* wurden für diese Bewertungen nun nicht mehr die realen Flugbewegungen des Jahres 2014, sondern die für das Jahr 2020 prognostizierten Bewegungen im seitens der FZAG angestrebten Ostkonzept BR2014 zugrunde gelegt. Für folgende drei Alternativen wurden Fluglärmrechnungen gemäß Fluglärmgesetz sowie Betroffenheitsanalysen (vgl. Kapitel 5) durchgeführt^[1]:

[1] Bei der Bewertung des Fluglärms für diese Region wurden zudem die Urteile des VGH Mannheim [63] und des Bundesverwaltungsgerichtes [62] berücksichtigt.

- **Alternative 1:** Mischkonzept aus aktuellem Ostkonzept (Stand Herbst/Winter 2014) und neuem Ostkonzept BR2014 durch Verlagerung von aus Westen (über GIPOL) ankommendem Verkehr in den südlichen Bereich des Flughafens ZRH auf dort bereits bestehende Routen,
- **Alternative 2:** Konzept einer erweiterten Nutzung des Südkonzepts am Tag und
- **Alternative 3:** Kombination von Alternative 1 mit Verlagerung von aus Westen (über GIPOL) ankommendem Verkehr südlich des Flughafens ZRH mit zusätzlicher räumlicher Optimierung der Routen des aus Osten (über AMIKI) ankommenden Verkehrs.

Im Ergebnis zeigt sich, dass Alternativen zum seitens FZAG angestrebten BR2014 existieren, die zu einer Entlastung der Bevölkerung führten, wobei Alternative 3 die effektivste Lärmreduktion über alle 3 süddeutschen Landkreise für ca. 30.700 Personen liefert.

Die Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet reduzierten sich bei Umsetzung von Alternative 3 bis zum Jahr 2020 zudem für die Landkreise Konstanz sowie Schwarzwald-Baar trotz Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH wie folgt:

Alternative 3 Landkreis	Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 im Vergleich zum Status Quo 2014	
	Absolut	relativ [%]
Schwarzwald-Baar	-811	-27
Konstanz	-3.802	-100
Waldshut	0	0

Neben der relativen Bewertung aller entwickelten Alternativen gegenüber dem *Basisszenario* erfolgte ergänzend die Berechnung zur möglichen relativen Änderung der Belastungen bei Umsetzung der Alternative 3 gegenüber den real in 2014 abgewickelten An-/ Abflügen auf Basis o. g. Radardaten sowie zusätzlich herangezogener FZAG Verkehrsdaten für das Jahr 2014: Auch für diesen zusätzlichen Vergleich zeigt sich, dass Alternative 3 sowohl am Tag als auch in der Nacht eine deutliche Reduktion an Überflügen über den süddeutschen Landkreisen bei aktivem Ostkonzept zur Folge hätte.

Die Realisierung von Alternative 3 sollte auch aus Schweizer Sicht verfahrenstechnisch gut umsetzbar sein, da vornehmlich bereits bestehende Routensegmente genutzt werden und eine lediglich geringfügige Erhöhung der betrieblichen Komplexität im Vergleich zum seitens FZAG angestrebten BR2014 gegeben ist. Die Betroffenheitsanalysen über Schweizer Gebiet zeigen allerdings, dass Alternative 3 zulasten der dortigen Bevölkerung am Tag als auch teilweise in der Nacht bilanziert.

Bei Umsetzung der Alternative 3 wären nachfolgende Maßnahmen umzusetzen:

- Eine Luftraumsimulationen, die die Auswirkungen auf die Flughafenkapazität feststellt, sowie weiterführend eine Sicherheitsstudie gemäß EU-Verordnung.
- Einbeziehung der Rückwirkung auf den SIL-Prozess in der Schweiz in die Würdigung (hier Analysen zur Umweltbelastung und Sicherheit).

Neben den Analysen in Bezug auf das seitens FZAG angestrebte BR2014 wurde in einem dritten Schritt untersucht, ob und ggf. inwieweit die im Jahr 2009 von Deutscher Seite verfasste „Stuttgarter Erklärung“ sinnvoll umsetzbar wäre. Die dort formulierten Forderungen sind komplex, so dass umfängliche Modellierungen und Analysen hierzu erforderlich sind, die in vorliegendem Gutachten auf qualitativem Niveau erfolgten: Im Ergebnis ist hiernach

festzustellen, dass eine grundsätzliche Umsetzung der „Stuttgarter Erklärung“ unter folgenden Randbedingungen möglich wäre:

1. Aufhebung des Warteverfahrens RILAX:
 - Die Aufhebung des Warteverfahrens RILAX würde sich auf die Warteverfahren GIPOL und AMIKI auswirken sowie zu einer geänderten Routenführung für Anflüge auf die Landebahnen 14, 16 und 28 führen, sodass ggf. weiter zu prüfen wäre, wie der Grundforderung einer Reduktion der Komplexität am Flughafen ZRH gemäß [55] noch entsprochen werden könnte. Die Aufhebung von RILAX als Warteverfahren kann von daher im vorliegenden Gutachten nicht abschließend bewertet werden.
2. Kontingentierung auf 80.000 Anflüge über deutschem Staatsgebiet:
 - Bei verminderter Nutzung des Nordkonzepts um täglich vier Stunden am Tage wäre eine Begrenzung auf ca. 82.700 jährliche Anflüge im deutschen Luftraum im Prognosejahr 2020 möglich.
 - In weiteren Detailanalysen wäre zu prüfen, ob und wie über diese Anzahl hinausgehende Anflüge auf den Flughafen ZRH ohne die Inanspruchnahme deutschen Luftraums abgewickelt werden können.
3. Kein gekurvter Anflug auf die Landebahn 14:
 - Auf einen gekurvten Anflug kann aus betrieblichen Gründen verzichtet werden.
4. Vermeidung von Abflügen über deutschem Staatsgebiet:
 - Dies ist möglich, da Abflüge gemäß avisiertem BR2014 (auch bei Umsetzung von Alternative 3) nicht über deutsches Staatsgebiet geführt werden (vgl. Kapitel 7.1).
5. Keine Hinnahme von Umweg- und Warteflügen über deutschem Gebiet:
 - Im Nordkonzept wären Umwege mittels der bestehenden direkten Routenführungen vom Wegpunkt RILAX auf die Landebahnen 14 und 16 vermeidbar. Für Anflüge auf die Landebahn 28 existierten aus deutscher Sicht optimierte Konzepte wie die hier entwickelte Alternative 3.
6. Uneingeschränkte Beibehaltung der Sperrzeiten der 220. DVO:
 - Die Sperrzeiten der 220. DVO könnten unberührt bleiben.

Die Feststellung zur Umsetzbarkeit der Stuttgarter Erklärung bedingt aus Sicht des Gutachters zwingend folgende weitere Analysen, die über die hier vorgenommene rein qualitative Bewertung hinausgehen:

- Feststellung der operationellen Auswirkungen auf das Hub-System in Bezug auf die An- und Abflug-„Wellen“ am Flughafen Zürich (inkl. Auswirkungen auf das Betriebsreglement), die für die dortigen Operateure (speziell SWISS) elementar für die Durchführung ihres Geschäftsmodells sind,
- Eine Luftraumsimulationen, die die Auswirkungen auf die Flughafenkapazität insbesondere in Bezug auf das Hub-System feststellt, sowie weiterführend eine Sicherheitsstudie gemäß EU-Verordnung, analog zu den Hinweisen bei Umsetzung von Alternative 3,
- Rückwirkungen auf den SIL-Prozess in der Schweiz (Analysen zur Umweltbelastung und Sicherheit),
- Analysen zur Lärmbetroffenheit.

1 Motivation und Zielstellung

Der Flughafen Zürich (ZRH) beabsichtigt Änderungen an seinem derzeitigen Betriebsreglement vorzunehmen. Das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur des Landes Baden-Württemberg sowie Vertreter der hiervon betroffenen Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis, Konstanz sowie Lörrach wurden darüber mittels des sog. Gesuchs für die Betriebsreglementänderung 2014 seitens der Flughafen Zürich AG (FZAG) informiert.

Anlass dieser Initiative war eine Sicherheitsempfehlung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle (SUST) basierend auf der Flugunfalluntersuchung zum schweren Vorfall vom 15.03.2011 am Flughafen ZRH. Die SUST empfahl neben weiteren Anordnungen eine umfassende Analyse der Betriebsverfahren für den Flughafen sowie die Suche nach geeigneten Risikominderungsmaßnahmen, die die Komplexität der operationellen An- und Abflugverfahren am Flughafen Zürich zu reduzieren gestatten.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der avisierten Änderungen am Betriebsreglement ist dabei die Änderung der Flugrouten zur sogenannten Entflechtung des Ostkonzepts. Ziel ist es, die Abflüge nach Norden von Bahn 32/34 und aus Osten kommende Anflüge auf Bahn 28 bei typischer Westwindlage und im Zeitraum der Durchführungsverordnung (DVO) voneinander zu trennen. Von diesen Änderungen wären die an der Staatsgrenze angrenzenden Landkreise in Form veränderter Überflüge in Geometrie und Anzahl betroffen.

Im Rahmen des Gutachtens wird untersucht, welche Fluglärm Auswirkungen durch das von der FZAG im Rahmen der Objektblattanpassung des Sachplans Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) [16] veröffentlichte neue „Ostkonzept“ zu erwarten sind. Der Fokus dieser Analysen liegt im Vergleich zum aktuell geltenden Ostkonzept zunächst in Form quantifizierter, räumlich pro Landkreis differenzierter Flugbewegungen in Lage und Höhe. Prämisse dieser Untersuchungen ist, dass die letzte Fassung des Staatsvertrags vom 2. Juli 2012 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz [18] nicht rechtskräftig wird.

Weiterführend wird untersucht, welche Alternativen zu o. g. Ostkonzept bestehen, die eine reduzierte Fluglärmbelastung des süddeutschen Raums bei entsprechenden Wetter- und Tageszeitbedingungen (gemäß DVO) unter der Prämisse Reduktion der Komplexität am Flughafen ZRH ermöglichen.

Neben den Analysen in Bezug auf das geplante Betriebsreglement 2014 (BR2014) wird sodann untersucht, ob und ggf. inwieweit die im Jahr 2009 durch zahlreiche hiervon betroffene Gemeinden und Landkreise in Deutschland verfasste „Stuttgarter Erklärung“ umsetzbar ist, die eine Kontingentierung der Flugbewegungen über Deutschland, die Aufhebung des für den Flughafen ZRH einzigen in Deutschland gelegenen Warteverfahrens RILAX, fluglärmoptimale Streckenführungen für Anflüge über deutschem Staatsgebiet, die Vermeidung von Abflügen über Deutschland sowie die Verhinderung von gekurvten Anflügen auf die Bahn 14 fordert.

2 Eingangsdaten

Die in Kapitel 1 vorgestellten Analysen und Zielsetzungen stützen sich auf zahlreiche Eingangsdaten, die im Wesentlichen von der FZAG und weiteren lokalen Akteuren sowie ergänzend dem AG bereitgestellt wurden. Hierauf wurde im Rahmen der Datenakquisition besonderes Augenmerk gerichtet, um diesbezügliche Akzeptanz aller am Entwicklungsprozess für das Betriebsreglement des Flughafens ZRH beteiligten Institutionen für die vorliegende Studie zu gewährleisten. Im Folgenden werden die für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand relevanten Informationen vorgestellt.

Infrastrukturdaten des Flughafens ZRH:

Hinsichtlich der Infrastruktur des Flughafens ZRH ist für die Fluglärmberechnung insbesondere das bestehende Start- und Landebahnsystem von Bedeutung. Gemäß Luftfahrthandbuch (*Aeronautical Information Publication*, AIP) [10] verfügt der Flughafen ZRH über drei Start- und Landebahnen (SLB bzw. *Runway*, RWY) mit nachfolgenden Spezifika (entsprechend der Quelle mit englischen Titeln versehen) gemäß Tabelle 1:

Designations RWY NR	TRUE & MAG BRG	Dimensions of RWY (m)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY REF AD 1.1.6.	THR COORD	THRELEV and highest TDZ ELEV	Slope of RWY-SWY
1	2	3	4	5	6	7
10*	096° GEO 094° MAG	2500 x 60	CONC PCN 86 R/B/W/T	47 27 32.18N 008 32 14.93E GUND 47.3 m / 155.2 ft	1391 ft 1392 ft	Refer to LSZH AOC 16/34/32, 10/28
28*	276° GEO 274° MAG			47 27 23.76N 008 34 13.63E GUND 47.2 m / 155.0 ft	1416 ft 1417 ft	
14	137° GEO 135° MAG	3300 x 60	ASPH** PCN 87 F/A/W/T	47 28 55.53N 008 32 09.87E GUND 47.3 m / 155.3 ft	1402 ft 1402 ft	
32	317° GEO 315° MAG			47 27 40.65N 008 33 52.06E GUND 47.3 m / 155.0 ft	1402 ft 1402 ft	
16*	155° GEO 153° MAG	3700 x 60	ASPH** PCN 87 F/B/W/T	47 28 32.57N 008 32 09.37E GUND 47.3 m / 155.2 ft	1390 ft 1390 ft	
34*	335° GEO 333° MAG			47 26 57.39N 008 33 14.91E GUND 47.3 m / 155.0 ft	1388 ft 1389 ft	

Tabelle 1: Eigenschaften der SLB am Flughafen ZRH gemäß AIP [10]

Die in Tabelle 1 ausgewiesenen Daten, vornehmlich SLB-Bezeichnung (Spalte 1), SLB-Ausrichtung (Spalte 2) und Dimensionen (Spalte 3), finden Eingang in die Fluglärmberechnungen. Weitere Flugplatzdaten (bspw. Flughafen- und Bahnbezugspunkte, Flugplatzhöhe etc.) wurden ebenfalls dem AIP [10] entnommen und hier ergänzend mit den Informationen im Bericht „Aufbereitung der Flugbetriebsdaten des Flughafens Zürich nach der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)“ der *Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (EMPA) [11] abgeglichen.

Flugbetriebliche Randbedingungen:

Zentraler Bestandteil der Fluglärmberechnungen sind die im EMPA-Bericht „Betriebsreglementsänderung 2014 – Fluglärmberechnungen nach Lärmschutz-Verordnung“ [1] und zugehörigem Kartensatz [2] enthaltenen Flugrouten sowie Flugbewegungszahlen. Hinsichtlich der Flugrouten wurden zusätzlich seitens FZAG CAD-Files (dxf-Format) der Geometriedaten entsprechender Flugrouten, Flughöhen- sowie Geschwindigkeitsprofile von auf diesen Flugrouten operierenden Luftfahrzeuge (LFZ) bereitgestellt. Detaillierte Datenbeschreibungen hierzu wurden der separaten Dokumentation nach [12] sowie ergänzend [1] entnommen.

Die für die jeweilige Flugroute relevanten Flugbewegungszahlen sind im EMPA-Bericht [1] nach Betriebszustand, SLB bzw. Flugroute, LFZ und Tages- bzw. Nachtzeit differenziert. Für

die vorliegende Fluglärm Betrachtung sind lediglich die Flugbewegungen der sog. Großluftfahrzeuge¹ relevant. Kleinluftfahrzeuge¹ (Flugbetrieb nach Instrumenten- bzw. Sichtflugregeln (*Instrument Flight Rules*, IFR bzw. *Visual Flight Rules*, VFR)) und Helikopter bleiben hingegen unberücksichtigt, da gegenüber größeren LFZ sowohl deren Verkehrsanteil deutlich kleiner² ist als auch die Fluglärm Auswirkungen im Allgemeinen und aufgrund technischer/flugleistungsspezifischer Randbedingungen als unbedeutender zu bewerten sind. Nachfolgende Tabelle 2 weist die bahnspezifischen Jahresflugbewegungen (Starts und Landungen) des Prognosejahres 2020 im Zeitraum von 06 bis 05 Uhr für die sog. Betriebszustände Z_t und Z_{t+} (Definition und Verwendung der Betriebszustände siehe Kapitel 3.1) aus:

Bahn	Betriebszustand Z_t		Betriebszustand Z_{t+}	
	Starts	Landungen	Starts	Landungen
10	4.387	0	4.387	0
28	89.891	24.331	89.891	24.332
14	0	101.412	0	101.412
32	24.784	0	24.782	0
16	23.183	5.337	23.183	5.337
34	8.559	19.705	8.558	19.705
Summe	150.804	150.785	150.801	150.786
Gesamt	301.589		301.587	

Tabelle 2: Bahnspezifische Flugbewegungen für die Betriebszustände Z_t und Z_{t+} gemäß [1]

Im Rahmen der Fluglärm Berechnungen (vgl. Kapitel 4) sind die Flugbewegungszahlen des Betriebszustandes Z_{t+} anzuwenden. Aufgrund der in [1] angewandten Differenzierung hinsichtlich einzelner LFZ-Muster wurden die Daten derart aufbereitet, dass die enthaltenen LFZ den nach *Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb* (AzD) [13] bzw. *Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen* (AzB) [14] relevanten LFZ-(Lärm-) Gruppen entsprechen. Die resultierende Zuordnung ist Tabelle 35 in Anhang A3 zu entnehmen. Darüber hinaus sind die für die Fluglärm Berechnungen zugrunde gelegten Flugbewegungen (Starts und Landungen) des Betriebszustandes Z_{t+} detailliert für jede Flugroute und LFZ-Gruppe in Tabelle 36, Tabelle 37 und Tabelle 38 im Anhang A3 ausgewiesen (weiterführende Erläuterungen zu den LFZ-Gruppen sind in Kapitel 5.1 enthalten).

Weitere flugbetriebliche Randbedingungen zum Zwecke der Fluglärm Berechnung, wie bspw. Art vorhandener Anflugverfahren/Funknavigationsanlagen und damit einhergehender Randbedingungen, entsprechen den Angaben im AIP [10] und sind in Kapitel 5.2 dargelegt.

Überdies finden die im SIL des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) enthaltenen Flugbetriebskonzepte und Randbedingungen Eingang in die Analyse der zu entwickelnden Szenarien für ein optimiertes Ostkonzept (vgl. Kapitel 5). Maßgeblich ist diesbezüglich das Dokument *SIL-Prozess: Anpassung des Objektblatt-Entwurfs aufgrund des Staatsvertrags mit Deutschland* [16].

¹ Typische, am Flughafen ZRH operierende Großluftfahrzeuge sind gemäß [1] bspw. Airbus A319, A320, A321, A340 und A380 sowie Boeing B737, B747, B757, B767 und B777 u. v. a. m. Vertreter von Kleinluftfahrzeugen sind entsprechend [1] bspw. Beechcraft BE60, ATR 42, Cessna Citation II oder Pilatus PC-12.

² Gemäß [1] sind ca. 18.000 Flugbewegungen (Anteil ca. 6 %) von Kleinluftfahrzeugen nach IFR und VFR (BR2014, Prognosejahr 2020) verzeichnet.

Flugverlaufsdaten:

Für die vorliegende Untersuchung wurden im Weiteren Flugspuren im FANOMOS-Datenformat (*Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System*) verwendet. Hierbei handelt es sich um radargestützte Flugverlaufsdaten der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) [15]. Diese Daten erfassen sowohl Starts als auch Landungen am Flughafen ZRH im Zeitraum von Mai bis Oktober 2014 (üblicherweise das verkehrsreiche Halbjahr). Aus den FANOMOS-Daten werden die folgenden Parameter für die weitere Analyse genutzt:

- Flugplaninformationen:
 - Identifikationsnummer der einzelnen Flugspur,
 - LFZ-Typ,
 - Datum und Uhrzeit der Aufzeichnung und
 - Start- bzw. Zielflughafen.
- Flugspurinformationen:
 - Laterale Positionskoordinaten: Ost- und Nordwert in UTM-Koordinaten (*Universal Transverse Mercator*) und
 - Vertikale Position: Flughöhen (*Altitude*) als barometrische Höhe über Meereshöhe (*Mean Sea Level*, MSL) bezogen auf das gültige QNH³ des Flughafens ZRH.

Die konkrete Datenverwendung im Rahmen der Fluglärmberechnungen und hierbei angewandte Analysemethoden sind ergänzend in Kapitel 5.2.2 erläutert.

Sonstige Eingangsdaten:

Neben den oben aufgeführten Eingangsdaten finden weitere Dokumente Berücksichtigung, die in den entsprechenden Kapiteln jeweils referenziert werden. Insbesondere sind hierbei zu nennen:

- 220. Durchführungsverordnung zur Luftverkehrs-Ordnung: Festlegung von Flugverfahren für An- und Abflüge nach Instrumentenflugregeln zum und vom Flughafen Zürich (aktuellste Fassung: 5. Verordnung zur Änderung) [17],
- Staatsvertrag: Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweizerischen Eidgenossenschaft über die Auswirkungen des Betriebs des Flughafens Zürich auf das Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland [18].

Vergleichend werden zur Prüfung der Lärmberechnungen zudem frühere Fluglärmgutachten herangezogen, die seitens des AG bereitgestellt wurden. Hierbei handelt es sich um:

- „Bewertung des Fluglärms im Landkreis Waldshut. Teil 1: Beschreibung der Lärmbelastung“, Dr. Dietrich Kühner [19]
- „Bewertung des Fluglärms im Landkreis Waldshut. Teil 2: Beschreibung der Lärmbelastung aus medizinisch-hygienischer Sicht“, Univ. Prof. Dr. med. Peter Lercher [20]
- „Vergleich Messung / Berechnung von Lärmschleppen im Landkreis Waldshut“, Cervus Consult GmbH [21]

³ Luftdruck am Flugplatz hochgerechnet auf Meereshöhe gemäß ICAO-Standardatmosphäre und Skaleneinstellung am Höhenmesser (Anzeige der Flugplatzelevation beim Aufsetzen).

3 Wirkungsanalyse für das Ostkonzept gemäß Betriebsreglement 2014

3.1 Einleitung

Im Rahmen von Kapitel 3 wird analysiert, welche Auswirkungen durch die Umsetzung des durch die FZAG im Rahmen der SIL-Objektblattanpassung veröffentlichten neuen Ostkonzeptes zu erwarten sind. Hintergrund ist das Gesuch der FZAG zur Betriebsreglementänderung 2014, mit der mittels geometrischer Entflechtung der An- und Abflugrouten eine reduzierte Komplexität für den Flughafen ZRH angestrebt wird. Dies soll im Rahmen des hier fokussierten Ostkonzeptes vornehmlich mit einer neuen Führung der Zwischenanflüge auf die Landebahn 28 gebündelt nördlich des Flughafens auf sog. Trombonen (geometrisch entsprechend S-Schleifen geformt) bzw. Transitions erfolgen. Diese avisierten Zwischenanflüge führten im nordwestlichen Bereich planerisch auch über deutsches Gebiet.

Ziel der Wirkungsanalyse ist es, eine quantitative Aussage zu möglichen Auswirkungen des BR2014 auf die Bevölkerung in den betroffenen Landkreisen mittels Analyse der Flugbewegungszahlen für Tages- und Nachtzeiten zu treffen. Die Aufschlüsselung der Flugbewegungen auf die spezifischen Flugrouten und weiter differenziert nach Tages- und Nachtstunden wird den Fluglärmrechnungen nach Lärmschutzverordnung der EMPA zur Betriebsreglementänderung 2014 gemäß [1] entnommen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mehrere Szenarien analysiert, die sich aufgrund der homogenen Datengrundlage für eine Vergleichsanalyse anbieten [1]. Folgende Szenarien werden im Rahmen der Wirkungsanalyse hierbei gewählt:

- **Betriebszustand „Status Quo“ (Zt)**
Betrieb des Jahres 2011 mit hochskalierten Flugbewegungen auf das Prognosejahr 2020, einschließlich bereits eingeführter oder absehbarer Veränderungen (bspw. meteorologische Einflüsse) unabhängig vom BR2014 gemäß [1]
- **Betriebszustand „BR2014“ (Zt+)**
Betrieb des Jahres 2011 mit hochgerechneten Flugbewegungen auf das Prognosejahr 2020, Umsetzung des BR2014 inkl. Risikominderungsmaßnahmen und Bau von Schnellabrollwegen, den aktuell diskutierten Staatsvertrag Deutschland – Schweiz als weiterhin nicht rechtskräftig unterstellt.

Für die vorliegende Analyse werden beide Zustände vergleichend untersucht (siehe Kapitel 3.2). Der Fokus dieser Analysen liegt im Vergleich quantifizierter, räumlich pro Landkreis differenzierter Flugbewegungen in Lage und Höhe. Neben dem Prognosejahr 2020 werden zudem auch Vergleichsanalysen für das Bezugsjahr 2014 (vollständige Flugbewegungszahlen im Jahr 2014 gemäß [22]) durchgeführt, um auch den Aspekt der vermutlich steigenden Verkehrsentwicklung am Flughafen ZRH in den nächsten Jahren zu berücksichtigen.

Nachfolgende Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang der in Kapitel 3.2 durchgeführten Vergleichsanalysen:

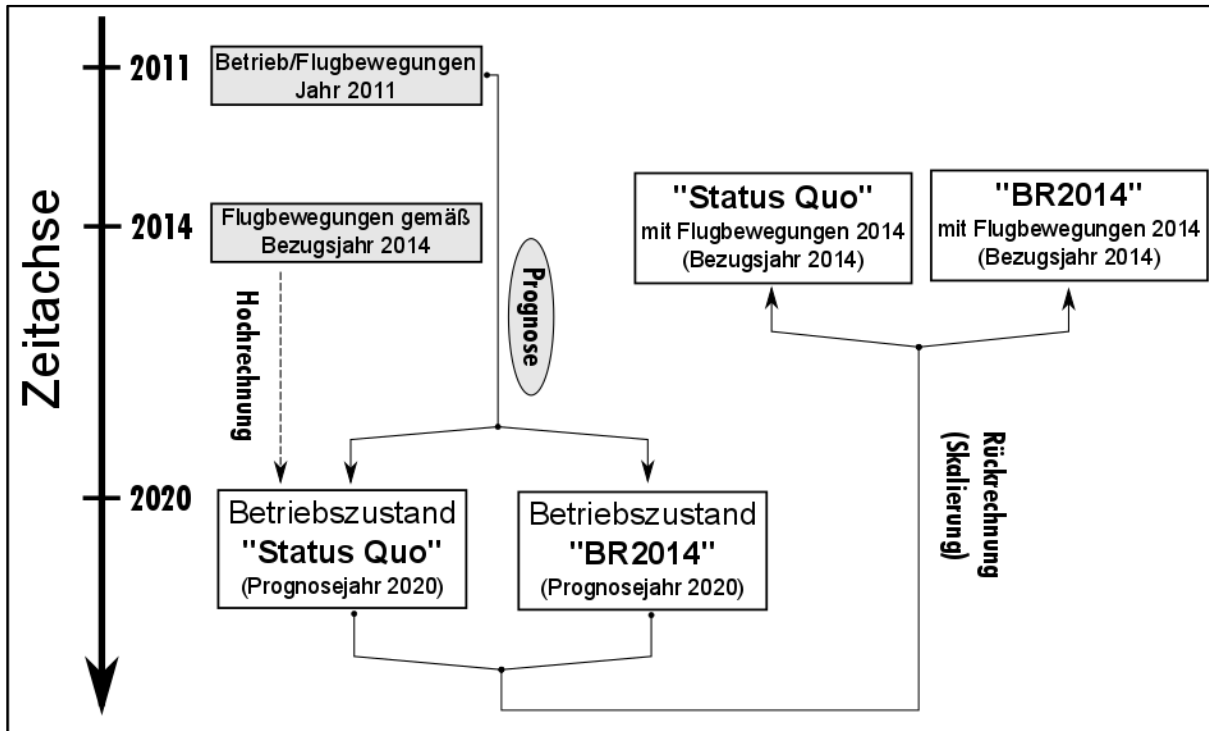


Abbildung 1: Daten und Betriebszustände der Vergleichsanalysen

Aus dem EMPA-Bericht nach [1] gehen die Betriebszustände Status Quo und BR2014 hervor. Diese beruhen auf dem Betriebsjahr 2011, hochgerechnet auf das Prognosejahr 2020. Infolge wurde durch GfL anhand der Flugbewegungszahlen aus 2014 gemäß der Bewegungsstatistik 2014 des Flughafens ZRH (Flugbewegungen auf IFR-Routen) [22] und den Betriebszuständen Status Quo und BR2014 des Prognosejahres 2020 ein Skalierungsfaktor ermittelt. Mithilfe dieses Faktors erfolgte die Rückrechnung der Flugbewegungen für das Prognosejahr 2020 (Status Quo und BR2014) auf jene des Bezugsjahres 2014. Die Skalierung wird dabei auf alle Verkehrszahlen angewandt, so dass z. B. Flugroutengeometrie, die relativen Anteile der Bewegungen auf den einzelnen Flugrouten usw. unverändert bleiben.

Die Verkehrsdaten der Betriebszustände Status Quo und BR2014 (Prognosejahr 2020) basieren dabei auf der SIL-Prognose von *Intraplan Consult GmbH* (ITP) aus dem Jahr 2009 [23], die seitens FZAG aufbereitet (Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebsrichtungsanteile aufgrund jährlicher Wetterschwankungen [1]) und der EMPA zur Verfügung gestellt wurden. Gemäß [23] werden für das Prognosejahr 2020 in Summe 347.000 Flugbewegungen prognostiziert⁴. Die durch die FZAG aufbereiteten Verkehrsmengen weisen demgegenüber ca. 320.000 Flugbewegungen (302.000 Flugbewegungen mit Großluftfahrzeugen und ca. 18.000 Flugbewegungen mit Kleinluftfahrzeugen, vgl. Kapitel 2) für das Prognosejahr 2020 auf. Somit ergibt sich durch Datenanpassung der FZAG eine Differenz von etwa 27.000 Flugbewegungen für das Prognosejahr 2020. Sowohl die Aktualisierungen der Prognosedaten seitens Intraplan als auch die Abweichungen zwischen den prognostizierten Flugbewegungen von der FZAG vs. ITP zeigen, dass die Datengrundlage gewissen Schwankungen unterliegt. Demzufolge stellen die in Kapitel 3.3 angegebenen Ergebnisse der Vergleichsanalysen auf 100 Flugbewegungen genau gerundete Werte dar, eine gewisse Toleranz in den Eingangsdaten ist insofern gegeben. Die Ergebnisse beruhen somit ausschließlich auf Prognosewerten zu Flugbewegungen, bilden also keine realen Verkehrsmengen ab.

⁴ Es sei angemerkt, dass die in [23] publizierte Prognose die Ergänzung einer Intraplan-Studie aus dem Jahr 2005 darstellt. Seinerzeit wurden für das Prognosejahr 2020 402.000 Gesamtflugbewegungen ausgewiesen.

Für ein möglichst detailliertes Ergebnis wird, wie in Kapitel 1 erläutert, eine räumliche Differenzierung für die Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis, Landkreis Konstanz an der deutsch-schweizerischen Grenze vorgenommen. Der weiter westlich gelegene Landkreis Lörrach wird für diese Untersuchungen nicht berücksichtigt, da hier vergleichsweise großen Überflughöhe vorliegen und lediglich vereinzelte Anflugrouten über diesen Landkreis führen (vgl. Abbildung 2).

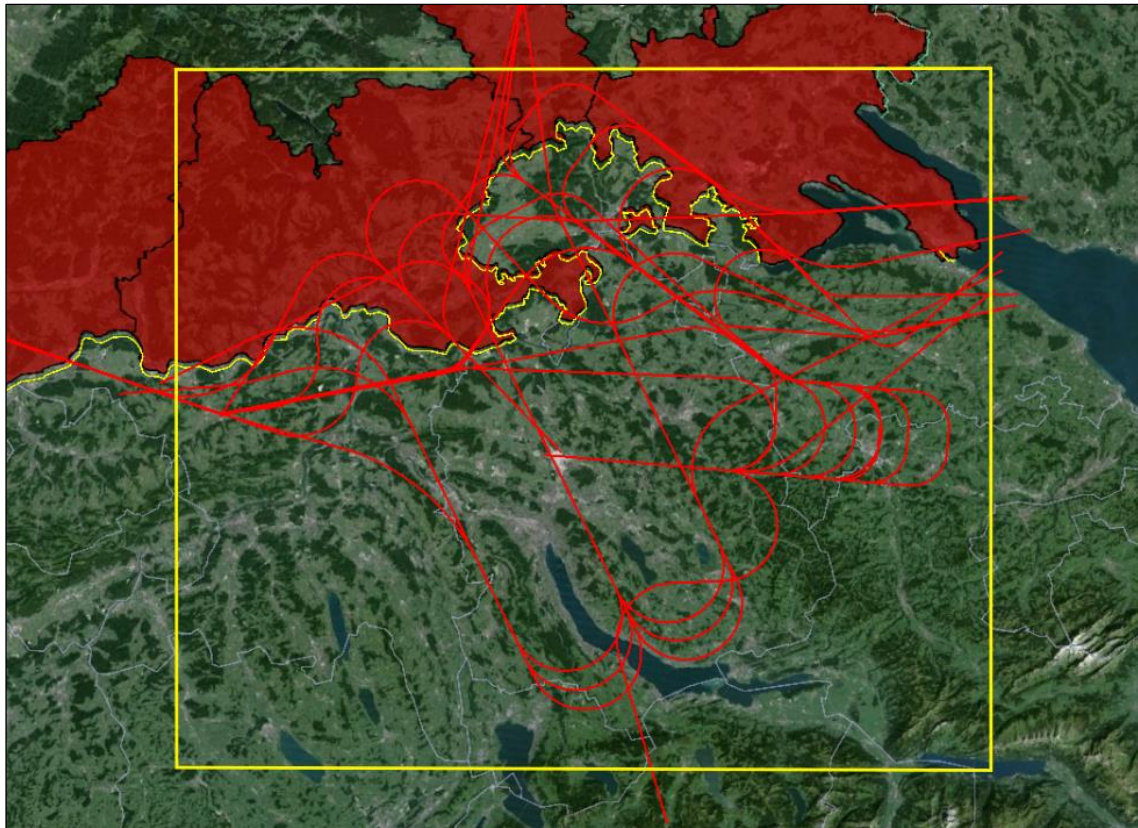


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet (gelb umrahmt) mit verorteten Anflugrouten gemäß BR2014 [2]

Für die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes wird zunächst ein rechteckiges Gebiet (entspricht dem gelb umrandeten Bildausschnitt in Abbildung 2) mit einer Ost-West-Ausdehnung von 88 km und einer Nord-Süd-Ausdehnung von 84 km [1] um den Flughafen ZRH gemäß den seinerzeitigen EMPA-Untersuchungen übernommen [2]. Das vorliegende EMPA-Kartenmaterial [2] umfasst alle Routenverläufe in diesem Ausschnitt. Differenziert nach Ab- und Anflügen werden den Landkreisen nunmehr Routen zugeordnet, auf denen Flugbewegungen von Großluftfahrzeugen zu verzeichnen sind⁵. Ungeachtet der genauen Überfluggometrie (Überfluglänge und -lage im Landkreis) ist hierfür Bedingung, dass mindestens einmal abschnittsweise über den jeweiligen Landkreis geflogen wird⁶.

Die Streuung der realen Flugverläufe um die veröffentlichten Routen wurde seitens der EMPA berücksichtigt. Die EMPA hat dementsprechend basierend auf Radardaten (siehe blaue Flugspuren in Abbildung 3) bei hohen Streuungen Subrouten mit den Bezeichnungen A – F und V – Z (vgl. Abbildung 3) definiert und die Flugbewegungen der Route mit einer vorgegebenen, auf Radardatenanalysen basierenden Wichtung auf die Subrouten verteilt.

⁵ Flugbewegungen von Kleinluftfahrzeugen ($MTOM \leq 8.618 \text{ kg}$) bleiben unberücksichtigt (siehe Kapitel 2).

⁶ Bei mehrfachen Überflügen, bspw. bedingt durch die geografische Lage der Staatsgrenze, wird jede Flugbewegung dennoch nur einmal gezählt.

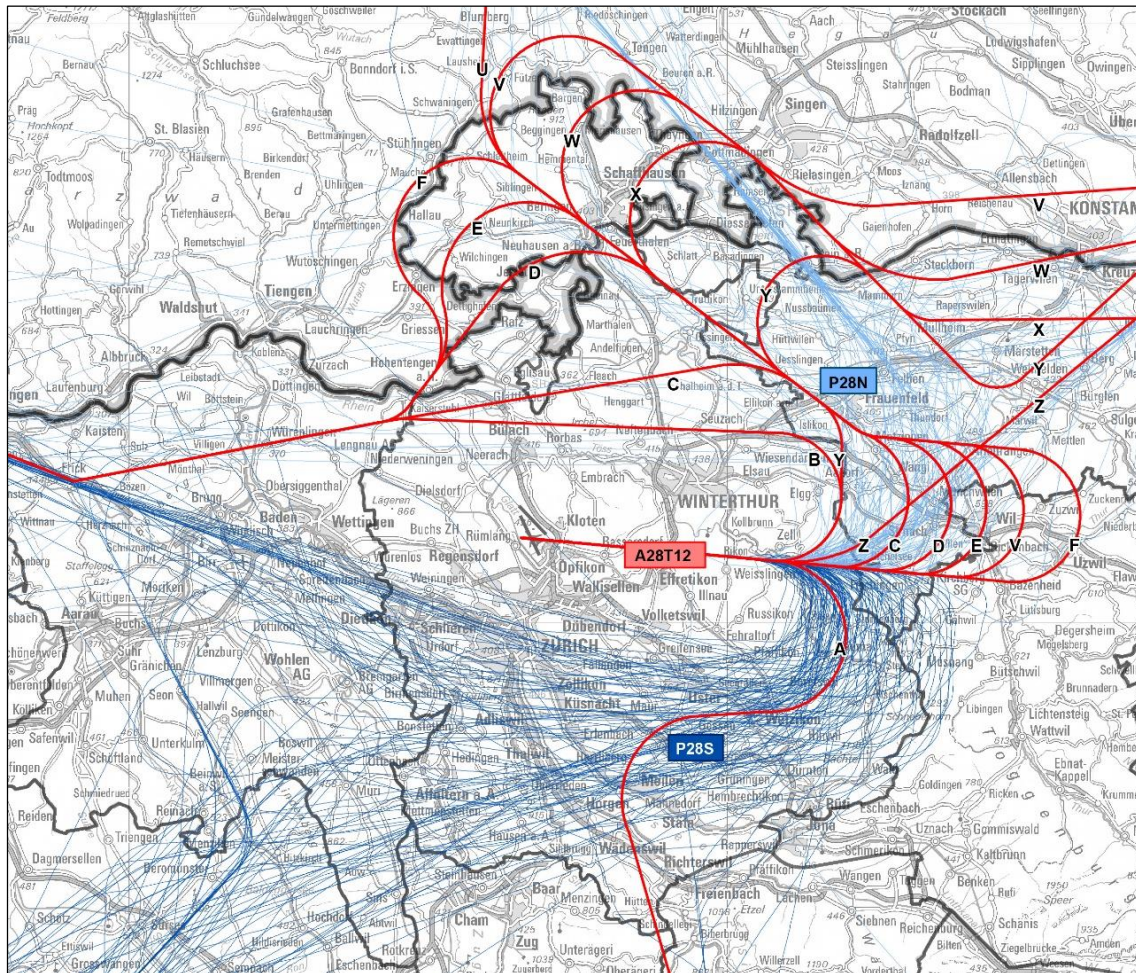


Abbildung 3: Idealisierte Flugspuren (rot) der Anflugroute A28T12 im BR2014 gemäß Karte 9 in [2]

Dadurch kann der Zustand eintreten, dass eine Route, die formal nicht über einen der betrachteten Landkreise führt, bedingt durch die so modellierte Streuung zumindest abschnittsweise einem Landkreis zugeordnet wird. Gut erkennbar ist dies in Abbildung 3: Hier werden bspw. im gezeigten Betriebszustand BR2014 die Subrouten V, W, X und Y u. a. dem Landkreis Konstanz zugeordnet, während andere Subrouten von A28T12 den Landkreisen Waldshut und Schwarzwald-Baar zugeordnet wurden.

Den Routen werden, jeweils für Status Quo und BR2014, die Flugbewegungen gemäß [1] zugeordnet und entsprechend der Gewichtung auf die Subrouten verteilt. Die dadurch entstehenden Einzelbelastungen durch die Routenführung werden für jeden Landkreis als jeweilige Gesamtbelastung aufsummiert. Der anschließende Vergleich der Ergebnisse von Status Quo und BR2014 ermöglicht eine grundlegende Identifizierung von Änderungen bedingt durch das BR2014 auf Basis der Gesamtflugbewegungen.

Im Gesamtkatalog der geplanten Maßnahmen im Rahmen des BR2014 ist für vorliegende Studie das neue Ostkonzept das als per se kritisch erklärte Element. Wie eingangs erwähnt, lässt die geplante nördliche Führung der Anflugrouten auf die Bahn 28 veränderte Auswirkungen auf die deutschen Landkreise in der Tat vermuten. Unabhängig vom Ostkonzept werden jedoch bspw. im Zeitraum von 06 – 22 Uhr ein Großteil (rund 70 %) der Landungen im Betriebszustand BR2014 über das Nordkonzept auf die Bahnen 14 und 16 geleitet (vgl. Tabelle 7-22 in [1]), welches durch das BR2014 unberührt bleibt. Der Anteil der Anflüge auf die Bahn 28 im Ostkonzept an den Gesamtflugbewegungen ist dementsprechend geringer.

Daher ist es zur fokussierten Identifikation von Veränderungen durch das BR2014 zweckmäßig, nur jene Flugbewegungen isoliert auszuwerten, die tatsächlich über das neue Ostkonzept abgewickelt werden. Für Überflüge über deutsche Landkreise sind das gemäß Status Quo alle Anflüge auf Bahn 28 auf den folgenden gemäß [1] und [2] definierten Routen:

- A28T09,
- P28S,
- P28N und

im Betriebszustand BR2014:

- A28T12 (neue Route).

Die Analyse inkludiert nur Anflüge (Landungen), da alle Abflüge im Ostkonzept ausschließlich über schweizerisches Gebiet führen und damit für die Untersuchung der Anzahl der Überflüge über Deutschland nicht relevant sind. Der hier durchgeführte Vergleich der Ergebnisse von Status Quo und BR2014 ermöglicht demnach eine fokussierte Identifizierung von Änderungen bedingt durch das BR2014.

In Anhang A1 sind vergleichend hierzu die Ergebnisse der Analyse auf Basis der Gesamtflugbewegungen von Großflugzeugen verzeichnet.

3.2 Methodik der Wirkungsanalyse

Nachfolgend wird aufbauend auf Kapitel 3.1 die Methodik der Wirkungsanalyse vorgestellt.

Wie bereits in den vorangegangenen Erläuterungen aufgezeigt, enthält die als Datengrundlage verwendete Lärmberechnung der EMPA [1] lediglich auf das Prognosejahr 2020 skalierte Flugbewegungen. Folglich enthalten diese Werte neben Veränderungen bedingt durch BR2014 auch den prognostizierten Anstieg der Gesamtflugbewegungen durch erhöhtes Verkehrsaufkommen sowie Einflüsse aufgrund von meteorologischen Schwankungen. Um ausschließlich die Veränderung durch das BR2014 aufzuzeigen, ist es insofern zielführend, mehrere Analysen durchzuführen.

Folgende Vergleiche werden im Rahmen der Wirkungsanalyse angestellt:

Vergleich 1: Status Quo 2020 vs. BR2014 2020

Aufgrund des im EMPA-Bericht [1] gewählten Planungshorizonts und den damit für das Bezugsjahr 2020 angegebenen Prognosewerten für Flugbewegungen liefert die Auswertung einen Vergleich von Status Quo vs. BR2014 für das Bezugsjahr 2020. Die Differenz der ermittelten Flugbewegungen je Landkreis entspricht der ausschließlichen Veränderung bedingt durch das BR2014.

Vergleich 2: Status Quo 2014 vs. BR2014 2014

Diese Auswertung liefert einen Vergleich der von Status Quo vs. BR2014 für das Bezugsjahr 2014. Hierzu wird die Flugbewegungsverteilung linear auf das Jahr 2014 skaliert. Die Skalierung erfolgt mittels des in Gleichung (1) errechneten Faktors:

$$\frac{MOV_{2014}}{MOV_{2020}} = z \approx 0,8521 \quad (1)$$

Mit: MOV_{2014} – Gesamtflugbewegungen 2014 (256.974 nach [22])⁷
 MOV_{2020} – Gesamtflugbewegungen 2020 (301.589)⁷
 z – Skalierungsfaktor 2020 → 2014

Vergleich 3: Status Quo 2014 vs. BR2014 2020

Der Vergleich von Status Quo Bezugsjahr 2014 mit BR2014 Bezugsjahr 2020 ermöglicht es, sämtliche Mehr- oder Minderbelastungen der Landkreise bedingt durch das BR2014 sowie dem prognostizierten Verkehrswachstum im Jahr 2020 zu quantifizieren.

Vergleich 4: Status Quo 2020 vs. BR2014 2020 mit erweiterter Anzahl an Ostanflügen

In diesem Vergleich wird im Sinne eines Worst-Case-Szenarios unterstellt, dass sämtliche Anflüge, die nicht über das Nordkonzept abgewickelt werden, über Routen des neuen Ostkonzepts geführt werden. Hiernach werden die Flugbewegungen folgender Anflugrouten der Bahn 34 (vgl. [1] und [2]) zu den Anflügen auf die Bahn 28 (Route A28T12) addiert:

- A34T09,
- Q34W und
- Q34E.

3.3 Ergebnisse der Wirkungsanalyse

In der nachfolgenden Tabelle 3 bis Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Wirkungsanalyse gemäß der in Kapitel 3.2 erläuterten Vergleiche der Flugbewegungen über den Landkreisen Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis und Konstanz dargestellt. Neben dem Bezugsjahr, für welches die Flugbewegungen ermittelt wurden, ist in der dritten Spalte zudem die Gesamtzahl der relevanten Flugbewegungen in Tages- und Nachtstunden *ausschließlich im Ostkonzept* verzeichnet.

Es ist anzumerken, dass bei der Interpretation der Werte eine Ermittlung der kumulierten Gesamtbelastung über eine Addition der Flugbewegungen über alle Landkreise nicht zulässig ist. Dies ist dadurch begründet, dass – wie eingangs methodisch bereits erläutert – die Flugrouten in der Regel über mehrere Landkreise führen.

Ergebnisse Vergleich 1: Status Quo 2020 vs. BR2014, Bezugsjahr 2020

Szenario	Bezugs-jahr	Anflüge Ostkonzept	Waldshut	Schwarzwald-Baar-Kreis	Konstanz
Status Quo	2020	24.300	< 100	3.600	4.500
BR2014	2020	24.300	5.500	6.700	6.700

Tabelle 3: Vergleich Status Quo 2020 und BR2014, Bezugsjahr 2020

Insgesamt werden nach der Prognose im Jahr 2020 unabhängig von Betriebszustand und Routenverlauf 24.300 Anflüge über das Ostkonzept abgewickelt. Der Landkreis Waldshut ist demnach im Szenario Status Quo vom angestrebten Ostkonzept nicht tangiert, erfährt jedoch bedingt durch die Routenänderungen einen signifikanten Anteil der Anflüge auf die Bahn 28. Dies ist in Abbildung 4 anhand der neuen Anflugrouten (dunkelblau) von GIPOL kommend ersichtlich, da diese im Vergleich zum aktuell geflogenen Konzept (hellblau) zur Vermeidung von Kreuzungspunkten mit Abflugrouten nun weiter nördlich über Waldshut geführt werden.

⁷ Die Bewegungen umfassen vorrangig Flüge nach IFR.

Analog werden die bereits vorher betroffenen Landkreise Schwarzwald-Baar und Konstanz stärker belastet.

Insgesamt kommt es damit im Bezugsjahr 2020 zu folgenden zusätzlichen Flugbewegungen (Anflüge) bedingt durch das BR2014:

- Landkreis Waldshut: + 5.500
- Schwarzwald-Baar-Kreis: + 3.100
- Landkreis Konstanz: + 2.200

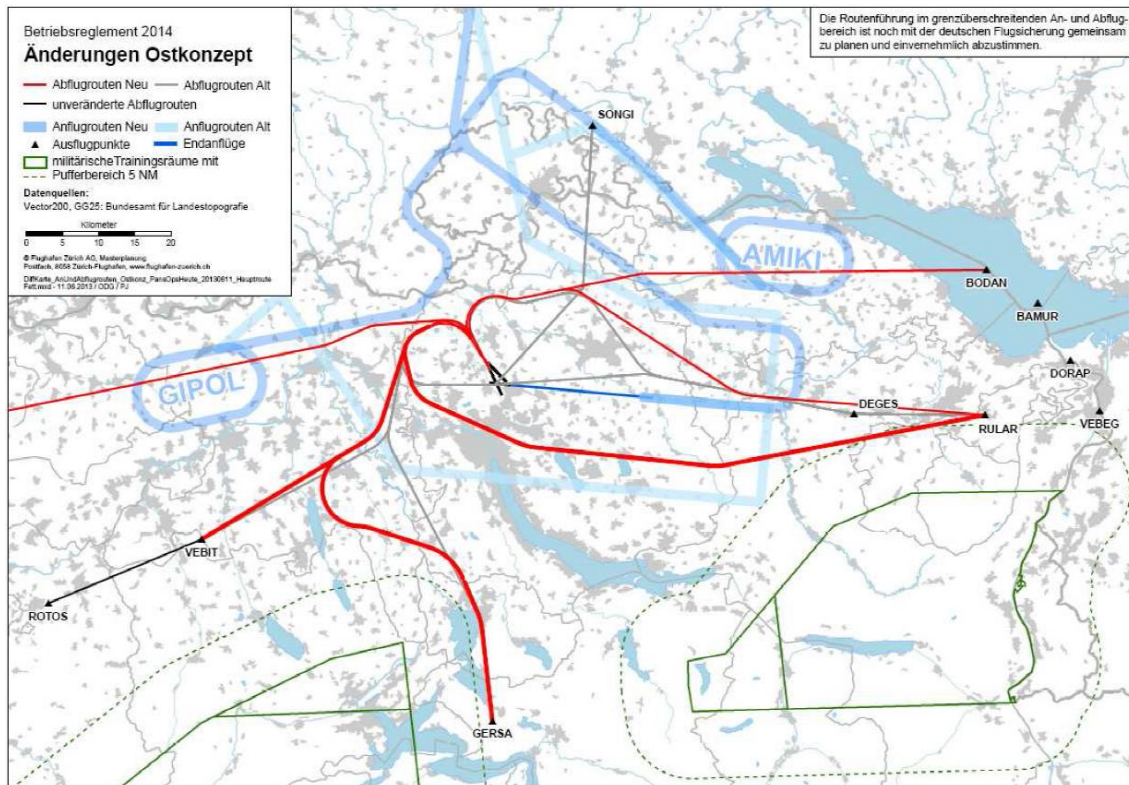


Abbildung 4: Änderungen der Flugrouten im Ostkonzept nach BR2014 (gemäß [9])

Ergebnisse Vergleich 2: Status Quo 2014 vs. BR2014, Bezugsjahr 2014

Szenario	Bezugs-jahr	Anflüge Ostkonzept	Waldshut	Schwarzwald-Baar-Kreis	Konstanz
Status Quo	2014	20.700	< 100	3.000	3.800
BR2014	2014	20.700	4.700	5.700	5.700

Tabelle 4: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2014 und BR2014, Bezugsjahr 2014

Vergleich 2 unterscheidet sich von Vergleich 1 lediglich durch die in Kapitel 3.2 beschriebene Rückrechnung der Flugbewegungsverteilung vom Prognosejahr 2020 auf das Bezugsjahr 2014. Durch die verringerte Anzahl an Gesamtanflügen (Faktor s. o.) im Ostkonzept fällt die absolute Fluglärmwirkung bei BR2014 im Bezugsjahr 2014 entsprechend geringer aus, induziert jedoch im Hinblick auf die Gesamtflugbewegungen im Ostkonzept unbenommen auch hier eine deutliche Steigerung der Überflüge über die drei untersuchten Landkreise.

Insgesamt wäre es damit rückwirkend im Bezugsjahr 2014 zu folgenden zusätzlichen Flugbewegungen (Anflüge) bedingt durch das BR2014 über Süddeutschland gekommen:

- Landkreis Waldshut: + 4.700
- Schwarzwald-Baar-Kreis: + 2.700
- Landkreis Konstanz: + 1.900

Ergebnisse Vergleich 3: Status Quo 2014 vs. BR2014, Bezugsjahr 2020

Szenario	Bezugs-jahr	Anflüge Ostkonzept	Waldshut	Schwarzwald-Baar-Kreis	Konstanz
Status Quo	2014	20.700	< 100	3.000	3.800
BR2014	2020	24.300	5.500	6.700	6.700

Tabelle 5: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2014 und BR2014, Bezugsjahr 2020

Der Vergleich Status Quo Bezugsjahr 2014 vs. BR2014 Bezugsjahr 2020 zeigt die tatsächlich zu erwartenden, zusätzlichen Auswirkungen sowohl durch Einführung des BR2014 als auch durch die prognostizierte Verkehrsentwicklung. So wären bei Einführung des Ostkonzeptes gemäß BR2014 entsprechend Tabelle 5 ausgehend vom Bezugsjahr 2014 die nachstehenden zusätzlichen Überflüge über Süddeutschland im Rahmen des Anflugs auf den Flughafen ZRH im Bezugsjahr 2020 zu erwarten:

- Landkreis Waldshut: + 5.500
- Schwarzwald-Baar-Kreis: + 3.700
- Landkreis Konstanz: + 2.900

Ergebnisse Vergleich 4: Status Quo 2020 vs. BR2014, Bezugsjahr 2020, mit zusätzlichen Ostanflügen

Szenario	Bezugs-jahr	Anflüge Ostkonzept	Waldshut	Schwarzwald-Baar-Kreis	Konstanz
Status Quo	2020	24.300	< 100	3.600	4.500
BR2014	2020	44.000	9.900	12.100	12.100

Tabelle 6: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2020 und BR2014, Bezugsjahr 2020 mit zusätzlichen Ostanflügen

Durch die hypothetische Verlegung aller Anflüge im Südkonzept (Bahn 34) auf das Ostkonzept (Bahn 28) im Betriebszustand Zt+ (BR2014) ergibt sich gemäß Tabelle 6 eine Zunahme der Gesamtflugbewegungen auf die Bahn 28. Hierdurch wären folgende zusätzliche Überflüge im Rahmen des Anflugs auf den Flughafen ZRH über Süddeutschland im Jahr 2020 zu verzeichnen:

- Landkreis Waldshut: + 9.900
- Schwarzwald-Baar-Kreis: + 8.500
- Landkreis Konstanz: + 7.700

3.4 Fazit der Wirkungsanalyse

Die Wirkungsanalyse liefert quantitative Aussagen in Bezug auf in Zukunft zu erwartende zusätzliche Überflüge (Anflüge) über Süddeutschland auf den Flughafen ZRH bei Einführung des BR2014. Diese Flugbewegungen können also zusätzliche Belastungen für die Bevölkerung in den betroffenen Landkreisen bedingen. Es wurden zu Bestimmung dieser potenziellen Mehrbelastungen vier Szenariovergleiche vorgenommen.

Im Ergebnis liegt folgender Trend vor: **Durch das im BR2014 eingeführte neue Ostkonzept resultieren unbenommen für alle Vergleiche zusätzliche Überflüge über die Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis und Konstanz in der Größenordnung von 2.000 bis ca. 10.000 Flugbewegungen.** Maßgeblich ist dies auf dann nördlich über deutsches Hoheitsgebiet geführte Zwischenanflüge zurückzuführen (vgl. Abbildung 4), die auf Subrouten der Route A28T12 (vgl. [1]) abgewickelt werden:

- aus Westen: Anflüge über GIPOL auf Landebahn 28,
- aus Osten: Anflüge über AMIKI auf Landebahn 28

sowie alle aus Norden kommenden Anflüge auf Landebahn 28.

Der Vergleich 3, Szenarien Status Quo Bezugsjahr 2014 vs. BR2014 Bezugsjahr 2020, zeigt die deutlichste Zunahme bedingt durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Bezugsjahre und des hiermit inkludierten prognostizierten Verkehrswachstums.

In Bezug auf die für das Jahr 2020 prognostizierten jährlichen Gesamtflugbewegungen am Flughafen ZRH (vgl. Anhang A1), ergeben sich folgende Verkehrsanteile, die bedingt durch das Ostkonzept vermehrt über Süddeutschland geführt würden:

- Waldshut 28 %⁸,
- Schwarzwald-Baar-Kreis 52 % und
- Konstanz 34 %.

Trotz des vergleichsweise geringen Anteils der Flugbewegungen im Ostkonzept an den Gesamtflugbewegungen zeigt sich insbesondere durch die Verkehrsentwicklung am Flughafen ZRH bis zum Prognosejahr 2020 folgender Zuwachs an Flugbewegungen über den relevanten Landkreise (siehe Vergleich 3):

- Landkreis Waldshut: + 5.500
- Schwarzwald-Baar-Kreis: + 3.700
- Landkreis Konstanz: + 2.900

Nachweislich ist somit festzustellen, dass hinsichtlich der Auswirkungen für jeden Landkreis ein signifikanter Anteil dem neuen Ostkonzept zuzuordnen ist. Abschließend zeigen Tabelle 30, Tabelle 31, Tabelle 32 und Tabelle 33 im Anhang A1 ergänzend die Ergebnisse der vier Vergleichsszenarien ausschließlich im Ostkonzept als Gesamtbetrachtung bezogen auf alle vier südbadischen Landkreise.

Bezüglich der Überflughöhen lässt sich auf Basis der Auswertung von der DFS zur Verfügung gestellter Radardaten (vgl. Kapitel 2) feststellen, dass der Großteil der Anflüge auf den Flughafen ZRH beim Grenzübergang von Deutschland in die Schweiz im Landkreis Waldshut (je nach geflogener Route aufgrund des Endanflugs im Nordkonzept) in einem Höhenband von ca. 1.200 m ü. NHN bis 2.200 m ü. NHN und in den Landkreisen Schwarzwald-Baar und Konstanz in ca. 2.700 m ü. NHN bis 3.700 m ü. NHN durchgeführt wird⁹.

Abschließend sei in Anlehnung an die Ausführungen in Kapitel 3.1 nochmals hervorgehoben, dass die prognostizierten Flugbewegungszahlen für das Prognosejahr 2020 Varianzen unterliegen, die bei Interpretation der Zahlenwerte von Überflügen über Süddeutschland im Rahmen des Anflugs auf den Flughafen ZRH zu berücksichtigen sind.

⁸ Die Prozentwerte sind bspw. für Waldshut wie folgt zu lesen: 28 % der Überflüge werden durch das neue Ostkonzept verursacht.

⁹ Gemäß DVO [17] werden Überflüge über Deutschland in den Sperrzeiten durchweg > FL120 (ca. 3.660 m) durchgeführt.

4 Relevante Planungsgrundlagen für An- und Abflugverfahren

4.1 Einführung

Im Rahmen des Kapitels 4.1 erfolgt die Analyse verfahrensplanerischer Vorgaben, die bei der Planung von An- und Abflugverfahren sowie der Vertikal- und Lateralstaffelung von Flugrouten im Rahmen der alternativen Szenarienkonstruktion zum Ostkonzept nach Betriebsreglement (BR) 2014 zu berücksichtigen sind. Hierfür sind nachfolgende internationale Richtlinien der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization*, ICAO), zur Verfahrensplanung maßgebend¹⁰:

- ICAO PANS-ATM Doc 4444 [5],
- ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. I: *Flight Procedures* [3],
- ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. II: *Construction of Visual and Instrument Flight Procedures* [4] und
- ICAO *Performance-based Navigation (PBN) Manual* Doc. 9613 [38].

In o. g. Dokumenten sind die Anforderungen zur Konstruktion von Flugverfahren in vertikaler und lateraler Ebene wie Wegpunkte, Routenlängen, Kurvenradien, Steig-/Sinkgradienten, Verfahrensschutzräume etc. unter Berücksichtigung weiterer Randbedingungen (lokale Hindernissituation, Art von Flugverfahren, eingesetzte LFZ-Muster usw.) sowie einzuhaltende Staffelungsabstände zwischen Flugrouten dargelegt. Für die im vorliegenden Gutachten entwickelten Szenarien eines aus deutsch-schweizer Sicht besseren Ostkonzepts ggü. dem BR2014 (vgl. Kapitel 5) wird dort, wo sinnvoll, auf bestehende oder bereits geplante Routen zurückgegriffen, um die Abweichungen tendenziell gering zu halten. So soll möglichst weitgehender Konsens zwischen deutscher und Schweizerischer Seite erreicht werden. Infolge erfolgt keine vollständige Neuplanung von Flugrouten, sondern überwiegend eine Kombination vorhandener bzw. geometrisch überschaubar angepasster Routenabschnitte, jeweils unter Beachtung aller Aspekte der Verfahrensplanung. Insofern wird unterstellt, dass neben den bereits implementierten An- und Abflugverfahren auch die seitens des schweizerischen Flugsicherungsdienstleisters Skyguide in [1] geplanten und zukünftig zu Einführung bestimmten Flugverfahren den Anforderungen gemäß o. g. Richtlinien genügen.

Es wird hierbei ausschließlich auf An- und Abflugverfahren von Flächenflugzeugen abgestellt, Flugrouten von Helikoptern sind nicht Bestandteil der Planungen. Weiterhin wird auf IFR-Verfahren fokussiert, wie am Flughafen ZRH nahezu ausschließlich (etwa 97 % im Jahr 2014 [54]) gemäß AIP [10] und [1] vorliegend und insofern nur als lärmrelevant zu erachten.

Geschwindigkeitskategorien:

Ein zentraler Aspekt bei der Planung, Festlegung und Durchführung von Instrumentenan- und -abflugverfahren sind die jeweiligen Flugleistungen der LFZ; die u. a. durch jene Fluggeschwindigkeit v_{at} kategorisiert wird, die bei Überflug der Landebahnschwelle¹¹ vorliegt [3]. Entsprechend führte ICAO allgemeingültige LFZ-Geschwindigkeitskategorien ein, die in nachfolgender Tabelle 7 ausgewiesen sind:

¹⁰ Darüber hinaus sind ergänzend weitere Direktiven anzuwenden, wie bspw. ICAO Doc. 9368: *Instrument Flight Procedures Construction Manual* [37] oder Verordnung (EU) Nr. 965/2012 [7].

¹¹ Indicated Airspeed at Threshold (v_{at}) = $1,3 \cdot \text{Stall Speed } v_{S0}$ bzw. $1,23 \cdot \text{Stall Speed } v_{S1g}$ [3]

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

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

* Maximum speed for reversal and racetrack procedures.

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

Tabelle 7: LFZ-Kategorien und relevante Fluggeschwindigkeiten bezüglich der Verfahrensplanung (Auszug gemäß [4])¹²

Kurvengeometrie:

Ein weiteres signifikantes Kriterium bei der Verfahrensplanung ist die Festlegung der Kurvengeometrie bei Richtungswechseln in den jeweiligen Flugphasen. Hierbei sind nachfolgende Parameter von Bedeutung (nach [4], Abschnitt 3.1.2):

- Flughöhe,
- Fluggeschwindigkeit (*Indicated Airspeed*, IAS),
- Wind,
- Querneigungswinkel (α) und
- Toleranzen hinsichtlich der Flugdurchführung/-technik (Reaktionszeit der Piloten, Zeitdauer zur Herstellung der erforderlichen Querneigung).

Hinsichtlich der Kurveneinleitung (sog. *Turning Point*, TP) wird zunächst in zwei Arten differenziert: Die Kurveneinleitung erfolgt entweder bei Überflug an einem festgelegten Wegpunkt (z. B. eine Funknavigationsanlage) oder in einer vorgeschriebenen Flughöhe ([3], 3.1.2). Darüber hinaus sind für Kurven spezifische Grenz- bzw. Streubereiche (*Inner* und *Outer Boundary*) in Abhängigkeit der LFZ-Geschwindigkeit zu berücksichtigen. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens erfolgt, wo erforderlich, in diesem Kontext die Prüfung maximal zulässiger Kurvenradien, die wesentlich durch die beiden Parameter LFZ-Geschwindigkeit (siehe Tabelle 7) und Querneigungswinkel definiert sind. In Anlehnung an [4], Abschnitt 3.1.2.2 b) ist der minimale Kurvenradius ohne Berücksichtigung des Windes gemäß nachfolgender Gleichung (2) den Grundlagen der Flugmechanik folgend zu ermitteln:

¹² Obgleich die ausgewiesenen Geschwindigkeiten auf v_{at} basieren, sind sie gleichermaßen für An- und Abflugverfahren geltend.

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

Mit:	r	–	Kurvenradius [m]
	v	–	Fluggeschwindigkeit (<i>True Airspeed</i> , TAS) [m/s]
	g	–	Erdbeschleunigung = 9,81 [m/s ²]
	α	–	Querneigungswinkel [°]

Eine Zusammenfassung weiterer Kurvenparameter ist Tabelle 34, Anhang A1 zu entnehmen.

4.2 Navigationsverfahren

Wie bereits in Kapitel 4.1 erläutert, wird im Rahmen dieses Gutachtens nur auf IFR-Verfahren abgestellt. Grundsätzlich lässt sich die Navigation nach IFR-Verfahren in konventionelle Navigation mittels bodengebundener Wegpunkte (über Bodennavigationsanlagen) und Navigation über virtuell definierte Wegpunkte unterscheiden. Konventionelle Verfahren verlieren zunehmend an Bedeutung, sodass bei der folgenden Planung auf Routen mittels Flächennavigation (*Area Navigation*, RNAV) im Rahmen des *Performance Based Navigation* (PBN) Konzeptes abgestellt wird.

Das PBN-Konzept wurde durch die ICAO in den 1990er Jahren entwickelt. Grundidee ist, die bodengestützte Navigation (bspw. mittels VOR, NDB oder ILS) zu reduzieren und vermehrt auf den Einsatz bodenunabhängiger Verfahren inklusive der Satellitennavigation zu setzen.

Weiterhin impliziert das PBN-Konzept, dass die Route über frei wählbare Wegpunkte definiert wird. Festgelegte Funkfeuer am Boden müssen nicht mehr als Referenz dienen. Flächennavigation basiert auf spezifischen Leistungsanforderungen (insbesondere Genauigkeit der Positionsermittlung, im engl. *Required Navigation Performance*, RNP) für Luftfahrzeuge entlang einer Route in einem hierfür strukturierten Luftraum (vgl. Abbildung 5).

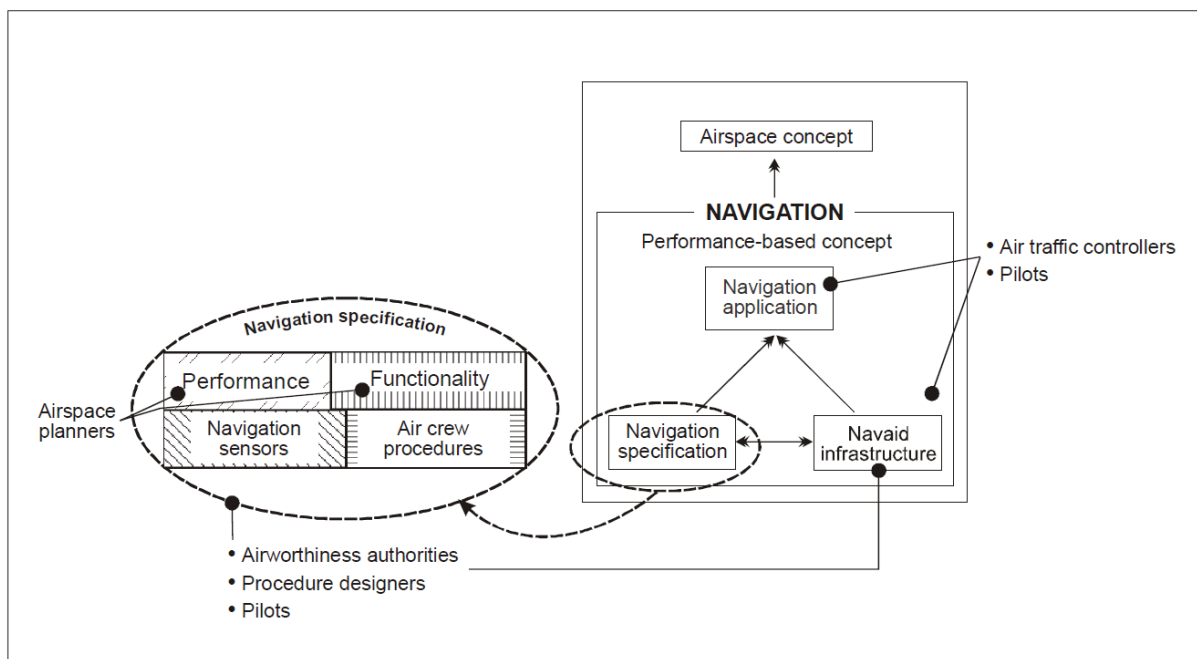


Abbildung 5: PBN-Elemente und Sichtweisen der unterschiedlichen Systemteilnehmer, nach [38]

Die Vorteile von PBN-Verfahren liegen im geringeren Kraftstoffverbrauch durch kürzere Routen und damit verbunden einer Reduzierung von Emissionen sowie der Möglichkeit, durch

flexiblere Gestaltungsmöglichkeiten lärmsensible Gebiete insbesondere bei An- und Abflugverfahren möglichst zu meiden.

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

Die ICAO plant die Einführung der PBN-Verfahren bis 2016 in mehreren Etappen. Dabei wird deutlich, dass vorrangig RNAV-Verfahren implementiert werden sollen. Dies hat mehrere Gründe: Zum einen sind die Anforderungen an die RNAV Verfahren deutlich geringer und können auch von älteren Luftfahrzeugen problemlos garantiert werden, zum anderen sind für die heutige Luftraumstruktur und -auslastung die bordseitigen Navigationsgenauigkeiten zurzeit ausreichend.

Seitens Skyguide (und auch der DFS in Deutschland) werden Routen nur noch als RNAV-1-Routen implementiert. Die Anforderung an die Flugführungsgenauigkeit beträgt hier ± 1 NM [38] in 95 % der Flugzeit. Die Anforderungen an die Luftfahrzeugausrüstung sind gemäß [38] spezifisch vorgegeben¹³. Nur LFZ und Besatzungen, die diese Anforderungen erfüllen, dürfen diese Verfahren nutzen, ansonsten sind konventionelle Verfahren anzuwenden.

Für RNAV-Routen werden gemäß [38] zudem Anforderungen an die Hindernisfreiheit und den Routenabstand definiert. Hinsichtlich der Hindernisfreiheit sind gemäß [38] für RNAV-1-Routen die Vorgaben für Standardverfahren gemäß ICAO PANS-OPS Doc 8168 Vol. II [4] anzuwenden. Hinsichtlich des Routenabstandes wird wie folgt definiert (vgl. [38]):

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

Die einzuhaltenden Staffelungsminima sind ergänzend in Kapitel 4.6 dargelegt.

4.3 Hindernisfreiheit

Zur Bewertung der Hindernissituation sind gemäß ICAO PANS-OPS Flächensysteme in Abhängigkeit der jeweiligen An- bzw. Abflugverfahren definiert. Diese umfassen lateral und vertikal definierte Flächenbereiche, in denen spezifische Anforderungen an die Hindernisfreiheit (*Minimum Obstacle Clearance*, MOC) einzuhalten sind (vgl. Abbildung 6). Hindernisse, die diese Schutzzonen verletzen, sind einzukürzen oder zu entfernen. Ist dies nicht möglich, ist eine Anpassung der Verfahren (bspw. Erhöhung des minimalen Steiggradienten (*Procedure Design Gradient*, PDG) oder Erhöhung der Mindestflughöhe erforderlich.

¹³ Grundsätzlich erfüllt ein Großteil der heute in ZRH operierenden LFZ diese Anforderungen.

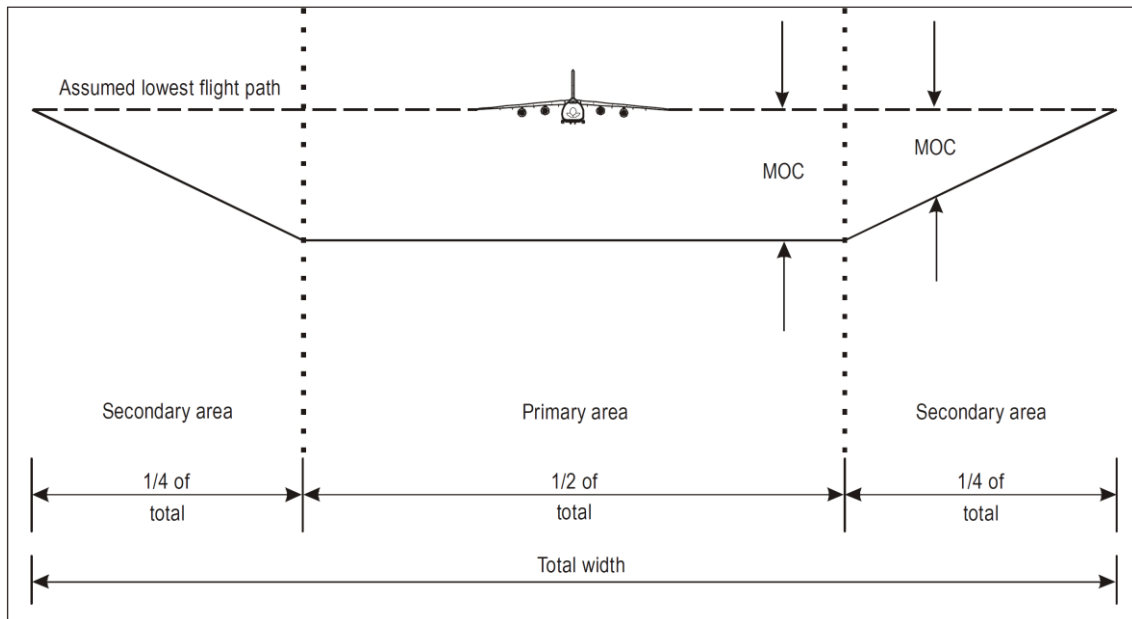


Abbildung 6: Flächensystem zur Bewertung der Hindernisfreiheit gemäß [4]

4.4 Anflugverfahren

Gemäß ICAO PANS-OPS [3], [4] sind Instrumentenanflugverfahren in fünf übergreifende Segmente unterteilt, die im Allgemeinen jeweils an festgelegten Fixpunkten beginnen bzw. enden (vgl. Abbildung 7):

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

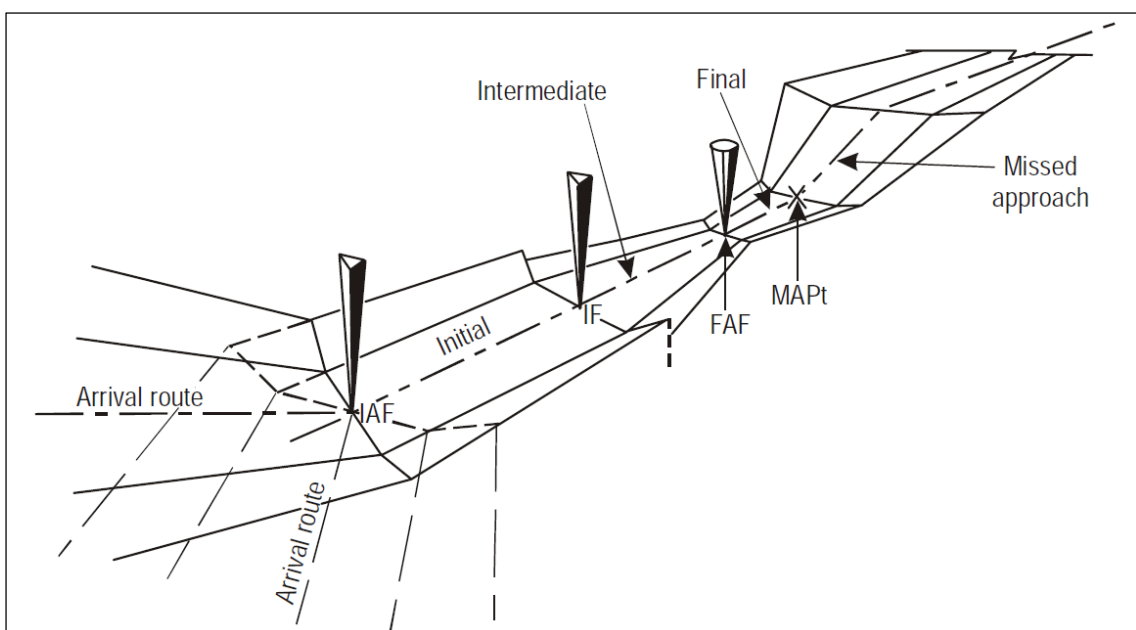


Abbildung 7: Segmente des Instrumentenanfluges nach [3] und [4]

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

Arrival Segment/STAR:

Beschreibung: Übergang vom Streckenflug zum Anflug [3], dort Abschnitt 2.1

Beginn/Ende: Beginnt an einem festgelegten Fixpunkt (Funknavigationseinrichtung, Wegpunkt etc.) und endet am *Initial Approach Fix* (IAF) ([4], 2.1.1.4; [3], 2.2.3)

Hindernisfreiheit: Mindestens 300 m ([4], 2.1.3)

Initial Approach Segment:

Beschreibung: Das LFZ hat den Streckenflug verlassen und wird zum Zwischenanflugsegment geführt; ([3], 3.1.1 und 3.2; [4], 3.1)

Beginn/Ende: Beginnt am IAF und endet am *Intermediate Fix* (IF) ([3], 3.1.1.1)

Segmentlänge: Kein Standardwert; Länge muss ausreichend sein, um den Sinkvorgang im Rahmen des Verfahrens zu gewährleisten ([4], 3.3.3.1)

Sinkgradient: Der optimale Sinkgradient beträgt 4,0 % (ca. 2,3°); der maximal zulässige Sinkgradient bei vorhandenen Hindernissen beträgt 8,0 % (ca. 4,6°) ([4], 3.3.5)

Querneigungswinkel: kleinerer Wert von 25° und jenem Querneigungswinkel in Abhängigkeit der Fluggeschwindigkeit, der eine Kurvenrate von 3°/s ergibt ([3], 3.3.3)

Hindernisfreiheit: Mindestens 300 m im Primärbereich und linear auf 0 m abnehmend im Sekundärbereich ([4], 3.3.4)

Intermediate Approach Segment:

Beschreibung: Durchführung ggf. notwendiger Geschwindigkeits-, Konfigurations- und Positionsanpassungen des LFZ zur Vorbereitung des Endanfluges ([4], 4.1.1)

Beginn/Ende: Beginnt (falls vorhanden) am IF bzw. nach Beendigung der innerhalb des Anfangsanfluges geflogenen Verfahren und endet am *Final Approach Fix* (FAF) bzw. *Final Approach Point* (FAP) bei Präzisionsanflügen ([4], 4.1.2; [3], 4.1.3)

Segmentlänge¹⁴: Minimum: 5 NM (9,3 km), Optimum: 10 NM (19 km), Maximum: 15 NM (28 km); Segmentlängen > 10 NM nur in betrieblich begründeten Fällen ([4], 4.3.1.1)

Sinkgradient: bei geraden Anflügen (*Straight-in Approach*): Optimum: horizontaler Verlauf (Herstellung von Geschwindigkeit/Konfiguration für Endanflug); Maximum: 5,2 % (3°) und sodann Vorhalten eines mindestens 1,5 NM (2,8 km) langen Horizontalabschnitts für LFZ-Kategorie C und D vor Beginn des Endanfluges ([4], 4.3.3)

¹⁴ Die angegebenen Segmentlängen beziehen sich stets auf den Flugpfad über Grund (engl. *Along Track Distance*).

Querneigungswinkel: 25° ([4], Table I-2-3-1)

Hindernisfreiheit: Mindestens 150 m im Primärbereich und linear auf 0 m abnehmend im Sekundärbereich ([3], 4.1.2; [4], 4.3.2.1)

Final Approach Segment:

Beschreibung: Durchführung der Ausrichtung des LFZ und der Einleitung des Sinkfluges für die Landung; mögliche Verfahren sind: Nichtpräzisionsanflug (*Non-precision Approach*, NPA), Anflug mit vertikaler Führung (*Approach With Vertical Guidance*, APV) oder Präzisionsanflug (*Precision Approach*, PA) ([3], 5.1)

Beginn/Ende: Beginnt am FAF und endet am *Missed Approach Point* (MAPt) ([4], 5.1.2)

Segmentlänge¹⁴: Optimum: 5 NM (9,3 km); Minimum: 3 NM (5,6 km); Ausnahmen ergeben sich bei RNAV mit erheblichen Kursänderungen für LFZ-Kategorie D und E ([4], 5.1.3)

Sinkgradient: Minimum/Optimum: 5,2 % (3°); Maximum (nur in begründeten Ausnahmen und entsprechender Nachweisverfahren bei der Genehmigungsbehörde): NPA mit FAF: 6,1 % (LFZ-Kategorie C/D/E), NPA ohne FAF: 1.000 ft/min (LFZ-Kategorie C/D/E), APV: 3,5°, PA: 3,5° (CAT I) bzw. 3° (CAT II/III) ([4], 5.3)

Querneigungswinkel: 25° ([4], Table I-2-3-1)

Hindernisfreiheit: Die Hindernisfreiheit im Endanflug resultiert aus der Ausgestaltung und Bewertung der Hinderniserfassungsflächen (*Obstacle Assessment Surface*, OAS)

Abschließend ist festzuhalten, dass o.g. Angaben (bspw. Segmentlängen oder Hindernisfreiheit) im Rahmen der vielfältigen Anforderungen für RNAV-Verfahren variieren können, jedoch grundlegend übertragbar sind (vgl. Kapitel 4.2).

4.5 Abflugverfahren

Standard Instrument Departures (SID) sind veröffentlichte Abflugverfahren. Sie sind ausgewiesene Routen und beginnen am Ende der Startbahn (Departure End of the Runway; DER) und enden am ersten Wegpunkt der Streckenflugphase, die sich dem Abflugverfahren anschließt [3]. Grundsätzlich werden zwei Arten von SID unterschieden:

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

Als *Straight Departures* sind Abflugverfahren zusammengefasst, deren Anfangsabflugkurs eine Divergenz von $\leq 15^\circ$ gegenüber der Startbahnmittellinie aufweist. Ist in das Abflugverfahren hingegen eine Kurve mit einer Kursdivergenz $> 15^\circ$ integriert (Kurveneinleitung ab einer festgelegten Flughöhe oder an einem Fixpunkt), handelt es sich um einen *Turning Departure*. Eine Kurveneinleitung erfolgt dabei frühestens bei einer Flughöhe von 120 m über DER [4]. Wie bereits in Kapitel 4.1 eingeführt, sind für gekurvte Abflüge des Weiteren spezifische Randbedingungen und Parameter zu berücksichtigen, die z. B. maximal einzuhaltende Abfluggeschwindigkeiten, Querneigungswinkel etc. betreffen (siehe ergänzend Tabelle 34 im Anhang A1).

Den eingangs in Kapitel 4.1 erläuterten Verfahrensschutzräumen zur Hindernisprüfung liegen spezifische Konstruktionsparameter zugrunde. Die Ausgestaltung der Schutzräume ist demnach durch das jeweilige Abflugverfahren festgelegt (bspw. gerade vs. gekurvte Abflüge, Nutzung spezifischer Navigationsverfahren etc.) und entspricht im Wesentlichen trichterförmigen Flächenbereichen mit vorgegebenen Divergenzen. Hierbei ist die Anlage von Schutzräumen für gekurvte Abflugverfahren gegenüber geraden als komplexer zu bewerten. Im Anhang A1 sind beispielhaft die Verfahrensschutzräume für ein gerades Abflugverfahren (vgl. Abbildung 45) und ein Abflugverfahren mit Kurve (vgl. Abbildung 46) gegenübergestellt. Intention derartiger Verfahrensschutzräume ist die Identifikation relevanter Hindernisse in lateraler Ebene. Liegen Objekte innerhalb dieser Flächensysteme, ist anschließend vertikal zu prüfen, ob die MOC gewährleistet ist.

Der Mindeststeiggradient sollte nach PANS-OPS wenigstens 3,3 % betragen. Um der Verkehrszusammensetzung an einem Flughafen und den hiermit einhergehenden Flugleistungen von LFZ Rechnung zu tragen, wird in der praktischen Umsetzung der Verfahrensplanung hinsichtlich anzuwendender Steiggradienten ein Planungswert von 7 % (ca. 4°) angesetzt. Dieser Wert ist bspw. in *European Route Network Improvement Plan (ERNIP) – Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines* der EUROCONTROL [6] publiziert und wird auch seitens der DFS bei Planung und Simulationen von Abflugverfahren angewandt [8].

PDG-Vorgaben sind gemäß [4] nicht auf eine maximale Höhe begrenzt.

4.6 Staffelanforderungen

Zur sicheren Abwicklung des Flugbetriebes ist eine Staffelung zwischen LFZ vorgesehen, die von der Flugverkehrskontrolle (engl. *Air Traffic Control*, ATC) durchgeführt wird. Die Staffelung erfolgt grundsätzlich als Vertikal- bzw. Horizontalstaffelung, wobei in horizontaler Ebene in Lateral- und Longitudinalstaffelung unterschieden wird, wie in folgender Abbildung 8 exemplarisch veranschaulicht.

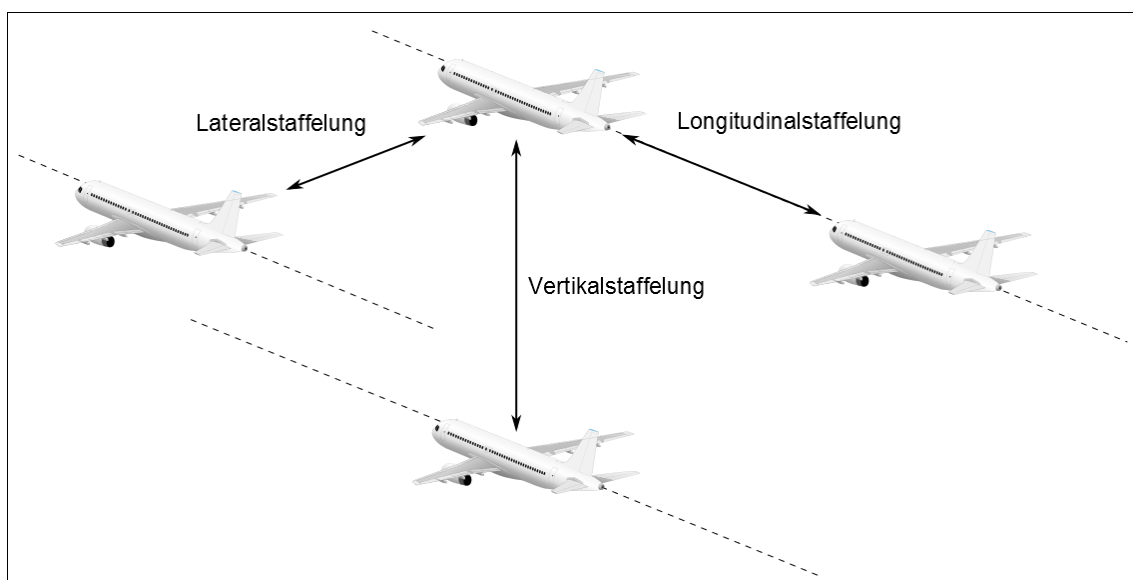


Abbildung 8: Staffelanforderungen von LFZ (Prinzipische Skizze)

Für die Verfahrensplanung sind die Vorgaben hinsichtlich Vertikal- und Lateralstaffelung maßgebend. Operationelle Direktiven der Longitudinalstaffelung zwischen LFZ auf derselben Flugroute (bspw. Wirbelschleppenstaffelung) werden hierbei nicht berücksichtigt.

Vertikalstaffelung:

Die minimale Vertikalstaffelung (*Vertical Separation Minimum, VSM*) beträgt gemäß ICAO PANS-ATM ([5], 5.3.2) 1.000 ft (300 m) unterhalb Flugfläche (*Flight Level, FL*) FL 290¹⁵. Zwischen FL 290 und FL 410 gelten grundsätzlich 2.000 ft (600 m) vertikaler Mindestabstand, der bei entsprechender Bordausrüstung (bspw. zwei unabhängige Höhenmesser usw.) auf 1.000 ft reduziert werden kann (sog. *Reduced Vertical Separation Minimum, RVSM*).

Lateralstaffelung:

Hinsichtlich der Lateralstaffelung wird gemäß PANS-ATM [5], konkretisiert gemäß [39], folgendes definiert:

„[...] When discussing parallel PBN ATS route spacing and designing PBN SID/STAR, relevant lateral separation criteria within ICAO PANS-ATM (Doc 4444) can be applied. [...]“

Gemäß [5] werden demnach 5 NM als minimaler lateraler Abstand in einem Umfeld mit Radarüberwachung definiert.

Als weiterer Zusatz für parallel verlaufende Routen wird in PANS-ATM [5] definiert:

„[...] Lateral separation between RNAV-equipped aircraft may be obtained by requiring aircraft to be established on the centre lines of parallel tracks or ATS routes spaced at a distance which ensures that the protected airspace of the tracks or ATS routes does not overlap. [...]“

4.7 Fazit

Im vorliegenden Kapitel 4.7 wurden die Grundlagen der Verfahrensplanung erläutert. Im Rahmen des Gutachtens sollen wie bereits erwähnt bei der Analyse von Optimierungen des Ostkonzeptes im Rahmen des BR2014, wo im Sinne des Untersuchungsauftrages sinnvoll möglich, auf bereits bestehende Routen und Wegpunkte zurückgegriffen werden, um eine maximale Akzeptanz sowohl auf Deutscher als auch Schweizerischer Seite zu erreichen. Die Prüfung verfahrensplanerischer Aspekte berücksichtigt demnach folgende Kriterien:

- Prüfung auf Einhaltung der Mindeststaffelung in vertikaler und lateraler Ebene zwischen den einzelnen An-/Abflugverfahren, ggf. durch Einführung von Höhenlimitierungen auf einzelnen Routensegmenten zu gewährleisten,
- Prüfung vorzuhaltender Segmentlängen im Anflug um möglichst effektive Sinflugverfahren zu ermöglichen,
- Prüfung zulässiger Steig- und Sinkgradienten und
- Prüfung der Vorgaben zu Kurvengeometrien.

Hierauf beruhend erfolgt demnach keine explizite Prüfung von Luftfahrthindernissen im Kontext der Verfahrensschutzräume. Dies wäre ein notwendiger Verfahrensschritt bei der Detailplanung von Flugrouten, die zudem auch Analysen zu Sicherheits- und Kapazitätsaspekten verlangt. Zur abschließenden Bewertung der Flugroutenplanung wären zudem Luftraumsimulationen sowie eine explizite Bewertung der Routenstruktur anhand einer Sicherheitsstudie erforderlich. Diese Verfahrensweise wird nachweislich auch bei der Flugroutenplanung durch die DFS angewandt [8], ist aber nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens.

¹⁵ Die Flugfläche multipliziert mit 100 ergibt die Flughöhe in Fuß über Meeresspiegel (FL 290 entspricht demzufolge 29.000 ft, ca. 8.840 m).

5 Methodik zur Durchführung von Fluglärmberechnungen

5.1 Gesetzliche Grundlagen und Berechnungsmethoden

Die Ermittlung der Fluglärmbelastung über den vier süddeutschen Landkreisen Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis, Konstanz und Lörrach erfolgt unter Zugrundelegung der geltenden deutschen Gesetzgebung und hierin geregelter Grenzwerte und Berechnungsvorschriften¹⁶. Die Fluglärmberechnung soll im Kontext dieses Gutachtens eine Bewertung der Szenarien zu einem optimiertem Ostkonzept ermöglichen. Basis hierfür bildet das „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ (FluLärmG) [24]. Hierin enthaltene zentrale Aspekte, die für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand im Wesentlichen maßgeblich sind, umfassen die Einrichtung von Lärmschutzbereichen (§ 2, [24]) sowie die allgemeine Methodik zur Ermittlung von Schallimmissionen durch Flugverkehr (§ 3 inkl. Anlage, [24]). Die anzuwendenden Berechnungsverfahren zur Festsetzung von Lärmschutzbereichen sind in der „Ersten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV) [25] fixiert. Eine Präzisierung dieser Berechnungsverfahren sowie die Erfassung von Art und Umfang hierfür erforderlicher Daten ist in der „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“ (AzB) [14] und „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb“ (AzD) [13] in Anlage 1 und 2 dieser Verordnung enthalten. Im Folgenden sind die für das vorliegende Gutachten relevanten Inhalte o. g. Direktiven kurz erläutert.

Fluglärmgesetz:

Lärmschutzbereiche sind gemäß § 4, Abs. (1) FluLärmG [24] im Allgemeinen für Verkehrsflughäfen mit Fluglinien- und Pauschalflugreiseverkehr und weiterhin für Verkehrslandeplätze sowie militärische Flugplätze festzulegen. Die Einrichtung dieser Schutzzonen in der Umgebung von Flugplätzen gliedert sich in zwei Tag- und eine Nachtschutzzone (vgl. [24], § 2, Abs. (1) und (2)). Das hierfür zugrunde liegende Bewertungskriterium ist der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} sowie für die Nachtschutzzonen zusätzlich der fluglärmbedingte Maximalpegel L_{Amax} . Unterschieden wird darüber hinaus hinsichtlich neuer oder wesentlich baulich erweiterter ziviler Flugplätze sowie bestehender ziviler Flugplätze (Definitionen siehe § 4, Abs. (2) [24]).¹⁷ Nachfolgende Dauerschallpegel sind zur Bemessung der Lärmschutzbereiche nach [24] anzuwenden:

1. Werte für neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 60\text{ dB(A)}$

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 55\text{ dB(A)}$

Nacht-Schutzzone:

a) bis zum 31.12.2010: $L_{Aeq\ Nacht} = 53\text{ dB(A)}$, $L_{Amax} = 6\text{ mal } 57\text{ dB(A)}$,

b) ab dem 01.01.2011: $L_{Aeq\ Nacht} = 50\text{ dB(A)}$, $L_{Amax} = 6\text{ mal } 53\text{ dB(A)}$;

2. Werte für bestehende zivile Flugplätze:

Tag-Schutzzone 1: $L_{Aeq\ Tag} = 65\text{ dB(A)}$,

Tag-Schutzzone 2: $L_{Aeq\ Tag} = 60\text{ dB(A)}$,

Nacht-Schutzzone: $L_{Aeq\ Nacht} = 55\text{ dB(A)}$, $L_{Amax} = 6\text{ mal } 57\text{ dB(A)}$.

¹⁶ Demnach findet die schweizerische Lärmschutz-Verordnung [26] keine Berücksichtigung.

¹⁷ Zunächst ist davon auszugehen, dass der Flughafen ZRH per Definition als bestehender Flugplatz einzuordnen ist. Ob eine Kategorisierung als „wesentlich baulich erweitert“ gerechtfertigt wäre, sei abschließend anhand der „Plangenehmigung Flughafen Zürich-Kloten“ [27] zu prüfen.

Die Berechnung der äquivalenten Dauerschallpegel für Tag und Nacht erfolgt gemäß Anlage zu § 3 FluLärmG [24] und ist in Anhang A4 (Gleichung (5) und Gleichung (6)) dargelegt.

Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb – AzD:

Die AzD [13] regelt als verbindliche Vorschrift Art und Umfang notwendiger Eingangsdaten, die zur Beschreibung des Flugbetriebes im Rahmen der Berechnung von Lärmschutzbereichen erforderlich sind. Diesbezüglich sind im Detail bspw. Datenstruktur und -inhalt, Qualitätssicherungsmaßnahmen, Pflichten von an der Datenerfassung Beteiligten etc. beschrieben. Die Aufbereitung der Gesamtheit aller Eingangsdaten erfolgt anhand des verbindlichen Datenerfassungssystems (DES), welches die Datenstruktur mittels spezifischer Datenblättern eindeutig vorschreibt. Im Wesentlichen sind die nachfolgend gelisteten Eingangsdaten im Rahmen von Fluglärmrechnungen aufzubereiten und zu implementieren:

Erfassung der Flugplatzdaten:

- Name und ICAO-Code des Flughafens
- Geografische Koordinaten des Flugplatzbezugspunktes (*Aerodrome Reference Point*, ARP) sowie Flugplatzhöhe ü. NHN
- Beschreibung des Start- und Landebahnsystems bestehend aus:
 - Bezeichnung der Betriebsrichtungen und rechtsweisende Richtungen der SLB,
 - Gesamtlänge der SLB und Koordinaten der Bahnbezugspunkte,
 - Abstand der Startschwelle sowie gegenüberliegender Landeschwelle vom Bahnbezugspunkt.

Erfassung der Rollweggeometrie:

Die AzD [13] unterscheidet in zwei Rollwegarten:

- Abflugrollwege (Abstellposition bis zum Startpunkt auf einer SLB) und
- Anflugrollwege (Abrollpunkt von SLB bis Abstellposition)

Aufgrund der Tatsache, dass vorliegendes Gutachten auf die Fluglärmwirkungen der süddeutschen Landkreise fokussiert, wird das Rollwegesystem nicht implementiert (die Lärmwirkungen des Rollverkehrs bzw. auch der Einsatz von Hilfstriebwerken (*Auxiliary Power Unit*, APU) auf Vorfeldpositionen hat lediglich Einfluss auf den unmittelbaren Flugplatznahbereich).

Erfassung der Flugroutengeometrie:

Zunächst differenziert die AzD [13] in folgende Flugstreckenarten:

- Ab- und Anflugrouten,
- Platzrunden und
- An-/Abflugstrecken bzw. Platzrunden von Hubschraubern.

Für die im Folgenden durchgeführten Fluglärmrechnungen liegt der Fokus ausschließlich auf An- und Abflugrouten von LFZ; Hubschrauber bleiben demnach unberücksichtigt (vgl. Kapitel 2). Eine Flugroute wird dabei anhand von Teilstrecken wie folgt geometrisch definiert:

- Geradensegment: festgelegt durch Anfangs- und Endpunkt und spezifischer Streckenlänge,
- Kurvenssegment: Angabe von Richtungsänderung (links/rechts), Kursänderung in [°] sowie Radius in [m].

Für jede Flugroute sind zudem anschließend aufgeführte Randbedingungen auszuweisen:

- Flugverkehrstyp (IFR/VFR),
- SLB und Bahnrichtung,

- Zuordnung von Flugbewegungszahlen je LFZ-Lärmklasse und Tages- bzw. Nachtzeit für jede Flugroute und
- Zusätzlich für IFR-Anflugrouten: Zwischenanflughöhen und Länge der Zwischenanflugsegmente jeweils in [m] sowie Gleitwinkel in [°].

Um den im realen Flugbetrieb auftretenden Kursabweichungen von der Flugroute (u. a. bedingt durch systematische, technische und menschliche Ungenauigkeiten) Rechnung zu tragen, können zudem individuelle Korridorbreiten am Ende jedes Abschnittes bestimmt werden. Diese Korridorbreiten wurden im vorliegenden Fall unter Verwendung und Auswertung von FANOMOS-Daten ermittelt (siehe Kapitel 2 und Kapitel 5.2.2). Darüber hinaus sind nach [13] Schätzungen basierend auf der flugbetrieblichen Praxis oder eine standardisierte Korridoraufweitung vom 0,2-fachen der zurückgelegten Wegstrecke über Grund bis auf einen Maximalwert von 3.000 m zur Festlegung der Korridorbreiten möglich. Zudem sind individuelle Höhenangaben an den Teilstrecken möglich. Die Standardwerte resultieren aus den spezifischen Flugleistungsparametern, die in den LFZ-Klassen hinterlegt sind. Für die in vorliegendem Gutachten durchgeführten Lärmrechnungen finden die Standardwerte Anwendung, die im Folgenden näher erläutert sind.

Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen – AzB:

Die AzB [14] legt das konkrete Verfahren und sämtliche Details zur Berechnung der Lärmschutzbereiche auf Basis der im DES nach AzD [13] erfassten Eingangsdaten fest. Neben diesen Berechnungsverfahren sind weiterhin auch die LFZ-(Lärm) Gruppen und deren physikalisch-technische Eigenschaften erfasst.

Angaben zu LFZ-Gruppen bzw. LFZ-Klassen:

Aufgrund der oftmals spezifischen Verkehrszusammensetzung verschiedener LFZ-Muster an einem Flugplatz und den damit verbundenen, variierenden Flugleistungen und Eigenschaften, sind im Rahmen der AzB [14] LFZ-Gruppen definiert, die LFZ-Muster mit vergleichbaren Charakteristika¹⁸ zusammenfassen. Des Weiteren existiert für jede LFZ-Gruppe jeweils mindestens ein Datensatz für Starts und Landungen in Form einer sog. LFZ-Klasse, in denen einheitliche akustische sowie flugbetriebliche Eigenschaften definiert sind [14]¹⁹. Eine Zuordnung der für den Flughafen ZRH relevanten Gruppen ist in Tabelle 35 in Anhang A2 ausgewiesen. Die Eigenschaften der LFZ-Klassen enthalten nachstehende Kenngrößen (nach [14], 5.3):

- Oktavpegel für die Bezugsentfernung (O_n in [dB]) und Richtungsfaktor ($R_n\{a1, a2, a3\}$),
- LFZ-Klassen-Bezugspunkt (P_F) und Bogenlänge (σ' in [m]) ausgehend von P_F ,
- Zusatzpegel ($Z(\sigma')$ in [dB]),
- Fluggeschwindigkeit ($V(\sigma')$ in [m/s]),
- Flughöhe über Abhebe-/Aufsetzpunkt ($H(\sigma')$ in [m]),
- Quellhöhe (h_Q in [m]),
- Standardabweichung (Q_σ in [dB]) und
- für Anflüge: Verzögerungsstrecke (S_V [m]).

Die o. g. Kenngrößen sind am Beispiel der LFZ-Gruppe S 5.2 in Abbildung 47 in Anhang A3 dargestellt. Exemplarisch sind an gleicher Stelle zusätzlich die gemäß AzB [14] hinterlegten Steig- (siehe Abbildung 48) und Sinkprofile (siehe Abbildung 49) gezeigt.

¹⁸ Hierbei sind vor allem die zur Beurteilung der Schallemissionen maßgeblichen Eigenschaften wie Antriebsart, Triebwerksleistung, Startmasse etc. Grundlage der Klassifizierung.

¹⁹ Bspw. ist die LFZ-Gruppe S 5.2 (typische Muster z. B. Airbus A320 oder Boeing 737) unterteilt in die LFZ-Klasse S 5.2 – S (Start) und S 5.2 – L (Landung).

$$L_{pAeq\ Tag} = 10 \lg \left[\frac{1,5 \cdot T_0}{T_E} \sum_{i=1}^{N_{Tag}} 10^{0,1 L_{pAE,i}} \right] \quad (3)$$

$$L_{pAeq\ Nacht} = 10 \lg \left[\frac{3 \cdot T_0}{T_E} \sum_{i=1}^{N_{Nacht}} 10^{0,1 L_{pAE,i}} \right] \quad (4)$$

Mit:	$L_{pAeq\ Tag}$	–	unkorrigierter Wert des äquivalenten Dauerschallpegels für den Tag (6.00 bis 22.00 Uhr) [dB(A)]
	$L_{pAeq\ Nacht}$	–	unkorrigierter Wert des äquivalenten Dauerschallpegels für die Nacht (22.00 bis 6.00 Uhr) [dB(A)]
	$L_{pAE,i}$	–	A-bewerteter Schallexpositionspegel, ermittelt aus der Geräuschemission des LFZ unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse
	T_0	–	Bezugszeit [s] ($T_0 = 1\ s$)
	T_E	–	Erhebungszeit [s] (Regelfall: $T_E = 1,5552 \cdot 10^7\ s$, d. h. 180 Tage)
	T_r	–	Beurteilungszeit. Die AzB verwendet die Beurteilungszeiten von 6.00 bis 22.00 Uhr (Tag) und 22.00 bis 6.00 Uhr (Nacht)
	\sum	–	Summe über alle Flugbewegungen während der Erhebungszeit T_E
	i	–	laufender Index des einzelnen Fluglärmereignisses
	N_{Tag}	–	Flugbewegungen während der Beurteilungszeit T_r (Tag)
	N_{Nacht}	–	Flugbewegungen während der Beurteilungszeit T_r (Nacht).

Ergänzend sieht die AzB [14] vor, die unkorrigierten Werte der Dauerschallpegel anhand der Flugbewegungsverteilung nach der sog. Sigma-Regelung anzupassen. Der hierfür angewandte Zuschlag berücksichtigt die zeitlich variierende Nutzung der einzelnen Bahnrichtungen, bspw. begründet durch Flugbetriebseinschränkungen und Wetterschwankungen, und basiert auf statistischen Auswertungen der langjährigen Verteilung der bahnbezogenen Betriebsrichtungen während Tages- und Nachtzeit²¹.

Abschließend sei hinzugefügt, dass der Berechnungsansatz der äquivalenten Dauerschallpegel nach AzB [14] sich von jenem publiziert im FluLärmG [24] (siehe Anhang A4, Gleichung (5) und Gleichung (6)) unterscheidet. Dies begründet sich durch das Segmentierungsverfahren, welches dem aktuellen Kenntnisstand der Fluglärmrechnung entspricht und gegenüber dem bisherigen Lotverfahren den Vorteil hat, dass vor allem bei gekrümmten Flugbahnen eine deutlich präzisere Ermittlung der Fluglärmimmissionen möglich ist [14].

5.2 Spezifische Eingangsdaten für die Fluglärmrechnungen

5.2.1 Zusammenstellung und Aufbereitung notwendiger Eingangsdaten

Nachfolgend werden die im Rahmen der vorliegenden Fluglärmrechnung notwendigen Eingangsdaten präzisiert.

²¹ Die für vorliegende Fluglärmrechnungen genutzten Betriebsdaten (im Wesentlichen Flugbewegungszahlen und damit einhergehende Bahnnutzungsverteilungen) wurden bereits durch die FZAG bzw. EMPA nach [1] entsprechend aufbereitet, sodass eine Korrektur mittels Sigma-Regelung nicht erforderlich ist.

Flugbetriebliche Kenngrößen (gemäß AzD/AzB bzw. Datenerfassungssystem):*Flugplatzdaten*

Kenngröße	Symbol	Wert und Einheit	Bemerkungen/Quelle
Allgemeine Flugplatzdaten			
Koordinaten Flughafenbezugspunkt	ARP	Rechtswert: 465935,44 [m] Hochwert: 5256167,19 [m]	UTM-Zone 32 (Streifenbreite 6°), Datum WGS84; Umrechnung nach AIP [10]
Flugplatzhöhe	h_{Platz} (AGL)	431,90 [m] ü NHN	Quelle: AIP [10]
Start- und Landebahnen			
SLB-Ausrichtungen und SLB-Abmessungen entsprechen den Angaben gemäß Tabelle 1			
Flugplatzhöhe	h_{Platz}	431,90 [m] ü NHN	Quelle: AIP [10]
Koordinaten Bahnbezugspunkte	–	<u>Bahn 10/28:</u> 8°33'14,26" E, 47°27'27,98" N <u>Bahn 14/32:</u> 8°32'58,54" E, 47°28'19,87" N <u>Bahn 16/34:</u> 8°32'46,74" E, 47°27'38,30" N	WGS84; Quelle: [11]
X- und Y-Differenz Bahnbezugspunkt vom ARP	–	<u>Bahn 10/28:</u> X: 450,09, Y: -40,60 <u>Bahn 14/32:</u> X: 98,19, Y: 1557,20 <u>Bahn 16/34:</u> X: -130,81, Y: 270,00	Quelle: [11]
Entfernung Bahnbezugspunkt Startpunkt	–	<u>Bahn 10/28:</u> -1250,00/-1250,00 [m] <u>Bahn 14/32:</u> -1650,00/-1650,00 [m] <u>Bahn 16/34:</u> -1850,00/-1850,00 [m]	In Anlehnung an [11]
Entfernung Bahnbezugspunkt gegenüberliegende Landeschwelle	–	<u>Bahn 10/28:</u> 1250,00/1250,00 [m] <u>Bahn 14/32:</u> 1650,00/1500,00 [m] <u>Bahn 16/34:</u> 1380,00/1850,00 [m]	In Anlehnung an [11]
Gleitwinkel	w	<u>Bahn 28:</u> 3,30 [°] <u>Bahn 14:</u> 3,00 [°] <u>Bahn 16/34:</u> 3,00/3,30 [°]	Übertragen auf sämtliche Anflugrouten, die auf die jeweilige Landebahn führen; Quelle: Instrument Approach Charts AIP [11]
Zwischenanflughöhen	h_0	<u>Bahn 28:</u> 5.000 [ft] MSL (1.092 [m] AGL) <u>Bahn 14:</u> 4.000 [ft] MSL (787 [m] AGL) <u>Bahn 16/34:</u> 4.000 [ft] MSL (787 [m] ü AGL)/ 6.000 [ft] MSL (1.397 [m] AGL)	Übertragen auf sämtliche Anflugrouten, die auf die jeweilige Landebahn führen; Quelle: Instrument Approach Charts AIP [11]

Tabelle 8: Parameter der Flugplatzdaten und Start- und Landebahnen für
Fluglärmrechnungen*Kenngrößen und Randbedingungen zur Beschreibung der Flugrouten*

Übergreifende Grundlage zur Beschreibung der Flugrouten ist der EMPA-Bericht nach [1]. Im Wesentlichen wurden hieraus die allgemeine Bezeichnung der Flugstrecken und die geometrischen Randbedingungen extrahiert und für die vorliegende Fluglärmrechnung gemäß AzB [14] aufbereitet.

Die geometrische Implementierung der Flugrouten wurde anhand der von FZAG bereitgestellten Geometriedaten [12] und der entsprechenden Kartendarstellungen [2] umgesetzt. Folgende Anpassungen wurden durchgeführt:

- Zusammenlegung von Flugrouten:
Die seitens FZAG und EMPA in [1] enthaltenen Flugstrecken enthalten neben den Hauptflugrouten (real geflogene Flugroute, die bspw. auch im AIP veröffentlicht ist) weiterhin sog. Streu- bzw. Subrouten, die seitliche Routenanteile neben der Hauptroute

repräsentieren (typischerweise drei bis maximal fünf Anteile bei Abflugrouten, siehe Abbildung 10). Mithilfe dieses Routen Ensembles wird die Streuung der LFZ um die Hauptflugstrecke modelliert. Da zur Abbildung dieses Sachverhaltes im Rahmen der AzB [14] im Gegensatz zur Schweizer Lärmschutz-Verordnung [26] Korridore (Erwartungsgebiete) vorgesehen sind, wurden bei einigen Abflugrouten, die insgesamt nur geringfügige laterale Ablagen aufweisen, die Routenanteile zusammengefasst²². Gemäß Abbildung 10 und am Beispiel der Abflugroute S32_7026T verdeutlicht, bleiben in diesem Sinne hier nur die Subrouten B und E bestehen (A und C auf E und D auf B). Die Flugbewegungen werden also auf die Routen B und E übertragen und entsprechende Korridorbreiten für diese Routen sodann errechnet. Bei Anflugrouten, die vornehmlich über deutsches Staatsgebiet führen und folglich im Fokus der Fluglärmbewertung stehen, wurden sämtliche Subrouten implementiert, da eine Zusammenlegung aufgrund der oftmals größeren lateralen Abstände unnötige Ungenauigkeiten in der Modellierung verursachten. Aufgrund der Anwendung von Korridorbreiten auf jede einzelne Subanflugroute (die nach EMPA-Modell dann eine Streuung von null unterstellt) liegt demzufolge ein hinsichtlich der Fluglärmrechnung konservativer Ansatz vor.

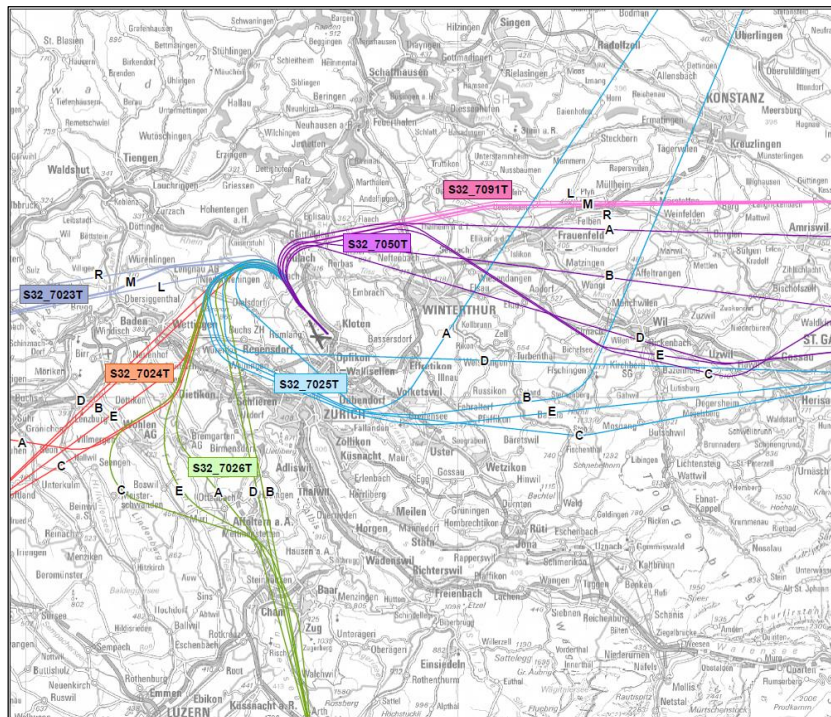


Abbildung 10: Streurouten am Beispiel der Abflugrouten Startbahn 32 am Tag [2]

²² Eine Anwendung von Korridoren nach AzB auf sämtliche Subrouten einer Flugroute führt zu einer Überschätzung der Fluglärmwirkungen, da sodann flächenmäßig prinzipiell zu stark vergrößerte Streubereiche unterstellt werden.

- Zuweisung von Abflugrouten:

Gemäß FZAG und EMPA wurden die Fluglärmrechnungen für bereits bestehende Abflugrouten, die mit dem Gesuch BR2014 keine Änderung erfahren, auf Grundlage von Radarspuren ermittelt. LFZ-Muster, für die keine ausreichende Anzahl an Radarspuren vorlag, werden idealisierten Flugrouten zugeordnet [31]. Da für die vorliegenden Fluglärmrechnungen die mittleren Flugwege der Routen gemäß Abbildung 9 (hier Flugweg 1) notwendig sind, werden die gemäß FZAG ausgewiesenen Flugbewegungen auf Basis von Radarspuren nach [1] bzw. [2] den idealisierten Flugspuren wie folgt zugeordnet:

- S10_SO1N entspricht S10_D1E,
- S10_SS1 entspricht S10_G1C,
- S28_SO2M entspricht S28_D2W,
- S28_SS3M entspricht S28_G1WOTH,
- S28_SW4M entspricht S28_VWWOTH,
- S16_LO5N entspricht S16_D1SOTH und
- S16_LW6 entspricht S16_V2S.

- Implementierung von Flugbewegungsanzahlen:

Ein weiterer Bestandteil der Flugroutenimplementierung ist die Übertragung der in [1] ausgewiesenen Flugbewegungen des Betriebszustandes BR2014, Prognosejahr 2020 (Zt+) nach [1] und entsprechend Tabelle 36 bzw. Tabelle 37 in Anhang A4, in das Fluglärmrechnungsprogramm. Wie eingangs erwähnt, liegen einzelnen Anflugrouten bereichsweise Radarspuren zugrunde, die erhebliche Streuungen aufweisen (siehe hierzu bspw. Anflüge Landebahn 34, Karte 10 in [2]). Da für vorliegende Lärmrechnungen die mittleren Flugwege der Routen gemäß Abbildung 9 (hier Flugweg 1) notwendig sind, wurden die den Radarspuren zugeordneten Flugbewegungen auf konkrete Anflugrouten umgelegt. Darüber hinaus wurden weitere Adaptionen durchgeführt, wie nachfolgend erläutert:

- Die Flugbewegungen der Radarspuren Q34W wurden anteilig den Subrouten A34T09 A, B und C und Q34E den Subrouten A34T09 X, Y und Z zugeordnet.
- Die Flugbewegungen der Radarspuren S14 wurden anteilig den Subrouten A14T09 A bis Z zugeordnet.
- Die Flugbewegungen der Route S16_V2SEG wurden auf S16_V2S umgelegt.
- Als Ersatz für die Radarspuren T16 (vgl. Karte 7 nach [2]) wurden drei Anflugrouten implementiert, die gemäß AIP gegenwärtig dem ILS-Anflug auf Landebahn 16 entsprechen (Anflüge aus Westen über GIPOL, aus Norden über RILAX und aus Osten über AMIKI, vgl. AIP [32]) und grundsätzlich übereinstimmende Routenverläufe zu den Radarspuren aufzeigen. Die Flugbewegungen der Radarspuren T16 wurden sodann analog der Anflugroute A14T09 prozentual verteilt (siehe Tabelle 40, Anhang A3).

- Festlegung von Tages- und Nachtzeit:

Die Flugbewegungen am Flughafen ZRH sind nach FZAG und EMPA unterteilt in Tagzeit (06 – 22 Uhr) und zwei Nachtzeiten von 22 – 23 Uhr und 23 – 05 Uhr. Für die vorliegenden Fluglärmrechnungen wurden die beiden Nachtzeiten zusammengelegt (22 – 05 Uhr) und die Flugbewegungen beider Zeiten auf den entsprechenden Nachtflugrouten addiert. Dieses Vorgehen entspricht somit den nach AzD [13] vorgegebenen Zeiträumen für Tag- (06 – 22 Uhr) und Nachtflüge (22 – 06 Uhr)²³.

Die in Tabelle 36 bzw. Tabelle 37 in Anhang A4 ausgewiesenen Flugbewegungszahlen entsprechen den Gesamtflugbewegungen je Flugroute, die gemäß [1] anhand sog.

²³ In der Nachtstunde zwischen 05 – 06 Uhr finden gemäß [1] am Flughafen ZRH keine Flugbewegungen statt.

Gewichtungsfaktoren prozentual auf die Subrouten zu verteilen sind²⁴. Das implementierte Flugroutensystem ist in Tabelle 39 (Abflugrouten) und Tabelle 40 (Anflugrouten) in Anhang A3 detailliert zusammengefasst. Geordnet nach Betriebsrichtung, Flugphase und Tages- bzw. Nachtzeit sind hierin Bezeichnungen und Gewichtungsfaktoren jeder einzelnen Flugroute ausgewiesen. Sämtliche Flugrouten sind, wie eingangs dargelegt, als IFR-Routen implementiert. Das gewählte Koordinatensystem ist das UTM-System, Zone 32 (Streifenbreite 6°), Datum WGS84.

Korridorbreiten wurden ebenfalls für die Zwischenanflugsegmente mittels Radardaten ermittelt. Diese Vorgehensweise wird in anschließendem Kapitel 5.2.2 erläutert, die zugehörigen Werte in Tabelle 10 ausgewiesen.

Sonstige Parameter:

Zur Berücksichtigung der Topografie wird nach AzB [14] die Implementierung eines Digitalen Geländemodells (DGM) mit einer Gitterweite von 50 m gefordert. Vom *Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg* wurde zu diesem Zweck ein Digitales Oberflächenmodell (Höhenpunkte) mit o. g. Gitterweite [28] bereitgestellt, das den Bereich der vier süddeutschen Landkreise abdeckt. Das Modell basiert auf der Berechnung von mittels Befliegung erfassten Laserscanaufnahmen. Es stellt die tatsächlich vorhandene Landschaft mit zusätzlich allen festen und beweglichen Objekten (bspw. Bauwerke, Wälder und ruhender/fließender Verkehr) zum Zeitpunkt der Befliegung dar [29]. Diese Daten wurden in das Fluglärmberechnungsprogramm eingelesen (siehe ergänzend Kapitel 5.3.1).

Weiterhin sind für die Bewertung der Fluglärmbelastungen Daten zu Bevölkerungs- und Gebietsstand erforderlich. Diese wurden der *Regionaldatenbank Deutschland*, bereitgestellt durch die *Statistischen Ämter des Bundes und der Länder* [30], entnommen und liefern Aussagen zur Bevölkerungsanzahl und der Gebietsfläche auf regionaler Ebene zum Stichtag 31.12.2013.

Das innerhalb sämtlicher Plandarstellungen und Abbildungen genutzte Kartenmaterial entspricht der „Digitalen Topographischen Karte 1 : 1000 000 – DTK1000“, bereitgestellt durch das *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* nach [36].

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sämtliche in diesem Kapitel 5.2.1 erläuterten Eingangsdaten im Rahmen der Fluglärmberechnung Anwendung finden. Dabei entsprechen die Flugbewegungszahlen dem Szenario „BR2014, Prognosejahr 2020“. Unter Berücksichtigung der erläuterten Anpassungen wie das Zusammenlegen von Flugrouten, die Zuweisung von Korridorbreiten und Längen der Zwischenanflugsegmente ergibt sich hieraus das **Basisszenario** für die Fluglärmberechnungen. Im Rahmen der Optimierungsvarianten Alternative 1 bis 3 werden Anpassungen des Ostkonzepts BR2014 (siehe hierzu Kapitel 5) analysiert. Die Ergebnisse der Fluglärmberechnungen Alternative 1 bis 3 werden hiernach denen des Basisszenarios zum Nachweis möglichen Optimierungspotenzials vergleichend gegenübergestellt. Abschließend zeigt nachstehende Abbildung 11 zusammenfassend Lage und grundlegende Geometrie des implementierten Flugroutensystems des Basisszenarios.

²⁴ Die Gewichtungsfaktoren entsprechen grundlegend den in [1] publizierten. Sie wurden jedoch wegen der Zusammenlegung einzelner Flugrouten (s. o.) teils neu ermittelt.

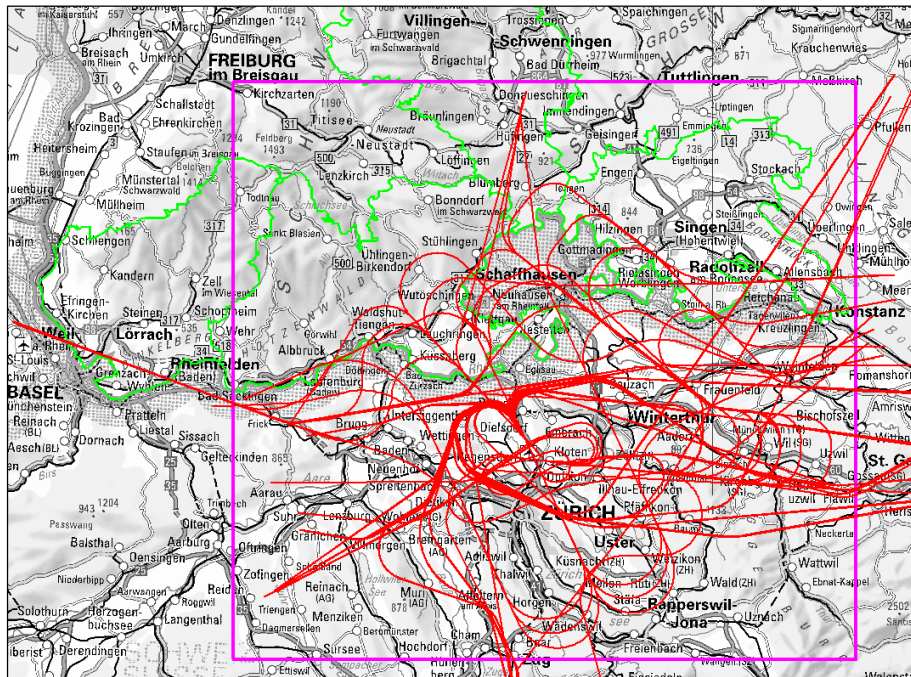


Abbildung 11: Darstellung der An- und Abflugrouten des Basisszenarios und deren Lage bezüglich der süddeutschen Landkreise inkl. Ausweisung des Untersuchungsgebietes (siehe [1] und [2]; Kartenmaterial: [36])

5.2.2 Radardatenanalyse

Die Auswertung der FANOMOS-Flugdaten (vgl. Kapitel 2) dient vorrangig der Ermittlung folgender zwei Kennwerte:

- Korridorbreiten entlang der modellierten An- und Abflugrouten,
- Längen von Zwischenanflugsegmenten der Anflugrouten und
- Ermittlung der realen Flughöhen von LFZ im Rahmen der verfahrensplanerischen Analyse der Optimierungsszenarien (vgl. Kapitel 5).

Ermittlung der Korridorbreiten:

Das hierzu gewählte Vorgehen (Nutzung von Radardaten) ist vergleichbar mit der EMPA-Methodik, wie bereits bei der Datenaufbereitung für das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt* (DLR) im Jahre 2009 genutzt [11]. In einem ersten Schritt werden die von der DFS bereitgestellten Flugspuren [15] den Tag- und Nachtzeiten zugeordnet. Diese zeitliche Unterteilung ist notwendig, da die Flugstrecken und partiell auch das Streuverhalten des Tag- und Nachtkonzeptes i. d. R. verschieden sind.

Die Zuordnung der Radarspuren auf die im Fluglärmrechnungsprogramm implementierten Routen erfolgt automatisiert mittels geeigneter Tools des Gutachters. In einem ersten Schritt werden die Start- und Endpunktkoordinaten der implementierten Flugrouten mit der jeweiligen Radarspur verglichen. Sofern mehrere Flugrouten dieselben Start- und Endpunktkoordinaten aufweisen, wird mittels Segmentierung geprüft, welcher spezifischen Flugroute die Radarspur zuzuordnen ist. Sofern diese an keinem der definierten Schnittachsen mehr als 5.000 m²⁵ von der Flugroute entfernt ist, wird die Radarspur dieser Flugroute eindeutig zugeordnet. Falls diese Zuordnung im Ergebnis mehrdeutig ausfällt (bspw. wenn eine Radarspur zwischen zwei

²⁵ Dieser Wert wurde systembedingt gewählt, um eine Auswertung innerhalb der Transitions der Anflugrouten zu gewährleisten.

Subrouten liegt), wird jene Flugroute gewählt, die in Summe den geringsten absoluten Abstand zur Radarspur aufweist.

Aufgrund der Tatsache, dass LFZ am Flughafen ZRH im Anflug teils per Radarvektor geführt und im Abflug direkte Freigaben erteilt werden, kann mit diesem Verfahren allerdings nicht jede Flugbewegung einer spezifischen Flugstrecke zugeordnet werden.

Unter der Voraussetzung, dass einer Flugroute ausreichend Radarspuren (> 100 , sodass ausreichend große Stichprobe vorliegend) zugeordnet werden können, erfolgt die Berechnung der jeweiligen Korridorbreiten entlang der Flugrouten. Hierzu wird die Streuung der Radarspuren querab zur zugeordneten Flugroute bestimmt und passende statistische Verteilungsfunktionen wie folgt definiert: Auf geraden Flugroutenabschnitten gilt die Annahme einer Normalverteilung, in Kurvenabschnitten hingegen ist eine schiefe Verteilung typisch. Gemäß AzB [14] ist jedoch nur die Vorgabe von symmetrischen Korridorbreiten möglich. Im Ergebnis wird entsprechend des RNP-Konzeptes (siehe Kapitel 4) jener Bereich bestimmt, in dem 95 % der Flugbewegungen (zweimal die Standardabweichung einer Gauß-Verteilung) liegen und entlang diesem ein Korridor mit äquidistantem lateralem Abstand zur Flugroute konstruiert. Beispielhaft sind die so ermittelten Korridore entlang einer Flugroute in nachfolgender Abbildung 12 gezeigt.

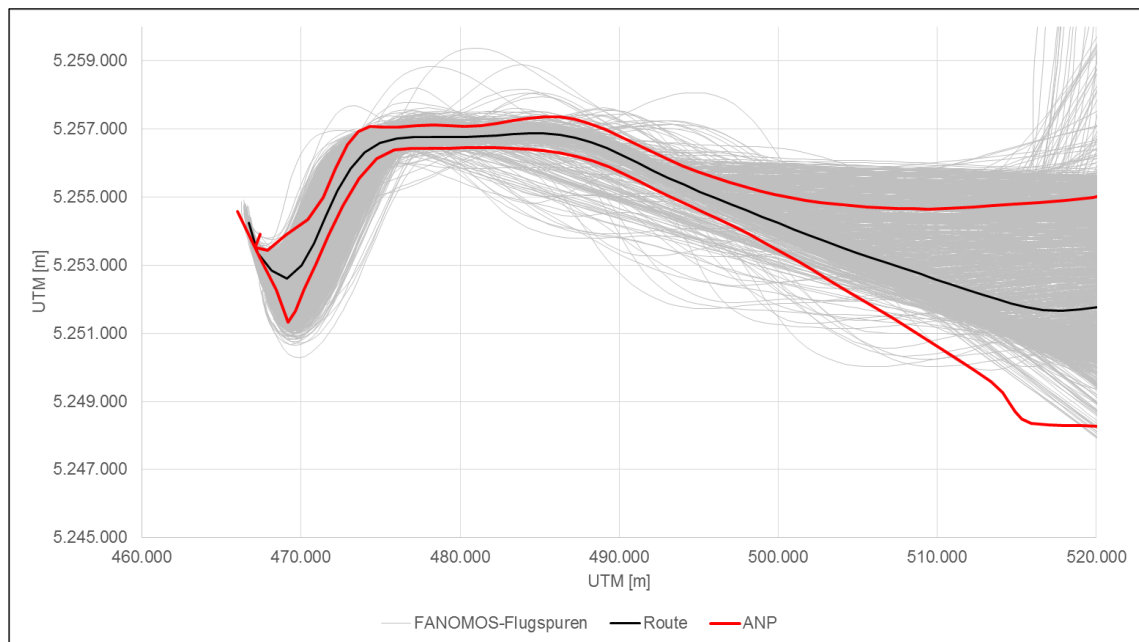


Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung zu ermittelten Korridorbreiten auf geraden und gekrümmten Routenabschnitten

Für die folgenden Routen konnten so Korridorbreiten wie folgt ermittelt werden (vgl. Tabelle 9):

Routen mit individuellen Korridorbreiten		
A14_T09_A	S10_7035_R	S32_7050T_B
A14_T09_A_N	S10_D1E_M	S32_7050T_D
A14_T09_X	S10_G1C_M	S32_7050T_E
A14_T09_Z	S16_D1SOTH_M	S34_7004N_M
A14_T09_Z_N	S16_D1SOTH_M_N	S34_7004T_A
A28_T12_Z	S16_V2S_M	S34_7004T_E
A34_T09_B	S28_D2W_M	S34_7006T_M
A34_T09_B_N	S32_7023T_M	S34_7051T_D
A34_T09_X	S32_7024N_M	S34_7051T_E
A34_T09_X_N	S32_7024T_A	T16_C
S10_7035_L	S32_7024T_E	T16_C_N

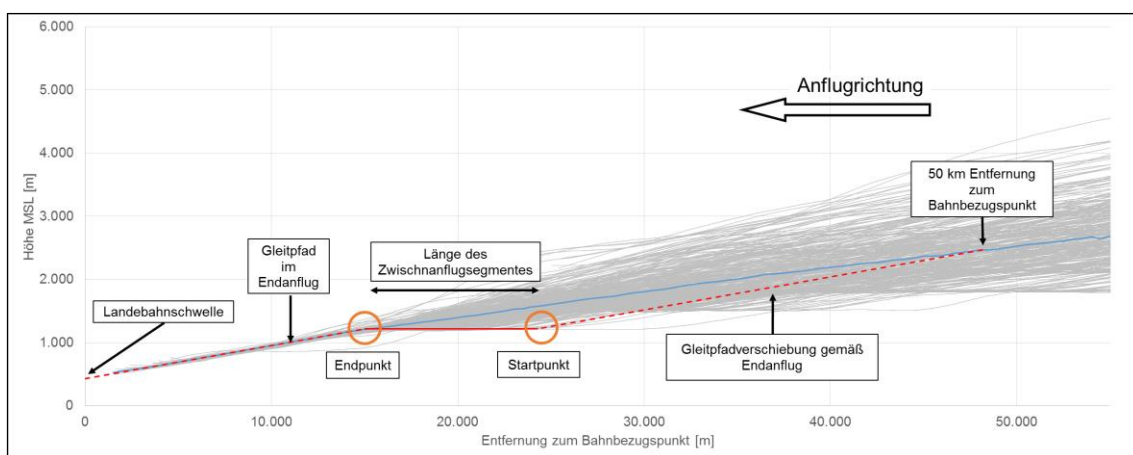
Tabelle 9: Routen mit aus Radardaten ermittelten Korridorbreiten

Die so ermittelten Korridorbreiten gehen sodann in die Fluglärmberechnung ein. Für jene Routen, für die eine Ermittlung der Korridorbreiten mittels Radarspuren nicht möglich ist, wird hingegen auf die Standardwerte gemäß AzB [14] zurückgegriffen. Insofern folgt die angewandte Vorgehensweise der Methodik gemäß AzB, die zunächst die Anwendung von Korridorbreiten ermittelt aus Radardaten empfiehlt (siehe Kapitel 5.1). Für sämtliche in Tabelle 9 ausgewiesenen Flugrouten zeigt sich weiterhin, dass die Korridorbreiten und somit auch die Streubereiche größer sind, als die Standardwerte nach AzB [14]. Dementsprechend werden größere geografische Bereiche in der Lärmberechnung abgedeckt.

Ermittlung der Längen der Zwischenanflugsegmente:

Für die Ermittlung der Zwischenanflugsegmente als ein wesentlicher Eingangswert im Fluglärmrechnungsprogramm wird, im Gegensatz zu der zuvor beschriebenen Ermittlung der Korridorbreiten, lediglich nach den einzelnen Landebahnen differenziert. Somit werden für die Bestimmung der Länge des Segmentes alle Anflüge auf die jeweilige Landebahn zugrunde gelegt.

Ausschlaggebend sind die vertikalen Radarflugprofile, die in nachfolgender Abbildung 13 beispielhaft für die Landebahn 14 dargestellt sind.

Abbildung 13: Prinzipdarstellung zur Festlegung der Zwischenanflugsegmentlängen²⁶

²⁶ Graue Linien: Radarflugspuren, blaue Linie: statischer Mittelwert der jeweiligen Flughöhe über alle Flugspuren, rote Strichlinie: Gleitpfad im Endanflug (linker Teil) und parallel verschobener Gleitpfad des Endanfluges (rechter Teil).

Der Schnittpunkt der im AIP [10] ausgewiesenen Zwischenanflughöhe mit dem Gleitpfad im Endanflug (3° bzw. $3,3^\circ$, vgl. Tabelle 8) ergibt den Endpunkt des Zwischenanflugsegmentes. Zur Ermittlung der Länge des Zwischenanflugsegmentes ist ergänzend der Startpunkt zu ermitteln. Hierfür wird der Gleitpfad des Endanfluges parallel verschoben, 50 km vor dem Bahnbezugspunkt an den statischen Mittelwert der dortigen Flughöhe angelegt und bis zur Zwischenanflughöhe fortgeführt. Dies hat zur Folge, dass LFZ über eine längere Distanz horizontal geführt werden und gegenüber einem kontinuierlichen Sinkflug (*Continuous Descend Operations*, CDO) insofern von einer erhöhten Lärmbelastung auszugehen ist. Somit liegt der angewandten Vorgehensweise eine konservative Auslegung der Länge des Zwischenanflugsegmentes zugrunde.²⁷ Die resultierende Strecke zwischen Start- und Endpunkt ergibt schließlich die Länge des Zwischenanflugsegmentes, wie sie gemäß AzB [14] für die Fluglärmberechnung entlang der Anflurouten anzugeben ist.

Die so ermittelten Längen der Zwischenanflugsegmente sind in nachfolgender Tabelle 10 ausgewiesen.

Landebahn	Länge des Zwischenanflugsegmentes S_z [m]	
	Tageszeit (06 – 22 Uhr)	Nachtzeit (22 – 06 Uhr)
28	9.900	8.100
14	5.500	3.000
16	9.200	6.800
34	9.100	8.700

Tabelle 10: Errechnete Längen der Zwischenanflugsegmente je Landebahn

Höhenauswertung an spezifischen Schnittpunkten

Im Rahmen der Entwicklung von Alternativen zum Ostkonzept BR2014 in folgenden Kapitel 5 sind mögliche Kreuzungen von An- und Abflugrouten nicht grundsätzlich auszuschließen. Um an diesen Punkten planerisch Vertikalstaffelung sicherzustellen, werden Flughöhenanalysen mittels Radardaten durchgeführt.

Für diese Analyse werden alle LFZ berücksichtigt, die in einem Umkreis von 500 m um den Untersuchungspunkt verkehrten. Die Analyse der Flughöhe erfolgt als sog. Boxplot-Diagramm, Mittelwert und Quartile ausweisend.

Natürlich stellt dieses Verfahren kein ideales Routenkonzept dar, stets wird natürlich zunächst ein möglichst unabhängiges, ohne derartige Höhenvorgaben auskommendes Flugroutensystem gesucht.

5.3 Durchführung der Fluglärmberechnungen

5.3.1 Einführung und Randbedingungen

Die Fluglärmberechnung erfolgt mittels des Berechnungsprogrammes *IMMI 2015* des Herstellers *Wölfel*. Hierbei handelt es sich um eine durch das Umweltbundesamt (UBA) Deutschland zertifizierte Software, welche die Anforderungen gemäß AzD [13] und AzB [14] erfüllt [33]. Demzufolge sind die im vorangegangenen Kapitel 5.1 erläuterten Berechnungsvorschriften und die hierfür notwendigen Eingangsdaten innerhalb der Software verlässlich umgesetzt. Aufgrund des Untersuchungsgegenstandes, hier dezidierte Vergleichsanalysen zu alternativen Flugroutengestaltungen und daraus resultierender Lärmbetroffenheit der Bevölkerung, erfolgt auch eine Ausweisung von Pegelbereichen < 40 dB(A).

²⁷ Die Vorgehensweise wurde bspw. auch in [34] angewandt und im Rahmen von [35] validiert.

Neben der Eingangsdatenimplementierung ist die Definition weiterer, grundlegender Berechnungsparameter notwendig. Diese sind nachfolgend zusammengefasst.

- Festlegung der Erhebungszeit:
Die Erhebungszeit ist gemäß AzD [13] auf 180 Tage (sechs verkehrsreichste Monate) festzulegen. Entsprechend der vorliegenden Eingangsdaten beziehen sich die Flugbewegungszahlen nach [1] auf das gesamte Prognosejahr 2020 (siehe Kapitel 2). Demzufolge wurde die Erhebungszeit in *IMMI 2015* auf 365 Tage hochgesetzt.
- Festlegung des Untersuchungsgebietes:
In vorliegender Untersuchung wurde das Untersuchungsgebiet mit folgenden Koordinatenbereichen (UTM-Zone 32, Streifenbreite 6°, Datum WGS84) festgelegt (vgl. Abbildung 11):
 - Rechtswert: $419.000 \leq x \text{ [m]} \leq 516.000$
 - Hochwert: $5.225.000 \leq y \text{ [m]} \leq 5.315.000$
 Somit resultiert eine Ausdehnung von 97 km x 90 km (Fläche: 8.730 km²). Wie in Abbildung 11 ersichtlich, deckt das definierte Untersuchungsgebiet damit den süddeutschen Raum bzw. die Grenzregion zwischen Deutschland und der Schweiz sowie den südlichen Bereich des Flughafens ZRH größtenteils ab. Darüber hinaus sind die signifikanten Wegpunkte GIPOL (West), RILAX (Nord) und AMIKI (Ost) und die für die Lärmberechnung relevanten Flugrouten vollständig erfasst²⁸.
- Festlegung des Berechnungsrasters:
Nach AzD [13] ist für die Berechnungen i. d. R. ein rechtwinkliges Raster von 50 m x 50 m zur Ermittlung des äquivalenten Dauerschallpegels festzulegen. Aufgrund der hier gewählten enormen Größe des Untersuchungsgebietes (da die süddeutschen Landkreise deutlich unterhalb der gesetzlich relevanten Dauerschallpegel mit Fluglärm beaufschlagt werden) musste das Berechnungsraster – ergebnisseitig unerheblich – auf 500 m x 500 m vergrößert werden. Im Ergebnis werden so ca. 35.000 Einzelraster für das gesamte Untersuchungsgebiet berechnet.²⁹
- Implementierung des Geländemodells:
Die verfügbaren Geländedaten in Form von Höhenpunkten (siehe Kapitel 5.2.1) liegen hochgenau für die vier süddeutschen Landkreise vor. Alle übrigen Bereiche des Untersuchungsgebietes, für die keine detaillierten Geländeinformationen implementiert wurden, berechnet *IMMI 2015* die Geländehöhe approximativ anhand eines Triangulationsalgorithmus.

Das nachfolgende Kapitel 5.3.2 weist auf Basis dieser Randbedingungen die Fluglärmrechnungsergebnisse für das Basisszenario aus.

²⁸ Der westliche Bereich des Landkreises Lörrach sowie der nördliche Teil des Schwarzwald-Baar-Kreises liegen außerhalb des Untersuchungsgebietes. Dies begründet sich vornehmlich durch den Aspekt, dass LFZ sich in diesen Bereichen bereits im oberen Luftraum befinden und anhand von Signifikanzberechnungen ermittelt wurde, dass die Fluglärmwirkungen sodann vernachlässigbar gering sind.

²⁹ Vergleichend sei erwähnt, dass die durch EMPA in [1] verwendete Rasterweite 250 m beträgt. Die demgegenüber erhöhte Rasterweite in vorliegendem Gutachten gewährleistet eine ausreichend präzise Berechnung bei optimierter Rechenzeit. Zudem liefert Ergebnisvisualisierung anhand von Isolinen in den entsprechenden Plandarstellungen keine Rückschlüsse auf das verwendete Raster.

5.3.2 Lärmtechnische Bewertung des Basisszenarios

Vorgehensweise

Die Ausweisung der Fluglärmrechnungsergebnisse erfolgt anhand von Kartendarstellungen mit Isolinien bzw. Isofonen (Linien gleicher Dauerschallpegel). Der errechnete Dauerschallpegel ist in insgesamt elf Bereiche von > 20 dB(A) bis > 65 dB(A) unterteilt (Abstufung in 5 dB(A)-Schritten). Die untere Grenze liegt dabei signifikant unterhalb der nach FluLärmG [24] festgelegten Grenzwerte für die Tag- und Nacht-Schutzzonen (vgl. Kapitel 5.1). Dies begründet sich dadurch, dass in den süddeutschen Landkreisen zahlreiche Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete vorhanden sind (vgl. Abbildung 14). Diese genießen gemäß Naturschutzgesetz Baden-Württemberg [41] mit empfindlichen Bestandteilen des Naturhaushaltes besonderen Lärmschutz³⁰.

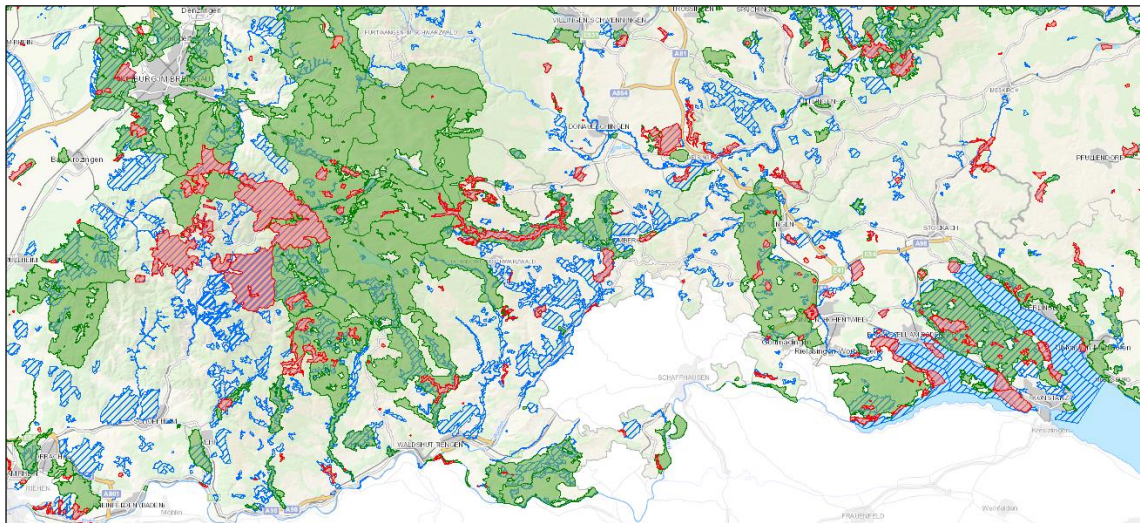


Abbildung 14: Ausweisung von Naturschutzgebieten (rote Flächen), Landschaftsschutzgebieten (grüne Flächen) und Flora-Fauna-Habitat-Gebiete (blaue Flächen) in Baden-Württemberg nach [40]

Für alle Isolinien erfolgt anschließend die Analyse und Beurteilung der von Fluglärm betroffenen Bevölkerung. Im Rahmen der Betroffenheitsanalyse werden die Gebietsflächen der einzelnen Gemeinden je Landkreis mit den jeweiligen absoluten Bevölkerungszahlen und den Ergebnissen der Lärmuntersuchungen überlagert. Dieser Bearbeitungsschritt erfolgt unter Anwendung eines Geoinformationssystems (GIS). In einem ersten Schritt wird für jedes Gemeindegebiet die Anzahl der Rasterpunkte³¹ ermittelt, die innerhalb der Gebietsfläche liegen. Unter Verwendung der so bestimmten Fläche und anhand der Bevölkerungsdichte (Einwohner/km² nach [30])³² erfolgt für jedes Gemeindegebiet sodann die Ermittlung der Bevölkerungsanzahl, die von den jeweiligen Dauerschallpegeln betroffen ist. Nachfolgende Abbildung 15 zeigt die Überlagerung von Gemeindegebietsflächen inkl. Bevölkerungsdichte und Rasterpunkten der Dauerschallpegel für das Basisszenario.

³⁰ Bei der Bewertung des Fluglärms für diese Region sind zudem die Urteile des VGH Mannheim [63] und des Bundesverwaltungsgerichtes [62] zu berücksichtigen.

³¹ Die Fluglärmrechnung erfolgt anhand von Rastern (vgl. Kapitel 5.3.1). Jedem Raster wird dabei ein Mittelpunkt zugeordnet, für welchen der Dauerschallpegel berechnet wird.

³² Hierbei erfolgte eine gleichverteilte Zuordnung der Bevölkerungsdichte je Gemeinde (Einwohneranzahl je Gemeinde / Gebietsfläche der Gemeinde).

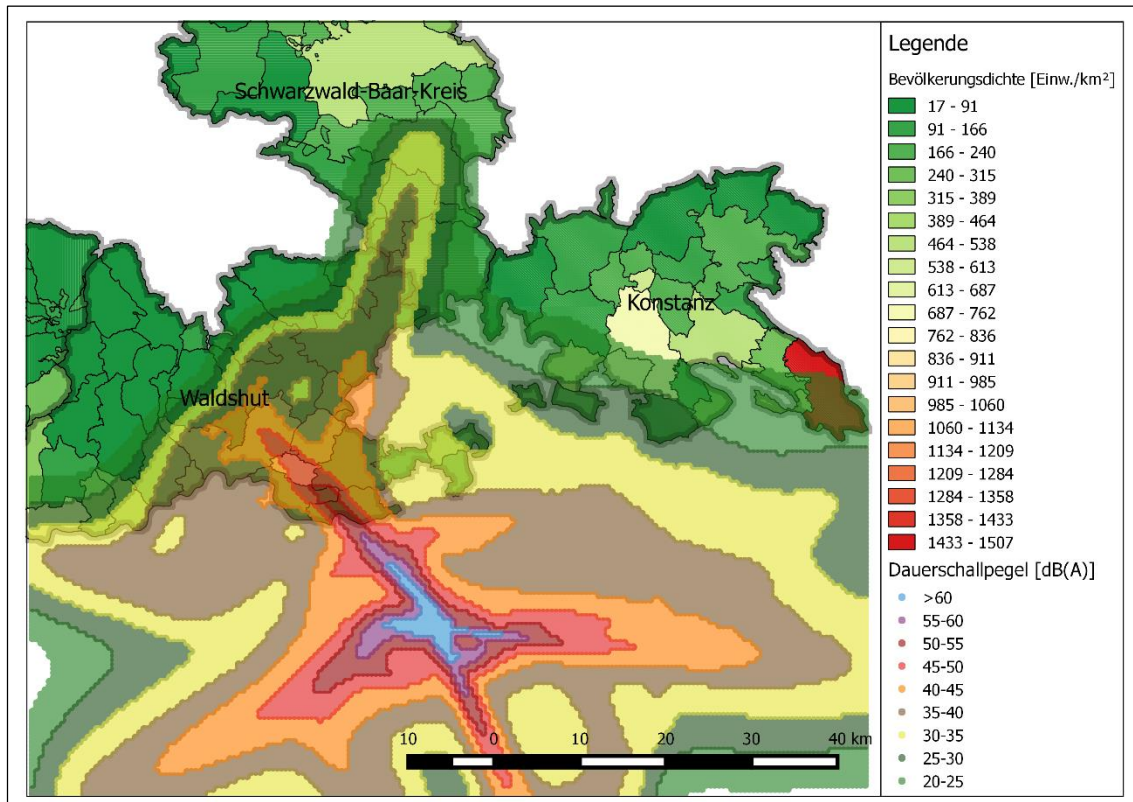


Abbildung 15: Gemeindegebiete des Untersuchungsgebietes mit überlagertem Lärmraster im GIS (Basisszenario, Dauerschallpegel Tag)

Die beschriebene Vorgehensweise wird neben dem Basisszenario getrennt für Tag- und Nachtzeit gleichermaßen auf die drei Alternativen (siehe Kapitel 5) übertragen.

Ergebniszusammenfassung

Abbildung 16 und Abbildung 17 weisen die Ergebnisse der Fluglärmrechnungen für das Basisszenario aus:

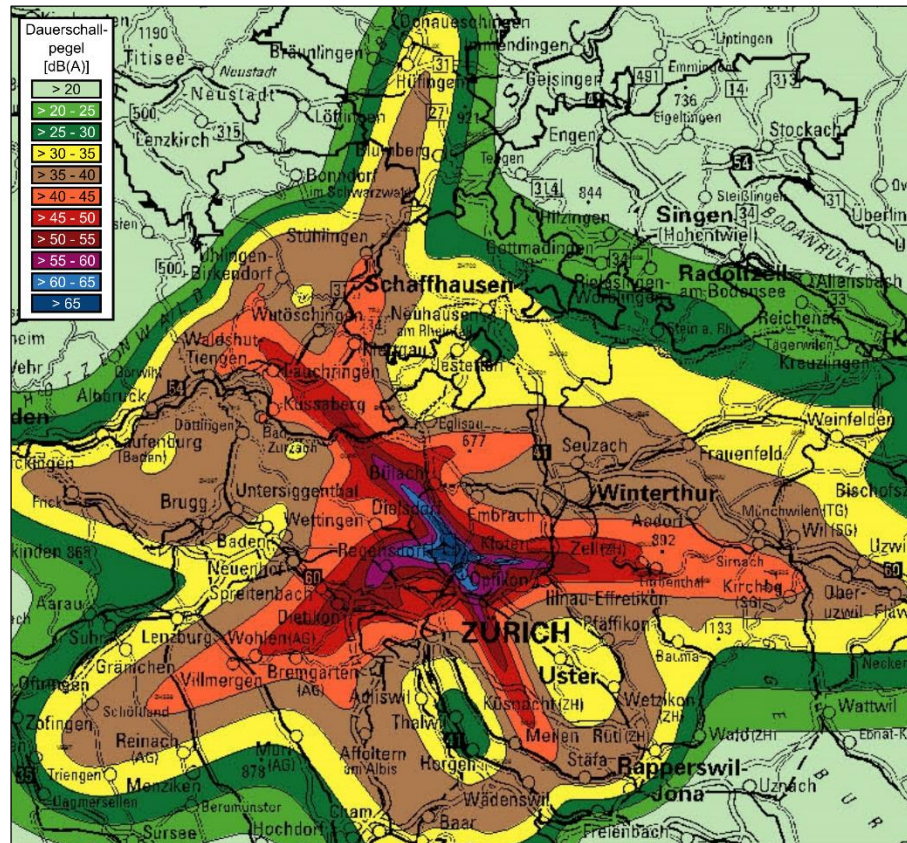


Abbildung 16: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Basisszenario

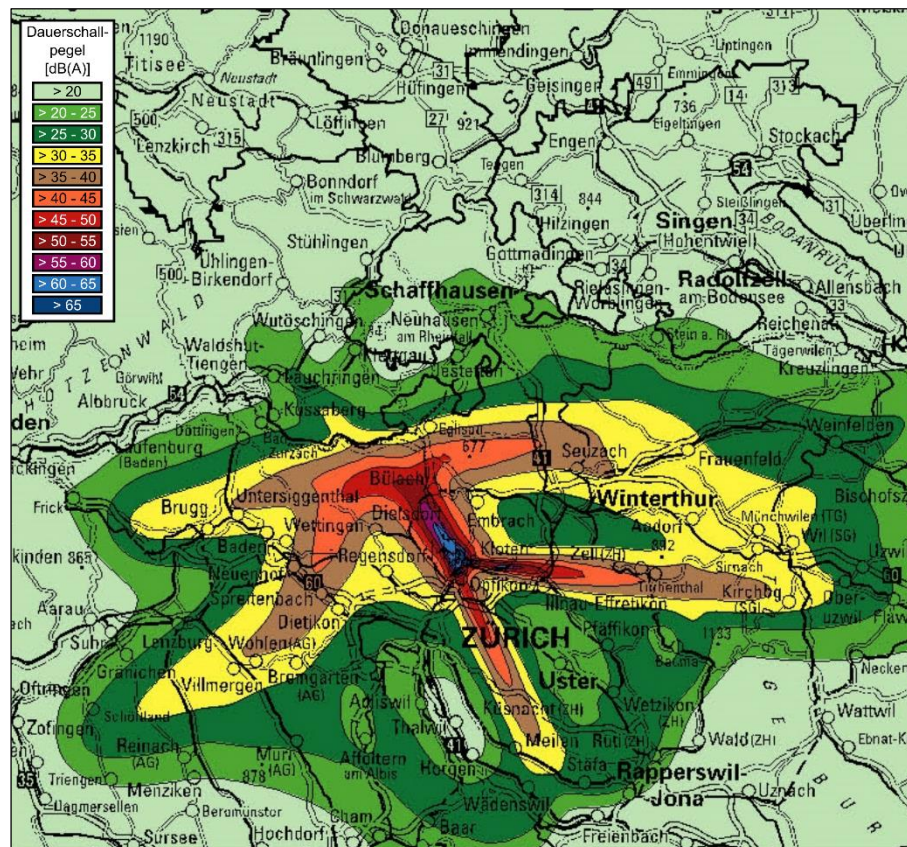


Abbildung 17: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Basisszenario

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Verlauf und Ausdehnung der Isolinien in Abbildung 16 und Abbildung 17 unter Berücksichtigung der relevanten Pegelgrenzen sowie Berechnungsgrundlagen im Wesentlichen mit der Ergebnisauswertung seitens EMPA im entsprechenden Kartensatz nach [2] vergleichbar sind. Insofern ist übergreifende Plausibilität der Berechnungsergebnisse gewährleistet. Es ist festzustellen, dass am Tag

- im Landkreis Waldshut Dauerschallpegel von maximal 50 – 55 dB(A) und
- im Schwarzwald-Baar-Kreis Dauerschallpegel von 35 – 40 dB(A) zu erwarten sind.
- Bezüglich der Landkreise Konstanz und Lörrach liegen am Tag Dauerschallpegel im unteren Pegelbereich zwischen 20 – 30 dB(A) vor; in der zum Landkreis Konstanz gehörenden Exklave Büsingen am Hochrhein werden vereinzelt Dauerschallpegel bis 35 dB(A) ermittelt.

Zur Nachtzeit ergeben die Dauerschallpegel in allen vier süddeutschen Landkreisen vorrangig Werte von 20 – 25 dB(A). Die Relation zu den nach FluLärmG [24] festgelegten Grenzwerten der Schutzzonen liefert Tabelle 11:

Landkreis	Maximal berechneter Dauerschallpegel Basisszenario [dB(A)]		Grenzwert Dauerschallpegel [dB(A)]		
	Tag (06 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 06 Uhr)	Tagschutzzone 1	Tagschutzzone 2	Nachtschutzzone
Konstanz	> 20 – 30	> 20 – 25	65 (60)	60 (55)	55 (50)
Schwarzwald-Baar-Kreis	> 35 – 40	bis 20			
Waldshut	> 50 – 55	> 20 – 25			
Lörrach	> 20 – 30	bis 20			

Tabelle 11: Vergleich berechneter Dauerschallpegel (Basisszenario) je Landkreis mit Schutzzonengrenzwerten nach FluLärmG [24]

Nachfolgende Tabelle 12 und Tabelle 13 zeigen die Anzahl der betroffenen Einwohner je Landkreis für das Basisszenario getrennt nach Tag und Nacht. Eine detaillierte Zusammenfassung differenziert nach den Gemeinden ist dem Anhang A5 zu entnehmen.

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	10.300	11.500	11.300	3.200	-	-	-	-	36.200
Konstanz	102.700	10.300	200	-	-	-	-	-	113.200
Waldshut	10.800	23.400	25.100	32.000	24.600	11.300	1.500	-	128.600
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	123.800	45.200	36.500	35.100	24.600	11.300	1.500	-	278.000

Tabelle 12: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Landkreis und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz	3.400	-	-	-	-	-	-	-	3.400
Waldshut	28.300	10.600	2.700	100	-	-	-	-	41.700
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	31.700	10.600	2.700	100	-	-	-	-	45.100

Tabelle 13: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Landkreis und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)

6 Entwurf eines optimierten Ostkonzepts BR2014

6.1 Einführung

Im Rahmen des Kapitels 5 wird nach Alternativen zum Ostkonzept BR2014 gesucht. Diese sollen eine reduzierte Fluglärmbelastung des süddeutschen Raums bei entsprechenden Wetter- und Tageszeitbedingungen (gemäß DVO) idealerweise bei gleichzeitiger Reduktion der Komplexität am Flughafen ZRH erreichen.

Folgende Verfahrensschritte werden hierzu durchgeführt:

- Entwicklung von geometrischen Konzepten unter Beachtung bereits existierender Konzepte aus dem BR2014 sowie dem heutigen Status Quo laut AIP,
- verfahrenstechnische Prüfung jedes Konzeptes zur Überführung in konkrete Alternativen unter Beachtung der verfahrenstechnischen Vorgaben (Kapitel 4) sowie die
- lärmtechnische Bewertung jeder Alternative mittels Fluglärmrechnung sowie Betroffenheitsanalysen gemäß Kapitel 5.

So wird eine lärmoptimierte Alternative zum Ostkonzept BR2014 gesucht, die zudem als möglichst kurzfristig umsetzbar eingestuft wird. Analysen zur Sicherheit und Kapazität am Flughafen ZRH erfolgen bei dieser Alternativensuche vereinbarungsgemäß nicht. Zur abschließenden Bewertung der Flugroutenplanung wären demnach Luftraumsimulationen sowie weiterführend eine explizite Sicherheitsstudie erforderlich.

Folgende Randbedingungen liegen der Alternativensuche zugrunde:

Flugrouten

Ausgangspunkt ist, wie dargelegt, das Ostkonzept BR2014, mit dem eine geometrische Entflechtung der An- und Abflugrouten bei reduzierter Komplexität für den Flughafen ZRH angestrebt wird. Dies soll vornehmlich mit einer nun nördlichen Führung der Zwischenanflüge auf die Landebahn 28 gebündelt auf sog. *RNAV-Transitions* (eine *Transition* von der Anflugroute zum Endanflug) erfolgen. Diese wie S-Schleifen geformten Zwischenanflüge führen im nördlichen Bereich planerisch auch über deutsches Gebiet (vgl. Abbildung 3).

Ziel der Optimierungen soll nunmehr sein, direkte Überflüge über deutsches Staatsgebiet in Flughöhen < FL120 zu minimieren. Zudem sollen alle Optionen berücksichtigt werden, die eine Verlagerung von Flugbewegungen in Schweizer Hoheitsgebiet unter weitest möglicher Beachtung der schweizerischen Prämisse der Komplexitätsreduktion am Flughafen ZRH erlauben.

Betriebsreglement Flughafen ZRH

Im Betriebsreglement des Flughafen ZRH [46] sind die organisatorischen und operationellen Verfahren für den Betrieb des Flughafens geregelt. Zudem sind die An- und Abflugverfahren festgelegt, die in ZRH aufgrund der grenznahen Lage zu Deutschland durch eine durch das BAF erlassene DVO zur Luftverkehrsordnung (LuftVO) reglementiert werden. Die DVO limitiert zeitabhängig (Tag/Nacht) An- und Abflugverfahren für Flüge nach Instrumentenflugregeln zum und vom Flughafen ZRH, soweit deutsches Hoheitsgebiet betroffen ist. Hiernach darf deutsches Hoheitsgebiet zwischen 21.00 Uhr und 07.00 Uhr von Montag bis Freitag sowie zwischen 20.00 Uhr und 09.00 Uhr am Samstag und Sonntag und an baden-württembergischen Feiertagen nicht unter FL120 überflogen werden darf. Da beim Nordanflug flugtechnisch bedingt aber bis zu einer Höhe von ca. 4.000 ft über deutschem Hoheitsgebiet

gesunken werden muss, kann während der oben genannten Zeiten nicht von Norden auf die Landebahn 14 und 16 angeflogen werden.

Hauptlandebahnen sind im „Normalfall“ (Nordkonzept aktiv) bei guter Sicht am Tag die Landebahnen 14 und 16, Hauptstartbahnen sind die 28 und 16 (vgl. Abbildung 18). Das Betriebsreglement beinhaltet hierbei weitere Flugbetriebskonzepte (Süd- und Ostkonzept), die zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten bei spezifischen Wettersituationen zum Einsatz kommen (vgl. Abbildung 18). Erforderliche Wechselzeiten zwischen den Konzepten betragen gemäß [47] ± 15 min. Je nach Tageszeit und Wetterbedingungen können aufgrund der DVO Restriktionen für die Nutzung des süddeutschen Luftraums nur bestimmte Konzepte wie folgt gemäß nachfolgender Abbildung 18 eingesetzt werden:

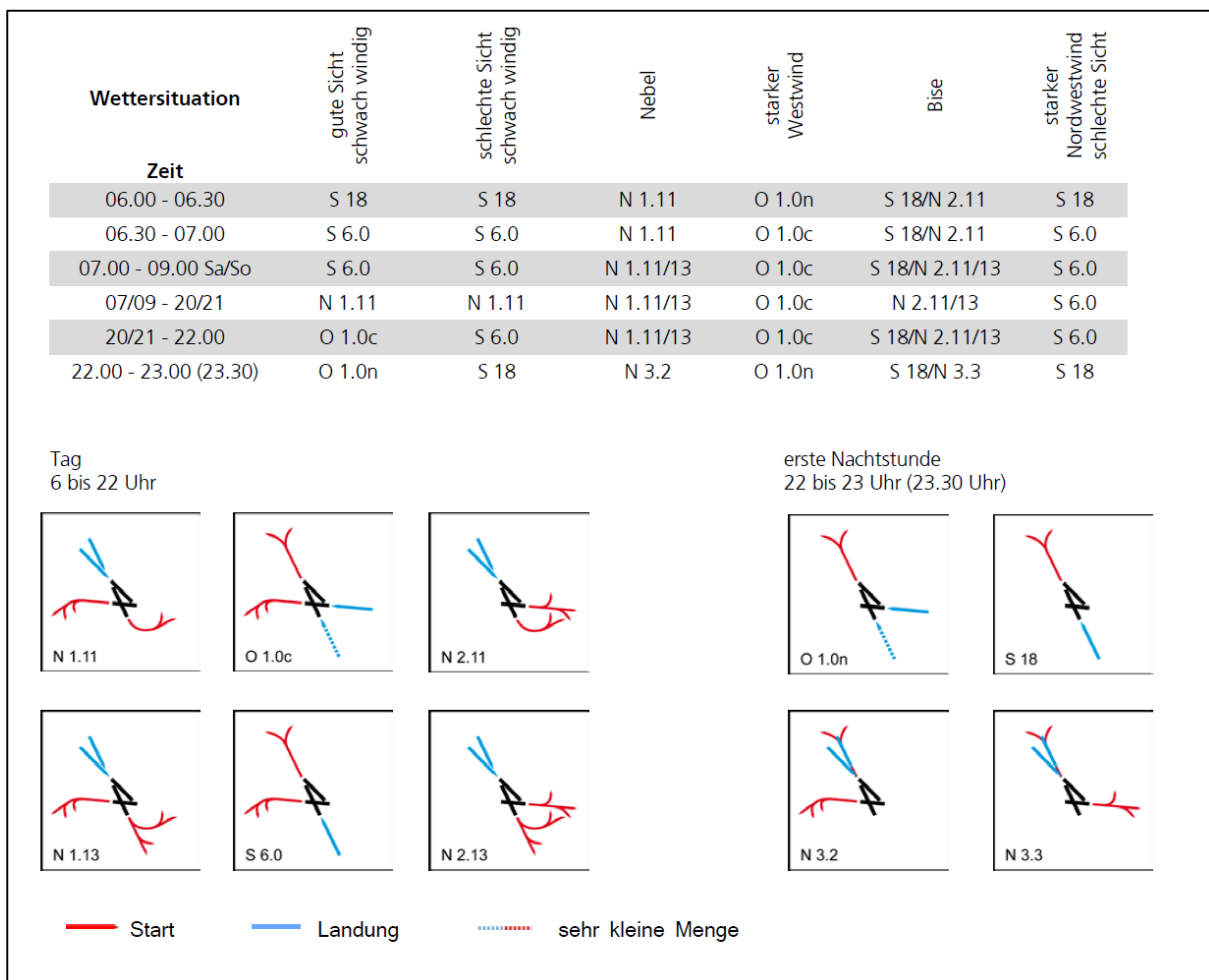


Abbildung 18: Aktuelles Betriebsreglement Flughafen ZRH [47]

Folgende weitere Randbedingungen werden gemäß [47] definiert:

„[...] Die Abflugrouten können nach Anweisung der Flugsicherung auf einer Höhe von 5'000 Fuss verlassen werden. In der Zeit zwischen 22.00 und 06.00 Uhr werden die Flugzeuge in der Regel auf der zugeteilten Abflugroute geführt, bis sie die Flugfläche 80 erreichen; zur Staffelung von kreuzenden Flugzeugen kann die Flugsicherung ab einer Flughöhe von 5'000 Fuss davon abweichen. Die Routenführung der Anflüge bis zum Endanflugpunkt richtet sich nach der zur Verfügung stehenden Navigationstechnologie.“

Solange der militärische Flugbetrieb auf dem Flugplatz Dübendorf aufrecht erhalten bleibt, ist bei der Linienführung der Abflugrouten auf diesen Betrieb Rücksicht zu nehmen.[...]“

6.2 Alternative 1

6.2.1 Einführung und Randbedingungen

Alternative 1: Mischkonzept aus aktuellem Ostkonzept und neuem Ostkonzept BR2014

Im Rahmen von Alternative 1 zum Ostkonzept BR2014 wird nach aktuell bereits bestehenden Routenführungen gesucht, die hinsichtlich der Fluglärm Auswirkungen günstiger für die süddeutschen Landkreise ausfallen.

Ziel ist hiernach die Verlagerung von aus Westen (über GIPOL) ankommendem Verkehr in den südlichen Bereich des Flughafens ZRH, bereits bestehende Routen nutzend. Im Ostkonzept BR2014 ist vorgesehen, den Großteil der Flugbewegungen aus Westen, Norden und Osten über RNAV-1-Transitions im nordöstlichen Bereich des Flughafens entlang der Landesgrenze zu Deutschland und somit in unmittelbarer Nähe der süddeutschen Landkreise Konstanz, Schwarzwald-Baar-Kreis und Waldshut zu führen (vgl. [43], [44], [45]).

Im aktuellen Ostkonzept, wie publiziert seit Herbst 2014, werden Anflüge hingegen über RNAV-1-Transitions (Flugroute *A28T09* entsprechend [1] und [2]) von Westen kommend südlich des Flughafens ZRH auf die Bahn 28 geführt (siehe RNAV-1-Chart AIP [42]). Diese Routenführung besitzt offenkundiges Optimierungspotenzial gegenüber der geplanten nördlichen Führung. Bei Umsetzung dieser Routenführung lassen sich in Summe ca. 8.200 Flugbewegungen von den RNAV-1-Transitions im Westen (Ostkonzept BR2014) auf die RNAV-1-Transitions im Süden (aktuelles Ostkonzept) umlegen. Die Anflugführung im Rahmen der Alternative 1 ist in nachfolgender Abbildung 19 dargestellt.

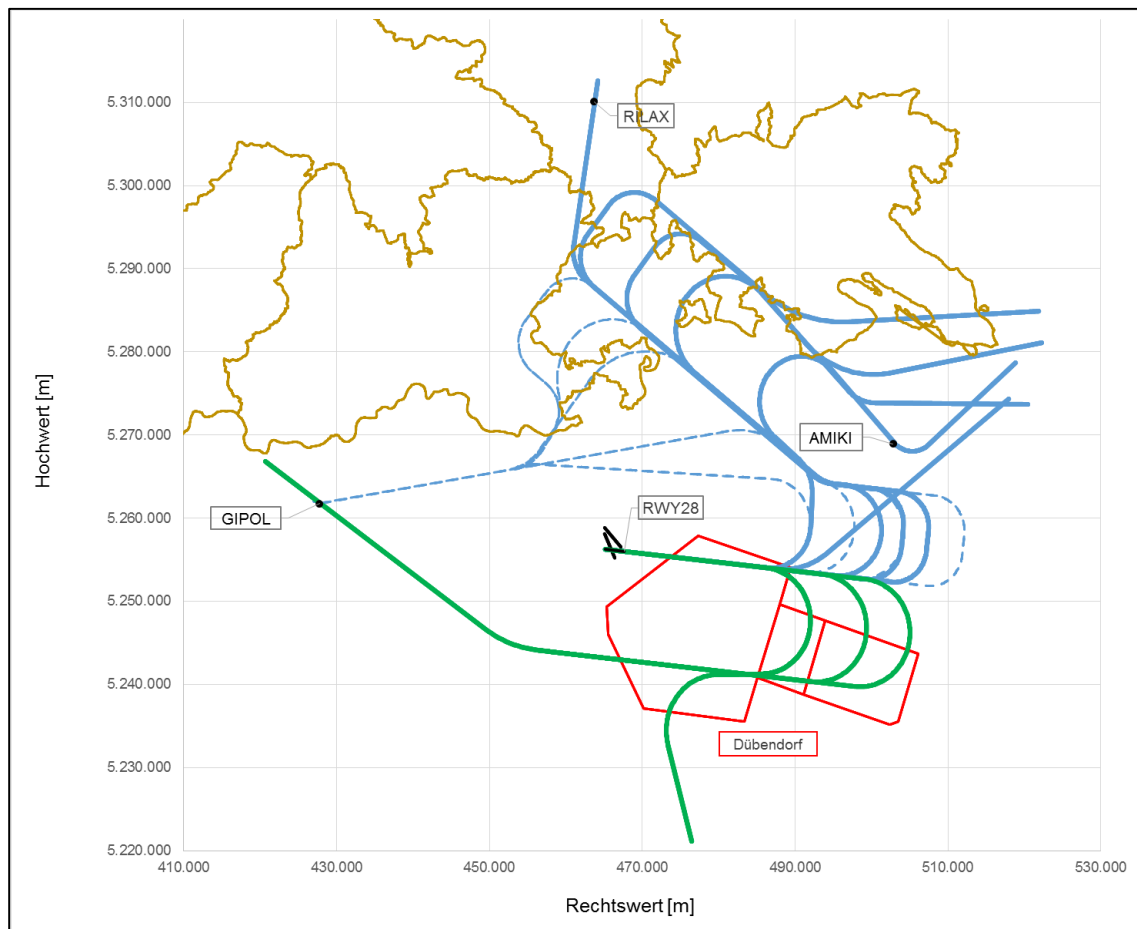


Abbildung 19: Anflugrouten Bahn 28, Alternative 1 (blaue Linien: Routen BR2014, blaue Strichlinien: entfallende Routen BR2014, grüne Linien: neue Routen, Basis Status Quo)

Analysiert wurde auch der Militärflugplatz Dübendorf: Hier ist die Nutzung der Abflugrouten für Starts nach Süden geradeaus mit den Flügen der Luftwaffe zu koordinieren [47]. Der abschließende Entscheid über die künftige Nutzung des Militärflugplatzes Dübendorf steht aber derzeit noch aus. Im Rahmen von Alternative 1 wird insofern davon ausgegangen, dass zukünftig diesbezüglich keine Einschränkungen des Flugbetriebs am Flughafen ZRH gegeben sind. Die Routenführung durch die Kontrollzone (*Controlled Traffic Region, CTR*) Dübendorf (vgl. Abbildung 19) sieht vertikal vor, dass LFZ dort eine Mindestflughöhe von 7.000 ft MSL erreicht haben müssen. Damit entfällt ein Koordinierungserfordernis.

Weitere wesentliche Forderung für Alternative 1 ist, dass Überflüge über Deutschland durchweg > FL120 (ca. 3.660 m) analog zu den Vorgaben während der Sperrzeiten gemäß DVO [17] durchgeführt werden³³.

6.2.2 Verfahrensplanerische Prüfung

Aufgrund der geänderten Anflugroutenführung auf Landebahn 28 südlich des Flughafens ZRH resultieren Kreuzungspunkte (KP) mit den südlich verlaufenden Abflugrouten von Startbahn 32 bzw. 34, für die infolge Vertikalstaffelung gewährleistet sein muss. Für Alternative 1

³³ Dieser Aspekt wurde auch in den Fluglärmrechnungen berücksichtigt (an den Wegpunkten AMIKI und GIPOL liegen demnach Flughöhen > FL120 gemäß AzB [14] vor).

ergeben sich zwei KP: KP 1 im Westen³⁴ und KP 2 im Osten, wie in nachfolgender Abbildung 20 ausgewiesen:

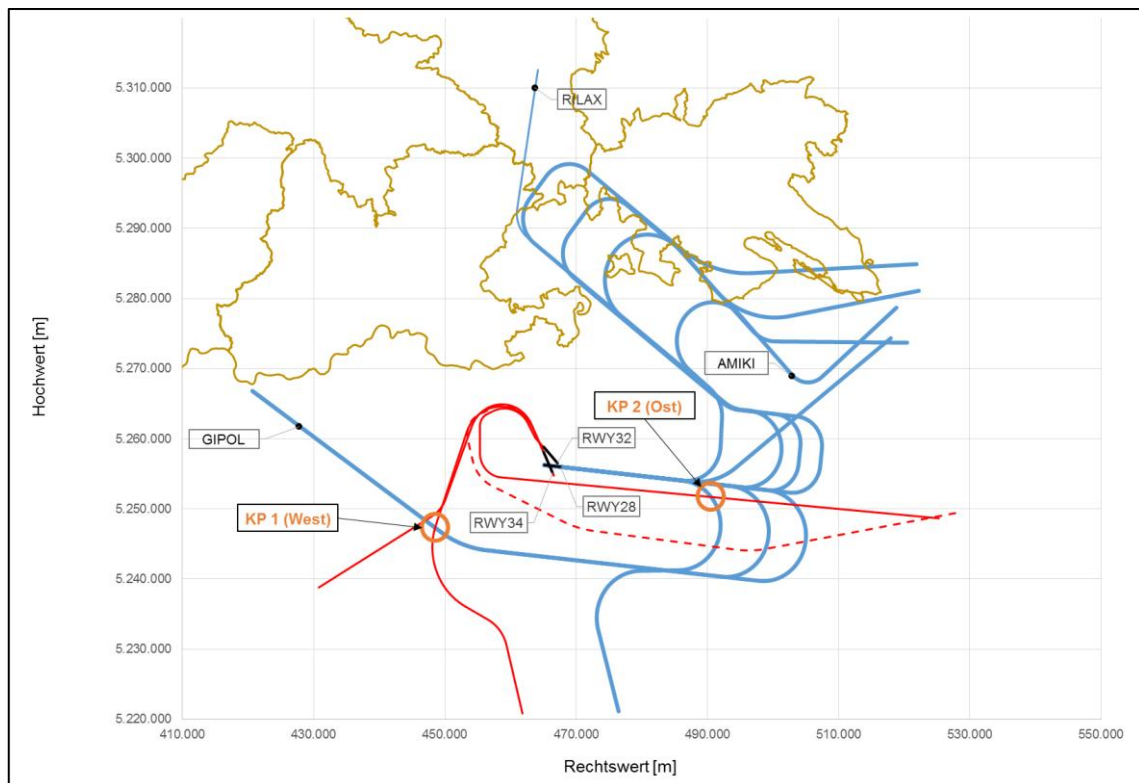
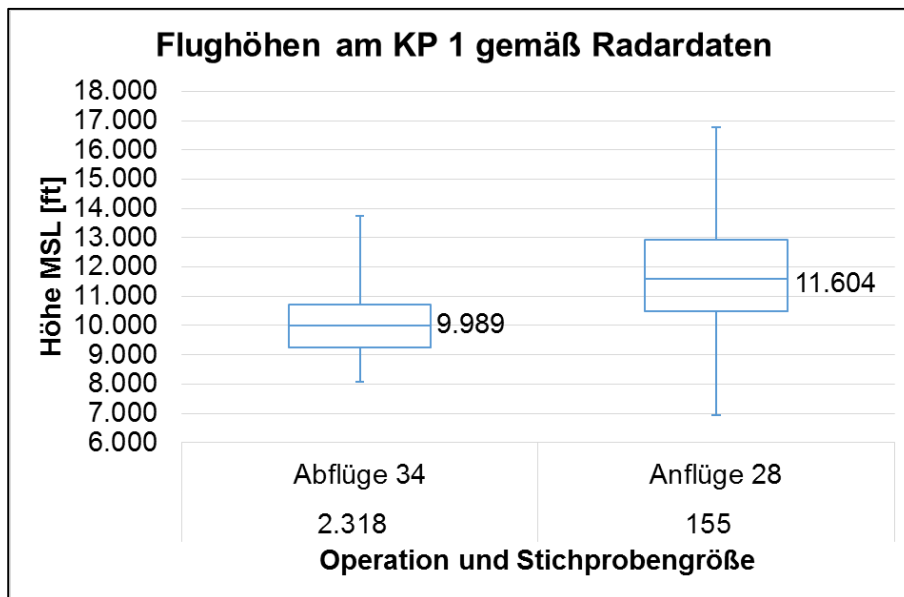


Abbildung 20: Relevante An- und Abflugrouten sowie Kreuzungspunkte für Alternative 1 (blaue Linien: bestehende Anflugrouten Bahn 28, rote Linien: bestehende Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32, rote Strichlinie: entfallene Abflugroute)

Zur Ableitung von Flughöhenvorgaben (Gewährleistung von Vertikalstaffelung) an KP 1 und KP 2 wurden zunächst die empirischen Flughöhen für an- und abfliegenden Verkehr mittels Radardaten [15] (Vorgehensweise siehe Kapitel 5.2.2) statistisch festgestellt. Die Ergebnisse für KP 1 sind in nachfolgender Abbildung 21 als Boxplot-Diagramme dargestellt.

³⁴ Im Prinzip resultieren am KP 1 aufgrund der Abflugroutenführung zwei separate Schnittpunkte. Allerdings sind die Distanzen dieser vernachlässigbar gering, sodass sowohl im An- als auch Abflug keine signifikanten Flughöhenänderungen vorliegen. Folglich wird lediglich ein KP vertiefend analysiert.

Abbildung 21: Flughöhenermittlung anhand von Radardaten am KP 1, Alternative 1³⁵

Gemäß Abbildung 21 zeigt sich, dass Abflüge von der Bahn 34 am KP 1 im Mittel Flughöhen zwischen 9.000 ft und 11.000 ft aufweisen. Anflüge auf die Bahn 28 weisen hingegen im Mittel Flughöhen von ca. 10.500 ft bis 13.000 ft auf, fliegen dort also höher. Vertikalstaffelung (1.000 ft) ist demnach ohne Restriktionen (Vorgabe von Maximal- bzw. Minimalflughöhen) nicht gewährleistet, sodass Vorgaben also erforderlich sind.

Im Regelfall werden hierbei Abflüge mit ihren stark unterschiedlichem Steigverhalten über die – wesentlich homogener sinkenden – Anflüge geführt. Im vorliegenden Fall weisen die LFZ-Muster mit den geringsten Steigwinkeln (hier der Airbus A340) am KP 1 eine Flughöhe von etwa 8.000 ft auf. Dies würde in Konsequenz bedeuten, dass Anflüge am KP 1 bereits auf 7.000 ft gesunken sein müssten. Aufgrund der noch erheblichen Reststrecke bis zum Endanflug (ca. 30 NM), würden die Anflüge demnach deutlich zu früh auf eine lärmtechnisch und ökologisch/ökonomisch damit ungünstige Flughöhe geführt. Dies widerspricht aktuellen Planungsgrundsätzen der ICAO oder des *Single European Sky* (SES). Infolge wird hier empfohlen, abweichend die Abflüge unter den Anflügen zu führen. Dadurch werden vereinzelte LFZ-Muster in ihrem optimalen Steigverhalten eingeschränkt.

Infolge werden für KP 1 folgende Höhenrestriktionen formuliert:

- Für *Abflüge von Bahn 32 und Bahn 34* gilt am KP1 eine Maximalflughöhe von FL100 und
- für *Anflüge auf Bahn 28* am KP1 eine Minimalflughöhe von FL110.

Es sollte zudem auf beiden An- bzw. Abflugrouten am KP 1 ein Wegpunkt festgelegt werden, an welchem die Flughöhenrestriktionen sodann bordseitig im *Flight Management System* (FMS) auch zugeordnet werden können (*Altitude Constraint*). Diese Werte sollten des Weiteren im AIP publiziert werden. Damit wäre eine ordnungsgemäße Umsetzung der Alternative 1 operativ gegeben. Folgende flugbetriebliche Konsequenzen sind allerdings zu erwarten:

- Abflüge: Aufgrund der Höhenbeschränkung ist der Steigflug insbesondere für LFZ-Muster mit hohem Steigwinkel (niedriger *Cost Index* durch die Luftverkehrsgesellschaft gewählt) limitiert (siehe hierzu Abbildung 21, oberes

³⁵ In Abbildung 21 (Boxplot-Diagramm) repräsentieren die Boxen das 50 %-Quantil, die Linien ober- und unterhalb des Boxen die 25 %-Quantile und die waagerechten Linien innerhalb der Boxen die Mittelwerte über alle Flugbewegungen des Stichprobenumfangs je Operation.

25 %-Quantil Abflüge Bahn 34). Ein flacheres Steigprofil wirkt im Allgemeinen etwas kraftstoffintensiver, dafür aber flugzeitverkürzend: Weiterhin wirkt dies auf die Lärmbelastung in zu klärendem Umfang. Allerdings operieren auch bereits heute einzelne Abflüge von Bahn 34 am KP 1 unterhalb FL100 (vgl. Abbildung 21).

- Anflüge: Im Allgemeinen legt die verfahrensplanerische Analyse (und auch die Fluglärmrechnungen nach AzB [14]) einen konventionellen, stufenförmigen Anflug (bspw. Vorhandensein eines horizontalen Zwischenanflugsegmentes) zugrunde. Dies folgt so noch nicht den internationalen Bestrebungen, CDO-Verfahren einzuführen [48]. Die Durchführung von CDO-Verfahren mit minimaler Triebwerksleistung gewährleistet die Senkung des Kraftstoffverbrauchs, kann somit zur Minimierung des CO₂-Ausstoßes beitragen [49] und kann zudem bereichsweise eine Lärmreduktion bewirken. Bei Vorgabe der Minimalflughöhe von FL110 ist ein optimaler CDO evtl. beeinträchtigt, Prüfrechnungen zur Abschätzung der Ausmaße sind hierzu möglich.

Bezüglich KP 2 ergab die Vertikalanalyse auf Basis der Radardaten [15] und Validierung der Steig- und Sinkgradienten nach AzB [14], dass Abflüge aufgrund der bereits erreichten Flughöhe oberhalb der Anflüge geführt werden können und die Mindeststaffelung von 1.000 ft durchgehend gewährleistet ist. Insofern sind keine flugbetrieblichen Maßnahmen in Form von Höhenvorgaben erforderlich.

Neben der Vertikalanalyse ist weiterführend zu prüfen, ob der vorgeschriebene laterale Abstand der Flugrouten (vgl. Kapitel 4.6) gewährleistet ist. Dies ist insofern erforderlich, als dass gleiche Flughöhen von an- und abfliegendem Verkehr auftreten können und eine ausreichende Vertikalstaffelung sodann nicht gewährleistet ist. Dies würde folglich zu einem abhängigen Konzept führen, das aufgrund von Kapazitätseinschränkungen zu vermeiden ist. Die Analyse zeigt, dass der vorgeschriebene laterale Abstand von 5 NM beim Gegenanflug auf Bahn 28 in Bezug zu den Abflugrouten von Bahn 32 bzw. Bahn 34 nicht eingehalten wird. Demnach wird die gemäß BR2014 geplante westliche Abflugroute von Bahn 32 bzw. Bahn 34 nördlich verschoben, sodass der laterale Mindestabstand von 5 NM sichergestellt ist (vgl. Abbildung 20). Die Prüfung der Kurvenradien zeigte, dass hier keine Einschränkungen zu erwarten sind.

6.2.3 Lärmtechnische Bewertung sowie Ermittlung der Anzahl der Überflüge

Nachfolgende Abbildung 22 zeigt die Isolinien der Dauerschallpegel der Alternative 1 für die Tageszeit.

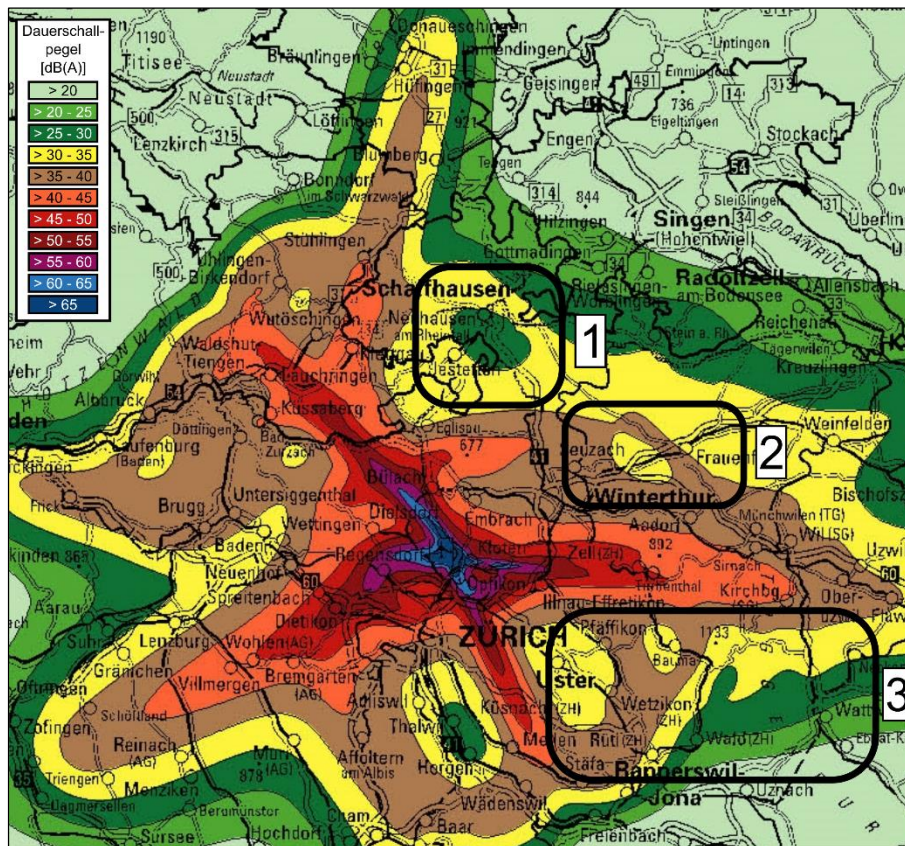


Abbildung 22: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 1

Im Vergleich zum Basisszenarios (vgl. Abbildung 16) sind im Alternative 1 (vgl. Abbildung 22), für folgende Bereiche signifikante Änderungen der Tagdauerschallpegel festzustellen:

- **Bereich 1 und 2:** Aufgrund der Verlegung der westlichen Transitions der Bahn 28 südlich des Flughafens ZRH, entfallen zunächst die Eindrehpunkte auf den Gegenanflug im Gebiet westlich sowie südöstlich von Schaffhausen, die in diesem Bereich geringfügig veränderte Ausdehnung der Isolinien und somit *Lärmreduktion* bewirkt.
- **Bereich 3:** Weiterhin resultiert aus der südlichen Verlegung der Transitions Bahn 28 eine großflächige Veränderung der Ausdehnung der Isolinien südlich des Flughafens ZRH, sodass auf Schweizer Staatsgebiet von einer *Lärmsteigerung* auszugehen ist.

Abbildung 23 stellt die Dauerschallpegel während der Nachtzeit dar.

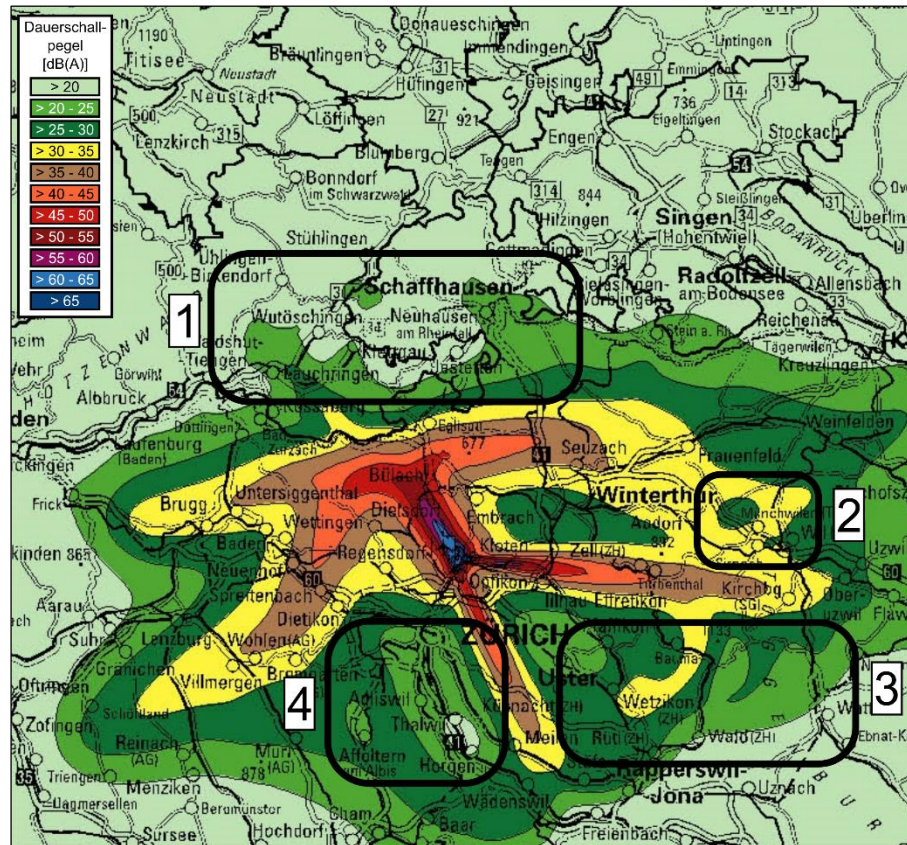


Abbildung 23: Isolinen der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 1

Analog kommt der Vergleich der Nachtdauerschallpegel des Basisszenarios (vgl. Abbildung 17) im Vergleich zur Alternative 1 (vgl. Abbildung 23) zu folgender Schlussfolgerung:

- **Bereich 1 und 2:** Aufgrund der Verlegung der westlichen Transitions Bahn 28 südlich des Flughafens ZRH, entfallen zunächst die Eindrempunkte auf den Gegenanflug im Gebiet westlich sowie südöstlich des Kantons Schaffhausen, die in diesem Bereich veränderte Ausdehnung der Isolinen in Form einer *Lärmreduktion* bewirkt.
- **Bereich 3 und 4:** Weiterhin resultiert aus der südlichen Verlegung der Transitions Bahn 28 eine großflächige Veränderung der Isolinen Ausdehnung südlich des Flughafens ZRH, die auf Schweizer Staatsgebiet eine *Lärmsteigerung* bewirkt.

Präziser lassen sich die veränderten Lärmauswirkungen, insbesondere für die vier untersuchungsrelevanten süddeutschen Landkreise, anhand der Betroffenheitsanalyse der Bevölkerung bestimmen. Nachfolgende Tabelle 14 fasst die Änderungen im Vergleich zum Basisszenario zusammen.

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Konstanz	2.100	-600	-	-	-	-	-	-	1.500
Waldshut	-	700	-700	-100	-	-	-	-	-100
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Summe	2.000	100	-700	-100	-	-	-	-	1.300

Tabelle 14: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 1 versus Basisszenario (Tag)

Entsprechend Tabelle 14 ist ersichtlich, dass in Summe mehr Einwohner durch den Flughafen ZRH am Tag betroffen sind. Insbesondere der Landkreis Konstanz unterliegt zusätzlichen

Lärmauswirkungen. In Hinblick hierauf ist allerdings hervorzuheben, dass zusätzliche Lärmauswirkungen lediglich in einem Bereich von 20 – 25 dB(A) bzw. 25 – 30 dB(A) auftreten. Diese liegen demnach deutlich unterhalb der Tag-Schutzzonengrenzwerte nach FluLärmG [24] (vgl. Kapitel 5.1) und sind somit als nicht signifikant zu bewerten. Lärmreduktionspotenzial ist hingegen für die Landkreise Waldshut und Schwarzwald-Baar zu verzeichnen, die allerdings ebenfalls unterhalb der Tag-Schutzzonengrenzwerte nach FluLärmG [24] liegen.

Für die Nachtzeit kann bei Umsetzung der Alternative 1 im Vergleich zum Basisszenario eine geringfügige Reduktion der Betroffenheit erreicht werden, wie aus folgender Tabelle 15 hervorgeht.

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz	-500	-	-	-	-	-	-	-	-500
Waldshut	-3600	-400	-200	-	-	-	-	-	-4.200
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-4100	-400	-200	-	-	-	-	-	-4.700

Tabelle 15: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 1 versus Basisszenario (Nacht)

Der Großteil der Lärmreduktion betrifft während der Nachtzeit vornehmlich den Landkreis Waldshut im Bereich von 20 – 35 dB(A) und somit unterhalb der Nacht-Schutzzonengrenzwerte nach FluLärmG [24] (vgl. Kapitel 5.1).

Die Betroffenheitsanalyse für die einzelnen Gemeinden je Landkreis ist in Anhang A5 ausgewiesen.

Für die Schweiz wird die Betroffenheit ebenfalls im Vergleich zum Basisszenario dargestellt. Die Ergebnisse sind in Anhang A6 im Vergleich zum Basisszenario für Tag und Nacht ausgewiesen und zeigen eine höhere Betroffenheit für die Schweizer Gebiete um den Flughafen auf (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23).

Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich folgende Veränderung (vgl. Tabelle 16), die dementsprechend die Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH berücksichtigt³⁶:

Landkreis	Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 im Vergleich zum Status Quo 2014	
	Absolut	relativ [%]
Schwarzwald-Baar	+3.650	+120
Konstanz	+5.120	+135
Waldshut	+2.230	-

Tabelle 16: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 1 versus Status Quo 2014

³⁶ Auswertung erfolgt hier im Vergleich zum Status Quo 2014

Demnach ergäbe sich, trotz Verlegung der westlichen Transitions der Bahn 28 südlich des Flughafens ZRH, bedingt durch die im Rahmen des BR2014 angepassten östlichen Transitions der Bahn 28 ausgehend von AMIKI für alle 3 Landkreise eine Zunahme der Überflüge.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass insbesondere der Landkreis Konstanz im Rahmen der Alternative 1 am Tag eine geringfügige Fluglärmzunahme erfahren würde, nachts demgegenüber deutliches Lärmreduktionspotenzial, insbesondere für den Landkreis Waldshut besteht. Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich trotz Optimierung eine Zunahme für alle 3 Landkreise.

6.3 Alternative 2

6.3.1 Einführung und Randbedingungen

Alternative 2: Erweiterte Nutzung eines angepassten Südkonzepts

Im Rahmen von Alternative 2 werden konzeptionell bestehende Flugbetriebskonzepte derart angepasst, dass möglichst eine Reduktion der Fluglärmwirkungen für die süddeutschen Landkreise erreicht wird.

Das aktuelle Betriebsreglement des Flughafens ZRH [46] schreibt bei guter Sicht die Nutzung des Nordkonzepts vor, sodass am Tag die Hauptlandebahnen 14 und 16 sowie Hauptstartbahnen 28 und 16 aktiv sind. Hierbei wird deutsches Hoheitsgebiet aufgrund der Bahnkonfiguration bis hinunter auf ca. 4.000 ft überflogen. Bei nun ersatzweiser Nutzung des Südkonzeptes während dieser Zeiten wird Lärmreduktionspotenzial erwartet, das aus den dann größeren Überflughöhen bei Anflügen resultieren sollte. Dies wird als Alternative 2 untersucht³⁷.

Im Rahmen des SIL-Prozesses, hier der Anpassung des Objektblatt-Entwurfs aufgrund des Staatsvertrags mit Deutschland vom 05. Oktober 2012 [52], wurde eine vermehrte Nutzung des Südkonzepts bereits untersucht. Falls die Wetterbedingungen es zulassen, wird das Südkonzept derzeit Montag bis Freitag von 06.00 bis 07.00 Uhr und an Wochenenden aufgrund der verlängerten Sperrzeiten nach DVO bis 09.00 Uhr eingesetzt. Beim Südkonzept erfolgen Landungen von Süden auf Bahn 34. Die Bahn 34 hat allerdings eine Kreuzung mit der Bahn 28, die dann zum Starten genutzt wird. Das Fehlanflugverfahren für die Landebahn 34 kreuzt zudem die Abflugroute der Startbahn 32. Aufgrund dieser beiden Kreuzungspunkte und aufgrund der Topografie im Süden des Flughafens (Alpen) ist das Südkonzept komplex und die Kapazität vermutlich geringer als beim Nord- oder Ostkonzept [52]. Dieses vermutliche Defizit, das im Rahmen dieser Studie wie dargelegt allerdings nicht verifiziert wird, ist der Alternative insofern anheim.

In [52] wurde hierzu auch ein gekrümmter (bereichsweise auch als *gekröpft* bezeichneter) Nordanflug auf die Bahnen 14 und 16 untersucht. Dieser Aspekt wird in Absprache mit den süddeutschen Landkreisen allerdings nicht untersucht, da in keinem Falle konsensfähig.

Analysen gemäß [52] zeigen, dass das Südkonzept durchgängig sowohl am Morgen (zwischen 06.00 bis 09.00 Uhr) als auch am Abend zwischen 18.00 Uhr und 19.00 Uhr einsetzbar ist. Nach 19.00 Uhr findet heute ein *Arrival Peak* durch die Luftverkehrsgesellschaft Swiss statt. Deshalb sollte ab 19.00 Uhr auf das Ostkonzept gewechselt werden. Zwei zeitlich nah beieinander liegende Konzeptwechsel (vom Nord- auf Süd- auf Ostkonzept) sind zwar anspruchsvoll, aber grundsätzlich zulässig.

Das Südkonzept weist gemäß [52] für den *Arrival Peak* eine stündliche Kapazität von 48 Bewegungen (32 Landungen sowie 16 Starts), im *Departure Peak* von 60 Bewegungen (20 Landungen sowie 40 Starts) auf. Nachfolgende Abbildung 24 zeigt beispielhaft die Tagesganglinie der seinerzeit geplanten Flüge im Winterflugplan 2012/2013. Die sieben Balken pro Stunde entsprechen den sieben Wochentagen (Montag bis Sonntag). Die schwarz umrandeten Balken zeigen die vergebenen Lande- bzw. Startslots. Die graue bzw. blaue Fläche zeigt die Anzahl der Slots, welche die „Slotcoordination Switzerland“ vergeben kann [52]³⁸. Abbildung 24 macht deutlich, dass die Nachfrage zwischen 06.00 bis 09.00 Uhr durch das Südkonzept abgedeckt werden kann. Zwischen 18.00 Uhr und 19.00 Uhr ist dies ebenfalls

³⁷ Als Ostkonzept wird in dieser Alternative das durch die FZAG vorgeschlagene Ostkonzept BR2014 zugrunde gelegt.

³⁸ Die Grafik zeigt gemäß [52] das Wellensystem der Swiss. Entsprechend sind die Kapazitäten in den jeweils fünf Lande- bzw. Startspitzen praktisch ausgeschöpft.

möglich. Nach 19.00 Uhr ist hingegen eine *Arrival Peak* Nachfrage gegeben, die die Leistungsfähigkeit des Südkonzepts überschreitet. Gleiches gilt für Starts vor 18.00 Uhr.

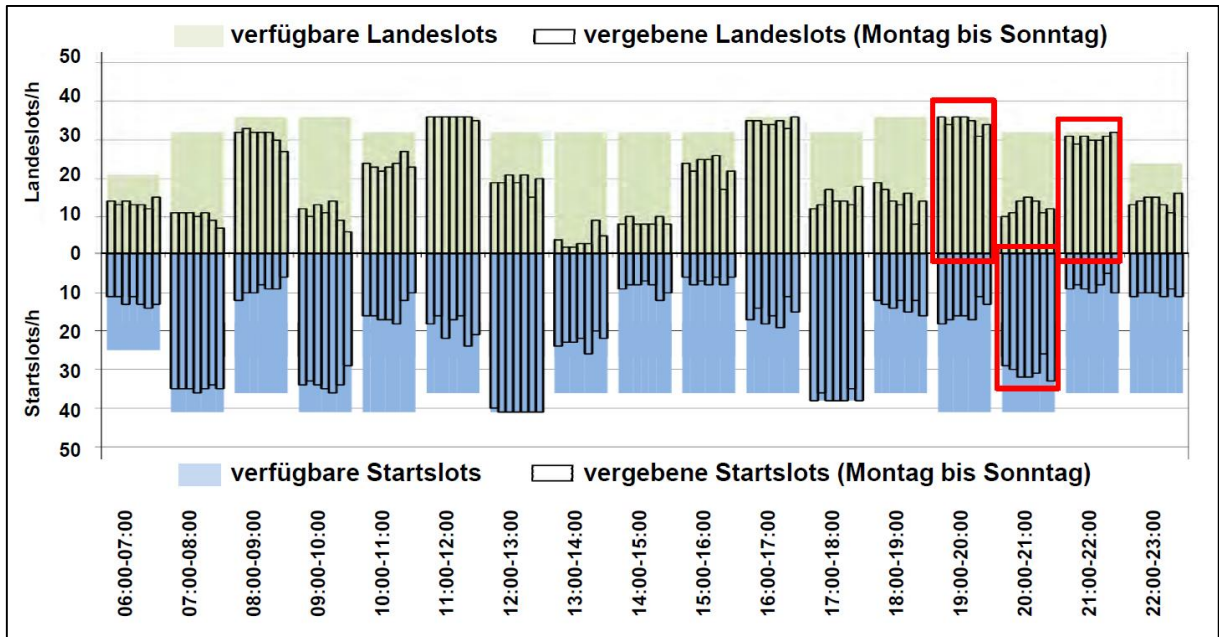


Abbildung 24: Angebot und Nachfrage an Slots, Winterflugplan 2012/13, aus [52]

Bei unterstellter, erweiterter Nutzung des Südkonzepts ließen sich ca. 15 % der Flugbewegungen (Nutzungsanteil in diesem Zeitrahmen) im Rahmen der Alternative 2 aus dem Nordkonzept auf das Südkonzept verlagern. Im Detail werden Anflüge von der Bahn 14 auf die Bahn 34, Abflüge von der Bahn 16 auf die Bahn 34 verlagert. Da gemäß [53] als Hauptwindrichtungen südwestlicher sowie nordöstlicher Wind vorherrscht, mit dem Nordkonzept infolge vermehrt Flugbetrieb mit Rücken- und Seitenwind resultiert, sollte eine derartige Verlagerung von Flugbewegungen möglich sein. Wie ausgeführt, müsste infolge der Nachweis simulativ erbracht werden.

Die Anflugführung im Rahmen der Alternative 2 ist in nachfolgender Abbildung 25 dargestellt: Um Verkehr möglichst weiträumig von der Staatsgrenze entfernt zu führen, werden alle Anflüge von GIPOL kommend auf die südlichste Anflugroute verlagert (vgl. Abbildung 25). Für Flüge aus östlicher Richtung über AMIKI soll dies hingegen nicht erfolgen, da sich durch die Kreuzungsproblematik dann erheblich erhöhter Koordinationsaufwand für die Flugsicherung ergeben würde (vgl. Abbildung 26).

Im Ergebnis führt Alternative 2 zu einer Verlagerung tagsüber von ca. 24.000 Flugbewegungen vom Nord- auf das Südkonzept.

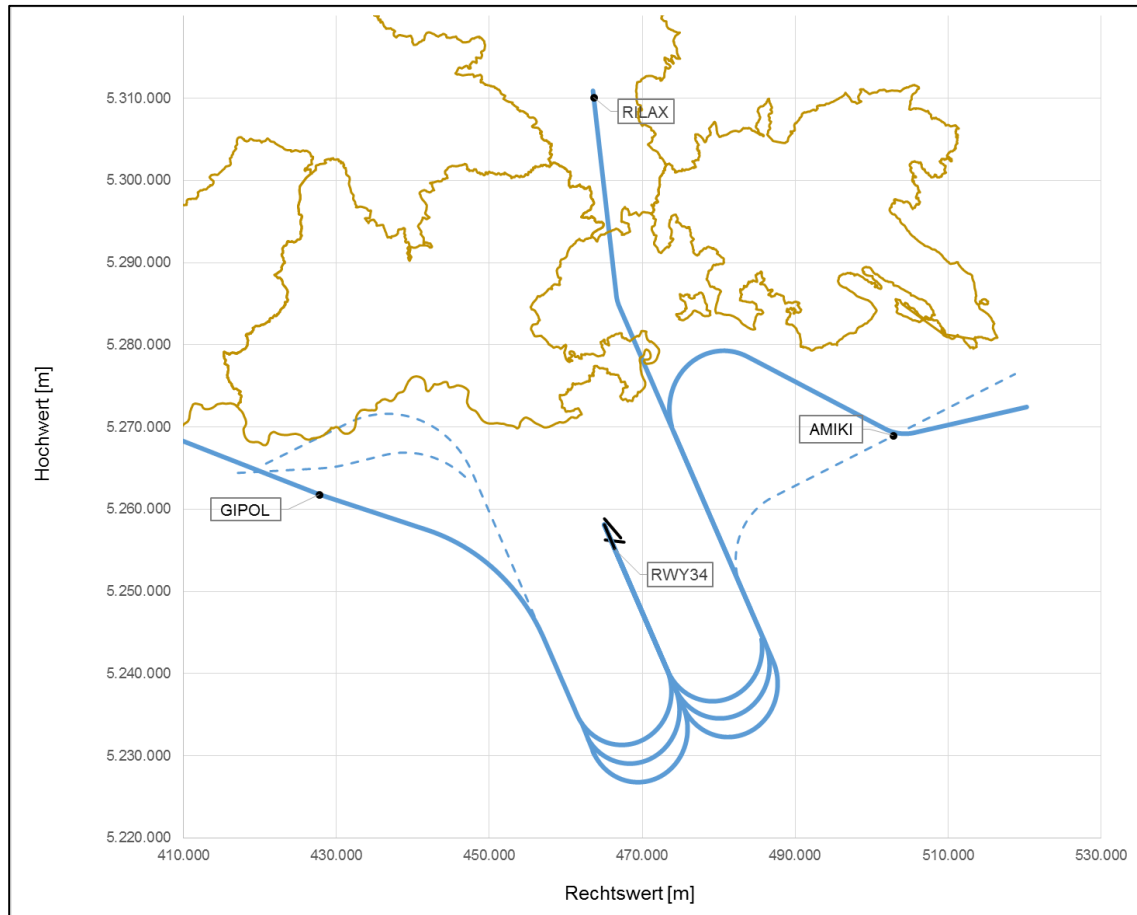


Abbildung 25: Anflugrouten Bahn 34 Alternative 2 (blaue Linien: unverändert genutzte Bestandsrouten, blaue Strichlinien: entfallende Bestandsrouten)

6.3.2 Verfahrensplanerische Prüfung

Mit dem Südkonzept werden zwei KP (KP 3 und KP 4) zwischen An- und Abflugrouten kreiert (vgl. Abbildung 26), die zu verifizieren sind. Dies erfolgt wieder vertikal mittels Flughöhenanalyse anhand von Radardaten [15] (Vorgehensweise siehe Kapitel 5.2.2). Es zeigt sich, dass Abflüge von der Bahn 34 am KP 3 Flughöhen bis über 11.000 ft erreichen. Anflüge auf die Bahn 34 von GIPOL kommend weisen dort ebenfalls Flughöhen von noch ca. 11.000 ft auf.

Für den KP 4 zeigt sich, dass Abflüge von der Bahn 34 maximal ca. 10.000 ft erreichen. Anflüge auf die Bahn 34 von AMIKI kommend weisen hingegen Flughöhen von ca. 13.000 ft auf.

Somit ist zumindest für den KP 3 die vorgeschriebene Vertikalstaffelung von 1.000 ft ohne Steuerungsmaßnahmen (Vorgabe von Maximal- bzw. Minimalflughöhen) nicht gewährleistet. Analog Alternative 1 werden Höhenrestriktionen wie folgt formuliert:

- Für *Abflüge von Bahn 32 und Bahn 34* gilt eine Maximalflughöhe von FL90 und
- für *Anflüge auf Bahn 34* eine Minimalflughöhe von FL100.

Da Anflüge in Ihrem Vertikalprofil starken Streuungen unterliegen, werden für KP 4 ebenfalls nachfolgende Restriktionen hinsichtlich Maximal- bzw. Minimalflughöhen empfohlen:

- Für *Abflüge von Bahn 32 und Bahn 34* sollte eine Maximalflughöhe von FL100 und
- für *Anflüge auf Bahn 34* eine Minimalflughöhe von FL110 gelten.

Es sollte zudem auf den An- bzw. Abflugrouten am KP 3 und KP 4 je ein Wegpunkt festgelegt werden, an welchem die Flughöhenrestriktionen sodann bordseitig im FMS auch zugeordnet werden können (*Altitude Constraint*). Diese Werte wären sodann im AIP zu publizieren, um eine ordnungsgemäße Umsetzung der Alternative 2 operativ sicherzustellen.

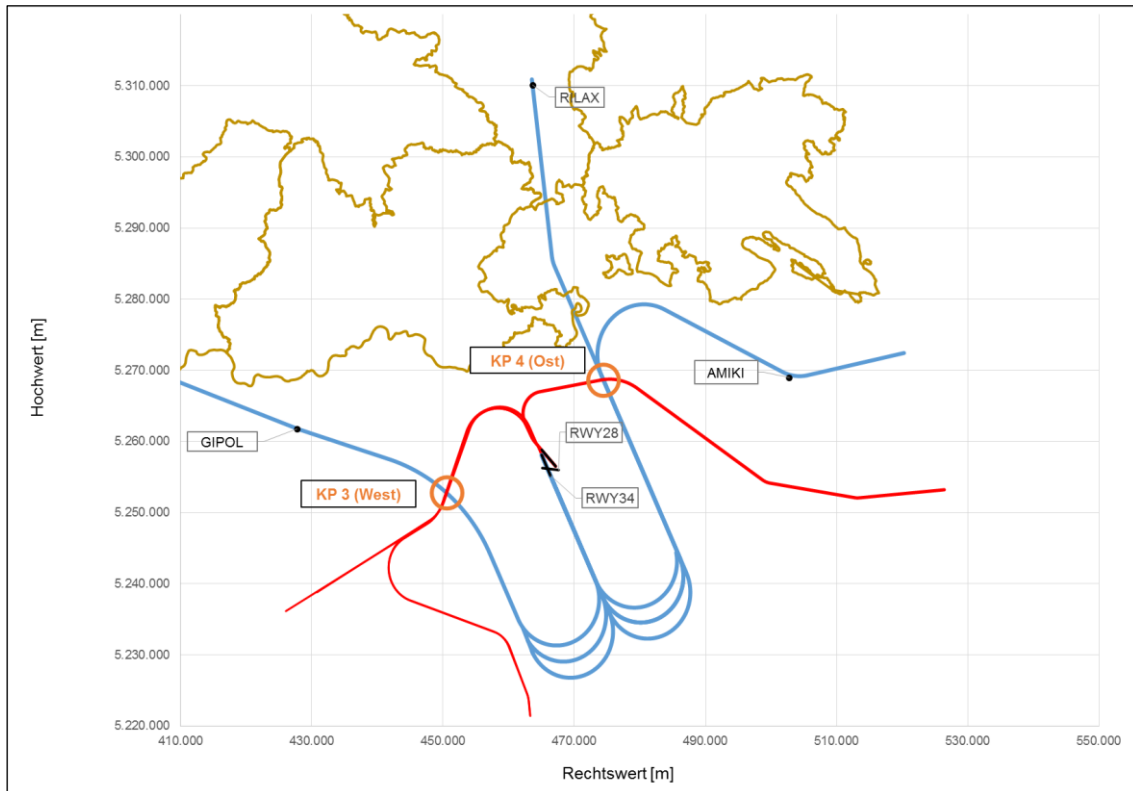


Abbildung 26: Relevante An- und Abflugrouten sowie Kreuzungspunkte für Alternative 2 (blaue Linien: bestehende Anflugrouten Bahn 34, rote Linien: bestehende Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32)

Die weitere Prüfung zulässiger Kurvenradien ist nicht erforderlich, da im lateralen Verlauf im Eindrehbereich auf den Endanflug ausschließlich bestehende Routensegmente genutzt werden, deren verfahrenstechnische Prüfung als durch FZAG bereits vorgenommen vorausgesetzt wird.

6.3.3 Lärmtechnische Bewertung

Nachfolgende Abbildung 27 zeigt die Isolinien der Dauerschallpegel für die Alternative 2 tagsüber:

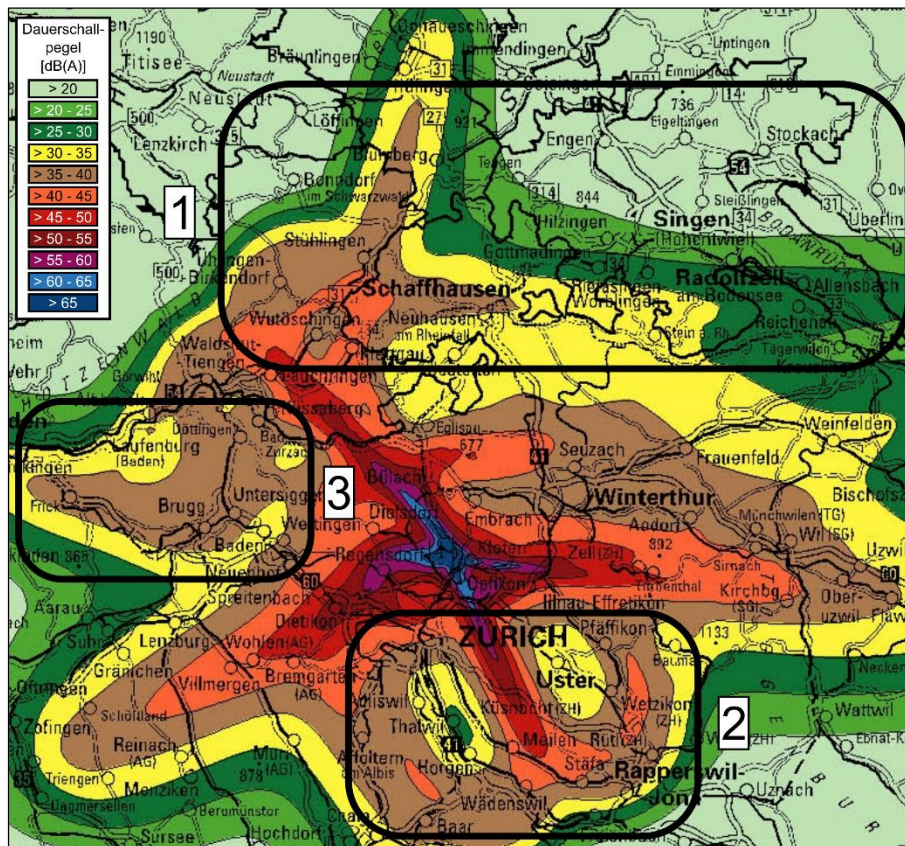


Abbildung 27: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 2

Im Vergleich zum Basisszenario (vgl. Abbildung 16) sind in Alternative 2 (vgl. Abbildung 27), für folgende Bereiche signifikante Änderungen der Dauerschallpegel am Tage festzustellen:

- **Bereich 1:** Die Verlegung von ca. 24.000 Flugbewegungen vom Nordkonzept auf das Südkonzept am Tag (Anflug Bahn 14 auf Bahn 34 und Abflug Bahn 16 auf Bahn 34) führt zu einer Veränderung der Isolinien, die im Vergleich zum Basisszenario in diesem Bereich zu einer geringfügigen *Lärmsteigerung* führen. Ursache hierfür ist die Verlagerung von Abflügen auf Bahn 34: Im Allgemeinen bedingen Abflugbewegungen gegenüber Anflugbewegungen aufgrund flugleistungsspezifischer Randbedingungen (vorrangig erhöhte Schubleistung) größere Schallimmissionen. Folglich hat die Verlagerung der Abflugbewegungen gegenüber der von Anflugbewegungen eine größere Signifikanz hinsichtlich der Fluglärm Auswirkungen.
- **Bereich 2:** Südlich des Flughafens ZRH bewirkt die Verlagerung der Anflugbewegungen von Bahn 14 auf Bahn 34 eine geringfügige *Lärmsteigerung* im Bereich der RNAV-Transitions vor Eindrehen auf den Endanflug auf Schweizer Staatsgebiet.
- **Bereich 3:** Für diesen Bereich ergibt sich eine geringfügige *Lärmreduktion*. Diese ist zum einen durch die prinzipielle Verlegung von Anflugbewegungen von Bahn 14 auf Bahn 34 und zum anderen durch die Verkehrsverlagerung auf die südlichste Transition vor Erreichen des Gegenanflugsegmentes begründet, die in größerer Distanz zur deutschen Staatsgrenze verläuft (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 28 stellt die Dauerschallpegel während der Nachtzeit dar:

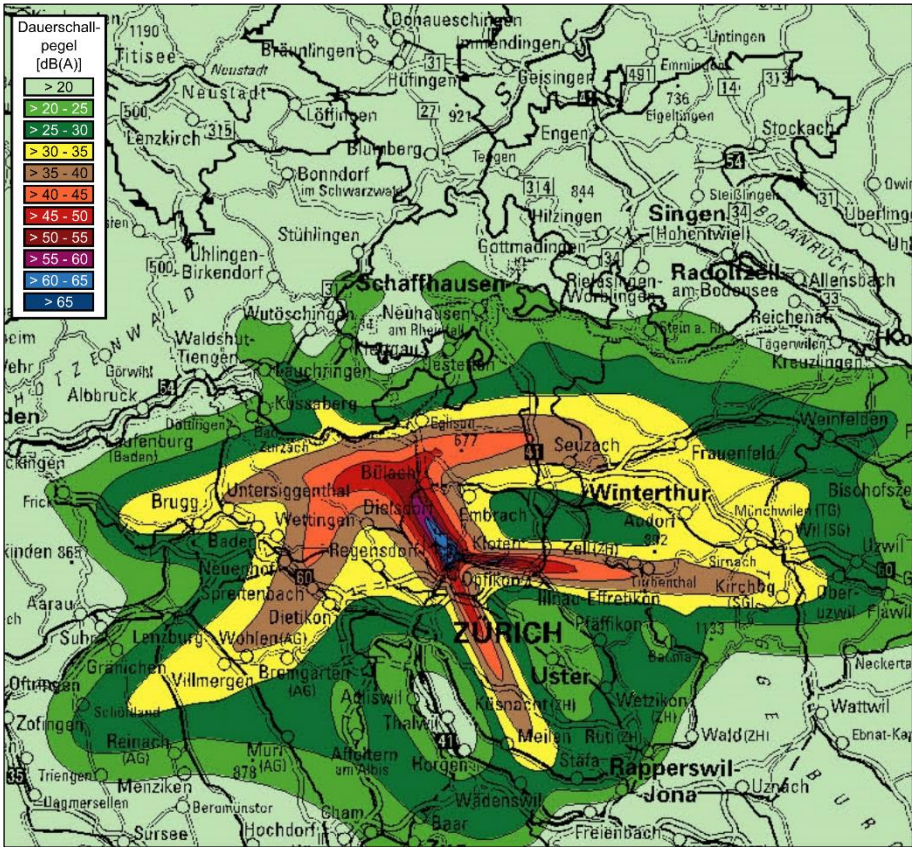


Abbildung 28: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 2

Der Vergleich der Nachtdauerschallpegel des Basisszenarios (vgl. Abbildung 17) zur Alternative 2 (vgl. Abbildung 28) zeigt keine signifikanten Änderungen.

Präziser lassen sich die veränderten Lärmauswirkungen für die süddeutschen Landkreise anhand der Betroffenheitsanalyse der Bevölkerung individuell gemäß Tabelle 17 (tagsüber) bestimmen:

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	600	1.200	-100	-1.600	-	-	-	-	100
Konstanz	-19.800	74.900	14.900	-	-	-	-	-	70.000
Waldshut	1.600	-400	200	-1.600	200	-700	-200	-	-900
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-17.600	75.700	15.000	-3.200	200	-700	-200	-	69.200

Tabelle 17: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 2 versus Basisszenario (Tag)

Tabelle 17 belegt, dass Alternative 2 (Tag) eine offensichtliche Steigerung der Lärmbetroffenheit gegenüber dem Basisszenario impliziert. Vor allem die im Bereich der dicht besiedelten Stadt Konstanz ausgeprägten Lärmisolinien (Bereich 1, Abbildung 27) der Zonen 25 – 30 dB(A) und 30 – 35 dB(A) begründen dieses Ergebnis, das auch hier absolute Werte jenseits der Grenzwerte der Tag-Schutzzone nach FlulärmG [24] ausweist. Der Landkreis Waldshut erfährt immerhin Reduktionspotenzial im Pegelbereich von 45 – 55 dB(A).

Im Gegensatz zum Tag sind die Änderungen in der Nacht nur marginal, wie aus nachfolgender Tabelle 18 hervorgeht:

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz	500	-	-	-	-	-	-	-	500
Waldshut	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	500	-	-	-	-	-	-	-	500

Tabelle 18: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 2 versus Basisszenario (Nacht)

Die in Tabelle 18 ausgewiesene Lärmänderung im Landkreis Konstanz liegt insbesondere darin begründet, dass die eingeführten Änderungen zur Nachtzeit nur geringfügige Anpassungen der Anflugroutengeometrie Bahn 34 über deutschem Gebiet vorsehen und anfliegende LFZ in jenen Bereichen verhältnismäßig große Flughöhen aufweisen. Die Lärmzunahme ist absolut gesehen gering mit einem Pegelbereich von 20 – 25 dB(A) und somit weit unterhalb der Nacht-Schutzzonengrenzwerte nach FluLärmG [24].

Die Betroffenheitsanalyse für die einzelnen Gemeinden je Landkreis ist in Anhang A5 ausgewiesen.

Für die Schweiz wird die Betroffenheit ebenfalls im Vergleich zum Basisszenario bewertet, die Ergebnisse sind in Anhang A6 im Vergleich zum Basisszenario für Tag und Nacht dargestellt. Alternative 2 führt hiernach zu einer deutlichen Steigerung der Lärmbetroffenheit in der Schweiz am Tag. Während der Nacht ist aufgrund der diesbezüglich nur geringen Verfahrensanpassung auch im Gebiet der Schweiz keine signifikante Änderung der Betroffenheit feststellbar.

Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet ergäbe sich folgende Veränderung bis zum Jahr 2020 (vgl. Tabelle 19, dementsprechend die Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH berücksichtigend)³⁹:

Landkreis	Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 im Vergleich zum Status Quo 2014	
	Absolut	relativ [%]
Schwarzwald-Baar	+6.320	+28
Konstanz	+795	+3
Waldshut	-3.127	-3

Tabelle 19: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 2 versus Status Quo 2014

Demnach ergäbe sich eine Reduktion der Überflüge für den Landkreis Waldshut jedoch eine Zunahme für die Landkreise Schwarzwald-Baar sowie Konstanz.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die süddeutschen Landkreise, insbesondere Konstanz, im Rahmen der Alternative 2 am Tag gar mit einer Zunahme an Fluglärm rechnen müsste. Der Landkreis Waldshut erführe hingegen eine geringfügige Lärmreduktion im signifikanten Pegelbereich von 45 – 55 dB(A). Die Lärmauswirkungen während der Nachtzeit blieben unverändert. Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich eine Reduktion für den Landkreis Waldshut jedoch eine Zunahme für die Landkreise Schwarzwald-Baar sowie Konstanz.

³⁹ Auswertung erfolgt hier im Vergleich zum Status Quo 2014

6.4 Alternative 3

6.4.1 Einführung und Randbedingungen

Alternative 3: Optimierung der Transitions des Ostkonzepts

Alternative 3 zielt darauf ab, Routenführungen aus dem Ostkonzept BR2014 prinzipiell zu nutzen, diese aber so anzupassen, dass geringere Fluglärm Auswirkungen für die süddeutschen Landkreise zu erwarten sind. In Kombination mit Alternative 1 (vgl. Kapitel 6.2) und der hier erfolgten Verlagerung von aus Westen (über GIPOL) ankommendem Verkehr südlich des Flughafens ZRH auf bereits bestehende Routen (siehe RNAV-1-Chart AIP [42]) wird zusätzlich untersucht, ob eine Optimierung der Routen des aus Osten (über AMIKI) ankommenden Verkehrs möglich ist. Die Analysen zeigen, dass aufgrund der räumlichen Lage (hier insbesondere die Nähe zum Flughafen Friedrichshafen) eine weiträumige Verschiebung der östlichen Anflugrouten auf die Bahn 28 allerdings nicht möglich ist (vgl. Abbildung 29). Infolge wird im verbleibenden „Handlungsspielraum“ geprüft, ob zumindest der unmittelbare Überflug des süddeutschen Raumes sowie großer Siedlungsgebiete vermieden werden kann.

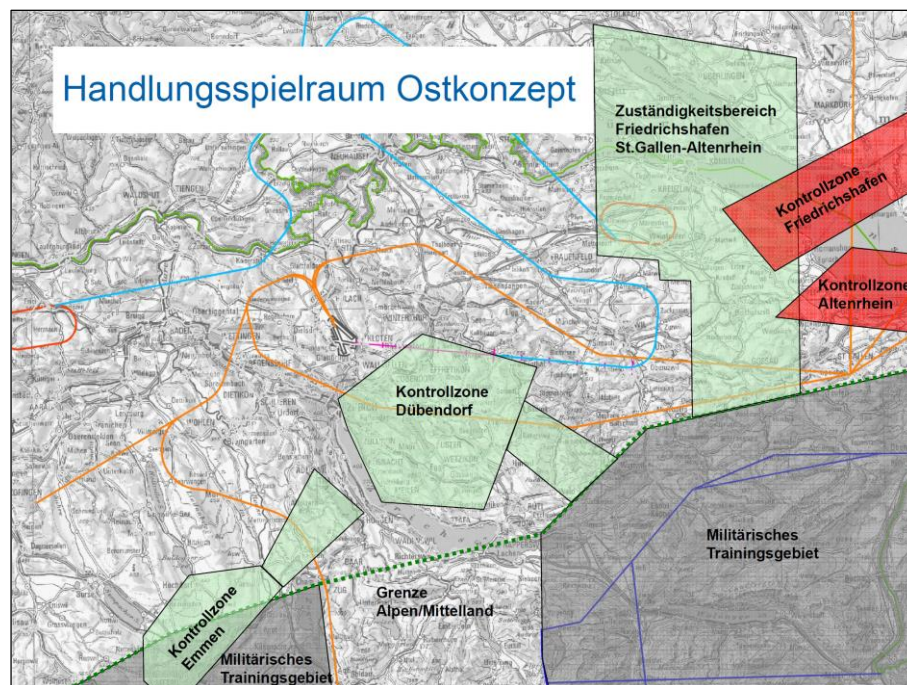


Abbildung 29: Handlungsspielraum für Alternative 3, nach [50]

Eingangs wird hierzu geprüft, ob die Einkürzung der Transitions möglich ist. Die aktuelle Länge der nach BR2014 veröffentlichten Transitions wird mit möglichst hoher flugbetrieblicher Flexibilität begründet [51] und ist im Vergleich zu anderen Flughäfen mit implementierten *Transitions* plausibel. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der Verfahrensplanung (vgl. insbesondere Kapitel 4.4) und Zugrundelegung der Randbedingungen am Flughafen ZRH (Gleitwinkel Bahn 28 = $3,3^\circ$ und Flughöhe am Warteverfahren AMIKI FL120) sowie eines 10 km (ca. 5,4 NM) langen horizontalen Zwischenanflugsegmentes wird die minimal erforderliche Streckenlänge zu ca. 40 NM bestimmt⁴⁰. Somit wird für die kürzeste Transition ausgehend von AMIKI formal nunmehr eine minimale Streckenlänge von 40 NM angesetzt. Um weiterhin operationelle Flexibilität zu erhalten, werden zudem Transitions mit größerer Streckenlänge von bis zu 68 NM (längste Transition ausgehend von AMIKI) implementiert.

⁴⁰ Unter Annahme maximaler Sinkgradienten und minimaler Segmentlängen gemäß ICAO PANS-OPS (vgl. Kapitel 4.4) ist eine Wegstrecke ca. 24 NM erforderlich, um von einer Flughöhe von FL120 bis zum Aufsetzpunkt auf Flugplatzhöhe (431,90 m, vgl. Tabelle 8) zu sinken.

Die Prüfung der räumlichen Lage der Transition zeigt, dass unter der Prämisse der Kürzung der Transition Optionen bestehen, den unmittelbaren Überflug des süddeutschen Raumes sowie großer Siedlungsgebiete zu vermeiden. Hierzu wird die geplante Transition gemäß BR2014 (vgl. [43]) zwischen den Routenpunkten AMIKI und OKUMU in Richtung Westen verschoben und gemäß o. g. Vorgaben eingekürzt. Weiterhin berücksichtigt der Routenverlauf, dass größere Gemeinden bzw. Kantone nicht direkt überflogen werden (bspw. Öhningen, Gottmadingen, Schaffhausen und Frauenfeld, siehe Abbildung 30) ⁴¹.



⁴¹ Der Minimalabstand dieser konzeptionell geplanten Transition zum Klinikstandort Gailingen beträgt ca. 1.700 m.

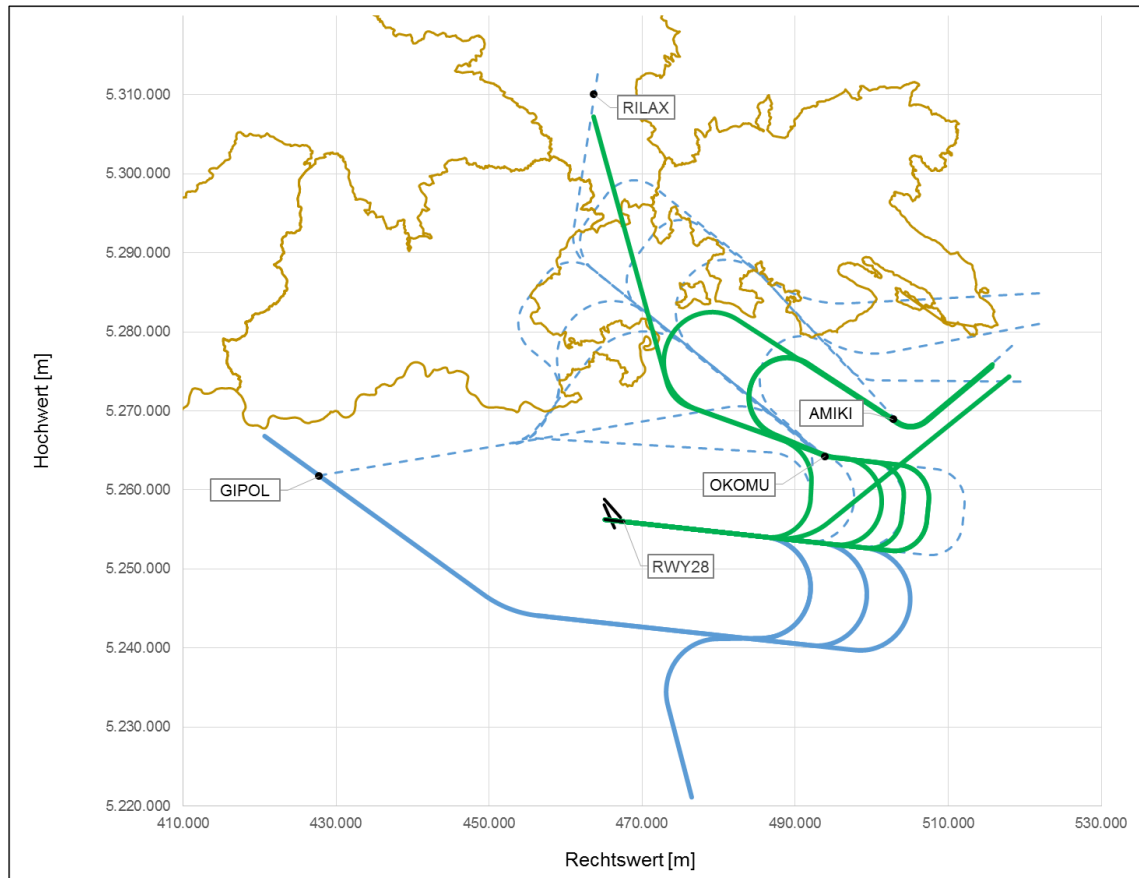


Abbildung 31: Anflugrouten Bahn 28 Alternative 3 (blaue Linien: optimierte Routen gemäß Alternative 1, blaue Strichlinien: entfallene Routen BR2014, grüne Linien: optimierte Routen)

Weitere wesentliche Forderung ist, dass Überflüge über Deutschland in Flughöhen > FL120 analog zu den Vorgaben in den Sperrzeiten gemäß DVO [17] geführt werden⁴². Dies wird in Alternative 3 ebenfalls berücksichtigt.

6.4.2 Verfahrensplanerische Prüfung

Die Routenführung des aus Richtung GIPOL ankommenden Verkehrs wurde für Alternative 3 analog zu Alternative 1 übernommen, sodass hierzu auf Kapitel 6.2 verwiesen wird. Bezüglich der Verschiebung der Transition aus Richtung AMIKI sowie der daraus resultierenden Änderung der über den Wegpunkt RILAX geführten Route zeigt Abbildung 31 das Ergebnis mit weiterer Änderung der über den Wegpunkt AMIKI führenden Route. Hierbei wird der gesamte Routenverlauf um ca. 20° in westliche Richtung gedreht. Ausgehend von AMIKI folgt ein Geradensegment mit einer Länge von ca. 13 NM. Die sich anschließende Kurve bleibt hinsichtlich ihrer Parameter (Radius und Kursänderung) unverändert und entspricht so dem Kurvenverlauf gemäß BR2014. Im Anschluss an das Kurvensegment folgt wiederum ein Geradensegment mit einer Länge von ca. 10 NM, das bis zum Wegpunkt OKOMU reicht. Von diesem entspricht die Routenstruktur bis zum FAF wieder dem bereits im BR2014 [43] geplanten Zustand. Eine ggf. resultierende Einschränkung der operativen Nutzbarkeit bezüglich der Zusammenführung der von AMIKI und RILAX kommenden Verkehrsströme gegenüber den Planungen des BR2014 (vgl. [43] und [45]) wäre in der weiteren Umsetzung von Alternative 3 allerdings in einer ergänzenden Luftraumsimulation zu prüfen.

⁴² Dieser Aspekt wurde auch in den Fluglärmrechnungen berücksichtigt (an den Wegpunkten AMIKI und GIPOL liegen demnach Flughöhen > FL120 gemäß AzB [14] vor).

Bezüglich der Staffelungsvorgaben sind für Alternative 3 keine spezifischen Prüfungen erforderlich: Für die Abflugrouten wurde der resultierende KP mit der aus Osten über GIPOL führenden Route bereits im Rahmen von Alternative 1 geprüft und unter Beachtung der dort genannten Höhenrestriktionen für umsetzbar erachtet (vgl. Kapitel 6.2.2). Für die aus Richtung AMIKI kommende Route resultieren keine expliziten KP mit anderen, zeitgleich im Rahmen des Ostkonzeptes genutzten Routen (vgl. Abbildung 32), die eine Separation erfordern würden. Trotz des geringfügig verkürzten Anflugweges ist die minimale Vertikalstaffelung von 1.000 ft auch am Punkt der geringsten lateralen Routendistanz (östlich von AMIKI, vgl. Abbildung 32) sichergestellt.

Alternative 3 inklusive relevanter Abflugrouten ist in folgender Abbildung 32 dargestellt.

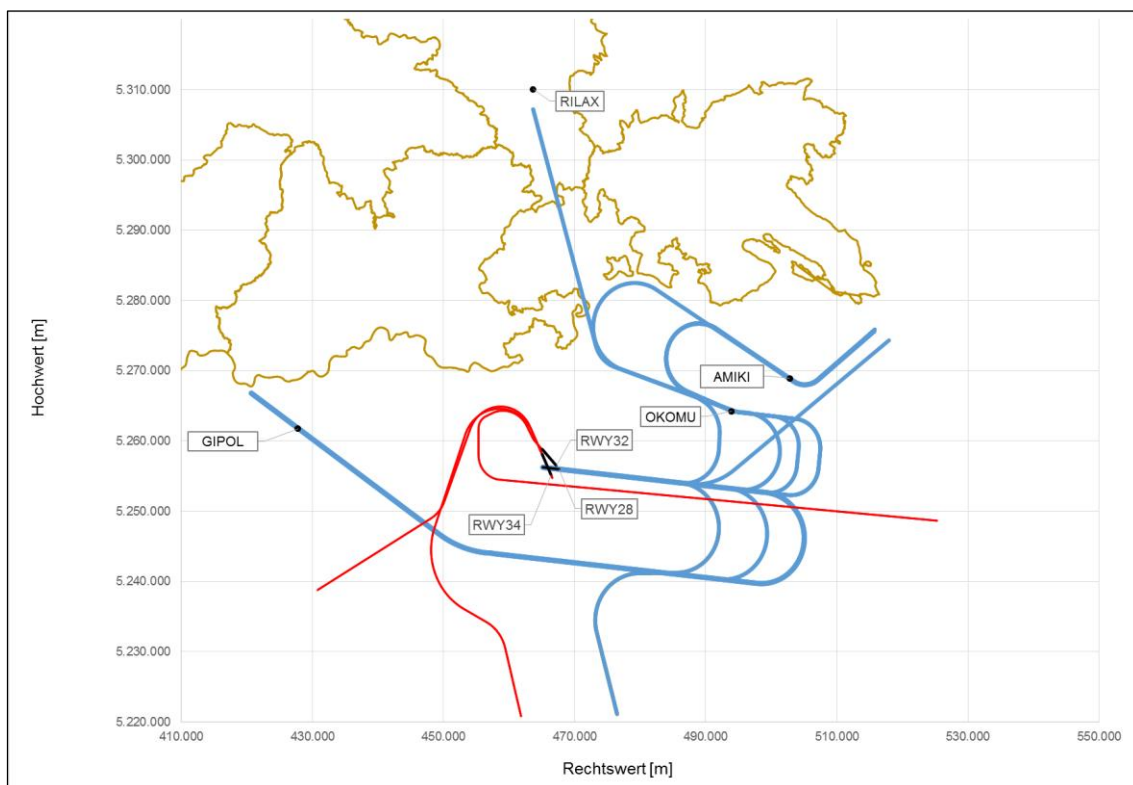


Abbildung 32: Relevante An- und Abflugrouten Alternative 3 (blaue Linien: optimierte Anflugrouten Bahn 28, rote Linien: bestehende/optimierte Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32)

Neben der Vertikalanalyse ist abschließend zu prüfen, ob eine reduzierte laterale Staffelung zwischen dem Gegenanflug auf Bahn 28 sowie den Abflugrouten von Bahn 32 bzw. Bahn 34 gemäß den Vorgaben der ICAO PANS-ATM [5] möglich ist. Dies würde dazu führen, dass eine insbesondere optisch gute Trennung des Anflugverkehrs Landebahn 28 und der o. g. Abflüge für den Fluglotsen sichergestellt wird, wie auch innerhalb der Planungen des BR2014 als Risikominderungsmaßnahme im Sinne [55] umgesetzt.

Gemäß [5] ist eine reduzierte Staffelung von 3 NM zulässig, wenn Radar und/oder ADS-B und/oder MLAT-Systeme dies zulassen. Gemäß [5] wird hierzu folgendes definiert:

„8.7.3.3 The separation minimum or minima based on radar and/or ADS-B to be applied shall be prescribed by the appropriate ATS authority according to the capability of the particular ADS-B or radar system or sensor to accurately identify the aircraft position in relation to the centre of a position symbol, PSR blip, SSR response and taking into account factors which may affect the accuracy of the ADS-B and/or radar-derived information, such as aircraft range from the radar site and the range scale of the situation display in use.“

Nachfolgende Abbildung 33 zeigt diese Route mit einem nunmehr reduzierten lateralen Abstand von 3 NM zum Endanflug 28 unter Maßgabe eines 25 NM Radius um die Radaranlage.

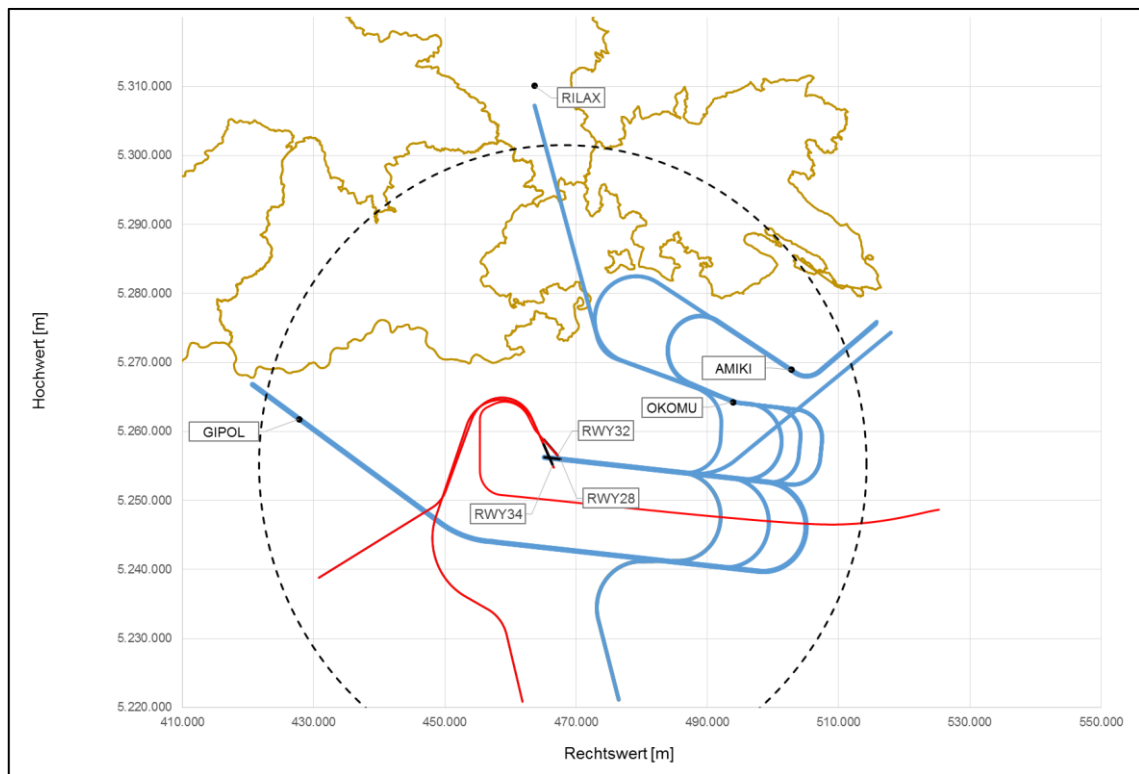


Abbildung 33: Alternative 3 unter der Maßgabe eines reduzierten lateralen Abstands paralleler Flugrouten (25 NM Radius um die hier relevante Radarlage Hohlberg)

6.4.3 Lärmtechnische Bewertung

Nachfolgende Abbildung 34 zeigt die Isolinien der Tagdauerschallpegel der Alternative 3.

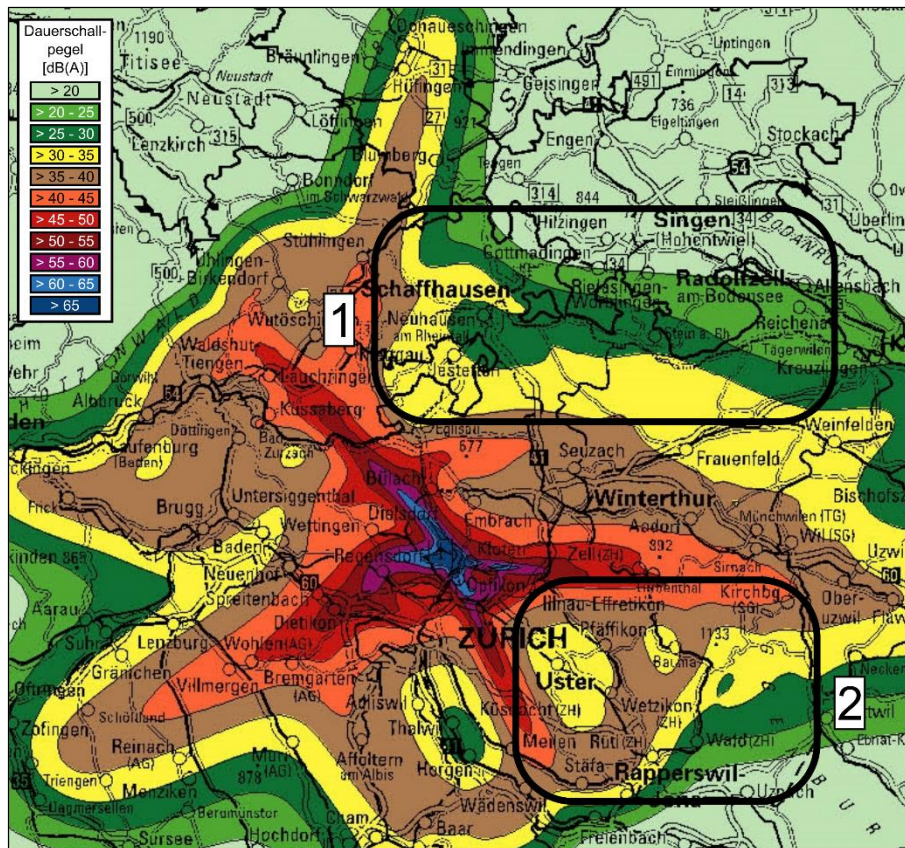


Abbildung 34: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 3

Im Vergleich zum Basisszenarios (vgl. Abbildung 16) sind in Alternative 3 (vgl. Abbildung 34) für folgende Bereiche signifikante Änderungen der Tagdauerschallpegel ermittelt worden:

- **Bereich 1:** Aufgrund der Verschiebung der östlichen Transitions Bahn 28 (AMIKI) nach Westen über Schweizer Staatsgebiet sowie der Verlegung der westlichen Transitions Bahn 28 (GIPOL) in den Süden des Flughafens ZRH resultiert eine großflächige Verlagerung der Isolinien der Dauerschallpegel im Nordosten des Flughafens ZRH. Dies führt zu einer *Lärmreduktion* insbesondere für den Landkreis Konstanz.
- **Bereich 2:** Analog zu Alternative 1 folgt aus der südlichen Verlegung der Transitions Bahn 28 eine großflächige Veränderung der Ausdehnung der Isolinien südlich des Flughafens ZRH, sodass auf Schweizer Staatsgebiet eine *Lärmsteigerung* eintritt.

Abbildung 35 stellt die Dauerschallpegel während der Nachtzeit dar.

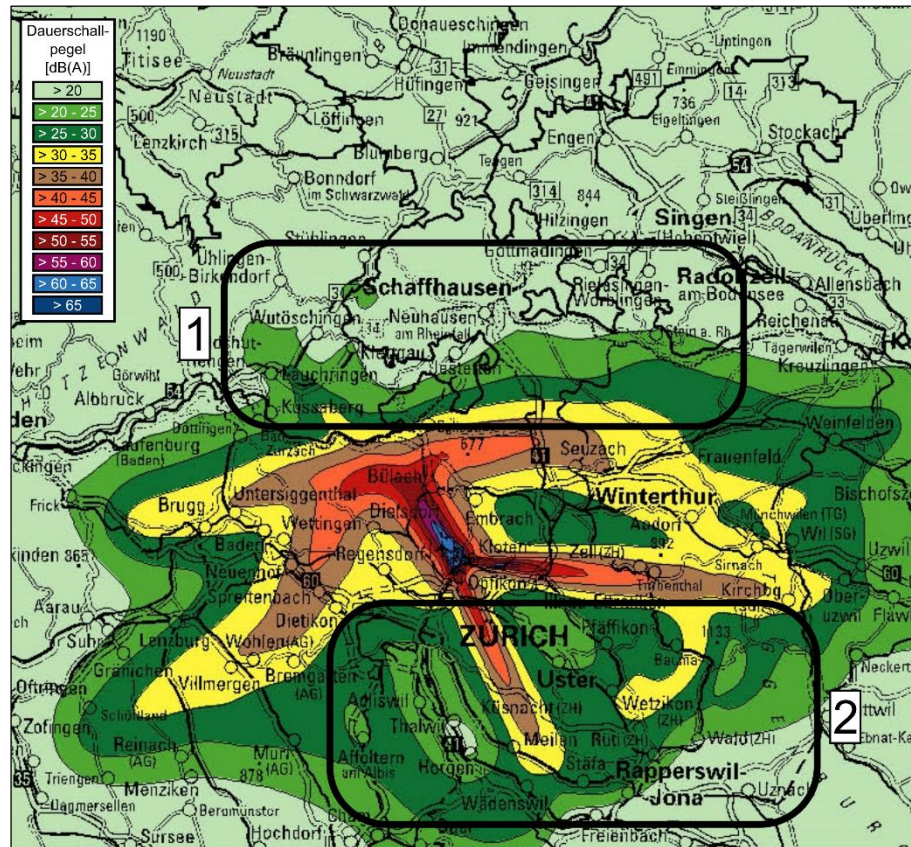


Abbildung 35: Isolinen der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 3

Der Vergleich der Nachtdauerschallpegel (vgl. Abbildung 35) mit dem Basisszenario (vgl. Abbildung 17) kommt zu folgender Schlussfolgerung:

- **Bereich 1:** Aufgrund der Verlegung der westlichen Transitions Bahn 28 südlich des Flughafens ZRH entfallen zunächst die Eindrehpunkte auf den Gegenanflug im Gebiet westlich sowie südöstlich des Kantons Schaffhausen. Durch diese Maßnahme und weiterhin Verlegung der östlichen Transitions über Schweizer Staatsgebiet liegt in diesem Bereich eine veränderte Ausdehnung der Isolinen vor, die mit einer *Lärmreduktion* im süddeutschen Raum einhergeht.
- **Bereich 2:** Die Verlegung der westlichen Transitions Bahn 28 in den Süden des Flughafens ZRH bedingt veränderte Ausdehnung der Isolinen. Im Süden des Flughafens auf Schweizer Staatsgebiet resultiert eine *Lärmsteigerung*.

Die anschließende Betroffenheitsanalyse präzisiert die veränderten Lärmauswirkungen für die süddeutschen Landkreise gemäß Tabelle 20:

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-700	-200	-	-100	-	-	-	-	-1.000
Konstanz	-25.700	-3.700	-200	-	-	-	-	-	-29.600
Waldshut	-100	600	-500	-100	-	-	-	-	-100
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-26.500	-3.300	-700	-200	-	-	-	-	-30.700

Tabelle 20: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 3 versus Basisszenario (Tag)

Gemäß Tabelle 20 zeigt sich, dass die Maßnahmen der Alternative 3 gegenüber dem Basisszenario erhebliches Lärmreduktionspotenzial für die süddeutschen Landkreise

bewirken. In Summe findet dabei eine Entlastung von ca. 30.700 Personen statt. Die Reduktion ist hierbei in einem Pegelbereich von 20 – 30 dB(A) zu verzeichnen.

Die Ergebnisse der Betroffenheitsanalyse für die Alternative 3 während der Nachtzeit im Vergleich zum Basisszenario sind in nachfolgender Tabelle 21 dargestellt.

Landkreis	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	>55	
Schwarzwald-Baar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz	-2.700	-	-	-	-	-	-	-	-2.700
Waldshut	-4.200	-300	-200	-	-	-	-	-	-4.700
Lörrach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-6.900	-300	-200	-	-	-	-	-	-7.400

Tabelle 21: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 3 versus Basisszenario (Nacht)

Für die Nacht sind in Alternative 3 gegenüber dem Basisszenario ebenfalls deutliche Entlastungen der Lärmbetroffenheit festzustellen. Bei Umsetzung dieses Szenarios würden ca. 7.400 Personen weniger belastet werden. Auch hier liegt die absolute Lärmreduktion in einem Pegelbereich von 20 – 25 dB(A).

Die Betroffenheitsanalyse für die einzelnen Gemeinden je Landkreis ist in Anhang A5 ausgewiesen.

Für die Schweiz wird die Betroffenheit im Vergleich zum Basisszenario auf Kantonsebene bewertet. Die Ergebnisse für Tag und Nacht sind in Anhang A6 dargestellt. Alternative 3 führt demnach zu einer deutlichen Steigerung der Lärmbetroffenheit in der Schweiz.

Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet ergäbe sich folgende Veränderung bis zum Jahr 2020 (vgl. Tabelle 16, dementsprechend die Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH berücksichtigend)⁴³:

Alternative 3 Landkreis	Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 im Vergleich zum Status Quo 2014	
	Absolut	relativ [%]
Schwarzwald-Baar	-811	-27
Konstanz	-3.802	-100
Waldshut	0	0

Tabelle 22: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 3 versus Status Quo 2014

Demnach ergäbe sich eine Reduktion der Überflüge für die Landkreise Konstanz sowie Schwarzwald-Baar trotz Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die süddeutschen Landkreise, insbesondere Konstanz, im Rahmen der Alternative 3 am Tag und in der Nacht deutliche Lärmreduktionen erfahren. Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich eine Reduktion der Überflüge für die Landkreise Konstanz sowie Schwarzwald-Baar trotz Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH.

Die Analysen zu Alternative 3 zeigen, dass diese Konfiguration eine deutliche Lärmreduktion für die süddeutschen Landkreise bewirken kann. Nachfolgend soll zusätzlich zu den o. g. Analysen ein Vergleich zum Ist-Zustand 2014 hinsichtlich der Anzahl der Überflüge über

⁴³ Auswertung erfolgt hier im Vergleich zum Status Quo 2014

süddeutschem Gebiet vorgenommen werden. Mittels vorliegender Radardaten⁴⁴ sowie seitens FZAG freundlicherweise bereitgestellter Verkehrsdaten für den Flughafen ZRH aus dem Jahr 2014 [67] konnte der Anteil an Überflügen über deutschem Staatsgebiet für Anflüge auf die Landebahn 28 spezifisch für alle drei Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis und Konstanz ermittelt werden (vgl. Tabelle 23 - Ist-Zustand 2014 sowie exemplarisch nachfolgende Abbildung 36).

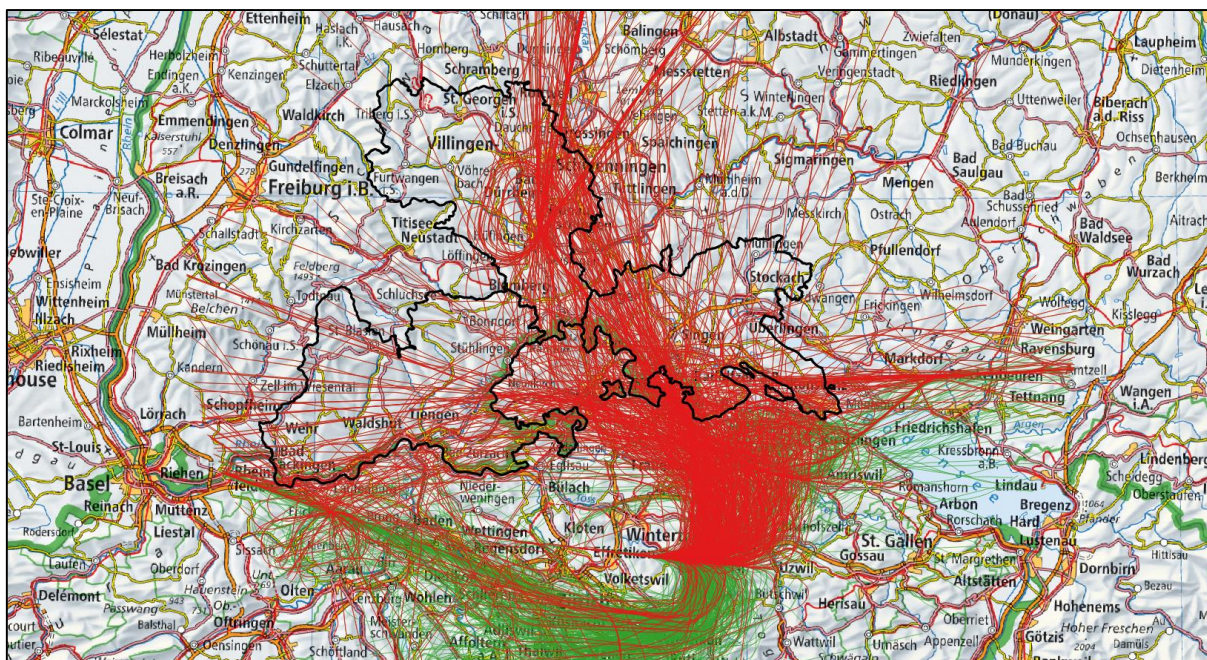


Abbildung 36: Flugspuren Landungen Landebahn 28 (ca. 1 Monat exemplarisch, rot:
Flugspur führt über mindestens einen der Landkreise,
Hintergrundkarte: geodata © swisstopo)

Ziel der Studie und damit des Entwurfs von Alternative 3 ist die Optimierung des Ostkonzeptes in Bezug auf das seitens FZAG angestrebte BR2014, so dass im Folgenden nur Anflüge auf die Landebahn 28 analysiert werden. Vergleicht man das aktuell (12/2014) umgesetzte Ostkonzept mit jenem gemäß Alternative 3, so zeigt sich eine Änderung an Überflügen über deutschem Staatsgebiet gemäß Tabelle 23. Im Ergebnis ist für das Bezugsjahr 2014 demnach festzustellen, dass mit Alternative 3 im Ostkonzept eine vollständige Vermeidung von Überflügen über die Landkreise Waldshut und Konstanz sowie eine deutliche Reduktion an Überflügen über den Schwarzwald-Baar-Kreis erreicht werden kann:

Szenario	Bezugs-jahr	Anflüge Ostkonzept	Waldshut	Schwarzwald-Baar-Kreis	Konstanz
Ist-Zustand 2014	2014	19.327	2.127	2.948	5.122
Alternative 3 2014	2014	19.327	0	1.773	0

Tabelle 23: Vergleich rechnerische Zahl an Überflügen „Ostkonzept Alternative 3“ und Ist-Zustand, jeweils für 2014

⁴⁴ Für die vorliegende Untersuchung wurden Flugspuren im FANOMOS-Datenformat (*Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System*) verwendet. Hierbei handelt es sich um radargestützte Flugverlaufsdaten der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) [15]. Diese Daten erfassen sowohl Starts als auch Landungen am Flughafen ZRH im Zeitraum von Mai bis Oktober 2014.

Zusammenfassend ist demnach festzustellen, dass die süddeutschen Landkreise bei Realisierung von Alternative 3 sowohl am Tag als auch in der Nacht eine deutliche Reduktion an Überflügen zu Zeiten des aktivierten Ostkonzeptes auch im Vergleich zu heute (Ist-Zustand 2014) erfahren würden.

6.5 Würdigung der Ergebnisse

Im Rahmen der Optimierungssuche für das Ostkonzeptes gemäß BR2014 wurden drei Alternativen entwickelt, mit dem Ziel, die Lärmauswirkungen für die süddeutschen Landkreise Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis, Konstanz sowie Lörrach zu minimieren. Die Alternativen wurden grundlegend auf Belange der Verfahrensplanung geprüft und anschließend mittels Fluglärmrechnungen und Betroffenheitsanalyse der Bevölkerung bewertet. Für alle Alternativen wird Zulässigkeit in Bezug auf die verfahrenstechnische Umsetzung festgestellt:

Alternative 1: Mischkonzept aus aktuellem Ostkonzept (Stand 2014) und neuem Ostkonzept BR2014

- Für die vier süddeutschen Landkreise resultieren gegenüber dem Basisszenario während der Tageszeit geringfügige *Lärmsteigerungen* (vornehmlich Landkreis Konstanz), nachts besteht demgegenüber *Lärmreduktionspotenzial* (insbesondere Landkreis Waldshut).
- Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich trotz Optimierung eine Zunahme für alle 3 Landkreise.
- Bei Implementierung des Verfahrens entstehen Kreuzungspunkte zwischen an- und abfliegenden Verkehrsströmen, sodass zur Einhaltung der vertikalen Mindeststaffelung von 1.000 ft Flughöhenvorgaben festzulegen sind (KP 1 West: Abflug maximal FL100, Anflug minimal FL110). Hierfür sollten an den Kreuzungspunkten Wegpunkte definiert werden, um die bordseitige Umsetzung der Höhengvorgaben über das FMS sicherzustellen.

Alternative 2: Erweiterte Nutzung eines angepassten Südkonzepts

- Für die vier süddeutschen Landkreise resultieren gegenüber dem Basisszenario geringfügige *Lärmsteigerungen* (insbesondere Landkreis Konstanz). Im Landkreis Waldshut können hingegen geringfügige *Lärmreduktionen* erzielt werden. Während der Nachtzeit sind keine signifikanten Änderungen feststellbar.
- Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich eine Reduktion für den Landkreis Waldshut jedoch eine Zunahme für die Landkreise Schwarzwald-Baar sowie Konstanz.
- Bei Implementierung des Verfahrens entstehen ebenfalls Kreuzungspunkte zwischen an- und abfliegenden LFZ, sodass zur Einhaltung der vertikalen Mindeststaffelung von 1.000 ft Flughöhenvorgaben festzulegen sind (KP 3 West: Abflug maximal FL90, Anflug minimal FL100; KP 4 Ost: Abflug maximal FL100, Anflug minimal FL110). Hierfür sollten ebenfalls an den Kreuzungspunkten Wegpunkte definiert werden, um die bordseitige Umsetzung der Höhengvorgaben über das FMS sicherzustellen.

Alternative 3: Optimierung der Transitions des Ostkonzepts BR2014

- Für die vier süddeutschen Landkreise besteht gegenüber dem Basisszenario sowohl am Tag (insbesondere Landkreis Konstanz) als auch in der Nacht (insbesondere Landkreis Konstanz) **deutliches Lärmreduktionspotenzial**.
- Hinsichtlich der Anzahl an Überflügen ausgehend von den in 2014 abgewickelten An-/Abflügen über süddeutschem Gebiet bis zum Jahr 2020 ergäbe sich eine **Reduktion der Überflüge für die Landkreise Konstanz sowie Schwarzwald-Baar** trotz Verkehrssteigerung am Flughafen ZRH.
- Aus Sicht der Verfahrensplanung entsteht lediglich ein Kreuzungspunkt (analog Alternative 1, hier KP 2 im Osten). Zur Einhaltung der vertikalen Mindeststaffelung von 1.000 ft sind am KP 2 Flughöhenvorgaben für Abflüge von maximal FL100 und für

Anflüge minimal FL110 festzulegen. Hierfür sollte ebenfalls an dem Kreuzungspunkt ein Wegpunkt definiert werden, um die bordseitige Umsetzung der Höhengaben über das FMS sicherzustellen. Zur Wahrung der Verkehrskapazität und Aufrechterhaltung flugsicherungstechnischer Flexibilität sind spezifische Abflugrouten von Bahn 32 und Bahn 34 derart zu verlegen, dass ein lateraler Mindestabstand von 5 NM zum Endanflug Bahn 28 sichergestellt ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass **Alternative 3 den höchsten Nutzwert im Sinne des Untersuchungsauftrags** liefert. In Summe ist für Alternative 3 in diesem Lärmbereich eine Entlastung von ca. 30.700 Personen für die süddeutschen Landkreise festzustellen.

Vor Umsetzung von Alternative 3 wären allerdings noch nachfolgende Maßnahmen umzusetzen:

- Eine Luftraumsimulationen, die die Auswirkungen auf die Flughafenkapazität feststellt, sowie weiterführend eine Sicherheitsstudie gemäß EU-Verordnung sollte nachgereicht werden.
- Die Rückwirkung auf den SIL-Prozess in der Schweiz sollte in die Würdigung einbezogen werden (hier Analysen zur Umweltbelastung und Sicherheit).

7 Analyse auf Umsetzbarkeit der „Stuttgarter Erklärung“

7.1 Einführung und Randbedingungen

Im Rahmen des Kapitels 7 erfolgt eine Analyse auf Umsetzbarkeit der im Jahr 2009 von Deutscher Seite verfassten „Stuttgarter Erklärung“ [57]. Inhaltlich werden durch diese Erklärung politisch folgende Ziele verfolgt:

1. Aufhebung des Warteverfahrens RILAX,
2. Limitierung der Anflüge über deutschem Staatsgebiet auf 80.000 pro Jahr,
3. Verzicht auf einen gekurvten Anflug auf die Landebahn 14,
4. Grundsätzliche Vermeidung von Abflügen über deutsches Staatsgebiet,
5. Keine Hinnahme von Umweg⁴⁵- und Warteflügen über deutschem Gebiet und
6. uneingeschränkte Beibehaltung der Sperrzeiten für den deutschen Luftraum für Anflüge auf Zürich gemäß 220. DVO.

Nachfolgend werden in einem ersten Schritt die Rahmenbedingungen zu den o.g. genannten Punkten diskutiert. In einem zweiten Schritt erfolgt eine qualitative Einschätzung der operativen Umsetzbarkeit der Stuttgarter Erklärung.

Hub-Flughafen ZRH

Der Luftverkehr weist auch in der Schweiz eine erhebliche volkswirtschaftliche Bedeutung auf [66]. Sein Zugang ist damit ein wichtiger Standortfaktor. Die drei Flughäfen Zürich, Genf und Basel stellen die internationale Anbindung der schweizerischen Zivilluftfahrt dar, wobei der Flughafen Zürich mit 50% Anteil an den Flugbewegungen eine herausragende Stellung einnimmt.

Dominierende Luftverkehrsgesellschaft am Flughafen ZRH ist die SWISS mit einem Verkehrsanteil von über 55%, die Mitglied im Star Alliance Luftverkehrsverbund ist. Das Streckennetz der SWISS ist darauf ausgerichtet, wichtige Wirtschaftszentren direkt an die Schweiz anzubinden.

Sie betreibt am Flughafen ZRH, analog zu nahezu allen großen Luftverkehrsgesellschaften in Europa, ein sog. Hub-System⁴⁶ und strebt infolge eine signifikante Anzahl an Transferpassagieren in ZRH an. Diese Passagiere kommen primär aus dem europäischen Streckennetz, das die SWISS anbietet [64]. Die Nachfrage im Heimatmarkt Schweiz würde lediglich für 5 Langstreckenflüge ausreichend sein und somit kein großflächiges Netz erlauben. Gemäß [64] zeigen die Analysen, dass der Flughafen ZRH als Hub im Star Alliance Verbund langfristig wohl erhalten bleiben wird, dies in Konkurrenz zu den Flughäfen München, Wien sowie Mailand Malpensa.

Das Hub-Konzept sieht vor, vorhandene Transportkapazitäten möglichst optimal zu nutzen. Dies soll dadurch erreicht werden, in dem neben lokalen Passagieren aus der Schweiz eben o. g. Transferpassagiere über den Hub auf Langstreckenflügen unter der Maßgabe kurzer

⁴⁵ Umwege werden als Abweichungen von direkt möglichen Routenführungen zum nächsten Navigationspunkt unter Beachtung der flugmechanischen und flugbetrieblichen Randbedingungen verstanden. Routenführen bedingen dabei die Einhaltung von zulässigen flugmechanischen Randbedingungen wie zulässige Sinkraten etc.

⁴⁶ Ein Hub ist ein Knotenpunkt im Luftverkehrssystem. Diese Umsteigeflughäfen sind entstanden, weil sich der so genannte Punkt-zu-Punkt-Verkehr, also Direktverbindungen zwischen einzelnen Destinationen, für Fluggesellschaften speziell auf Mittel- und Langstrecken nicht hinreichend ökonomisch betreiben lässt.

Umsteigezeiten befördert werden und so hinreichende Auslastung der großen Langstreckenluftfahrzeuge gewährleisten.

Das bedingt offensichtlich ein so genanntes Wellensystem mit Zeitfenstern temporär vieler Ankünfte sowie Abflüge, vornehmlich bedient durch die SWISS. Dies erfolgt geografisch und damit zeitzonenbedingt mehrmals am Tag, während dessen die Kapazität für überwiegend An- oder Abflüge in Zürich stark ausgeschöpft wird, während in den Zwischenzeiten weniger und i.d.R. ausbalancierter operiert wird. Gemäß [65] werden zweimal am Tag, um 12 Uhr und ab 16 Uhr 70 Flugbewegungen pro gleitende Stunde erreicht. Weitere Spitzen gibt es am Vormittag (zwischen 9 bis 11 Uhr) und am frühen Abend (zwischen 19 bis 20 Uhr). Diese Struktur mit vier Wellen umfasst jeweils eine Landespitze und eine Startspitze (vgl. Abbildung 37).

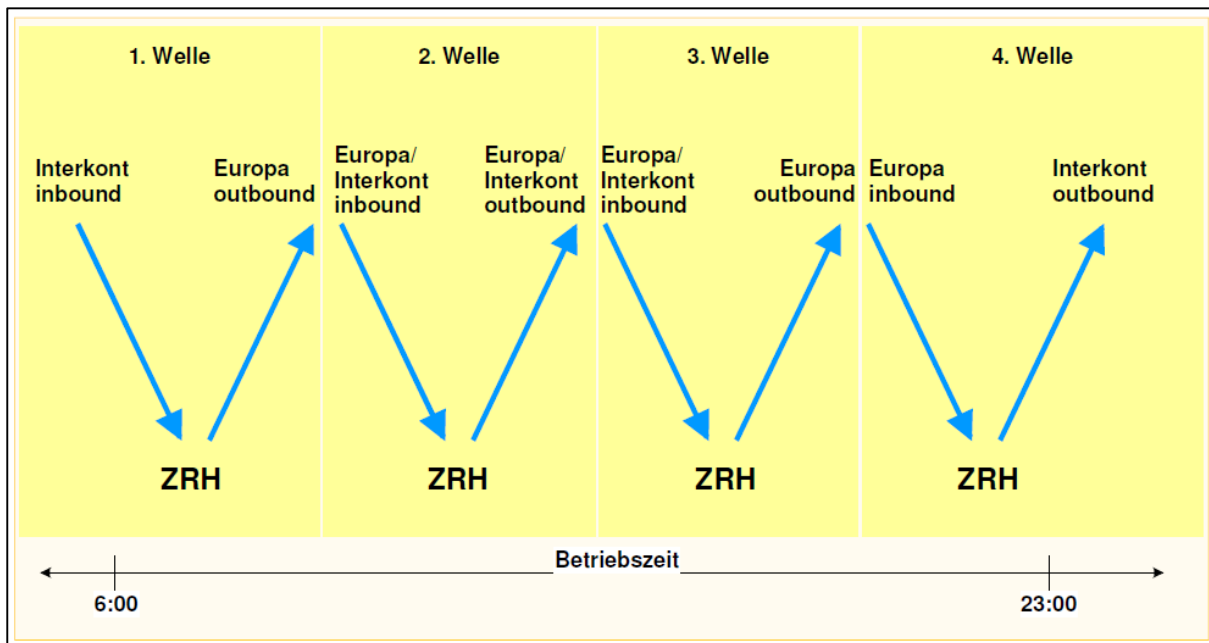


Abbildung 37: Prinzip des Wellensystems am Flughafen ZRH gemäß [65]

Gemäß [64] wurde das Wellensystem der SWISS am Flughafen ZRH in den vergangenen Jahren fortlaufend adaptiert, auch um den Rahmenbedingungen in Bezug auf die DVO entsprechen zu können. Das heutige System operiert dabei an der Kapazitätsgrenze [65]. Bereits kleine Störungen, häufig bedingt durch ungünstiges Wetter und damit einhergehende Wechsel des Flugbetriebskonzeptes (siehe Kapitel 3 und auch folgende Abbildung 38), sorgen dafür, dass es zu Verspätungen kommt, die dann bereichsweise weitreichende Auswirkungen im Luftverkehrssystem auslösen.

Das Hub-System und damit auch die Wellenstruktur sind nach [65] wesentlich für das Angebot der SWISS im heutigen Umfang (insbesondere für die bedeutsamen Langstreckenverbindungen) und damit für ZRH analog vieler Hubs in Europa.

Am Flughafen Zürich ist zur Umsetzung der betrieblichen Anforderungen das Betriebsreglement, bestehend aus Nord-, Süd- sowie Ostkonzept installiert. Die Flugbetriebskonzepte weisen hierbei unterschiedliche Kapazitäten auf⁴⁷ (vgl. Abbildung 38).

⁴⁷ publiziert Rahmen des SIL-Verfahrens

Konzept	Arrival Peak			Departure Peak			Balanced		
	Arrival	Departure	Total	Arrival	Departure	Total	Arrival	Departure	Total
Tagkonzepte									
Nord 1.01	in Erarbeitung								
Nord 1.11	38	25	63	26	38	64	33	33	67
Nord 1.13	38	46	84	33	50	83	38	38	76
Nord 2.01	in Erarbeitung								
Nord 2.03	in Erarbeitung								
Nord 2.11	34	17	50	17	34	50	26	26	52
Nord 2.13	38	38	76	27	54	81	38	38	76
Nord 3.2	23	12	35	16	33	49	20	21	41
Nord 3.3	23	12	35	16	33	49	20	21	41
Ost 1.0a	36	29	65	32	32	65	32	32	65
Ost 1.0c	30	24	54	20	41	61	29	29	57
Süd 6.0	32	16	48	20	40	60	28	28	55
Nachtkonzepte									
Ost 1.0n	32	26	58	23	34	57	30	30	60
Ost 2.0n	36	24	60	23	34	57	31	31	63
Süd 18	33	16	49	17	35	52	26	26	53

Abbildung 38: Kapazität der Flugbetriebskonzepte gemäß [52]

Gemäß Abbildung 38 weisen für alle Bewegungsarten (An-/Abflug und Gesamt) die Nordkonzepte die größte Kapazität auf. Diese kommen an Wochentagen bei guter Sicht am Tag „Normalfall“ (Nordkonzept aktiv) zwischen 07:00 Uhr – 21:00 Uhr und an Wochenenden zwischen 09:00 Uhr und 20:00 Uhr mit den Hauptlandebahnen 14 und 16 und den Hauptstartbahnen 28 und 16 zur Anwendung.

Unter der Annahme, dass die Nachfrage bis zum Jahr 2025 zumindest der heutigen Anzahl an Flügen entspricht (gemäß vorliegender Verkehrsprognosen [56] eher weiter zunehmen wird), ist die Aufrechterhaltung des leistungsfähigen Nordkonzeptes zumindest in den o.g. Spitzenzeiten auch weiterhin von Bedeutung. Die Analysen gemäß Kapitel 6 haben gezeigt, dass sich ein aus Sicht der süddeutschen Landkreise lärmoptimiertes Konzept an dem Ostkonzept mit Landungen auf die Bahn 28 und Starts vornehmlich von der Bahn 34 orientiert. Die Ostkonzepte weisen jedoch auch bei Ausbau der Infrastruktur (hier vornehmlich Verlängerung der Bahn 28 sowie Erweiterung des Rollbahnsystems) deutliche geringere Kapazitäten auf (vgl. Abbildung 38), so dass dies in Bezug auf Kapazität und Nutzbarkeit bei unterschiedlichen Wetterlagen zu beachten ist.

Analyse Warteverfahren RILAX

Bestandteil der Stuttgarter Erklärung ist die Forderung nach Auflösung des Warteverfahrens RILAX. Hierzu wurde mittels Radardatenanalysen zur Nutzungshäufigkeit der Warteverfahren geprüft, ob eine Verlagerung des Verkehrsaufkommens von RILAX nach AMIKI oder GIPOL grundsätzlich möglich wäre. Nachfolgende Abbildung 39 liefert deren Nutzung in Abhängigkeit der Tageszeit:

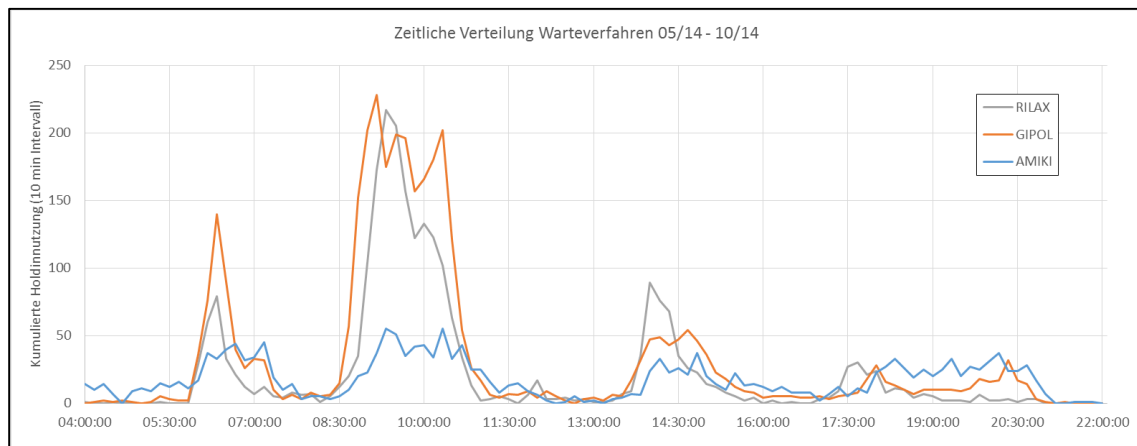


Abbildung 39: Zeitliche Verteilung von Warteverfahren, RILAX, AMIKI, GIPOL, Basis Radardaten [15], Zeitraum 05.2014 – 10.2014

Offenkundig waren (und unterstellter Maßen werden) RILAX und GIPOL zwischen ca. 8:30 Uhr und ca. 11:00 Uhr gleichzeitig stark frequentiert.

Dies zeigt auch die tagesspezifische Auswertung, wie in nachfolgender Abbildung 40 beispielhaft für den 04.08.2014 in 10 Minuten Intervallen dargestellt. Entsprechende Auswertungen wurden für weitere Tage durchgeführt (vgl. Anhang A7).

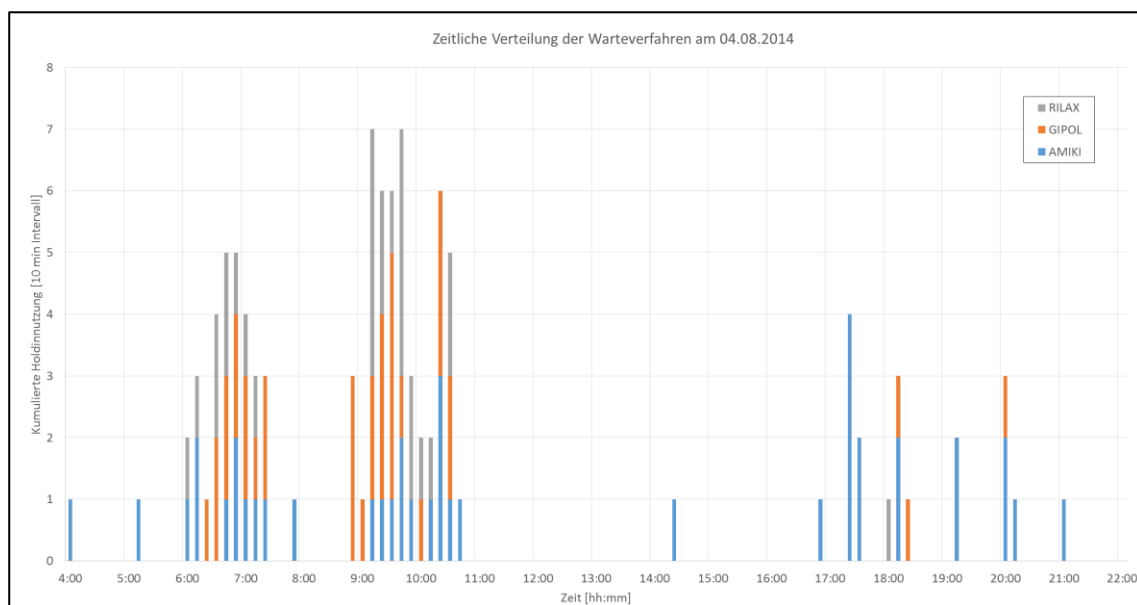


Abbildung 40: Tageszeitliche Verteilung der Warteverfahren am 04.08.2014

Abbildung 40 zeigt auch, dass pro 10 Minuten Intervall unterhalb FL180 bis zu 4 LFZ gleichzeitig Warteverfahren durchführten. Eine Auflösung des Warteverfahrens RILAX würde sich daher auf GIPOL und AMIKI auswirken: Gemäß Kapitel 6.1 kommt in diesen Zeiten das Nordkonzept zur Anwendung. Es würden dann also Anflüge auf die Bahnen 14 und 16 nördlich des Flughafens über diese beiden Wegpunkte verändert geführt und damit zusätzliche Warteverfahren während der Verkehrsspitzenzeiten zu erwarten sein (bis zu 7 Warteverfahren zeitgleich in einem Wartepunkt, vgl. Abbildung 40). Diese Situation wäre aufgrund der Auswirkungen auf die Komplexität weiterführend zu untersuchen. Ebenso die Frage, ob zu dieser relativ kleinräumigen potenziellen Verlagerung von Verkehr weg von RILAX eine eher großräumige Verlegung als Alternative zielführender wäre.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die derzeitige Luftraumstruktur aus der Entflechtung und Harmonisierung der Flugrouten im Rahmen des seinerzeitigen EAM04 Prozesses für den Europäischen Luftraum⁴⁸[8] resultiert. Die Implementierung neuer Routen würde aufgrund der gegenseitigen Abhängigkeiten zu weitreichenden Änderungen im Gesamteuropäischen Routennetzwerk führen. Weiterhin wäre zu beachten, dass Anflüge im Rahmen des Nordkonzeptes (Anflug auf die Landebahnen 14 und 16) unabhängig davon weiterhin über deutsches Gebiet geführt würden. Zudem ist festzustellen, dass mögliche Verlängerungen von Anflugrouten den Zielsetzungen der Europäischen Kommission [61] im Rahmen des *European Route Network Improvement Plan* [6] widersprechen. Diese Ziele werden mittels Leistungsmetriken - eine bedeutende ist der o. g. „Umwegfaktor“ - regelmäßig national bewertet [59]. Mit Blick auf mehrere tausend Anflüge je Monat summieren sich so entsprechende Umwege und damit einhergehende Emissionen auf.

Nachfolgende Abbildung 41 zeigt weiterführend die Höhenverteilung der durchgeführten Warteverfahren bei RILAX gemäß Radardaten bis FL180. Abbildung 41 macht deutlich, dass diese vorwiegend in einer Höhe > FL120, also oberhalb der Minimalflughöhen gemäß DVO in den Sperrzeiten stattfanden:

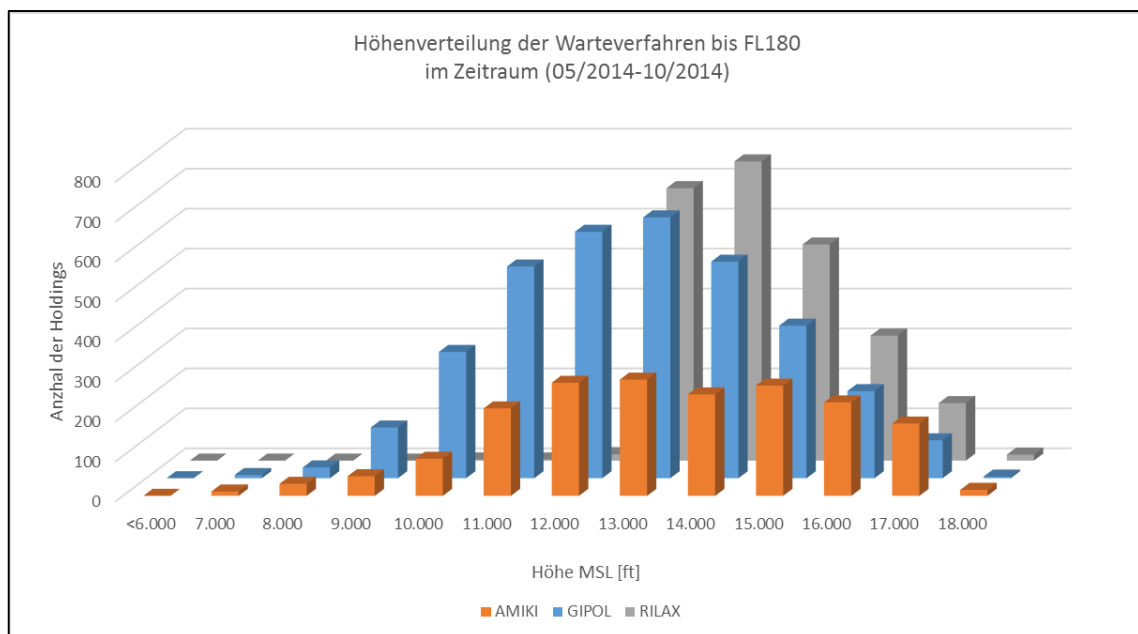


Abbildung 41: Höhenverteilung der Warteverfahren im (Zeitraum 05/2014 – 10/2014)

Limitierung der Anflüge über deutschem Staatsgebiet auf 80.000 pro Jahr

Die Stuttgarter Erklärung fordert eine Limitierung der Anflüge über deutschem Staatsgebiet und somit implizit eine Kontingentierung der Nutzung des Nordkonzeptes auf 80.000 Anflüge pro Jahr. Gemäß [1] liegt die Nachfrage im Jahr 2020 aber bei ca. 110.000 Anflügen aus Norden bzw. während dessen aktuellen Nutzungszeiten. Die Kontingentierung erforderte demnach die Abwicklung von $ca. 110.000 - 80.000 = ca. 30.000$ Anflügen mit einem alternativen Flugbetriebskonzept, hier wohl das Ostkonzept als noch leistungsfähigste Alternative.

⁴⁸ Eine Implementierung einer direkten Route in Richtung HOC oder BLM ist zudem unter der Prämisse zu planen, dass eine Ausweitung des Sperrgebietes auf deutscher Seite geplant ist (zukünftiges Sperrgebiet EUC22) [8].

Um nun die Häufigkeit von Konzeptwechseln aufgrund dann vermehrter Nutzung des Ostkonzeptes zulasten von Arbeitsbelastung und nicht zuletzt auch Sicherheit immer noch gering zu halten, wäre ein möglichst durchgehendes Zeitfenster für diese Verlagerung zu bestimmen. Nach Analyse der aktuell typischen Verkehrslast-Tagesganglinien getrennt nach Sommer- (vgl. Abbildung 42 und Abbildung 43) und Winterflugplan (vgl. Abbildung 24) zeigt sich, dass ein Zeitfenster von vier Stunden Dauer hierzu erforderlich wäre. Unter Annahme zukünftig unveränderter Tagesganglinien⁴⁹ wären folgende Zeiträume geeignet, in denen das Ostkonzept zusätzlich zum aktuellen Zustand (derzeit im Regelfall Nutzung ab 21.00 Uhr) bei guter Sicht und schwachem Wind durchgängig an Wochentagen als auch am Wochenende anzuwenden wäre:

- Sommerflugplan: 10.00 – 14:00 Uhr UTC (vgl. Abbildung 42),
- Winterflugplan: 12.00 – 16.00 Uhr UTC (vgl. Abbildung 24).

Bei Annahme heutiger meteorologischer Wahrscheinlichkeit für gute Sicht und schwachen Wind („Normalfall“) würde dies sodann zwei zusätzliche Konzeptwechsel über den Tag bedingen. Das Erfordernis anderer Flugbetriebskonzepte zu Zeiten abweichender (aus Sicht des Flughafen ZRH ungünstigerer) Wetterbedingungen wird mit unveränderter Häufigkeit angenommen.

⁴⁹ Sollte der Verkehr laut Prognose weiter steigen, würde eine Ausdehnung erforderlich.

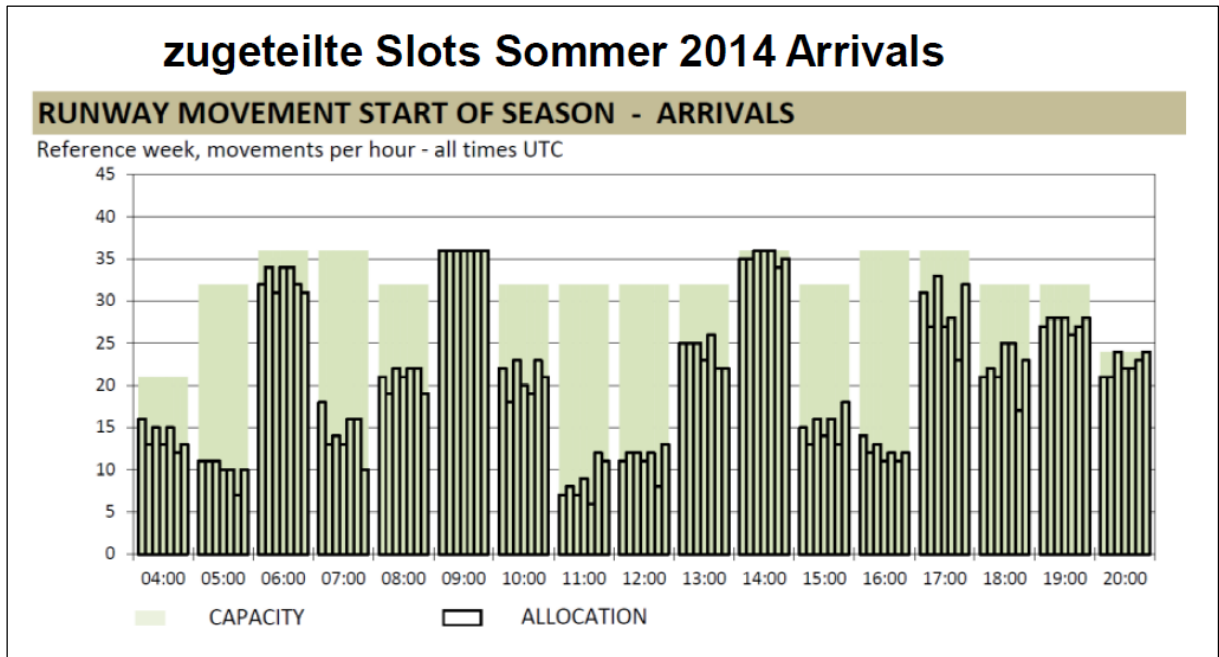


Abbildung 42: Zugeteilte Anflug-Slots im Sommerflugplan 2014 (nach [56])

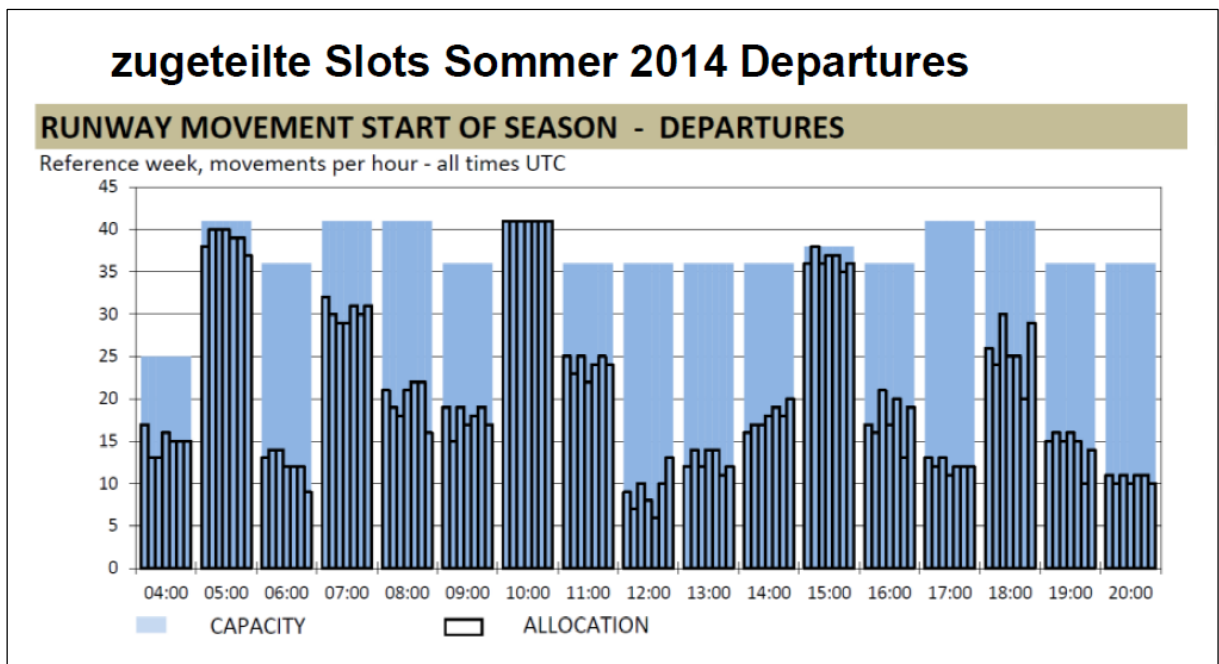


Abbildung 43: Zugeteilte Abflug-Slots im Sommerflugplan 2014 (nach [56])

Demnach ergeben sich für o. g. „Normalfall“ (gute Sicht und schwacher Wind) folgende Nutzungsanteile für die Flugbetriebskonzepte (vgl. Tabelle 24):

Flugbetriebskonzept im „Normalfall“ (gute Sicht, schwach windig)	Zeitraum (UTC) Sommerflugplan	Zeitraum (UTC) Winterflugplan
Südkonzept	06.00 – 07.00	06.00 – 07.00
Südkonzept	07.00 – 09.00 Sa & So	07.00 – 09.00 Sa & So
Nordkonzept	07/09 – 10.00	07/09 – 12.00
Ostkonzept	10.00 – 14.00	12.00 – 16.00
Nordkonzept	14.00 – 20.00/21.00 (Sa/So)	14.00 – 20.00/21.00 (Sa/So)
Ostkonzept	ab 20.00/21.00 (Sa/So)	ab 20.00/21.00 (Sa/So)

Tabelle 24: Erweiterte Nutzung (rot) des Ostkonzepts
bei meteorologischem „Normalfall“

Randbedingungen einer derartigen Verlegung wären (nachweislich über zusätzliche Detailprüfungen zu verifizieren, die nicht Bestandteil des Gutachtens sind) eine Nutzung der südlichen Warteverfahren BERSU und MOSIT für Anflüge aus südlichen Destinationen sowie zusätzliche Routenführungen zu den Warteverfahren GIPOL und AMIKI entlang optimierter, direkter Streckenführungen.

Vermeidung von Abflügen über deutschem Staatsgebiet

Nachfolgende Abbildung 44 zeigt die vorgesehenen Abflugrouten im Rahmen des BR2014. Aktuell führen gemäß AIP [10] lediglich die Abflugrouten SONGI 2F, SONGI 1H von der Bahn 34 sowie SONGI 2L, SONGI 1N von der Bahn 32 zum Navigationspunkt SONGI, die jedoch alle vorübergehend außer Kraft gesetzt sind, direkt über deutsches Staatsgebiet.

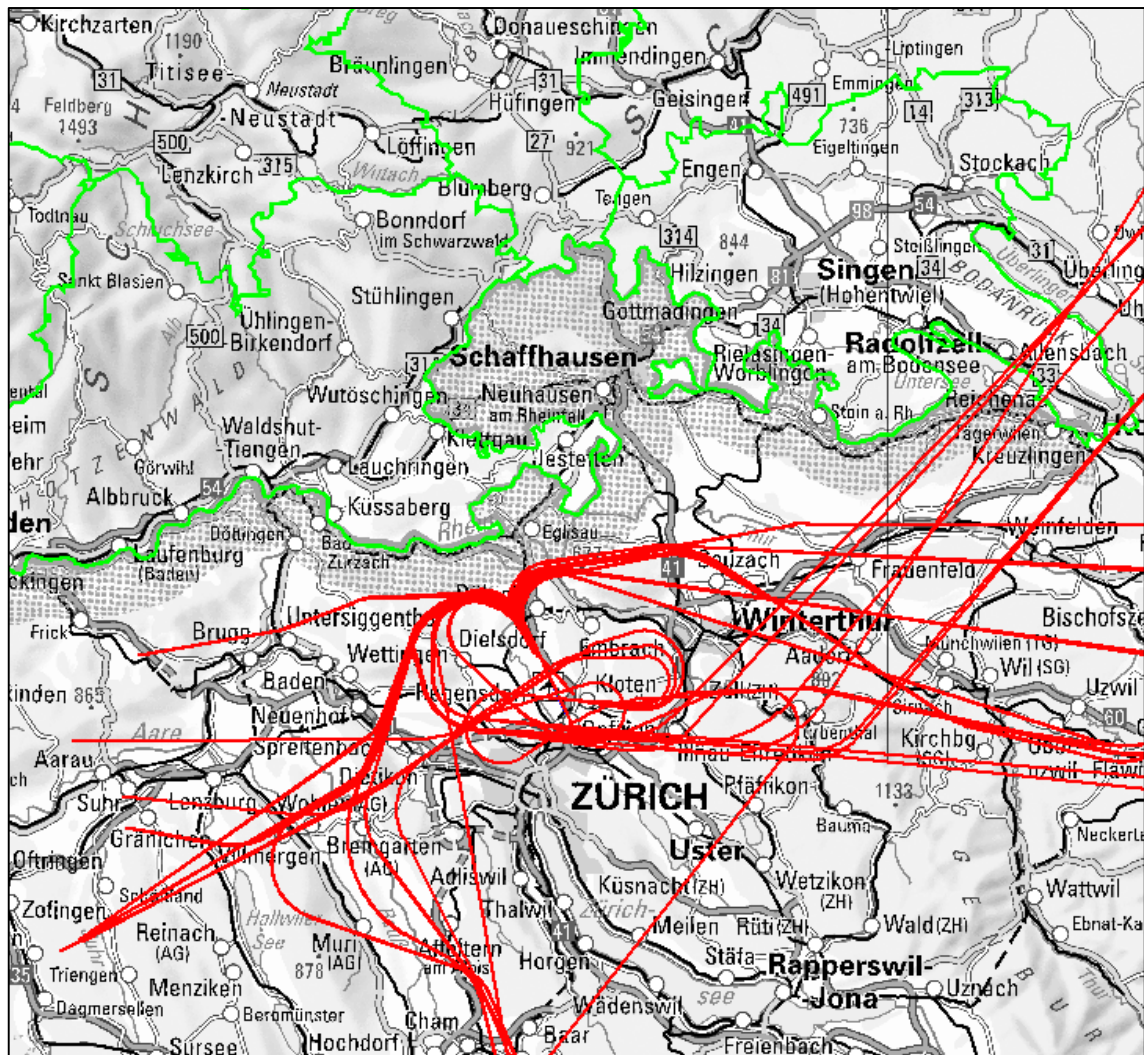


Abbildung 44: Abflugrouten Flughafen ZRH während der Tag-/Nachtzeit gemäß BR2014

Die Forderung der Stuttgarter Erklärung, Abflüge über deutschem Staatsgebiet zu vermeiden, wäre mit dem BR2014 somit erfüllt.

7.2 Einschätzung zur Umsetzbarkeit der „Stuttgarter Erklärung“

Die Forderungen der im Jahr 2009 verfassten „Stuttgarter Erklärung“ sind komplex und erfordern infolge eine umfängliche Modellierung und Analysen zu deren Verifikation. Im Ergebnis der in Kapitel 7.1 qualitativ analysierten Randbedingungen ist festzustellen, dass eine grundsätzliche Umsetzung der „Stuttgarter Erklärung“ unter folgenden Randbedingungen möglich wäre:

1. Aufhebung des Warteverfahrens RILAX:
 - Die Aufhebung des Warteverfahrens RILAX würde sich auf die Warteverfahren GIPOL und AMIKI auswirken sowie zu einer geänderten Routenführung für Anflüge auf die Landebahnen 14, 16 und 28 führen, sodass ggf. weiter zu prüfen wäre, wie der Grundforderung einer Reduktion der Komplexität am Flughafen ZRH gemäß [55] entsprochen werden kann. Die Aufhebung von RILAX als Warteverfahren kann von daher im vorliegenden Gutachten nicht abschließend bewertet werden.
2. Kontingentierung auf 80.000 Anflüge über deutschem Staatsgebiet:
 - Bei verminderter Nutzung des Nordkonzepts um täglich vier Stunden am Tage wäre eine Begrenzung auf ca. 82.700 Anflüge pro Jahr (Bezugsjahr 2020) im deutschen Luftraum möglich.
 - In weiteren Detailanalysen wäre zu prüfen, ob und wie über diese Anzahl hinausgehende Anflüge auf den Flughafen ZRH ohne die Inanspruchnahme deutschen Luftraums abgewickelt werden können.
3. Kein gekurvter Anflug auf die Landebahn 14:
 - Auf einen gekurvten Anflug kann aus betrieblichen Gründen verzichtet werden.
4. Vermeidung von Abflügen über deutschem Staatsgebiet:
 - Dies ist möglich, da Abflüge gemäß avisiertem BR2014 (auch bei Umsetzung von Alternative 3) nicht über deutsches Staatsgebiet geführt werden (vgl. Kapitel 7.1).
5. Keine Hinnahme von Umweg- und Warteflügen über deutschem Gebiet:
 - Im Nordkonzept wären Umwege mittels der bestehenden direkten Routenführungen vom Wegpunkt RILAX auf die Landebahnen 14 und 16 vermeidbar. Für Anflüge auf die Landebahn 28 existierten aus deutscher Sicht optimierte Konzepte wie die hier entwickelte Alternative 3.
6. Uneingeschränkte Beibehaltung der Sperrzeiten der 220. DVO:
 - Die Sperrzeiten der 220. DVO könnten unberührt bleiben.

Die Feststellung zur Umsetzbarkeit der Stuttgarter Erklärung bedingt aus Sicht des Gutachters zwingend folgende weitere Analysen, die über die hier vorgenommene rein qualitative Bewertung hinausgehen:

- Feststellung der operationellen Auswirkungen auf das Hub-System in Bezug auf die An- und Abflug-„Wellen“ am Flughafen Zürich (inkl. Auswirkungen auf das Betriebsreglement), die für die dortigen Operateure (speziell SWISS) elementar für die Durchführung ihres Geschäftsmodells sind,
- Eine Luftraumsimulationen, die die Auswirkungen auf die Flughafenkapazität insbesondere in Bezug auf das Hub-System feststellt, sowie weiterführend eine Sicherheitsstudie gemäß EU-Verordnung, analog zu den Hinweisen bei Umsetzung von Alternative 3.
- Rückwirkungen auf den SIL-Prozess in der Schweiz (Analysen zur Umweltbelastung und Sicherheit),
- Analysen zur Lärmbetroffenheit.

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AGL	Above Ground Level (Höhe über Grund)
AIP	Aeronautical Information Publication (Luftfahrthandbuch)
APU	Auxiliary Power Unit (Hilfsturbine)
ARP	Aerodrome Reference Point (Flughafenbezugspunkt)
ATC	Air Traffic Control (Flugverkehrskontrolle)
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
AzD	Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt (Schweiz)
BR2014	Betriebsreglement 2014
CAD	Computer-aided design
CAT	ILS-Category (ILS-Betriebsstufe)
CDO	Continuous Descent Operations
CTR	Controlled Traffic Region
DER	Departure End of Runway
DES	Datenerfassungssystem
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DGM	Digitales Geländemodell
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Doc.	Document
DTK	Digitale topografische Karte
DVO	Durchführungsverordnung
DXF	Drawing Interchange File Format (CAD-Dateiformat)
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
ERNIP	European Route Network Improvement Plan
EU	Europäische Union
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
FAF	Final Approach Fix
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System
FlugLSV	Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm
FluLärmG	Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm
FL	Flight Level (Flugfläche)
FMS	Flight Management System (Rechnerumgebung an Bord eines LFZ für Flugsteuerung und -navigation)
ft	Fuß (1 ft = 0,3048 m)
FZAG	Flughafen Zürich AG

GfL	Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH
GIS	Geoinformationssystem
IAF	Initial Approach Fix
IAS	Indicated Airspeed (gemessene Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luftmasse)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization (Internationale Zivilluftfahrtorganisation)
IF	Intermediate Fix
IFR	Instrument Flight Rules (Instrumentenflugregeln)
ILS	Instrument Landing System (Instrumentenlandesystem)
KP	Kreuzungspunkt
LFZ	Luftfahrzeug
LuftVO	Luftverkehrsordnung
MAPt	Missed Approach Point (Fehlanflugpunkt)
MOC	Minimum Obstacle Clearance (Hindernismindestabstand)
MSL	Mean Sea Level (Meeresspiegel Niveau)
NDB	Non-Directional Beacon (ungerichtetes Funkfeuer)
NM	Nautische Meile (1 NM = 1,852 km)
NPA	Non-precision Approach (Nichtpräzisionsanflug)
OAS	Obstacle Assessment Surface (Hinderniserfassungsfläche)
PA	Precision Approach (Präzisionsanflug)
PANS-ATM	Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management (ICAO Doc. 4444)
PANS-OPS	Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (ICAO Doc. 8168)
PDG	Procedure Design Gradient
QNH	Vom aktuellen Flugplatzdruck ausgehend auf Meeresspiegel umgerechneter Luftdruck unter Annahme der Standardatmosphäre
RNAV	Area Navigation (Flächennavigation)
RNP	Required Navigation Performance
RWY	Runway (Start- und Landebahn)
RVSM	Reduced Vertical Separation Minimum (Reduzierte Vertikalstaffelung)
SES	Single European Sky
SID	Standard Instrument Departure (Standard-Instrumenten-Abflugroute)
SIL	Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt
SLB	Start- und Landebahn
STAR	Standard Instrument Arrival
SUST	Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle

TAS	True Airspeed
TP	Turning Point (Kursänderungspunkt)
TSE	Total System Error
UBA	Umweltbundesamt
UTM	Universal Transverse Mercator (Koordinatensystem)
VFR	Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)
Vol.	Volume (Band)
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VHF Drehfunkfeuer)
VSM	Vertical Separation Minimum (Vertikalstaffelung)
WGS84	World Geodetic System 1984 (geodätisches Referenzsystem)
ZRH	Verkehrsflughafen Zürich (IATA-Code)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Daten und Betriebszustände der Vergleichsanalysen.....	18
Abbildung 2: Untersuchungsgebiet (gelb umrahmt) mit verorteten Anflugrouten gemäß BR2014 [2]	19
Abbildung 3: Idealierte Flugspuren (rot) der Anflugroute A28T12 im BR2014 gemäß Karte 9 in [2]	20
Abbildung 4: Änderungen der Flugrouten im Ostkonzept nach BR2014 (gemäß [9]).....	23
Abbildung 5: PBN-Elemente und Sichtweisen der unterschiedlichen Systemteilnehmer, nach [38].....	29
Abbildung 6: Flächensystem zur Bewertung der Hindernisfreiheit gemäß [4]	31
Abbildung 7: Segmente des Instrumentenanfluges nach [3] und [4]	31
Abbildung 8: Staffelungsarten von LFZ (Prinzipskizze)	34
Abbildung 9: Darstellung eines Flugkorridors am Beispiel von drei Teilkorridoren und Flugwegen nach AzB [14]	40
Abbildung 10: Streurouten am Beispiel der Abflugrouten Startbahn 32 am Tag [2]	43
Abbildung 11: Darstellung der An- und Abflugrouten des Basisszenarios und deren Lage bezüglich der süddeutschen Landkreise inkl. Ausweisung des Untersuchungsgebietes (siehe [1] und [2]; Kartenmaterial: [36])	46
Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung zu ermittelten Korridorbreiten auf geraden und gekrümmten Routenabschnitten.....	47
Abbildung 13: Prinzipdarstellung zur Festlegung der Zwischenanflugsegmentlängen.....	48
Abbildung 14: Ausweisung von Naturschutzgebieten (rote Flächen), Landschaftsschutzgebieten (grüne Flächen) und Flora-Fauna-Habitat-Gebiete (blaue Flächen) in Baden-Württemberg nach [40]	51
Abbildung 15: Gemeindegebiete des Untersuchungsgebietes mit überlagertem Lärmraster im GIS (Basisszenario, Dauerschallpegel Tag)	52
Abbildung 16: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Basisszenario	53
Abbildung 17: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Basisszenario	53
Abbildung 18: Aktuelles Betriebsreglement Flughafen ZRH [47]	56
Abbildung 19: Anflugrouten Bahn 28, Alternative 1 (blaue Linien: Routen BR2014, blaue Strichlinien: entfallende Routen BR2014, grüne Linien: neue Routen, Basis Status Quo).....	58
Abbildung 20: Relevante An- und Abflugrouten sowie Kreuzungspunkte für Alternative 1 (blaue Linien: bestehende Anflugrouten Bahn 28, rote Linien: bestehende Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32, rote Strichlinie: entfallene Abflugroute).....	59
Abbildung 21: Flughöhenermittlung anhand von Radardaten am KP 1, Alternative 1	60
Abbildung 22: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 1	62
Abbildung 23: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 1	63
Abbildung 24: Angebot und Nachfrage an Slots, Winterflugplan 2012/13, aus [52]	67
Abbildung 25: Anflugrouten Bahn 34 Alternative 2 (blaue Linien: unverändert genutzte Bestandsrouten, blaue Strichlinien: entfallende Bestandsrouten)	68
Abbildung 26: Relevante An- und Abflugrouten sowie Kreuzungspunkte für Alternative 2 (blaue Linien: bestehende Anflugrouten Bahn 34, rote Linien: bestehende Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32)	69
Abbildung 27: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 2	70
Abbildung 28: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 2	71
Abbildung 29: Handlungsspielraum für Alternative 3, nach [50].....	73
Abbildung 30: Veränderter Anflugroutenverlauf Alternative 3 (Quelle: Google Earth).....	74
Abbildung 31: Anflugrouten Bahn 28 Alternative 3 (blaue Linien: optimierte Routen gemäß Alternative 1, blaue Strichlinien: entfallene Routen BR2014, grüne Linien: optimierte Routen).....	75

Abbildung 32: Relevante An- und Abflugrouten Alternative 3 (blaue Linien: optimierte Anflugrouten Bahn 28, rote Linien: bestehende/optimierte Abflugrouten Bahn 34/Bahn 32)	76
Abbildung 33: Alternative 3 unter der Maßgabe eines reduzierten lateralen Abstands paralleler Flugrouten (25 NM Radius um die hier relevante Radarlage Hohlberg)	77
Abbildung 34: Isolinien der Dauerschallpegel am Tag (06 – 22 Uhr), Alternative 3	78
Abbildung 35: Isolinien der Dauerschallpegel in der Nacht (22 – 06 Uhr), Alternative 3	79
Abbildung 36: Flugspuren Landungen Landebahn 28 (ca. 1 Monat exemplarisch, rot: Flugspur führt über mindestens einen der Landkreise, Hintergrundkarte: geodata © swisstopo).....	81
Abbildung 37: Prinzip des Wellensystems am Flughafen ZRH gemäß [65]	86
Abbildung 38: Kapazität der Flugbetriebskonzepte gemäß [52]	87
Abbildung 39: Zeitliche Verteilung von Warteverfahren, RILAX, AMIKI, GIPOL, Basis Radardaten [15], Zeitraum 05.2014 – 10.2014	88
Abbildung 40: Tageszeitliche Verteilung der Warteverfahren am 04.08.2014	88
Abbildung 41: Höhenverteilung der Warteverfahren im (Zeitraum 05/2014 – 10/2014)	89
Abbildung 42: Zugeteilte Anflug-Slots im Sommerflugplan 2014 (nach [56])	91
Abbildung 43: Zugeteilte Abflug-Slots im Sommerflugplan 2014 (nach [56])	91
Abbildung 44: Abflugrouten Flughafen ZRH während der Tag-/Nachtzeit gemäß BR2014..	93
Abbildung 45: Verfahrensschutzraum für gerade Abflugverfahren mit Kursführung anhand Funknavigationseinrichtung nach ICAO PANS-OPS [3]	112
Abbildung 46: Verfahrensschutzraum für gekurvte Abflugverfahren und Kurveneinleitung bei einem Fixpunkt nach ICAO PANS-OPS [3]	113
Abbildung 47: Technisch-physikalische Eigenschaften der LFZ-Klassen S 5.2 –S und L (Auszug aus AzB [14])	115
Abbildung 48: Visualisierung der Steigprofile je LFZ-Klasse gemäß AzB [14]	116
Abbildung 49: Visualisierung der Sinkprofile je SLB gemäß AzB [14].....	116
Abbildung 50: Prinzip des Segmentierungsverfahrens nach AzB [14].....	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eigenschaften der SLB am Flughafen ZRH gemäß AIP [10].....	13
Tabelle 2: Bahnspezifische Flugbewegungen für die Betriebszustände Zt und Zt+ gemäß [1]	14
Tabelle 3: Vergleich Status Quo 2020 und BR2014, Bezugsjahr 2020.....	22
Tabelle 4: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2014 und BR2014, Bezugsjahr 2014	23
Tabelle 5: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2014 und BR2014, Bezugsjahr 2020	24
Tabelle 6: Vergleich Ostkonzept Status Quo 2020 und BR2014, Bezugsjahr 2020 mit zusätzlichen Ostanflügen	24
Tabelle 7: LFZ-Kategorien und relevante Fluggeschwindigkeiten bezüglich der Verfahrensplanung (Auszug gemäß [4])	28
Tabelle 8: Parameter der Flugplatzdaten und Start- und Landebahnen für Fluglärmrechnungen	42
Tabelle 9: Routen mit aus Radardaten ermittelten Korridorbreiten	48
Tabelle 10: Errechnete Längen der Zwischenanflugsegmente je Landebahn.....	49
Tabelle 11: Vergleich berechneter Dauerschallpegel (Basisszenario) je Landkreis mit Schutzzonengrenzwerten nach FluLärmG [24].....	54
Tabelle 12: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Landkreis und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)	54
Tabelle 13: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Landkreis und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)	54
Tabelle 14: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 1 versus Basisszenario (Tag)	63
Tabelle 15: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 1 versus Basisszenario (Nacht)	64
Tabelle 16: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 1 versus Status Quo 2014	64
Tabelle 17: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 2 versus Basisszenario (Tag)	71
Tabelle 18: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 2 versus Basisszenario (Nacht)	72
Tabelle 19: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 2 versus Status Quo 2014	72
Tabelle 20: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 3 versus Basisszenario (Tag)	79
Tabelle 21: Änderung an betroffenen Einwohnern pro Landkreis und Dauerschallpegel, Alternative 3 versus Basisszenario (Nacht)	80
Tabelle 22: Änderung der Anzahl an Überflügen gemäß Prognose 2020 pro Landkreis, Alternative 3 versus Status Quo 2014	80
Tabelle 23: Vergleich rechnerische Zahl an Überflügen „Ostkonzept Alternative 3“ und Ist- Zustand, jeweils für 2014	81
Tabelle 24: Erweiterte Nutzung (rot) des Ostkonzepts bei meteorologischem „Normalfall“ ..	92
Tabelle 25: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand Status Quo (Prognosejahr 2020)	109
Tabelle 26: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Prognosejahr 2020).....	109
Tabelle 27: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand Status Quo (Bezugsjahr 2014).....	110
Tabelle 28: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Bezugsjahr 2014).....	110
Tabelle 29: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Prognosejahr 2020), erweitertes Ostkonzept.....	110

Tabelle 30: Ergebnisse Vergleich 1 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise	110
Tabelle 31: Ergebnisse Vergleich 2 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise	111
Tabelle 32: Ergebnisse Vergleich 3 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise	111
Tabelle 33: Ergebnisse Vergleich 4 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise	111
Tabelle 34: Zusammenfassung von Parametern zur Kurvenauslegung von Flugverfahren gemäß ICAO PANS-OPS [3]	112
Tabelle 35: LFZ-Gruppen und Zuordnung der am Flughafen ZRH operierenden LFZ-Muster (in Anlehnung an [1] und AzD [13])	114
Tabelle 36: Flugbewegungen Start BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 06 – 22 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])	117
Tabelle 37: Flugbewegungen Start BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 22 – 06 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])	118
Tabelle 38: Flugbewegungen Landung BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 06 – 05 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])	119
Tabelle 39: Übersicht im Rahmen der Lärmrechnung implementierter Abflugrouten des Basisszenarios inkl. Gewichtungsfaktoren (in Anlehnung an [1] und [2])	120
Tabelle 40: Übersicht im Rahmen der Lärmrechnung implementierter Anflugrouten des Basisszenarios inkl. Gewichtungsfaktoren (in Anlehnung an [1] und [2])	121
Tabelle 41: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)	124
Tabelle 42: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)	125
Tabelle 43: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)	126
Tabelle 44: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)	127
Tabelle 45: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)	128
Tabelle 46: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)	129
Tabelle 47: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)	130
Tabelle 48: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)	131
Tabelle 49: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Nacht)	132
Tabelle 50: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Nacht)	133
Tabelle 51: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag)	134

Tabelle 52: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag).....	135
Tabelle 53: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag).....	136
Tabelle 54: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Nacht)	137
Tabelle 55: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Nacht)	138
Tabelle 56: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag).....	139
Tabelle 57: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag).....	140
Tabelle 58: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag).....	141
Tabelle 59: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Nacht)	142
Tabelle 60: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Nacht)	143
Tabelle 61: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)	144
Tabelle 62: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)	144
Tabelle 63: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 1 gegenüber dem Basisszenario (Tag)	145
Tabelle 64: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 1 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)	145
Tabelle 65: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 2 gegenüber dem Basisszenario (Tag)	145
Tabelle 66: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 2 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)	146
Tabelle 67: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 3 gegenüber dem Basisszenario (Tag)	146
Tabelle 68: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 3 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)	146

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT: *Flughafen Zürich: Betriebsreglementsänderung 2014 – Fluglärmberechnungen nach Lärmschutz-Verordnung*. Zürich : EMPA, Oktober 2013
- [2] EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT: *Flughafen Zürich: Betriebsreglementsänderung 2014 – Fluglärmberechnungen nach Lärmschutz-Verordnung, Karten zum Bericht*. Zürich : EMPA, Oktober 2013
- [3] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS): Volume I – Flight Procedures*. Doc 8168, OPS/611, 5th Edition, Montreal : ICAO, 2006
- [4] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS): Volume II – Construction of Visual and Instrument Flight Procedures*. Doc 8168, OPS/611, 5th Edition, Montreal : ICAO, 2006
- [5] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management (PANS-ATM)*. Doc 4444, ATM/501, 15th Edition, Montreal : ICAO, 2007
- [6] EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION: *European Route Network Improvement Plan (ERNIP) – Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines*. Edition Number 1.4, Brüssel : EUROCONTROL, November 2014
- [7] EUROPÄISCHE UNION: *Verordnung (EU) Nr. 965/2012 zur Festlegung technischer Vorschriften und von Verwaltungsverfahren in Bezug auf den Flugbetrieb gemäß der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates*. Brüssel, Oktober 2012
- [8] GESELLSCHAFT FÜR LUFTVERKEHRSFORSCHUNG MBH ; DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Fachgespräch DFS zur Umsetzung eines Szenarios mit minimaler Lärmbelastung der süddeutschen Landkreise (Umsetzung Stuttgarter Erklärung)*. GFL/DFS : Langen, April 2015
- [9] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Gesuch für die Betriebsreglementsänderung 2014*. Zürich : FZAG, Oktober 2013
- [10] SKYGUIDE: *Aeronautical Information Publication – AIP Switzerland, LSZH – Zurich AD 2 – 1. AMDT 003 2015*, Wangen bei Dübendorf : SKYGUIDE, März 2015
- [11] EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT: *Aufbereitung der Flugbetriebsdaten des Flughafens Zürich nach der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)*. Bericht-Nr. 451'507 - 1, Zürich : EMPA, September 2009
- [12] EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT: *Datenlieferung an FZAG: Grundlagedaten (Profile) BR14, EMPA Nr. 5214.000994*. Abt. Akustik / Lärminderung, Zürich : EMPA, April 2015

- [13] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV), Anlage 1: Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD)*. Drucksache 566/08, Berlin : BMJV, August 2008
- [14] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV), Anlage 2: Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)*. Drucksache 566/08, Berlin : BMJV, August 2008
- [15] DEUTSCHE FLUGSICHERUNG GMBH: *Bereitstellung von FANOMOS-Daten Flughafen ZRH*. E-Mail von S. Wichmann, Langen : DFS, Mai 2015
- [16] BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT: *SIL-Prozess: Anpassung des Objektblatt-Entwurfs aufgrund des Staatsvertrags mit Deutschland*. Ittigen : BAZL, Oktober 2012
- [17] BUNDESAUFSICHTSAMT FÜR FLUGSICHERUNG: *Nachrichtliche Bekanntmachung der 5. VO zur Änderung der 220. DVO zur LuftVO (Festlegung von Flugverfahren für An- und Abflüge nach Instrumentenflugregeln zum und vom Flughafen Zürich)*. Veröffentlicht in: Nachrichten für Luftfahrer 1-229-14, Langen: BAF, Oktober 2014
- [18] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND ; SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT: *Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweizerischen Eidgenossenschaft über die Auswirkungen des Betriebs des Flughafens Zürich auf das Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland*. Juli 2012
- [19] KÜHNER, DIETRICH: *Bewertung des Fluglärms im Landkreis Waldshut, Teil 1: Beschreibung der Lärmbelastung*. Bericht Nr. 19102009. Odenthal, November 2009
- [20] LERCHER, PETER: *Bewertung des Fluglärms im Landkreis Waldshut, Teil 2: Bewertung der Lärmbelastung aus medizinisch-hygienischer Sicht*. Götzens, November 2009
- [21] CERVUS CONSULT GMBH: *Vergleich Messung / Berechnung von Lärmschleppen im Landkreis Waldshut*. Stellungnahme, Dokument CC 2011.006.1.3, Willich-Münchheide, März 2012
- [22] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Bewegungsstatistik: Flugbewegungen am Flughafen Zürich – Monatliche Flugbewegungen*. Zürich : FZAG. Online unter URL: <http://www.flughafen-zuerich.ch/unternehmen/laerm-politik-und-umwelt/flugbewegungen/bewegungsstatistik> (Abgerufen im Mai 2015)
- [23] INTRAPLAN CONSULT GMBH: *Prognosen für verschiedene Flugbetriebsvarianten mit unterschiedlichen Kapazitäten für den Flughafen Zürich – Ergänzung der Studie von 2006 einschließlich Aktualisierung der Basisdaten*. Abschlussbericht, München : ITP, Juni 2009
- [24] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG)*. Ursprüngliche Fassung vom 30. März 1971, letzte Änderung durch 1. Juni 2007, Neubekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550), Berlin, Oktober 2007

- [25] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ: *Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen – 1. FlugLSV)*. Berlin : BMJV, Dezember 2008
- [26] SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT: *Lärmschutz-Verordnung (LSV) 814.41*. Gesetz vom 15. Dezember 1986. Bern, Stand: Februar 2015
- [27] EIDGENÖSSISCHE DEPARTEMENT FÜR UMWELT, VERKEHR, ENERGIE UND KOMMUNIKATION: *Flughafen Zürich-Kloten – Plangenehmigung: Projektänderung Rollwege und Vorfeld Midfield: neue Abrollwege ab Piste 28 und Infrastruktur vorläufiges Betriebsreglement*. 31-06-2464'ZRH / nua, Bern : UVEK, September 2007
- [28] LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG: *DOM-Daten für die Landkreise Schwarzwald-Baar-Kreis, Kreis Konstanz, Kreis Lörrach und Kreis Waldshut*. Digitales Oberflächenmodell, Rasterweite 50 m. Stuttgart : LGL BW, Stand: März 2015
- [29] LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG: *Digitale Oberflächenmodelle (DOM)*. Online unter URL: https://www.lgl-bw.de/lgl-internet/opencms/de/05_Geoinformation/Geotopographie/Digitale_Oberflaechenmodelle/, Stuttgart : LGL BW, Stand: Juni 2015
- [30] STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER: *Regionaldatenbank Deutschland: Bevölkerungs- und Gebietsstand, regionale Ebene, Stichtag: 31.12.2013*. Stand: Mai 2015
- [31] TSCHUDIN, S. ; FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Erläuterung von Streuspuren für Lärmberechnung*. Zürich : FZAG, E-Mail vom 21.05.2015
- [32] SKYGUIDE: *AIP Switzerland: Instrument Approach Chart Zurich LSZH ILS RWY 16. AIRAC 11 AMDT 012, LSZH AD 2.24.10.2 – 1*. Wangen : Skyguide, Dezember 2014
- [33] WÖLFEL MESSSYSTEME SOFTWARE GMBH + CO. KG: *Lärmberechnungen an Flughäfen und Landeplätzen – Fluglärmhandbuch*. IMMI 2015, Höchberg bei Würzburg, 2014
- [34] DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT: *Ermittlung der durch An- und Abflüge auf den Flughafen Zürich hervorgerufenen Lärmbelastung, insbesondere auch in der Grenzregion*. F+E-Vorhaben Nr. L-2/2009-50.0336/2009, Institut für Aerodynamik und Strömungsmechanik, Göttingen : DLR, Oktober 2009
- [35] ISERMANN, U. ; DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT: *Anfrage zum Gutachten des DLR, F+E-Vorhaben Nr. L-2/2009-50.0336/2009: Länge von Zwischenanflugsegmenten*. Göttingen : DLR, E-Mail vom 09. Juni 2015
- [36] BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE: *Digitale Topographische Karte 1 : 1000 000 – DTK1000*. Stand: 2013
- [37] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Instrument Flight Procedures Construction Manual*. Doc 9368, AN/911, 2nd Edition, Montreal : ICAO, 2002
- [38] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Performance-based Navigation (PBN) Manual*. Doc 9613 AN/937, 4th Edition, Montreal : ICAO, 2013
- [39] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Lateral Separation Criteria in PANS-ATM*. PBNICG/1– IP/05, Peking : März 2015

- [40] LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG: *Daten- und Kartendienst der LUBW – Schutzgebiete*. Online unter URL: <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml> (Abgerufen im Juli 2015)
- [41] LAND BADEN-WÜRTTEMBERG: *Gesetz zum Schutz der Natur, zur Pflege der Landschaft und über die Erholungsvorsorge in der freien Landschaft (Naturschutzgesetz – NatSchG)*. GBl. S. 745, 13. Dezember 2005
- [42] SKYGUIDE: *AIP Switzerland: Area Chart – RNAV Transition to Final Approach RWY 28, Zurich LSZH, RNAV 1. AIRAC 11 AMDT 012, LSZH AD 2.24.10.3 – 1*. Wangen : Skyguide, Dezember 2014
- [43] SKYGUIDE ; GERMANN, R.: *LSZH RNAV Transition AMIKI RWY 28*. CR-3243, Version 1.0 e, AIP-Chart Publication Draft, Wangen : Skyguide, März 2013
- [44] SKYGUIDE ; GERMANN, R.: *LSZH RNAV Transition GIPOL RWY 28*. CR-3243, Version 1.0 e, AIP-Chart Publication Draft, Wangen : Skyguide, März 2013
- [45] SKYGUIDE ; GERMANN, R.: *LSZH RNAV Transition RILAX RWY 28*. CR-3243, Version 1.0 e, AIP-Chart Publication Draft, Wangen : Skyguide, März 2013
- [46] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Betriebsreglement für den Flughafen Zürich vom 30. Juni 2011*. Zürich : FZAG, Stand: 1. Februar 2012
- [47] BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT: *Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)*. Teil IIIC, Objektblatt Flughafen Zürich, Bern : BAZL, 26.Juni 2013
- [48] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: *Continuous Descent Operations (CDO) Manual*. Doc 9931, AN/476, 2st Edition, Montreal : ICAO, 2010
- [49] FRICKE, H. ; SEIß, C. ; HERRMANN, R.: *Fuel and Energy Benchmark Analysis of Continuous Descent Operations – Why CDO flight efficiency potential has not yet been utilized*. 11th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM2015, Lissabon : Juni 2015
- [50] FLUGHAFEN ZÜRICH AG ; CONRAD, S. ; FILIPPI, J. ; KELLER, F.: *Betriebsreglementsänderung 2014 (BR2014)*. Präsentation, Zürich : FZAG, 9. Oktober 2014
- [51] GESELLSCHAFT FÜR LUFTVERKEHRSFORSCHUNG: *Protokoll zum Meeting vom 31.03.2015: Vorstellung des Sachstandes zum Gutachten*. Dresden : GfL, Dresden : 23. April 2015
- [52] BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT (BAZL): *Flughafen Zürich, SIL-Prozess: Anpassung des Objektblatt-Entwurfs aufgrund des Staatsvertrags mit Deutschland*, Objektblatt Flughafen Zürich, Bern : BAZL, 05.Oktober 2012
- [53] GESELLSCHAFT FÜR LUFTVERKEHRSFORSCHUNG MBH: *Studie zu Tailwind und Runway Excursions am Flughafen Zürich*. Dresden : GfL, 28.März 2014
- [54] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Entwicklung der Flugbewegungen. Instrumentenflugverkehr und Sichtflugverkehr 2014*, Zürich : FZAG, März 2015
- [55] FLUGHAFEN ZÜRICH AG, SKYGUIDE, SWISS, LUFTWAFFE SCHWEIZER ARMEE: *Sicherheitsüberprüfung Flughafen Zürich Risiko- und Massnahmenbeurteilung, Schlussbericht*, Zürich : 14.Dezember 2012

- [56] INTRAPLAN CONSULT GMBH: *Monitoring der Wettbewerbsfähigkeit des Schweizer Luftverkehrs*, München : ITP, 2015
- [57] *Erklärung der politisch Verantwortlichen in Südbaden zur Flugverkehrsbelastung durch den Flughafen Zürich*, Stuttgart : 25.11.2009
- [58] BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAFIE SWISSTOPO: *Digitale Landeskarte der Schweiz im Rasterformat 1:1000000 – Swiss Map Raster 1000 (Pixelkarte)*. Köniz/Wabern, Nachführungsstand 1994 (online unter: <http://www.toposhop.admin.ch>)
- [59] EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION: *Local Single Sky Implementation (LSSIP) Switzerland*. Year 2013 –Level 1, Brüssel : EUROCONTROL, April 2014
- [60] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Statistikbericht 2014*. Zürich : FZAG, Februar 2015
- [61] COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 390/2013; performance scheme for air navigation services and network functions; Europäische Union; 3. May. 2013
- [62] BVerwG, Beschluss vom 04. Mai 2005 – 4 C 6/04 –, BVerwGE 123, 322-346, Rn. 28f
- [63] Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, Urteil vom 24.01. 2006 – 8 S 1706/04 – ,Rn. 36, juris
- [64] AWG Schweiz: *Luftverkehr ist kein Selbstzweck von Prof. Dr. Bruno Gehrig, Verwaltungspräsident SWISS*, Zürich : 2014
- [65] BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT: *SIL-Prozess: Prognosen für verschiedene Betriebsvarianten mit unterschiedlichen Kapazitäten für den Flughafen Zürich: Ergänzung der Studie von 2006 einschliesslich Aktualisierung der Basisdaten (Intraplan Consult Gmbh)* : BAZL, 02. Februar 2010
- [66] BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT/AEROSUISSE: *Volkswirtschaftliche Bedeutung der Zivilluftfahrt in der Schweiz*. BAZL/Aerosuisse, Zürich : 30. Mai 2011
- [67] FLUGHAFEN ZÜRICH AG: *Fluglärmbericht 2014 / Flugverkehr*. Zürich : FZAG, 2015

Anhang A

A1 Ergebnisse der Berechnungen zur Wirkungsanalyse für das Ostkonzept gemäß Betriebsreglement 2014

Ergebnisse der Szenariovergleiche auf Basis der Gesamtflugbewegungen:

Die in Kapitel 3.3 dargestellten Ergebnisse isolieren die Flugbewegungen des Ostkonzepts. Die Vergleiche auf Basis der Gesamtflugbewegungen und die hierdurch entstehenden, zusätzlichen Auswirkungen der hier gegenständlichen Landkreise werden in folgender Tabelle 25 bis Tabelle 29 dargestellt.

Für jede Tages- und Nachtstunde sind die zugehörigen Gesamtflugbewegungen einschließlich derer, die nicht über deutsches Staatsgebiet führen, angegeben. Zudem weisen die absoluten Werte die Anzahl der Flugbewegungen auf sämtlichen Routen aus, die über den jeweiligen Landkreis führen. Die Prozentwerte geben den Anteil der Gesamtflugbewegungen an, die über dem jeweiligen Landkreis zu erwarten sind. Bei Interpretation der Werte ist ausdrücklich zu berücksichtigen, dass diese, z. B. für eine Ermittlung der kumulierten Gesamtbelastung grenznaher deutscher Landkreise, *nicht addiert* werden können. Die Routen führen zumeist nicht nur über einen Landkreis, wodurch eine einzelne Flugbewegung mehreren Landkreisen zugeordnet werden kann.

Zeitraum	Gesamtflugbew.	Waldshut	Schwarzw.-B.-Kr.	Konstanz
06 – 22	290.562	106.500	25.700	26.400
		37 %	9 %	9 %
22 – 23	8.380	200	600	600
		2 %	7 %	7 %
23 – 05	2.647	< 100	200	200
		< 4 %	8 %	8 %
Gesamt	301.589	106.800	26.500	27.200
		35 %	9 %	9 %

Tabelle 25: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand Status Quo (Prognosejahr 2020)

Zeitraum	Gesamtflugbew.	Waldshut	Schwarzw.-B.-Kr.	Konstanz
06 – 22	290.562	109.600	28.400	30.500
		38 %	10 %	10 %
22 – 23	8.380	600	1.000	900
		7 %	12 %	11 %
23 – 05	2.647	200	300	300
		8 %	11 %	11 %
Gesamt	301.589	110.400	29.700	31.700
		37 %	10 %	11 %

Tabelle 26: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Prognosejahr 2020)

Zeitraum	Gesamtflugbew.	Waldshut	Schwarzw.-B.-Kr.	Konstanz
06 – 22	247.578	90.700	21.900	22.500
		37 %	9 %	9 %
22 – 23	7.140	190	500	500
		3 %	7 %	7 %
23 – 05	2.255	< 100	200	200
		< 4 %	9 %	9 %
Gesamt	256.974	91.000	22.600	23.100
		35 %	9 %	9 %

Tabelle 27: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand Status Quo (Bezugsjahr 2014)

Zeitraum	Gesamtflugbew.	Waldshut	Schwarzw.-B.-Kr.	Konstanz
06 – 22	247.578	93.400	24.200	26.000
		38 %	10 %	11 %
22 – 23	7.140	500	800	800
		7 %	11 %	11 %
23 – 05	2.255	200	300	200
		9 %	13 %	9 %
Gesamt	256.974	94.100	25.300	27.000
		37 %	10 %	11 %

Tabelle 28: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Bezugsjahr 2014)

Zeitraum	Gesamtflugbew.	Waldshut	Schwarzw.-B.-Kr.	Konstanz
06 – 22	290.562	112.400	29.400	34.300
		39 %	10 %	12 %
22 – 23	8.380	700	1.000	1.1000
		8 %	12 %	12 %
23 – 05	2.647	200	300	300
		8 %	11 %	11 %
Gesamt	301.589	113.300	30.700	35.600
		38 %	10 %	12 %

Tabelle 29: Flugbewegungen über die Landkreise im Betriebszustand BR2014 (Prognosejahr 2020), erweitertes Ostkonzept

Ergebnisse des Ostkonzeptes bezogen auf den südbadischen Raum:

Die nachfolgenden Tabelle 30, Tabelle 31, Tabelle 32 und Tabelle 33 weisen die Flugbewegungen des Ostkonzeptes als Gesamtbetrachtung bezogen auf alle vier südbadischen Landkreise (Waldshut, Schwarzwald-Baar-Kreis, Konstanz sowie Lörrach) für jedes der vier Vergleichsszenarien aus.

Ergebnisse Vergleich 1: Status Quo 2020 vs. BR2014 2020:

Szenario	Bezugsjahr	Anflüge Ostkonzept	Südbaden
Status Quo	2020	24.300	7.100
BR2014	2020	24.300	14.400

Tabelle 30: Ergebnisse Vergleich 1 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise

Entsprechend Tabelle 30 kommt es damit im Bezugsjahr 2020 über den vier südbadischen Landkreisen insgesamt zu **7.300** zusätzlichen Flugbewegungen (Anflüge) bedingt durch das BR2014.

Ergebnisse Vergleich 2: Status Quo 2014 vs. BR2014 2014

Szenario	Bezugsjahr	Anflüge Ostkonzept	Südbaden
Status Quo	2014	20.700	6.100
BR2014	2014	20.700	12.300

Tabelle 31: Ergebnisse Vergleich 2 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise

Insgesamt wäre es über den vier südbadischen Landkreisen gemäß Tabelle 31 damit rückwirkend im Bezugsjahr 2014 zu **6.200** zusätzlichen Flugbewegungen (Anflüge) bedingt durch das BR2014 gekommen.

Ergebnisse Vergleich 3: Status Quo 2014 vs. BR2014 2020

Szenario	Bezugsjahr	Anflüge Ostkonzept	Südbaden
Status Quo	2014	20.700	6.100
BR2014	2020	24.300	14.400

Tabelle 32: Ergebnisse Vergleich 3 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise

So wären bei Einführung des Ostkonzeptes gemäß BR2014 entsprechend Tabelle 32 ausgehend vom Bezugsjahr 2014 **8.300** zusätzliche Überflüge über die vier südbadischen Landkreise im Rahmen des Anflugs auf den Flughafen ZRH im Bezugsjahr 2020 zu erwarten:

Ergebnisse Vergleich 4: Status Quo 2020 vs. BR2014 2020 mit erweiterten Ostanflügen

Szenario	Bezugsjahr	Anflüge Ostkonzept	Südbaden
Status Quo	2020	24.300	7.100
BR2014	2020	44.000	26.100

Tabelle 33: Ergebnisse Vergleich 4 im Ostkonzept bezogen auf die vier südbadischen Landkreise

Durch die hypothetische Verlegung aller Anflüge im Südkonzept (Bahn 34) auf das Ostkonzept (Bahn 28) im Betriebszustand Zt+ (BR2014) ergibt sich gemäß Tabelle 33 eine Zunahme der Gesamtflugbewegungen auf die Bahn 28. Hierdurch wären **19.000** zusätzliche Überflüge im Rahmen des Anflugs auf den Flughafen ZRH über die vier südbadischen Landkreise im Jahr 2020 zu verzeichnen.

A2 Weiterführende Informationen zur Verfahrensplanung

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

GENERAL NOTES:

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

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

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

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

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

Tabelle 34: Zusammenfassung von Parametern zur Kurvenauslegung von Flugverfahren gemäß ICAO PANS-OPS [3]

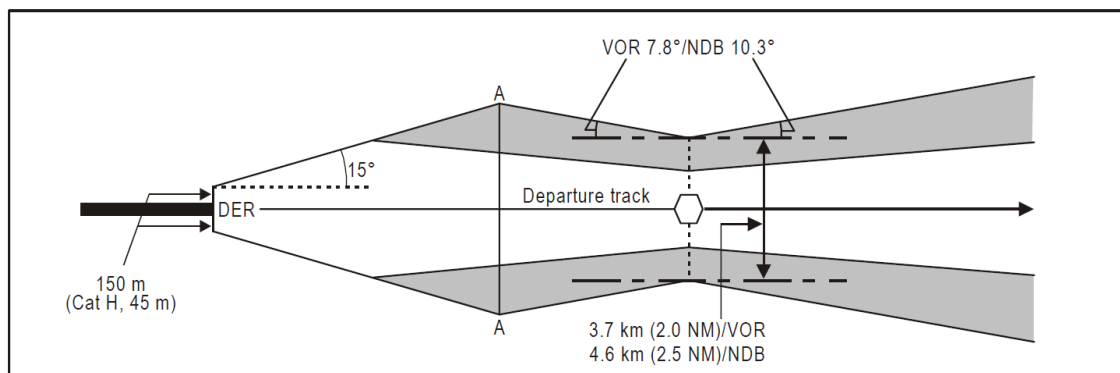


Abbildung 45: Verfahrensschutzraum für gerade Abflugverfahren mit Kursführung anhand Funknavigationseinrichtung nach ICAO PANS-OPS [3]

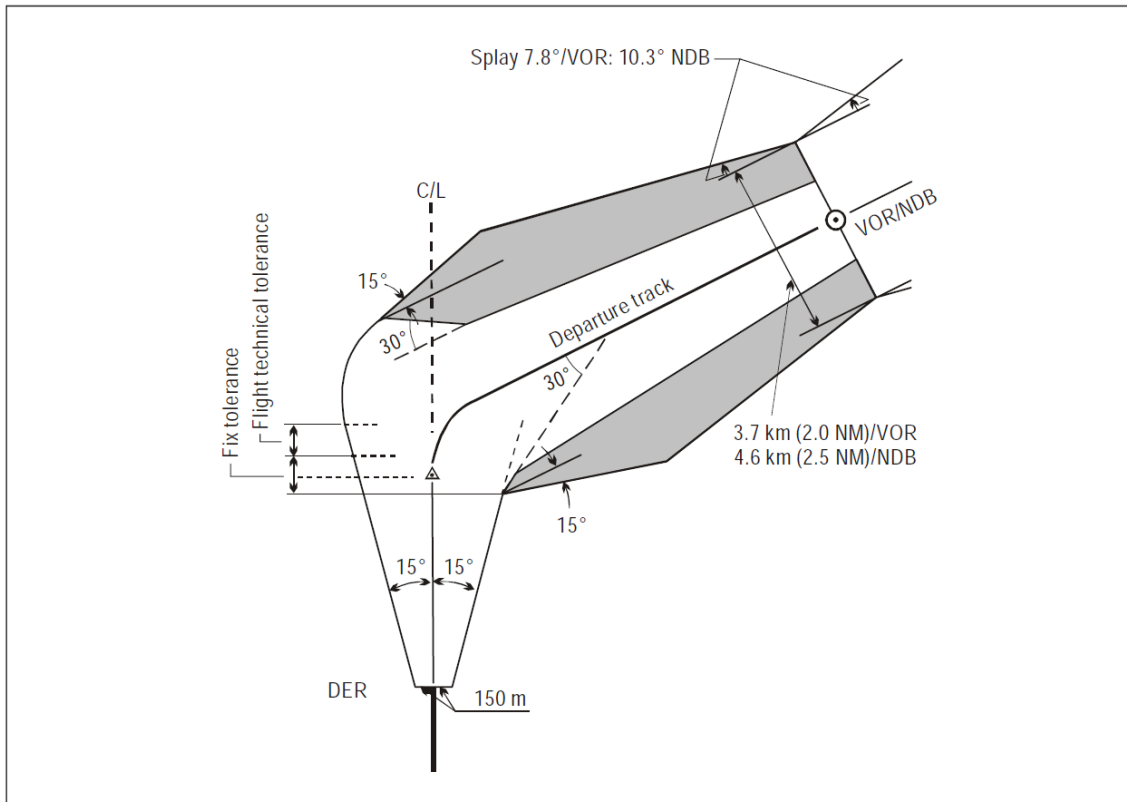


Abbildung 46: Verfahrensschutzraum für gekurvte Abflugverfahren und Kurveneinleitung bei einem Fixpunkt nach ICAO PANS-OPS [3]

A3 Randbedingungen von Luftfahrzeugklassen und -gruppen nach AzB/AzD sowie Zuordnung von Flugrouten und Flugbewegungszahlen

LFZ-Gruppe	Definition	Zuordnung LFZ Flughafen ZRH
S5.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen.	Canadair Regional Jet CRJ-200, Embraer ERJ-145, Fokker 70 und 100, BAe Avro RJ-100 (146-RJ100)
S5.2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden.	Airbus A319, A320 und A321 Boeing 737-300/-400/-500 und 757-200
S5.3	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis bis 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden.	McDonnell Douglas MD-80/81/82/83/87, Tupolev Tu-154M
S6.1	Strahlflugzeuge mit zwei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden.	Airbus A310-300, A330-200 Boeing 767-200/-300 und 777-200
S6.2	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t bis 300 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden. Das Luftfahrzeugmuster Airbus A340 ist von dieser Gruppe ausgenommen, da es in der Gruppe S 6.3 gesondert erfasst wird. a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2, deren aktuelle Startmasse bis 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2, deren aktuelle Startmasse mehr als 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 6.2	McDonnell Douglas MD-11/MD-11F
S6.3	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Airbus A340	Airbus A340-300/-600
S7	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 300 t bis 500 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 4 entsprechen. a) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7, deren aktuelle Startmasse bis 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. b) Starts mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7, deren aktuelle Startmasse mehr als 70 % der Höchststartmasse (MTOM) beträgt. a/b) Landungen mit Luftfahrzeugen der Luftfahrzeuggruppe S 7	Boeing 747-300/-400

Tabelle 35: LFZ-Gruppen und Zuordnung der am Flughafen ZRH operierenden LFZ-Muster (in Anlehnung an [1] und AzD [13])

Luftfahrzeugklasse S 5.2 – S
Datenblatt

Luftfahrzeugklasse S 5.2 – L
Datenblatt

n	(1) O _n [dB]	(2) R _n
1	86,0	(1,-1,1)
2	89,5	(1,-1,1)
3	87,5	(1,-1,1)
4	86,0	(1,-1,1)
5	83,0	(1,-1,1)
6	80,0	(1,-1,1)
7	77,0	(1,-1,1)
8	67,5	(1,-1,1)

s₀₁ = 300 m

n	(1) O _n [dB]	(2) R _n
1	68,0	(0,0,0)
2	76,0	(0,0,0)
3	74,0	(0,0,0)
4	75,0	(0,0,0)
5	72,5	(0,0,0)
6	69,5	(0,0,0)
7	70,0	(0,0,0)
8	56,5	(0,0,0)

s₀₁ = 300 m

(3) P_K: Startpunkt

σ' [m]	(4) Z [dB]	(5) V [m/s]	(6) H [m]
0	0	15	0
1900	0	80	0
4100	0	80	-
4600	-	80	460
5100	-3	-	-
9000	-3	115	690
15300	-3	135	1200
σ'	dZ/da'	dV/da'	dH/da'
[m]	[dB/m]	[s ⁻¹]	
> 15300	0	0	0,113

(3) P_K: Landeschwelle

σ' [m]	(4) Z [dB]	(5) V [m/s]	(6) H [m]
-300 - S _v	-10	15	0
-400	5	60	0
-300	0	65	0
7400	0	75	-
X	-1	108	h ₀
X + S _z	-1	108	h ₀
σ'	dZ/da'	dV/da'	dH/da'
[m]	[dB/m]	[s ⁻¹]	
> X + S _z	0	0	tan w

(7) h₀ = 1,4 m

(8) Q_e = 3 dB

zugehörige APU-Klasse: APU 1 - S

(7) h₀ = 1,4 m

(8) Q_e = 3 dB

(9) S_v = 900 m

zugehörige APU-Klasse: APU 1 - L

Die Angaben in der Spalte „H“ gelten nur für den Fall, dass im DES keine Abschnittshöhenangaben enthalten sind.

$$X = \frac{h_0}{\tan w} - 300$$

Die Werte für die Flughöhe h₀, die Länge des Zwischenanflugsegmentes S_v und den Gleitwinkel w ergeben sich aus dem DES. Die Angaben in der Spalte „H“ gelten nur für den Fall, dass im DES keine Abschnittshöhenangaben enthalten sind.

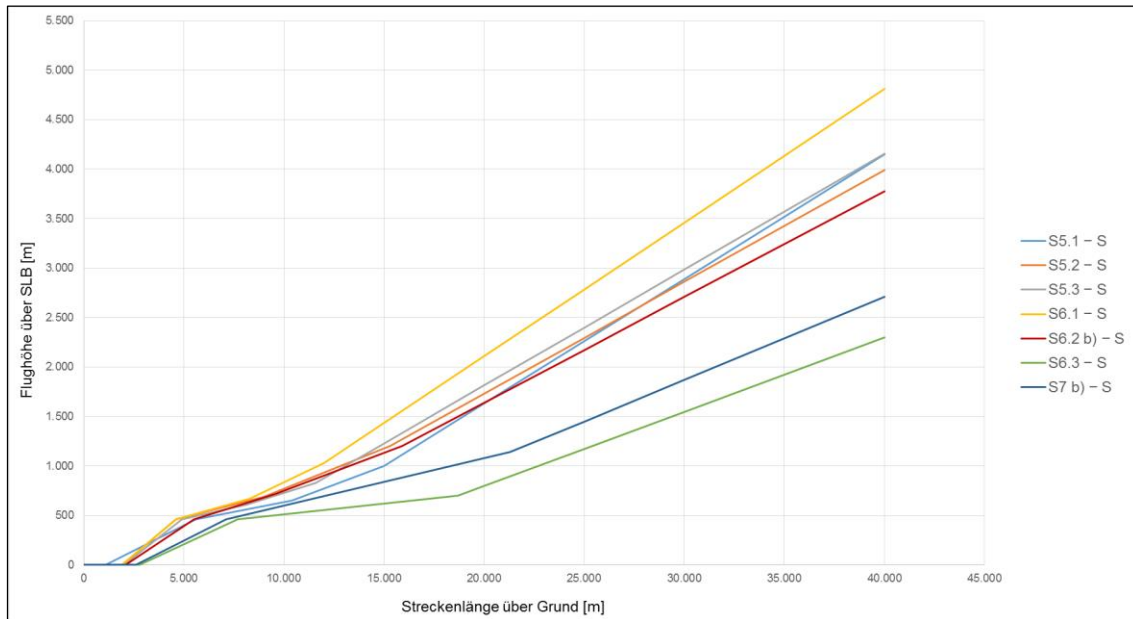
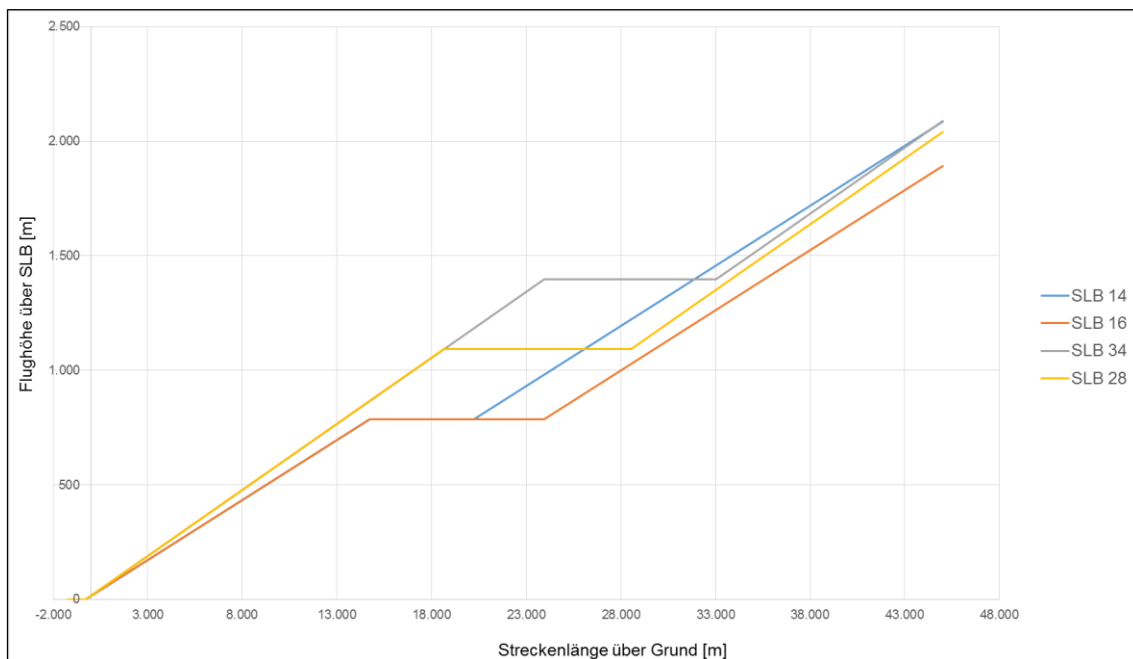


Abbildung 48: Visualisierung der Steigprofile je LFZ-Klasse gemäß AzB [14]

Abbildung 49: Visualisierung der Sinkprofile je SLB gemäß AzB [14]⁵⁰

⁵⁰ Die Sinkprofile sind für die in ZRH relevanten LFZ-Klassen identisch und unterscheiden sich nur hinsichtlich der je SLB individuellen Sinkwinkel, Zwischenanflughöhen und Längen der Zwischenanflugsegmente.

Zeitraum: 6 - 22 Uhr									
LFZ- Lärmklasse	Bahn10			Bahn 16			Bahn 28		
	Route			Route			Route		
	D1E	G1C	S10_7035	D1SOTH	V2S	V2SEG	D2W	G1WOTH	VWWOTH
S5.1	933	223	787	2.217	2.120	0	17.251	4.462	15.268
S5.2	1.106	409	858	7.629	3.647	0	19.004	10.454	21.850
S5.3	8	3	6	53	24	0	131	72	150
S6.1	25	3	16	2.232	3.591	0	205	136	686
S6.2	0	0	0	1	0	2	0	0	0
S6.3	4	0	2	399	650	0	20	15	104
S7	2	0	1	223	0	364	11	8	59
Summe:	2.078	638	1.670	12.754	10.032	366	36.622	15.147	38.117
LFZ- Lärmklasse	Bahn 32								
	Route								
	S32_7023T	S32_7024T	S32_7025T	S32_7026T	S32_7050T	S32_7091T			
S5.1	598	1.866	1.899	652	2.152	644			
S5.2	908	2.716	2.594	1.380	3.306	977			
S5.3	7	19	19	9	23	7			
S6.1	67	290	229	102	247	79			
S6.2	0	0	0	0	0	0			
S6.3	12	50	40	17	42	13			
S7	7	28	22	10	23	7			
Summe:	1.599	4.969	4.803	2.170	5.793	1.727			
LFZ- Lärmklasse	Bahn 34								
	Route								
	S34_7004T	S34_7006T	S34_7011T	S34_7018T	S34_7051T	S34_7092T			
S5.1	518	221	213	288	770	216			
S5.2	769	338	454	403	1.079	305			
S5.3	4	3	3	3	8	2			
S6.1	132	32	56	102	140	44			
S6.2	0	0	0	0	0	0			
S6.3	24	5	9	18	24	8			
S7	13	3	5	10	14	4			
Summe:	1.460	602	740	824	2.035	579			

Tabelle 36: Flugbewegungen Start BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 06 – 22 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])

Zeitraum: 22 – 5 Uhr						
LFZ- Lärmklasse	Bahn 10			Bahn 16		
	Route			Route		
	D1E	G1C	S10_7035	D1SOTH	V2S	V2SEG
S5.1	0	0	0	0	0	0
S5.2	0	0	0	0	0	0
S5.3	0	0	0	0	0	0
S6.1	0	0	0	13	13	0
S6.2	0	0	0	0	0	0
S6.3	0	0	0	2	2	0
S7	0	0	0	0	0	0
Summe:	0	0	0	15	15	0
LFZ- Lärmklasse	Bahn 32					
	Route					
	S32_7023N	S32_7024N	S32_7025N	S32_7026N	S32_7050N	S32_7091N
S5.1	37	65	16	33	85	25
S5.2	180	320	80	235	413	122
S5.3	1	1	0	1	2	0
S6.1	325	583	72	161	387	114
S6.2	0	0	0	0	0	0
S6.3	59	105	12	29	70	21
S7	33	59	8	16	39	12
Summe:	635	1.133	188	475	996	294
LFZ- Lärmklasse	Bahn 34					
	Route					
	S34_7004N	S34_7006N	S34_7011N	S34_7018N	S34_7051N	S34_7092N
S5.1	32	17	16	7	43	12
S5.2	162	91	116	32	215	62
S5.3	1	0	0	0	1	0
S6.1	413	233	114	49	278	81
S6.2	0	0	0	0	0	0
S6.3	75	42	21	10	50	16
S7	42	24	12	5	29	8
Summe:	725	407	279	103	616	179

Tabelle 37: Flugbewegungen Start BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 22 – 06 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])

Zeitraum	LFZ-Lärmklasse	Bahn 14		Bahn 16	Bahn 28	Bahn 34		
		Route		Route	Route	Route		
		S14	A14T09	T16	A28T12	Q34E	Q34W	A34T09
6 – 22Uhr	S5.1	16.346	24.522	2.152	6.533	1.062	870	2.897
	S5.2	20.701	31.050	2.724	13.263	1.608	1.316	4.386
	S5.3	143	214	19	91	11	9	31
	S6.1	2.568	3.850	338	741	1.091	893	2.977
	S6.2	1	2	0	0	1	0	2
	S6.3	448	671	59	123	197	161	538
	S7	251	376	33	69	110	90	301
	Summe:	40.458	60.685	5.325	20.820	4.080	3.339	11.132
22 – 5 Uhr	S5.1	9	14	1	331	17	13	45
	S5.2	86	130	8	3.033	158	128	430
	S5.3	0	0	0	19	1	0	2
	S6.1	8	12	1	104	60	50	167
	S6.2	0	0	0	0	0	0	0
	S6.3	1	1	0	16	11	10	30
	S7	1	1	0	9	6	5	17
	Summe:	105	158	10	3.512	253	206	691

Tabelle 38: Flugbewegungen Landung BR2014 (Prognosejahr 2020) im Zeitraum von 06 – 05 Uhr differenziert nach LFZ-Lärmklassen (AzD) und Flugrouten (in Anlehnung an [1])

Betriebsrichtung Flugphase Zeit	Abflugrouten	Gewichtungsfaktor
BR10_DEP_Tag	S10_D1E_M	1,00
	S10_G1C_M	1,00
	S10_7035_L	0,20
	S10_7035_M	0,60
	S10_7035_R	0,20
BR28_DEP_Tag	S28_D2W_M	0,80
	S28_D2W_A	0,20
	S28_G1WOTH_M	1,00
	S28_VWWOTH_M	1,00
BR32_DEP_Tag	S32_7023T_M	1,00
	S32_7024T_A	0,20
	S32_7024T_E	0,80
	S32_7026T_B	0,40
	S32_7026T_E	0,60
	S32_7025T_A	0,20
	S32_7025T_B	0,20
	S32_7025T_C	0,20
	S32_7025T_D	0,20
	S32_7025T_E	0,20
	S32_7050T_A	0,20
	S32_7050T_B	0,20
	S32_7050T_C	0,20
	S32_7050T_D	0,20
	S32_7050T_E	0,20
	S32_7091T_M	1,00
BR16_DEP_Tag	S16_D1SOTH_M	1,00
BR34_DEP_Tag	S16_V2S_M	1,00
	S34_7004T_A	0,20
	S34_7004T_E	0,80
	S34_7006T_M	1,00
	S34_7011T_B	0,40
	S34_7011T_E	0,60
	S34_7018T_A	0,20
	S34_7018T_B	0,20
	S34_7018T_C	0,20
	S34_7018T_D	0,20
	S34_7018T_E	0,20
	S34_7051T_A	0,20
	S34_7051T_B	0,20
	S34_7051T_C	0,20
	S34_7051T_D	0,20
	S32_7051T_E	0,20
BR32_DEP_Nacht	S34_7092T_M	1,00
	S32_7023N_M	1,00
	S32_7024N_M	1,00
	S32_7025N_L	0,20
	S32_7025N_M	0,60
	S32_7025N_R	0,20
	S32_7026N_L	0,20
	S32_7026N_M	0,60
	S32_7026N_R	0,20
	S32_7050N_L	0,20
	S32_7050N_M	0,60
	S32_7050N_R	0,20
BR16_DEP_Nacht	S32_7091N_M	1,00
	S16_D1SOTH_M_N	1,00
BR34_DEP_Nacht	S16_V2S_M_N	1,00
	S34_7004N_M	1,00
	S34_7006N_M	1,00
	S34_7011N_L	0,20
	S34_7011N_M	0,60
	S34_7011N_R	0,20
	S34_7018N_L	0,20
	S34_7018N_M	0,60
	S34_7018N_R	0,20
	S34_7051N_L	0,20
	S34_7051N_M	0,60
	S34_7051N_R	0,20
	S34_7092N_M	1,00

Tabelle 39: Übersicht im Rahmen der Lärmrechnung implementierter Abflugrouten des Basisszenarios inkl. Gewichtungsfaktoren (in Anlehnung an [1] und [2])

Betriebsrichtung_Flugphase_Zeit	Anflugrouten	Gewichtungsfaktor
BR28_ARR_Tag	A28_T12_A	0,075
	A28_T12_B	0,075
	A28_T12_C	0,075
	A28_T12_D	0,075
	A28_T12_E	0,075
	A28_T12_F	0,075
	A28_T12_U	0,092
	A28_T12_V	0,092
	A28_T12_W	0,092
	A28_T12_X	0,092
	A28_T12_Y	0,092
	A28_T12_Z	0,092
BR14_ARR_Tag	A14_T09_A	0,150
	A14_T09_B	0,150
	A14_T09_C	0,150
	A14_T09_X	0,183
	A14_T09_Y	0,183
	A14_T09_Z	0,183
BR16_ARR_Tag	T16_A (Nord)	0,450
	T16_B (Ost)	0,367
	T16_C (West)	0,183
BR34_ARR_Tag	A34_T09_A	0,150
	A34_T09_B	0,150
	A34_T09_C	0,150
	A34_T09_X	0,183
	A34_T09_Y	0,183
	A34_T09_Z	0,183
BR28_ARR_Nacht	A28_T12_A_N	0,075
	A28_T12_B_N	0,075
	A28_T12_C_N	0,075
	A28_T12_D_N	0,075
	A28_T12_E_N	0,075
	A28_T12_F	0,075
	A28_T12_U_N	0,092
	A28_T12_V_N	0,092
	A28_T12_W_N	0,092
	A28_T12_X_N	0,092
	A28_T12_Y_N	0,092
	A28_T12_Z_N	0,092
BR14_ARR_Nacht	A14_T09_A_N	0,150
	A14_T09_B_N	0,150
	A14_T09_C_N	0,150
	A14_T09_X_N	0,183
	A14_T09_Y_N	0,183
	A14_T09_Z_N	0,183
BR16_ARR_Nacht	T16_A_N (Nord)	0,450
	T16_B_N (Ost)	0,367
	T16_C_N (Wes)	0,183
BR34_ARR_Nacht	A34_T09_A_N	0,150
	A34_T09_B_N	0,150
	A34_T09_C_N	0,150
	A34_T09_X_N	0,183
	A34_T09_Y_N	0,183
	A34_T09_Z_N	0,183

Tabelle 40: Übersicht im Rahmen der Lärmrechnung implementierter Anflugrouten des Basisszenarios inkl. Gewichtungsfaktoren (in Anlehnung an [1] und [2])

A4 Weiterführende Aspekte der Fluglärmberechnung

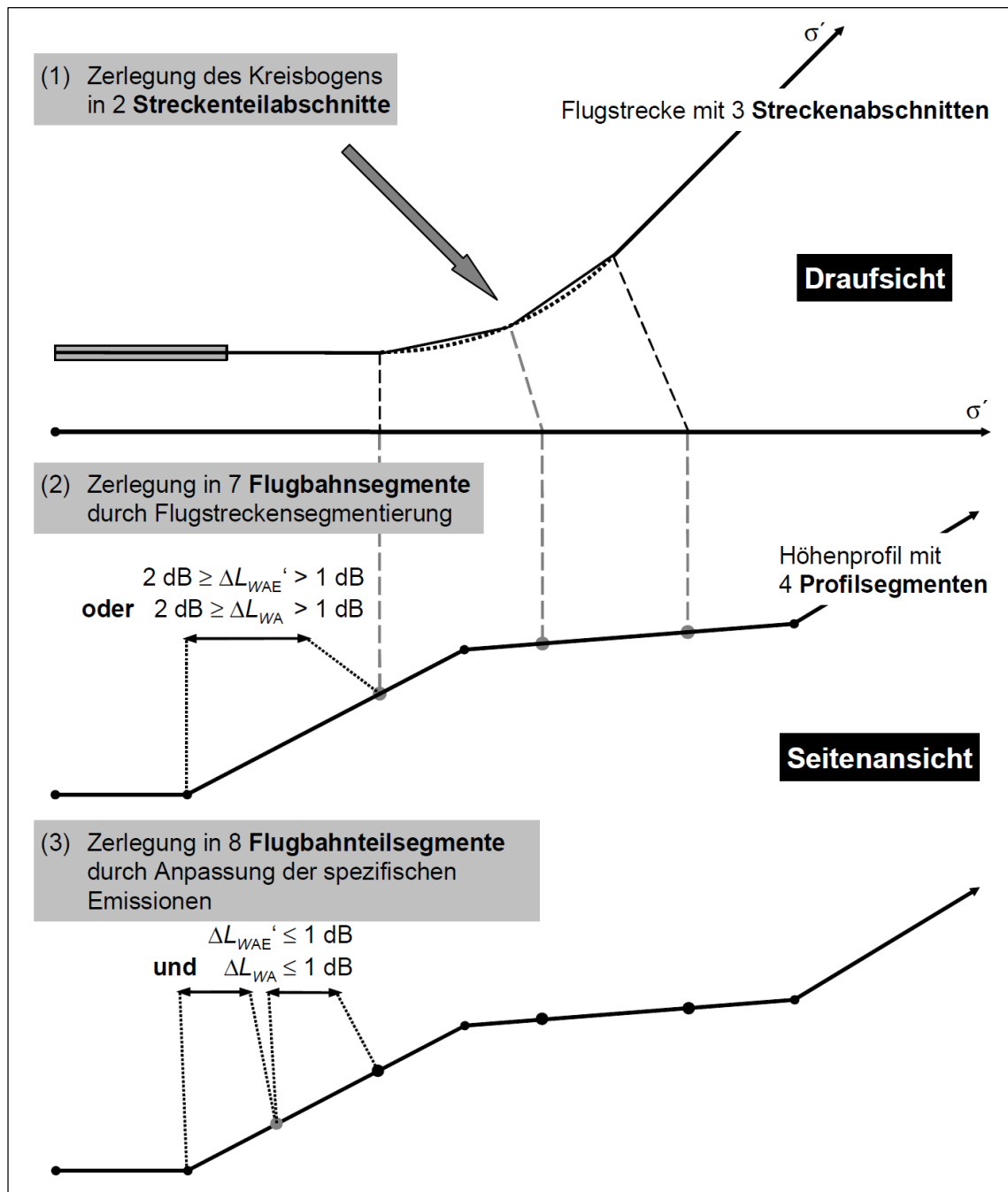
Berechnung der äquivalenten Dauerschallpegel gemäß FluLärmG:

Die Berechnung der äquivalenten Dauerschallpegel für Tag und Nacht erfolgt gemäß Anlage zu § 3 [24] nach folgenden Gleichungen (5) und (6):

$$L_{Aeq\ Tag} = 10 \lg \left[\frac{0,75}{T} \sum_{i=1}^n t_{10,i} \cdot 10^{0,1L_{Amax,i}} \right] \quad (5)$$

$$L_{Aeq\ Nacht} = 10 \lg \left[\frac{1,5}{T} \sum_{i=1}^n t_{10,i} \cdot 10^{0,1L_{Amax,i}} \right] \quad (6)$$

Mit:	$L_{Aeq\ Tag}$	–	äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T tags (06 bis 22 Uhr) [dB(A)]
	$L_{Aeq\ Nacht}$	–	äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T tags (22 bis 06 Uhr) [dB(A)]
	T	–	Beurteilungszeit [s] (umfasst die sechs verkehrsreichsten Monate des Prognosejahres)
	\sum_1^n	–	Summe über alle Flugbewegungen tags (6 bis 22 Uhr) bzw. nachts (22 bis 6 Uhr) während der Beurteilungszeit T, wobei die prognostizierten Flugbewegungszahlen für die einzelnen Betriebsrichtungen jeweils um einen Zuschlag zur Berücksichtigung der zeitlich variierenden Nutzung der einzelnen Betriebsrichtungen erhöht werden. Für die Tag-Schutzzonen 1 und 2 sowie für die Nacht-Schutzzone beträgt der Zuschlag dreimal die Streuung der Nutzungsanteile der jeweiligen Betriebsrichtung in den zurückliegenden 10 Jahren (3 Sigma)
	i	–	laufender Index des einzelnen Fluglärmereignisses
	$t_{10,i}$	–	Dauer des Geräusches des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort (Zeitdauer des Fluglärmereignisses, während der der Schallpegel höchstens 10 dB(A) unter dem höchsten Schallpegel liegt (10 dB-down-time) [s]
	$L_{Amax,i}$	–	Maximalwert des Schalldruckpegels des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort, ermittelt aus der Geräuschemission des LFZ unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse [dB(A)]

Verfahrensschritte des Segmentierungsverfahrens nach AzB:Abbildung 50: Prinzip des Segmentierungsverfahrens nach AzB [14]⁵¹

⁵¹ Kenngrößen: σ' – Bogenlänge, die vom LFZ-Klassen-Bezugspunkt P_F an gezählt wird [m]; $\Delta L_{WAE}'$ – Differenz längenbezogener Schallleistungsexpositionspegel [-]; ΔL_{WA} – Differenz A-bewerteter Schallleistungspegel zwischen zwei Flugbahnsegmenten [-]

A5 Gemeindespezifische Auswertung der betroffenen Bevölkerung und Auswertung der Betroffenheit Änderungen

Basisszenario Tag

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Dür rheim	1.700	300	-	-	-	-	-	-	2.000
Blumberg, Baden	3.600	2.700	1.800	700	-	-	-	-	8.800
Bräunlingen	1.300	1.400	500	-	-	-	-	-	3.200
Donaueschingen, Stadt	3.200	6.600	5.100	-	-	-	-	-	14.900
Furtwangen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Hüfingen	400	600	3.800	2.400	-	-	-	-	7.200
St. Georgen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triberg im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villingen-Schwenningen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vöhrenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brigachtal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dauchingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Königsfeld im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mönchweiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedereschach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schonach im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schönwald im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tuningen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterkirnach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	10.300	11.500	11.300	3.200	-	-	-	-	36.300

Tabelle 41: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	52.100	-	-	-	-	-	-	-	52.100
Radolfzell am Bodensee, Stadt	600	-	-	-	-	-	-	-	600
Singen (Hohentwiel), Stadt	12.400	1.100	-	-	-	-	-	-	13.500
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	900	-	-	-	-	-	-	-	900
Allensbach	2.400	-	-	-	-	-	-	-	2.400
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büdingen am Hochrhein	-	1.200	200	-	-	-	-	-	1.400
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	3.100	100	-	-	-	-	-	-	3.200
Gailingen am Hochrhein	-	2.900	-	-	-	-	-	-	2.900
Gottmadingen	9.100	1.000	-	-	-	-	-	-	10.100
Hilzingen	3.800	-	-	-	-	-	-	-	3.800
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	2.100	-	-	-	-	-	-	-	2.100
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	100	3400	-	-	-	-	-	-	3.500
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	4.700	-	-	-	-	-	-	-	4.700
Rielasingen-Worblingen	11.300	600	-	-	-	-	-	-	11.900
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	102.700	10.300	200	-	-	-	-	-	113.200

Tabelle 42: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	300	9.900	4.200	-	-	-	-	-	14.400
Bonndorf im Schwarzwald	1.400	1.200	800	-	-	-	-	-	3.400
Laufenburg (Baden)	1.000	2.300	4.700	500	-	-	-	-	8.500
St. Blbaien	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Stühlingen	-	100	900	3.500	500	-	-	-	5.000
Waldshut-Tiengen, Stadt	100	700	800	10.500	8.600	2.100	-	-	22.800
Wehr	1.600	300	-	-	-	-	-	-	1.900
Albbruck	100	1.500	2.400	3.000	-	-	-	-	7.100
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südsschwarzwald)	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Dettighofen	-	-	1.100	<100	-	-	-	-	1.200
Dogern	-	-	-	2.500	-	-	-	-	2.500
Eggingen	-	-	-	1.200	400	-	-	-	1.700
Görwihl	1.000	400	-	-	-	-	-	-	1.400
Grafenhausen	400	400	400	300	-	-	-	-	1.400
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	800	500	100	-	-	-	-	-	1.400
Hohentengen am Hochrhein	-	-	-	200	1.900	1.100	500	-	3.700
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-	1.600	3.300	-	-	-	-	-	4.900
Klettgau	-	-	400	1.500	4.500	700	100	-	7.300
Küssaberg	-	-	-	1.300	2.200	1.000	900	-	5.300
Lauchringen	-	-	-	-	1.600	6.200	-	-	7.800
Lottstetten	-	-	2.100	<100	-	-	-	-	2.200
Murg	1.700	3.300	1.800	-	-	-	-	-	6.800
Rickenbach	1.600	100	-	-	-	-	-	-	1.800
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	100	200	900	3.600	400	-	-	-	5.200
Weilheim	200	500	700	800	800	-	-	-	3.100
Wutach	100	300	400	400	-	-	-	-	1.200
Wutöschingen	-	-	-	2.600	3.600	300	-	-	6.500
Summe	10.800	23.400	25.100	32.000	24.600	11.300	1.500	-	128.600

Tabelle 43: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Tag)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen des Basisszenarios während der Tagzeit keine Betroffenen der Bevölkerung ermittelt.

Basisszenario Nacht

Für den Schwarzwald-Baar-Kreis wurden im Rahmen des Basisszenarios während der Nachtzeit keine Betroffenen der Bevölkerung ermittelt.

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Singen (Hohentwiel), Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allensbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büsingen am Hochrhein	900	-	-	-	-	-	-	-	900
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gailingen am Hochrhein	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Gottmadingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hilzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	2.500	-	-	-	-	-	-	-	2.500
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rielasingen-Worblingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	3.400	-	-	-	-	-	-	-	3.400

Tabelle 44: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonndorf im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laufenburg (Baden)	200	-	-	-	-	-	-	-	200
St. Blbaien	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stühlingen	200	-	-	-	-	-	-	-	200
Waldshut-Tiengen, Stadt	7.700	100	-	-	-	-	-	-	7.800
Wehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Albbruck	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dettighofen	800	-	-	-	-	-	-	-	800
Dogern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggingen	500	-	-	-	-	-	-	-	500
Görwihl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grafenhausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohentengen am Hochrhein	200	1.500	1.900	100	-	-	-	-	3.700
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	4.600	-	-	-	-	-	-	-	4.600
Klettgau	5.200	800	-	-	-	-	-	-	6.000
Küssaberg	1.900	2.100	700	-	-	-	-	-	4.700
Lauchringen	2.800	5.000	-	-	-	-	-	-	7.800
Lottstetten	1.100	1.000	200	-	-	-	-	-	2.300
Murg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rickenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Weilheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutöschingen	3.100	-	-	-	-	-	-	-	3.100
Summe	28.300	10.600	2.700	100	-	-	-	-	41.700

Tabelle 45: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel; (Basisszenario/Nacht)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen des Basisszenarios während der Nachtzeit keine Betroffenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 1 Tag

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Dürkheim	<100	<100	-	-	-	-	-	-	<100
Blumberg, Baden	>-100	>-100	<100	<100	-	-	-	-	>-100
Bräunlingen	<100	-100	<100	-	-	-	-	-	>-100
Donaueschingen, Stadt	<100	>-100	<100	-	-	-	-	-	100
Furtwangen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hüfingen	>-100	>-100	-	<100	-	-	-	-	>-100
St. Georgen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triberg im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villingen- Schwenningen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vöhrenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brigachtal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dauchingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Königsfeld im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mönchweiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedereschach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schonach im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schönwald im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tuningen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterkirnach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-100	>-100	>-100	-100	-	-	-	-	-200

Tabelle 46: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	2.200	-	-	-	-	-	-	-	2.200
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-200	-	-	-	-	-	-	-	-200
Singen (Hohentwiel), Stadt	-400	-200	-	-	-		-	-	-500
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Allensbach	200	-	-	-	-	-	-	-	200
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büdingen am Hochrhein	-	>-100	<100	-	-	-	-	-	>-100
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	<100	<100	-	-	-	-	-	-	100
Gailingen am Hochrhein	-	>-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Gottmadingen	200	-200	-	-	-	-	-	-	>-100
Hilzingen	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	<100
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Rielasingen-Worblingen	100	-100	-	-	-	-	-	-	<100
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	2.100	-600	<100	-	-	-	-	-	1.600

Tabelle 47: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	<100	100	-200	-	-	-	-	-	>-100
Bonndorf im Schwarzwald	>-100	<100	>-100	-	-	-	-	-	<100
Laufenburg (Baden)	<100	<100	<100	>-100	-	-	-	-	<100
St. Blbaien	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Stühlingen	-	<100	<100	<100	>-100	-	-	-	<100
Waldshut-Tiengen, Stadt	>-100	>-100	<100	<100	<100	-100	-	-	>-100
Wehr	>-100	>-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Albbruck	<100	<100	<100	<100	-	-	-	-	100
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Dettighofen	-	-	<100	<100	-	-	-	-	100
Dogern	-	-	-	>-100	-	-	-	-	>-100
Eggingen	-	-	-	<100	<100	-	-	-	100
Görwihl	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	<100
Grafenhausen	>-100	>-100	>-100	>-100	-	-	-	-	-100
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	>-100	>-100	<100	-	-	-	-	-	>-100
Hohentengen am Hochrhein	-	-	-	<100	>-100	>-100	<100	-	<100
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-	700	-700	-	-	-	-	-	<100
Klettgau	-	-	100	>-100	>-100	>-100	<100	-	100
Küssaberg	-	-	-	>-100	>-100	<100	>-100	-	-100
Lauchringen	-	-	-	-	<100	<100	-	-	<100
Lottstetten	-	-	<100	<100	-	-	-	-	100
Murg	100	-100	>-100	-	-	-	-	-	>-100
Rickenbach	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	>-100
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	<100	<100	>-100	>-100	>-100	-	-	-	>-100
Weilheim	>-100	<100	<100	<100	<100	-	-	-	100
Wutach	<100	<100	>-100	<100	-	-	-	-	<100
Wutöschingen	-	-	-	>-100	<100	<100	-	-	<100
Summe	-100	800	-700	-100	-100	<100	>-100	-	-200

Tabelle 48: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Tag)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 1 während der Tagzeit keine Betroffenenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 1 Nacht

Für den Schwarzwald-Baar-Kreis wurden im Rahmen der Alternative 1 während der Nachtzeit keine Betroffenenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Singen (Hohentwiel), Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allensbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büdingen am Hochrhein	-500	-	-	-	-	-	-	-	-500
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gailingen am Hochrhein	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Gottmadingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hilzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rielasingen-Worblingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-500	-	-	-	-	-	-	-	-500

Tabelle 49: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Nacht)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonndorf im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laufenburg (Baden)	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
St. Blbaien	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stühlingen	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Waldshut-Tiengen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Albbruck	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dettighofen	-600	-	-	-	-	-	-	-	-600
Dogern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggingen	-200	-	-	-	-	-	-	-	-200
Görwihl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grafenhausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohentengen am Hochrhein	100	-	-100	-	-	-	-	-	>-100
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-1.900	-	-	-	-	-	-	-	-1.900
Klettgau	-700	-100	-	-	-	-	-	-	-900
Küssaberg	100	-	-100	-	-	-	-	-	-
Lauchringen	100	-100	-	-	-	-	-	-	-
Lottstetten	100	-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Murg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rickenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Weilheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutöschingen	-400	-	-	-	-	-	-	-	-400
Summe	-3.600	-400	-200	-	-	-	-	-	-4.100

Tabelle 50: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 1/Nacht)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 1 während der Nachtzeit keine Betroffenen der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 2 Tag

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Dürkheim	>-100	-200	-	-	-	-	-	-	-200
Blumberg, Baden	-100	900	200	-300	-	-	-	-	600
Bräunlingen	>-100	<100	-200	-	-	-	-	-	-200
Donaueschingen, Stadt	800	300	-1200	-	-	-	-	-	-100
Furtwangen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hüfingen	100	100	1.200	-1.300	-	-	-	-	100
St. Georgen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triberg im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villingen-Schwenningen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vöhrenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brigachtal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dauchingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Königsfeld im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mönchweiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedereschach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schonach im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schönwald im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tuningen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterkirnach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	600	1.200	-200	-1.700	-	-	-	-	-100

Tabelle 51: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-13.900	41.600	-	-	-	-	-	-	27.700
Radolfzell am Bodensee, Stadt	16.100	2.500	-	-	-	-	-	-	18.600
Singen (Hohentwiel), Stadt	4.300	8.000	3.500	-	-		-	-	15.800
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	900	<100	-	-	-	-	-	-	900
Allensbach	900	3.500	-	-	-	-	-	-	4.400
Bodman-Ludwigshafen	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Büdingen am Hochrhein	-	-1.200	1.200	-	-	-	-	-	>-100
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	-3.100	3.200	-	-	-	-	-	-	100
Gailingen am Hochrhein	-	-2.900	2.900	-	-	-	-	-	>-100
Gottmadingen	-8.900	6.400	2.500	-	-	-	-	-	>-100
Hilzingen	1.500	300	-	-	-	-	-	-	1.800
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-2.100	2.200	<100	-	-	-	-	-	100
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	-100	-2.000	2.200	-	-	-	-	-	<100
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-4.500	5.100	-	-	-	-	-	-	600
Rielasingen-Worblingen	-11.000	8.300	2.700	-	-	-	-	-	<100
Steißlingen	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-19.800	74.900	14.900	-	-	-	-	-	70.000

Tabelle 52: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	200	600	-800	-	-	-	-	-	>-100
Bonndorf im Schwarzwald	<100	>-100	-200	-	-	-	-	-	-200
Laufenburg (Baden)	200	800	-600	-500	-	-	-	-	-100
St. Blbairen	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Stühlingen	-	100	300	-300	-100	-	-	-	<100
Waldshut-Tiengen, Stadt	100	>-100	<100	600	-300	-400	-	-	>-100
Wehr	300	>-100	-	-	-	-	-	-	200
Albbruck	300	200	500	-900	-	-	-	-	100
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Dettighofen	-	-	<100	<100	-	-	-	-	100
Dogern	-	-	-	>-100	-	-	-	-	>-100
Eggingen	-	-	-	-600	700	-	-	-	100
Görwihl	-100	-100	-	-	-	-	-	-	-200
Grafenhausen	<100	-100	-100	-100	-	-	-	-	-200
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	-100	-100	-100	-	-	-	-	-	-200
Hohentengen am Hochrhein	-	-	-	100	100	-100	>-100	-	<100
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-	-1.600	1.600	-	-	-	-	-	<100
Klettgau	-	-	300	-100	>-100	-100	<100	-	100
Küssaberg	-	-	-	400	-300	>-100	-200	-	-100
Lauchringen	-	-	-	-	200	-100	-	-	<100
Lottstetten	-	-	<100	100	-	-	-	-	100
Murg	600	-100	-600	-	-	-	-	-	-100
Rickenbach	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	>-100
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	100	<100	-200	-100	200	-	-	-	>-100
Weilheim	100	<100	<100	200	-300	-	-	-	100
Wutach	100	<100	100	-100	-	-	-	-	<100
Wutöschingen	-	-	-	-200	200	<100	-	-	<100
Summe	1.500	-400	100	-1.600	200	-700	-200	-	-1.000

Tabelle 53: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Tag)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 2 während der Tagzeit keine Betroffenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 2 Nacht

Für den Schwarzwald-Baar-Kreis wurden im Rahmen der Alternative 2 während der Nachtzeit keine Betroffenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Singen (Hohentwiel), Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allensbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büsingen am Hochrhein	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gailingen am Hochrhein	300	-	-	-	-	-	-	-	300
Gottmadingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hilzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rielasingen-Worblingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	500	-	-	-	-	-	-	-	500

Tabelle 54: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Nacht)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonndorf im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laufenburg (Baden)	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
St. Blbairen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Waldshut-Tiengen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Albbruck	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dettighofen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dogern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Görwihl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grafenhausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohentengen am Hochrhein	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	100	-	-	-	-	-	-	-	100
Klettgau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Küssaberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauchringen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lottstetten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Murg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rickenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Weilheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutöschingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100

Tabelle 55: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 2/Nacht)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 2 während der Nachtzeit keine Betroffenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 3 Tag

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Dürkheim	<100	<100	-	-	-	-	-	-	<100
Blumberg, Baden	-600	-200	<100	<100	-	-	-	-	-800
Bräunlingen	>-100	-100	<100	-	-	-	-	-	-100
Donaueschingen, Stadt	>-100	>-100	>-100	-	-	-	-	-	>-100
Furtwangen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hüfingen	>-100	>-100	100	>-100	-	-	-	-	>-100
St. Georgen im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triberg im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villingen-Schwenningen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vöhrenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brigachtal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dauchingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gütenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Königsfeld im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mönchweiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedereschach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schonach im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schönwald im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tuningen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterkirnach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-700	-200	>-100	-100	-	-	-	-	-1.000

Tabelle 56: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Schwarzwald-Baar und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-10.500	-	-	-	-	-	-	-	-10.500
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-300	-	-	-	-	-	-	-	-300
Singen (Hohentwiel), Stadt	-4.100	-1.100	-	-	-		-	-	-5.200
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	-800	-	-	-	-	-	-	-	-800
Allensbach	-500	-	-	-	-	-	-	-	-500
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büdingen am Hochrhein	-	200	-200	-	-	-	-	-	>-100
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	200	-100	-	-	-	-	-	-	100
Gailingen am Hochrhein	-	>-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Gottmadingen	-3.200	-500	-	-	-	-	-	-	-3.600
Hilzingen	-3.800	-	-	-	-	-	-	-	-3.800
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-200	-	-	-	-	-	-	-	-200
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	1.600	-1.600	-	-	-	-	-	-	<100
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-600	-	-	-	-	-	-	-	-600
Rielasingen-Worblingen	-3.300	-600	-	-	-	-	-	-	-3.900
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-25.600	-3.700	-200	-	-	-	-	-	-29.500

Tabelle 57: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	<100	100	-200	-	-	-	-	-	>-100
Bonndorf im Schwarzwald	>-100	<100	>-100	-	-	-	-	-	>-100
Laufenburg (Baden)	<100	<100	<100	>-100	-	-	-	-	<100
St. Blbaien	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Stühlingen	-	100	>-100	<100	>-100	-	-	-	<100
Waldshut-Tiengen, Stadt	>-100	>-100	<100	<100	<100	-100	-	-	>-100
Wehr	>-100	>-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Albbruck	<100	<100	<100	<100	-	-	-	-	100
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	<100	-	-	-	-	-	-	-	<100
Dettighofen	-	-	<100	<100	-	-	-	-	100
Dogern	-	-	-	>-100	-	-	-	-	>-100
Eggingen	-	-	-	<100	<100	-	-	-	100
Görwihl	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	<100
Grafenhausen	>-100	>-100	>-100	>-100	-	-	-	-	-100
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	>-100	>-100	<100	-	-	-	-	-	>-100
Hohentengen am Hochrhein	-	-	-	<100	>-100	>-100	<100	-	<100
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-	500	-500	-	-	-	-	-	<100
Klettgau	-	-	100	>-100	>-100	>-100	<100	-	100
Küssaberg	-	-	-	>-100	>-100	<100	>-100	-	-100
Lauchringen	-	-	-	-	<100	<100	-	-	<100
Lottstetten	-	-	<100	<100	-	-	-	-	100
Murg	100	-100	>-100	-	-	-	-	-	>-100
Rickenbach	>-100	<100	-	-	-	-	-	-	>-100
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	<100	<100	>-100	>-100	>-100	-	-	-	>-100
Weilheim	>-100	<100	<100	<100	<100	-	-	-	100
Wutach	<100	<100	<100	>-100	-	-	-	-	<100
Wutöschingen	-	-	-	>-100	<100	<100	-	-	<100
Summe	-100	600	-600	-100	-100	<100	>-100	-	-200

Tabelle 58: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Tag)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 3 während der Tagzeit keine Betroffenenheiten der Bevölkerung ermittelt.

Alternative 3 Nacht

Für den Schwarzwald-Baar-Kreis wurden im Rahmen der Alternative 3 während der Nachtzeit keine Betroffenen der Bevölkerung ermittelt.

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Aach, Hegau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konstanz, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radolfzell am Bodensee, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Singen (Hohentwiel), Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tengen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allensbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bodman-Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büsingen am Hochrhein	-900	-	-	-	-	-	-	-	-900
Eigeltingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaienhofen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gailingen am Hochrhein	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Gottmadingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hilzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohenfels	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlhausen-Ehingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mühlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Öhningen	-1.700	-	-	-	-	-	-	-	-1.700
Orsingen-Nenzingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reichenau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rielasingen-Worblingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steißlingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volkertshausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-2.700	-	-	-	-	-	-	-	-2.700

Tabelle 59: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Konstanz und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Nacht)

Gemeinde	Dauerschallpegel [dB(A)]								Summe
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	>55	
Bad Säckingen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonndorf im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laufenburg (Baden)	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
St. Blbaien	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stühlingen	-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Waldshut-Tiengen, Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Albbruck	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bernau im Schwarzwald	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dachsberg (Südschwarzwald)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dettighofen	-600	-	-	-	-	-	-	-	-600
Dogern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggingen	-300	-	-	-	-	-	-	-	-300
Görwihl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grafenhausen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Häusern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herrischried	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höchenschwand	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohentengen am Hochrhein	100	>-100	-100	-	-	-	-	-	>-100
Ibach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jestetten	-2400	-	-	-	-	-	-	-	-2.400
Klettgau	-700	-100	-	-	-	-	-	-	-800
Küssaberg	100	-	-100	-	-	-	-	-	-
Lauchringen	100	-100	-	-	-	-	-	-	-
Lottstetten	<100	>-100	-	-	-	-	-	-	>-100
Murg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rickenbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Todtmoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uhlingen-Birkendorf	>-100	-	-	-	-	-	-	-	>-100
Weilheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wutöschingen	-400	-	-	-	-	-	-	-	-400
Summe	-4200	-300	-200	-	-	-	-	-	-4.600

Tabelle 60: Änderung der Anzahl betroffener Einwohner pro Gemeinde des Landkreises Waldshut und Dauerschallpegel im Vergleich zum Basisszenario; (Alternative 3/Nacht)

Für den Landkreis Lörrach wurden im Rahmen der Alternative 3 während der Nachtzeit keine Betroffenenheiten der Bevölkerung ermittelt.

A6 Auswertung der betroffenen Bevölkerung und Auswertung der der Betroffenheit Änderungen in der Schweiz

Basisszenario Tag

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	19.400	74.500	133.200	125.600	67.600	18.500	2.800	-	-	441.600
Appenzell Ausserrhoden	22.100	19.100	29.800	40.400	1.900	-	-	-	-	113.300
Appenzell Innerhoden	-	600	-	-	-	-	-	-	-	600
Basel-Land	4.500	1.200	-	-	-	-	-	-	-	5.700
Luzern	31.700	23.600	10.900	9.000	-	-	-	-	-	75.200
Schaffhausen	15.200	21.800	26.500	10.700	4.700	-	-	-	-	78.900
Schwyz	2.200	300	-	-	-	-	-	-	-	2.500
Solothurn	14.500	7.100	-	-	-	-	-	-	-	21.600
Thurgau	11.100	54.400	78.900	63.600	14.200	-	-	-	-	222.100
Zug	-	3.100	26.500	28.900	-	-	-	-	-	58.400
Zürich	28.900	59.900	287.400	235.500	224.400	138.900	85.900	43.800	25.600	1.130.300
Summe	149.700	265.400	593.300	513.700	312.700	157.400	88.700	43.800	25.600	2.150.100

Tabelle 61: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel;
(Basisszenario/Tag)

Basisszenario Nacht

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	130.800	150.800	104.400	46.200	7.600	-	-	-	-	439.900
Appenzell Ausserrhoden	27.500	20.200	8.500	100	-	-	-	-	-	56.200
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luzern	8.900	500	-	-	-	-	-	-	-	9.400
Schaffhausen	21.100	100	1.000	1.000	900	-	-	-	-	24.100
Schwyz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solothurn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thurgau	61.900	65.300	55.100	4.600	-	-	-	-	-	186.900
Zug	28.900	103.00	-	-	-	-	-	-	-	39.100
Zürich	236.100	461.300	272.800	167.000	92.600	46.900	17.600	8.400	5.700	1.308.300
Summe	515.200	708.400	441.900	218.800	101.100	46.900	17.600	8.400	5.700	2.064.000

Tabelle 62: Anzahl der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel;
(Basisszenario/Nacht)

Alternative 1 Tag

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-111.500	-77.700	31.500	183.000	59.500	18.500	2.800	-	-	105.900
Appenzell Ausserrhoden	-7.000	700	27.500	24.100	1.400	-	-	-	-	46.700
Appenzell Innerhoden	-	600	-	-	-	-	-	-	-	600
Basel-Land	4.400	1.100	-	-	-	-	-	-	-	5.500
Luzern	22.800	23.000	10.900	400	-	-	-	-	-	57.100
Schaffhausen	-5.400	23.400	23.200	8.200	3.700	-	-	-	-	53.100
Schwyz	2.200	300	-	-	-	-	-	-	-	2.400
Solothurn	14.500	7.100	-	-	-	-	-	-	-	21.600
Thurgau	-51.200	-7.000	30.800	28.800	12.600	-	-	-	-	14.000
Zug	-28.900	-7.200	26.500	13.300	-	-	-	-	-	3.700
Zürich	-223.300	-397.800	21.200	330.000	129.100	94.700	68.500	35.600	19.900	77.700
Summe	-383.500	-433.700	171.500	587.800	206.200	113.200	71.300	35.600	19.900	388.300

Tabelle 63: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 1 gegenüber dem Basisszenario (Tag)

Alternative 1 Nacht

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-100	-1.400	2.700	103.600	-400	-	-	-	-	104.200
Appenzell Ausserrhoden	-1.700	1.900	6.100	-16.200	-500	-	-	-	-	-10.400
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	-100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-300
Luzern	-	-100	100	-8.600	-	-	-	-	-	-8.600
Schaffhausen	600	1.700	-2.300	-1.600	-100	-	-	-	-	-1.700
Schwyz	>-100	>-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Solothurn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thurgau	-400	3.900	7.000	-30.100	-1.500	-	-	-	-	-21.200
Zug	-	-	-	-15.500	-	-	-	-	-	-15.500
Zürich	-16.100	3.600	6.500	261.500	-2.700	2.700	200	200	-	255.800
Summe	-17.900	9.300	20.100	292.900	-5.300	2.700	200	200	-	302.200

Tabelle 64: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 1 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)

Alternative 2 Tag

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-1.100	-800	15.800	91.000	-700	-	-100	-	-	104.200
Appenzell Ausserrhoden	1.200	400	500	-16.200	-100	-	-	-	-	-14.300
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	900	-	-	-	-	-	-	-	-	900
Luzern	100	-300	-100	-8.700	-	-	-	-	-	-9.000
Schaffhausen	-9.000	-8.100	7.600	7.100	600	300	-	-	-	-1.500
Schwyz	200	900	-	-	-	-	-	-	-	1.100
Solothurn	400	-100	-	-	-	-	-	-	-	300
Thurgau	-5.700	-7.500	12.500	-20.200	-300	-	-	-	-	-21.200
Zug	-	-300	-7.600	-7.600	-	-	-	-	-	-15.500
Zürich	-5.900	-19.500	-55.700	252.200	62.400	12.400	5.400	1.500	1.300	254.100
Summe	-18.800	-35.300	-27.100	297.600	62.000	12.600	5.300	1.500	1.300	299.100

Tabelle 65: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 2 gegenüber dem Basisszenario (Tag)

Alternative 2 Nacht

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-1.400	-700	1.100	-100	-	-	-	-	-	-1.100
Appenzell Ausserrhodon	100	-100	-	-	-	-	-	-	-	100
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luzern	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schaffhausen	700	-100	100	-100	100	-	-	-	-	700
Schwyz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solothurn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thurgau	-100	900	-500	-	-	-	-	-	-	300
Zug	300	-300	-	-	-	-	-	-	-	-
Zürich	-2.500	2.300	-1.000	600	400	-	-	-	-	-200
Summe	-2.900	2.100	-400	500	500	-	-	-	-	-300

Tabelle 66: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 2 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)

Alternative 3 Tag

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-200	-1.300	1.700	103.900	200	-	-	-	-	104.200
Appenzell Ausserrhodon	-1.400	2.300	6.400	-16.300	-500	-	-	-	-	-9.500
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	-100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-300
Luzern	100	-100	100	-8600	-	-	-	-	-	-8.500
Schaffhausen	-1.100	200	-5.100	-1.600	-100	-	-	-	-	-7.800
Schwyz	>-100	>-100	-	-	-	-	-	-	-	-100
Solothurn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thurgau	1.300	900	10.600	-32.500	-1.600	-	-	-	-	-21.200
Zug	-	-	-	-15.500	-	-	-	-	-	-15.500
Zürich	-16.800	6.300	-15.700	281.600	-1.700	1.900	400	-	-	256.000
Summe	-18.300	8.200	-2.100	310.900	-3.700	1.900	400	-	-	297.200

Tabelle 67: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 3 gegenüber dem Basisszenario (Tag)

Alternative 3 Nacht

Kanton	Dauerschallpegel [dB(A)]									Summe
	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 40	40 – 45	45 – 50	50 – 55	55 – 60	>60	
Aargau	-5.400	2.900	700	200	-	-	-	-	-	-1.700
Appenzell Ausserrhodon	14.000	5.000	-2.200	-100	-	-	-	-	-	16.700
Appenzell Innerhoden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basel-Land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luzern	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Schaffhausen	-18.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-18.800
Schwyz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solothurn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thurgau	-8.200	14.900	-11.000	-500	-	-	-	-	-	-4.700
Zug	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zürich	-26.800	33.700	35.800	-600	2.700	200	-	-	-	45.000
Summe	-45.100	56.500	23.300	-1.000	2.700	200	-	-	-	36.700

Tabelle 68: Änderung der betroffenen Einwohner pro Kanton und Dauerschallpegel des Szenarios 3 gegenüber dem Basisszenario (Nacht)

A7 Tagesspezifische Auswertung der Warteverfahren Nutzung

