Analyse des "Bericht Betriebsvarianten" zum SIL Objektblatt Flughafen Zürich

Untersuchung der Betriebsvariante E

6. September 2007

BERICHTSDOKUMENTATION				
Referenz:	Klassifikation:			
Auftraggeber: Schutzverband der Bevölkerung um den Flughafen Zürich – Sbfz	Name und Adresse: Herrn Peter Staub Präsident Sbfz Sekretariat Dorfstrasse 17 / Postfach CH-8155 Niederhasli Tel.: +41 44 850 11 81			
Organisation: Oliva & Co. Soziologische Grundlagenforschung und Entwicklungsplanung	Name und Adresse: Oliva & Co. Schaffhauserstrasse 315 Postfach 6360 CH-8050 Zürich Tel.: +41 44 312 7519			

Titel:

Analyse des "Bericht Betriebsvarianten" zum SIL-Objektblatt Flughafen Zürich

Autoren	Datum	Seiten	Abb./Tab.	Karten	Anhang	Referenzen
Dr. C. Oliva	3. 9. 07	59	18/9			
Dr. C. Hüttenmoser						
Oliva						
Spezifikation	Auftrage	s-No.	Auftrags-No.		Dauer	
•	Organis	ation	Auftraggebe	r		
Kapazitätsanalyse						
Qualitätsprüfung	Sbfz	_0707			Juli 2007 bis	August 2007

Verteiler:

a) Auflage: -b) Limitierung: -c) CD-ROM: 1

Schlüsselwörter:

Flughafen Zürich, SIL-Koordinationsprozess, Betriebsvariante E, Kapazität, gewichtete Kapazität, Flugbewegungsprognose, Entwicklungspotential jährlicher Flugbewegungen

Kurzfassung:

Untersucht wurde die im SIL-Bericht *Betriebsvarianten* dokumentierte Betriebsvariante E des Flughafens Zürich. Die Ergebnisse zur Betriebsvariante E wurden nachvollzogen und neu berechnet. Folgende Ergebnisse wurden erzielt: Die Kapazitätsberechnung weist eine Spitzenkapazität der Betriebsvariante E von bis zu 72 Flugbewegungen pro Stunde aus. Die Nachberechnung der Flugbewegungsprognose unter den für den Flughafen Zürich geltenden Bedingungen hat zum Resultat von 335'000 erwarteten Flugbewegungen für das Jahr 2020 geführt. Die Hochrechnung der Kapazität des Betriebskonzeptes E auf das Jahrestotal an Flugbewegungen hat, in unabhängiger Berechnung, zufällig auch zum Wert von 335'000 Flugbewegungen als Entwicklungspotential des verwendeten Pistensystems geführt. Im Sinne eines Entwicklungspotentials ist diese Zahl unabhängig von einem bestimmten Prognosejahr.

Inhaltsüberblick

Inhaltsüberblick	
Abbildungen, Tabellen und Formeln	3
Zusammenfassung	5
Auftragsverständnis	
Abkürzungen	
1 Einleitung und Zielsetzung	11
2 Hintergrund und Problemstellung	
2.1 Einbezug des Kantons und der Gemeinden	13
2.1.1 Ausgangspunkt	
2.1.2 Hauptergebnis im "Bericht Betriebsvarianten"	13
2.1.3 Kontext des Diskussionsgegenstand	14
2.1.4 Grundlagentexte des Diskussionsgegenstandes	14
2.2 Die Betriebsvariante E im "Bericht Betriebsvarianten"	15
2.2.1 Eigenschaften der Betriebsvariante E	
2.2.2 Bewertung des Komplexitätsgrades der Betriebsvariante E	16
2.2.3 Folgerungen aus der Bewertung der Betriebsvariante E	
3 Nachfrageprognose zur Betriebsvariante E	18
3.1 Nachfrageprognose im "Bericht Betriebsvarianten"	18
3.2 Bestimmung der Start- und Landebahnkapazität	
3.2.1 Nachvollzug: Spitzenstunde und Flugbewegungen pro Jahr	
3.2.2 Neuberechnung der Flugbewegungen pro Jahr	26
4 Ermittlung des Entwicklungspotentials der Variante E	28
4.1 Ansatz zur Bestimmung des Bewegungswachstums	28
4.2 Bestimmung der Berechnungsparameter	
4.3 Welches Entwicklungspotential besteht für die Variante E?	31
5 Kapazitätsanalyse der Betriebsvariante E	
5.1 Einleitung	
5.2 Analytisches Modell zur Kapazitätsberechnung	
5.2.1 Definition der Sättigungskapazität	
5.2.2 Weitere Parameter zur Kapazitätsbestimmung	
5.3 Möglichkeiten und Grenzen des analytischen Modells	
5.4 Methode zur Kapazitätsberechnung im "Bericht Betriebsvarianten"	
5.4.1 Die Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E	
5.5 Nachvollzug der Kapazitätsberechnung der Variante E	
5.5.1 Nachvollzug der Kapazitätswerte für Lande- und Startspitzen	
5.5.2 Nachvollzug der Gesamtkapazität (Spitzenkapazität)	
5.5.3 Gewichtete stündliche Kapazität	
5.5.4 Wetterminima und Separationen	
5.5.5 Pistenkonfiguration und Pistennutzungsstrategie	
5.5.6 Flugzeugklassen und Mix-Index	
5.5.7 Ergebnisse der Nachprüfung der Spitzenkapazität	
5.6 Vollständige Berechnung der Betriebsvariante E	
5.7 Offene Punkte der Optimierung der Betriebsvariante E	
5.7.1 Sensitivitätsanalyse	
6 Fehlende Aspekte im "Bericht Betriebsvarianten"	
6.1 Betrachtung der Höhe des Restrisikos	
6.2 Betrachtung des technologischen Fortschritts	51

2 Oliva & Co. – Zürich

	6.3	Schadstoffemissionen	52
		peschreibung	
		Einsatz der Flugbetriebskonzepte	
		Kapazitäten	
		Gesamtkapazität	
	7.2.2	Plugbewegungen pro Jahr	54
	7.3	Infrastruktur und Perimeter	54
Li	teratur		55

Abbildungen, Tabellen und Formeln

Abbildung 1: Die zur Wahl stehenden Betriebsvarianten	
Abbildung 2: Flugbewegungsprognose	
Abbildung 3: Trend gebildet aus Flugbewegungen und 30. Spitzenstunde	
Abbildung 4: Bestimmung der Umrechnungsformel	
Abbildung 5: Allgemeine Umrechnungsformel und Zürcher Umrechnungsformel	
Abbildung 6: Bewegungsprognose aufgrund des abnehmenden Anteils der 30. Spitzenstunde	
Abbildung 7: Abgeleitete, erforderliche Stundenkapazität	
Abbildung 8: Flugbewegungen pro JahrAbbildung 9: Flugbewegungen pro Stunde - Sommerflugplan 2007	27 ع
Abbildung 10: Bestimmung des Entwicklungspotential der Betriebsvariante E - Teil 1 (Cw = 68	30
Abbildung 10: Bestimmung des Entwicklungspotential der Betriebsvariante E - Teil 1 (Cw – 66) Abbildung 11: Bestimmung des Entwicklungspotential der Betriebsvariante E - Teil 2 (C	
variabel)	
Abbildung 12: Flugbetriebskonzept O 1.0a und TMA	
Abbildung 13: Flugbetriebskonzept O 1.0c und TMA	
Abbildung 14: Beschreibung der Flugbetriebskonzepte O 1.0a und O 1.0c	
Abbildung 15: Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E, vBR	
Abbildung 16: Leistungsfähigkeit und betroffene Personen durch Flugbetriebskonzepte	
Abbildung 17: Verteilung der ausgewogenen Stundenkapazitäten der Tag- und Nachtkon	
nach E3	
Abbildung 18: Gewichte	46
Tabelle 1: Flugzeugkategorien auf dem Flughafen Zürich	20
Tabelle 2: Spitzenstundenanteil qua Verkehrsaufkommen im Jahr 2000	
Tabelle 3: Kapazitätsbedarf für den Flughafen Zürich	
Tabelle 4: Nachvollzug des Anteils 30. Spitzenstunde	
Tabelle 5: Monatliche Verteilung der Flugbewegungen	
Tabelle 6: Mittelwertbildung der Lande- und Startkapazität	
Tabelle 7: Weitere Masse der zentralen Tendenz	
Tabelle 8: Mittelwert der Gesamtkapazität	45
Tabelle 9: Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E	53
Formel 1: Umrechnungsformel	
Formel 2: Bestimmung des Jahresservicevolumens	29
Formel 3: Bestimmung des Tagesfaktors	
Formel 4: Bestimmung des Stundenfaktors	
Formel 5: Gewichtete stündliche Kapazität	
Formel 6: Mix-Index	47

Zusammenfassung

Im Dezember 2006 wurden im Rahmen des SIL-Koordinationsprozesses Flughafen Zürich 19 Betriebsvarianten präsentiert. Darunter befindet sich auch die für eine Anzahl von Gemeinden bevorzugte Betriebsvariante E. Sie entspricht einem Betrieb nach dem vorläufigen Betriebsreglement. Während der DVO-Sperrzeiten werden am frühen Morgen hauptsächlich Anflüge auf die Piste 34 und am Abend auf die Piste 28 geführt. Ausserhalb der DVO-Sperrzeiten werden hauptsächlich Landungen auf den Pisten 14 und 16 und Starts auf den Pisten 28 und 16 durchgeführt. Im Rahmen des unterbreiteten Dokumentes zu den 19 Betriebsvarianten schneidet die Betriebsvariante E relativ schlecht ab. Sie erreicht mit einer Spitzenkapazität von 55 Flugbewegungen pro Stunde und 325'000 Flugbewegungen pro Jahr (2030) für einen effizienten Betrieb des Flughafens ungünstige Werte, so dass diese Variante für einen Eintrag in das SIL-Objektblatt nicht in Frage kommen kann und deshalb aus der Diskussion über die Benutzung des Flughafens ausscheiden muss. Das würde auch heissen, dass damit eine aus der Sicht vieler Gemeinden wünschbare Variante verloren geht.

Auf Anregung verschiedener Flughafen-Anrainergemeinden hat sich der Schutzverband der Bevölkerung um den Flughafen Zürich in der Zwischenzeit nochmals vertieft mit dem SIL-Bericht des Bundesamtes für Zivilluftfahrt zu den Betriebsvarianten auseinander gesetzt und dazu das spezialisierte Büro Oliva & Co., Zürich, mit einer wissenschaftlichen Analyse des Berichtes beauftragt. Genauer untersucht werden sollte im Speziellen auch die von vielen Gemeinden als Kompromissmöglichkeit bevorzugte Betriebsvariante E.

Kapazitätsberechnung: Flugbewegungen pro Stunde des Pistensystems in der Betriebsvariante E Nach einer ersten Analyse der Betriebsvariante E, die ja den aktuellen Betrieb des Flughafens Zürich widerspiegelt, stellte sich die Vermutung ein, dass diese unterbewertet worden ist. Deshalb ist die im SIL-Bericht Betriebsvarianten dargelegte Kapazitätsanalyse mit den gleichen Grundlagen nachvollzogen und auf diesen Erkenntnissen beruhend eine neue Kapazitätsanalyse durchgeführt worden. Es konnte nachvollzogen werden, wieso die Betriebsvariante E im SIL-Bericht eine Spitzenkapazität von 55 Flugbewegungen pro Stunde erreicht. Unter Berücksichtigung der gleichen Betriebskonzepte und unter vollständiger Berücksichtigung aller betrieblichen Kriterien konnte in einer Neuberechnung eine Spitzenkapazität von 63 Flugbewegungen pro Stunde bestimmt werden. Unter rigoroser Anwendung des analytischen Berechnungsmodells und der Verwendung der gleichen Betriebskonzepte wird eine Spitzenkapazität bis zu 72 Flugbewegungen pro Stunde festgestellt. Unter rigoroser Anwendung wird hier verstanden, dass das analytische Modell zur Kapazitätsbestimmung ohne Zusatzinterpretationen genau so eingesetzt wird, wofür es konstruiert worden ist, nämlich um die Spitzenkapazität in der Verwendung des reinen Pistensystems zu ermitteln. Berücksichtigt wurden ebenfalls die im SIL-Bericht Betriebsvarianten angenommene Wettersituation und der zeitliche Anteil der einzelnen Flugbetriebskonzepte, die zusammen die Betriebsvariante E bilden.

Prognoseberechnung: Zukünftige Nachfrage nach Flugbewegungen

Die Berechnung der engpassfreien Prognose ist nachvollzogen worden. Dabei wurde festgestellt, dass die Bewegungsprognose eine kontinuierliche Erneuerung der luftseitigen Infrastruktur annimmt. Unter der Annahme einer stufenweisen Erneuerung und unter erneuter Auswertung der Grundlagendaten der Luftverkehrsprognose ist für den Flughafen Zürich die Prognose neu durchgerechnet worden. Unter diesen Annahmen konnte für das Jahr 2020 nicht ein Prognosehorizont von 367'000 Flugbewegungen pro Jahr, sondern ein solcher von 335'000 pro Jahr als Erwartungswert festgestellt werden.

Berechnung des Entwicklungspotentials der Betriebsvariante E

Die Prognoserechnung im SIL-Bericht *Betriebsvarianten* erhält für die Betriebsvariante E im Jahr 2020 ein jährliches Bewegungstotal von 312'000 Flugbewegungen. Auch diese Angabe wurde überprüft, indem ein in der Flughafenplanung eingesetztes Modell zur Hochrechnung der Spitzenkapazität auf die möglichen Flugbewegungen pro Jahr verwendet worden ist. Dieses Modell berechnet das Potential zur Abwicklung von Flugbewegungen, indem die für die Betriebsvariante E angenommenen Pistenbenutzungskonzepte unter Berücksichtigung von flughafenspezifischen Merkmalen berücksichtigt werden. Diese Berechnung hat unter der Annahme der Engpassfreiheit, nämlich keine Verspätung pro Flugzeug von mehr als 4 Minuten, und mit einer Spitzenkapazität bis zu 72 Flugbewegungen pro Stunde ergeben, dass ein Potential von bis zu 335'000 Flugbewegungen pro Jahr besteht. Diese Zahl zeigt den Entwicklungshorizont unter bestimmten Annahmen, der sich nicht auf ein bestimmtes Jahr in der Zukunft bezieht, sondern das Potential angibt, wenn das Pistensystem des Flughafens Zürich so benützt wird, wie in der Betriebsvariante E vorgegeben.

Unter der methodisch rigorosen Anwendung von Modellen der mittel- und längerfristigen Flughafenplanung sind von drei Seiten her Ergebnisse erarbeitet worden, die sich nicht widersprechen.

- (1) Die Kapazitätsberechnung weist eine Spitzenkapazität von bis zu 72 Flugbewegungen pro Stunde aus.
- (2) Die Nachberechnung der Flugbewegungsprognose unter für den Flughafen Zürich geltenden Bedingungen hat zum Resultat von 335'000 erwarteten Flugbewegungen für das Jahr 2020 geführt.
- (3) Die Hochrechnung der Kapazität des Betriebskonzeptes E auf das Jahrestotal an Flugbewegungen hat, in unabhängiger Berechnung, zufällig auch zum Wert von 335'000 Flugbewegungen als Entwicklungspotential des verwendeten Pistensystems geführt.

Diese drei Ansätze zeigen, dass die Betriebsvariante E in der Lage ist, die gegenwärtige Benutzung des Pistensystems des Flughafens Zürich engpassfrei an einen Planungshorizont von 335'000 Flugbewegungen im Jahr heranzuführen, dies unabhängig von der Angabe eines Bezugsjahres in der Zukunft.

Auftragsverständnis

Im Dezember 2006 wurden im Rahmen des SIL-Koordinationsprozesses Flughafen Zürich 19 Betriebsvarianten präsentiert. Darunter befindet sich auch die für eine Anzahl von Gemeinden bevorzugte Betriebsvariante E. Sie entspricht einem Betrieb nach dem vorläufigen Betriebsreglement. Während der DVO-Sperrzeiten werden am frühen Morgen hauptsächlich Anflüge auf die Piste 34 und am Abend auf die Piste 28 geführt. Ausserhalb der DVO-Sperrzeiten werden hauptsächlich Landungen auf den Pisten 14 und 16 und Starts auf den Pisten 28 und 16 durchgeführt. Im Rahmen des unterbreiteten Dokumentes zu den 19 Betriebsvarianten schneidet die Betriebsvariante E relativ schlecht ab. Sie erreicht mit einer Spitzenkapazität von 55 Flugbewegungen pro Stunde und 325'000 Flugbewegungen pro Jahr (2030) für einen effizienten Betrieb des Flughafens ungünstige Werte, so dass diese Variante für einen Eintrag in das SIL-Objektblatt nicht in Frage kommen kann und deshalb aus der Diskussion über die Benutzung des Flughafens ausscheiden muss. Das würde auch heissen, dass damit eine aus der Sicht vieler Gemeinden wünschbare Variante verloren geht.

Auf Anregung verschiedener Flughafen-Anrainergemeinden hat sich der Schutzverband der Bevölkerung um den Flughafen Zürich in der Zwischenzeit nochmals vertieft mit dem SIL-Bericht des Bundesamtes für Zivilluftfahrt zu den Betriebsvarianten auseinander gesetzt und dazu das spezialisierte Büro Oliva & Co., Zürich, mit einer wissenschaftlichen Analyse des Berichtes beauftragt. Genauer untersucht werden sollte im Speziellen auch die von vielen Gemeinden als Kompromissmöglichkeit bevorzugte Betriebsvariante E.

In Planungsvorhaben, wie es sich beim SIL-Koordinatiobnsprozess Flughafen Zürich handelt, stellt sich die Aufgabe zu prüfen, ob und bis zu welchem Grad die vorliegenden Anlagen eines Flughafens genügen oder nicht genügen, um den für einen bestimmten Prognosehorizont zu erwartenden Luftverkehr abwickeln zu können. Im Zentrum der Evaluierung der luftseitigen Infrastruktur steht die Frage nach Kapazitätsengpässen mit Folgen für die Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Nachhaltigkeit.

Die Bearbeitung dieser Aufgabe beginnt mit der Beurteilung der aktuellen (luftseitigen) Infrastruktur oder Teilen davon. Insbesondere stellt sich die Frage, inwiefern sie der zukünftig zu erwartenden Nachfrage nach Verkehrsleistung und Anforderungen, diese Abzuwickeln, gewachsen ist. Wenn die Nachfrage im Rahmen der Anforderungen nicht bewältigt werden kann, stellt sich immer auch die Frage nach Erweiterungsmöglichkeiten.

Unter der Voraussetzung von Ressourcenknappheit, die jederzeit unterstellt werden darf, und unter dem Primat des haushälterischen Umgangs mit finanziellen Mitteln stellt sich die Frage nach dem Nutzungshorizont einer Flughafenanlage wie dem Pistensystem. Auch im Sinne der umsichtigen Planung ist es unabdingbar zu wissen, ab wann mit der Planung von Erweiterungsmöglichkeiten begonnen werden muss. Das "wann" lässt sich, angesichts der Prognoseunsicherheiten im Luftverkehr, oft schwierig in konkreten Jahreszahlen ausdrücken, sondern, was auch angemessener ist, in Flugbewegungshorizonten. Dabei muss jedoch auch sichergestellt werden, ab welchem Bewegungshorizont mit Verspätungen von mehr als 4 Minuten pro Flugbewegung in einer Stunde zu rechnen ist und somit die Grenzen einer gegebenen Infrastruktur erreicht worden sind.

Bei solchen Aktivitäten der Flughafenplanung ist es immer auch wesentlich, die Probleme, die sich der Luftfahrt mit Bezug auf (hier) die luftseitige Infrastruktur, insbesondere dem Pistensystem stellen, klar zu definieren, denn nur so kann eine sachliche Abwägung erfolgen. Die Sachlage, welche die

Probleme erzeugt haben und die Lösungsmöglichkeiten zur deren Beseitigung müssen klar und nachvollziehbar dokumentiert sein.

Ein Planungsvorhaben, wie der SIL-Koordinationsprozess, hat die Schaffung eines Plans zum Einbezug der Bevölkerung als erste Aufgabe. Das entspricht mit der Arbeitsteilung zwischen Gemeinde, Kanton und Bund auch dem Politikverständnis in der Schweiz.

In dem Sinne befasst sich der vorliegende Bericht ausschliesslich mit der Frage der Angemessenheit der Unterlagen im "SIL-Prozess: Bericht Betriebsvarianten" und mit dem unabhängigen Nachvollzug dieser Ergebnisse mit Hilfe den dazu geeigneten Analyseinstrumenten. Der Bericht bezieht sich ausschliesslich auf das Pistensystem des Flughafens Zürich. Die hier erarbeiteten Ergebnisse können deshalb nicht ohne Zuhilfenahme weiterer, abgestimmter Informationen auf andere Fragen der Flughafenentwicklung wie beispielsweise der Pistenlänge übertragen werden.

Der Bericht befasst sich mit drei Fragekomplexen:

- (1) Die Kapazitätsberechnung untersucht die im SIL-Bericht Betriebsvarianten dokumentierten Ergebnissen zur Betriebsvariante E, thematisiert die Frage nach weiteren Optimierungsmöglichkeiten der Betriebsvariante E und führt eine eigene Berechnung unter Berücksichtigung der im Bericht Betriebsvarianten aufgeführten Rahmenbedingungen durch.
- (2) In der Ermittlung des Entwicklungspotentials werden die Ergebnisse der Kapazitätsberechnung unter der Voraussetzung der für die Betriebsvariante E geltenden Rahmenbedingungen auf die potentiell mögliche Jahresbewegungszahl hochgerechnet.
- (3) Die Nachberechnung der Flugbewegungsprognose untersucht die prognostizierten Werte unter den für den Flughafen Zürich geltenden Rahmenbedingungen.

Abkürzungen

Abkürzung	Begriff	
ASV	Annual Service Volume	
ATM	Air Traffic Management	
AW	Alarmwert	
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt	
DVO	Deutsche 220. Durchführungsverordnung (DVO) zur Luftver- kehrs-Ordnung (Flughafen Zürich)	
ICAO	Internationale Zivilluftfahrtsorganisation	
IGW	Immissionsgrenzwert	
IMC	Instrumental Meteorological Conditions	
LSV	Lärmschutz-Verordnung	
LTO-Zyklus	Landing and Take-Off Zyklus	
LUPO	Bericht über die Luftfahrtpolitik der Schweiz 2004	
PW	Planungswert	
RNAV	Flächennavigation	
RNP	Route Navigation Performance	
ROT	Runway Occupancy Time	
Sbfz	Schutzverband der Bevölkerung um den Flughafen Zürich	
SID	Standard Instrumentenabflugroute	
SIL	Sachplan Infrastruktur Luftfahrt	
STAR	Standard Instrumentenanflugroute	
TMA	Terminal Control Area	
TRACON	Terminal Radar Control	
VMC	Visual Meteorological Conditions	

1 Einleitung und Zielsetzung

In einem sich schnell wechselnden Umfeld wie der Zivilluftfahrt, wo Prioritäten entsprechend und neu gesetzt werden, scheint es ein schwieriges Unterfangen zu sein, Planungen wie auch Prognosen für das kommende Vierteljahrhundert vorzunehmen. Aufgrund der Grundprinzipien der internationalen Zivilluftfahrt werden die technischen Innovationen immer entlang von internationalen Standards und Richtlinien der ICAO umgesetzt. Damit erfolgt die Planung, Einführung sowie deren Umsetzung an einem konkreten Flughafen nicht isoliert. Die damit verbundene Bereitstellung und Ereneuerung der Infrastrukturen ist einer zeitlichen Verzögerung ausgesetzt, erfolgt stufenweise und nicht kontinuierlich, so dass sich zwar Kostenüberlegungen über zu tätigende Investitionen anstellen lassen, hingegen scheint eine (Re-)Finanzierung dieser Infrastrukturkosten – wie jüngste Beispiele zeigen – nur noch im geringen Masse abschätzbar zu sein. Zumal und nicht zuletzt die Schweiz seit dem 1. Juli 2007 über keinen "home-base-carrier" mehr verfügt, scheint die Tatsache, dass jedes Land von seinen effizienten Transportverbindungen abhängig ist, mit Blick auf die Planung und Entwicklung des Flughafens Zürich an Gewicht zu gewinnen.

Diese grundlegend neue Situation für die Zivilluftfahrt in der Schweiz, vielleicht handelt es sich um ein weltweit einmaliges Ereignis (die Fluggesellschaft Alitalia steht gegenwärtig vor einer ähnlichen Situation), bereitet nicht nur Schwierigkeiten für eine zukünftige Prioritätensetzung, sondern auch neue Optionen. Die damit verbundenen Vor- und Nachteile eröffnen neue Perspektiven für die Bewertung der zukünftigen Raumentwicklung einerseits und neue Prioritäten der Entwicklung des Flughafenbetriebes und den Flughafenanlagen andererseits.

Der nun vorliegende Bericht zu den Betriebsvarianten für den Flughafen Zürich im Rahmen des SIL Prozesses vom 8. Dezember 2006, im Folgenden "Bericht Betriebsvarianten" genannt, geht nicht auf diese grundlegende neue Situation der Schweizerischen Zivilluftfahrt ein – was angenommen nicht Teil seiner Aufgabenstellung war – jedoch bedeutet das, dass mit Blick auf die Planung und Entwicklung einer der Schlüsselinfrastrukturen, die zudem gemäss dem Bericht über die Luftfahrtpolitik für ein reibungsloses Funktionieren für die Schweiz von grösster Bedeutung sei, für das kommende Vierteljahrhundert kaum Innovationen wie beispielsweise die technische Entwicklung der Navigations- und Luftrauminfrastruktur, Charakteristika neuer Grossraumflugzeuge berücksichtigt wurden. Die vorgelegte Liste der Bewertungskriterien sowie die Vergleichs- und Nutzwertanalyse der Betriebsvarianten scheinen vorerst eine Objektivierung mittels Indikatoren herzustellen, die zur Transparenz der Rechtfertigung der Massnahmen und Nachvollziehbarkeit der vorgenommenen Entscheidungen verhelfen sollte. Hiermit soll die Effizienz der Verwaltungs-, Regierungs- und Geschäftstätigkeit erhöht werden und damit zur Verwissenschaftlichung von Politik, Wirtschaft und Verwaltung beitragen.

Ziel des hier unterbreiteten Gutachtens ist es, die Wahl von konsensualen Betriebsvarianten mit weiteren Untersuchungen und Informationen zu unterstützen. Die Betriebsvariante E erfährt von den betroffenen Gemeinden eine breite Unterstützung. Im "Bericht Betriebsvarianten" erscheint diese Variante jedoch als relativ wenig leistungsfähig. Deshalb konzentriert sich die vorliegende Analyse darauf, die Vorgehensweise der Untersuchungen, die dem "Bericht Betriebsvarianten" zu Grunde liegen, nachzuvollziehen, und die Leistungsfähigkeit der Betriebsvariante E nochmals mit weiteren Untersuchungen zu prüfen.

Wie die vorliegende Analyse zeigen wird, ist die Leistungsfähigkeit der Betriebsvariante E genügend ausreichend, um nicht gleich an die Kapazitätsgrenze zu stossen. Somit helfen die vorliegenden Ergebnisse, die Betriebsvariante E wie sie im "Bericht Betriebsvarianten" unterbreitet worden ist, weiter zu optimieren und abzustützen.

2 Hintergrund und Problemstellung

2.1 Einbezug des Kantons und der Gemeinden

Der SIL-Prozess hat verschiedene Phasen erfahren, die auf den verschiedenen Ebenen der Beteiligung unterschiedliche Spuren hinterlassen haben. Im Kern geht es um die Strukturierung von Austauschverhältnissen zwischen dem Flughafen und seiner Umgebung im Sinne eines Sozialvertrages, der letztlich vom Bundesrat beschlossen wird. Dem Sozialvertrag liegt der Gedanke zugrunde, dass das durch die Regierung etablierte Austauschverhältnis nur legitim ist, wenn es die Zustimmung der Betroffenen besitzt und ihre Interessen wahrnimmt. Trifft dies in vermindertem Masse zu, bestehen entsprechende Spannungsverhältnisse. In Angelegenheiten, die breit abgestützte Kompromisse benötigen, ist ein spannungsloser Zustand nicht zu erwarten.

Für das Gelingen des Sozialvertrages ist der Kanton Zürich besorgt, dass die erarbeiteten Varianten politisch konsolidiert werden. Als Standortkanton erfährt der Kanton Zürich den grössten ökonomischen Nutzen, trägt jedoch auch die grössten Belastungen, die vom Flughafen Zürich und dem zivilen Luftverkehr ausgehen. Eine Instanz, die der Diskussion des SIL-Prozesses dient, ist die Konsultative Konferenz Flughafen Zürich der Vorsteherin der Volkswirtschaftsdirektion des Zürcher Regierungsrates.

Der Kanton Zürich ist gemäss Projektplan des SIL-Prozesses ebenfalls für die politische Konsolidierung der unterbreiteten Betriebsvarianten innerhalb des Kantons und ferner im Rahmen der Gemeinden zuständig.

2.1.1 Ausgangspunkt

Ausgangspunkt der hier vorgelegten Analyse ist, aufgrund erster Vorabklärungen, die Vermutung, dass der im Rahmen des SIL-Prozesses veröffentlichte Bericht Betriebsvarianten vom 8. Dezember 2006 die **Betriebsvariante E** unterbewertet, als zu wenig leistungsfähig darstellt. Diese Vermutung soll anhand der wesentlichen Kriterien geprüft werden. Dabei ist es teilweise auch notwendig, soweit die Bewertung der Betriebsvariante E davon abhängig ist, auch Hintergrundsmaterialien zu untersuchen. Die Bestimmung der Aufgaben soll anhand der folgenden Übersicht über den SIL-Prozess begründet werden.

2.1.2 Hauptergebnis im "Bericht Betriebsvarianten"

Der "Bericht Betriebsvarianten" hält bezüglich der Kapazität fest: "Die für die Abdeckung der prognostizierten Nachfrage erforderliche Stundenkapazität von 96 (im Jahr 2020) bzw. 109 Flugbewegungen (im Jahr 2030) wird von keiner Variante erreicht. Auch die für die Landekapazität notwendigen Werte von ca. 64 (2020) bzw. 73 Landungen (2030) kann keine der Varianten anbieten. Verschiedene Varianten weisen zudem erhebliche Differenzen zwischen der maximalen Start- und Landekapazität auf, was bedeutet, dass der jeweils höhere Wert nicht voll ausgeschöpft werden kann (Start- und Landekapazität sollten zur optimalen Abwicklung der Verkehrsspitzen gleich hoch sein)." ("Bericht Betriebsvarianten" 2006:66).

Dieses Ergebnis sagt aus, dass sämtliche neunzehn untersuchten Betriebsvarianten weder auf der bestehenden, noch auf einer künftig veränderten, ausgebauten Pistenkonfiguration des Flughafens Zürich diese prognostizierte Nachfrage zu erfüllen vermag. Hiermit stehen verschiedene Fragen zur Diskussion wie beispielsweise die Bestimmung einer mittleren Leistungsfähigkeit der vorliegenden

Pistenkonfiguration einschliesslich ihrer Nutzungsstrategien unter der Berücksichtigung von Verspätungen. Zuerst wird als nächste auf den Kontext des Diskussionsgegenstandes eingegangen.

2.1.3 Kontext des Diskussionsgegenstand

Vor dem SIL-Prozess wurden im Rahmen des Runden Tisch Varianten für den Flughafen Zürich entwickelt und diskutiert. In diesem Zusammenhang entstand ein Vorschlag für eine Betriebsvariante, die weitgehend konsensual war (Betriebsvariante BV2). Diese wurde 2002 abgeschlossen. Der Schlussbericht lag im Februar 2002 vor.

Parallel zum Runden Tisch beginnt ein erster SIL-Prozess, der jedoch nicht mit der Variantendiskussion des Runden Tisch verknüpft war. Der Schlussbericht wurde am 27. August 2002 vorgelegt.

Der Kanton Zürich distanzierte sich von den Ergebnissen des ersten SIL-Prozesses und startete offiziell Ende 2002 das Projekt RELIEF. Das Projekt wurde Ende 2004 formell abgeschlossen.

Im November 2004 wurde der SIL-Prozess erneut aufgenommen. Ansatzweise wurden frühere Projekte mitberücksichtigt. So wurde beispielsweise die Betriebsvariante BV2 durch den Anflug auf die Piste 10 ergänzt, obschon der technische Bericht des Runden Tisch aus sicherheitstechnischen Überlegungen davon abgeraten hatte. Im darauf folgenden SIL-Prozess wurde diese Betriebsvariante unter anderem mit der Begründung wieder ausgeschieden, die Landung auf die Piste 10 sei nicht möglich.

Am ersten SIL-Koordinationsgespräches wurden die folgenden Vorgaben für den SIL-Prozess vorgelegt und diskutiert:

- Prognose zur Entwicklung der Nachfrage im Luftverkehr ("Luftverkehrsprognose")
- Betriebliche Eckwerte ("Eckwerte")
- Vorgaben zur Erarbeitung der Betriebsvarianten ("Vorgaben")
- Kriterien für die Bewertung der Betriebsvarianten ("Kriterien")

Zur Untersuchung der eingangs formulierten Vermutung einer Unterbewertung der **Betriebsvariante** E ist eine Kommentierung der oben genannten Vorlagen notwendig, denn sie bestimmen direkt oder indirekt das Anspruchsniveau und die Funktionsweise dieser Betriebsvariante.

2.1.4 Grundlagentexte des Diskussionsgegenstandes

Dem zur Diskussion stehenden "Bericht Betriebsvarianten" liegen die folgenden Arbeiten zugrunde:

- > Erarbeitung und technische Prüfung von Betriebselementen
- > Erarbeitung von Flugbetriebskonzepten
- > Bildung von Betriebsvarianten
- Erarbeitung der notwendigen Luftraumstruktur
- > Bestimmung der für die Flughafenentwicklung beanspruchten Flächen
- Prüfung der Einhaltung der Vorgaben

- Ergänzung der Nachfrageprognose
- Berechnung der Lärmauswirkungen
- Bestimmung der volkswirtschaftlichen Wirkungen
- Abklärungen zur Nutzbarkeit der Flachmoore
- Überprüfung und Ergänzung der Liste der Bewertungskriterien

Aufgrund der Tatsache, dass für ein Flugbetriebskonzept¹ seine Leistungsfähigkeit, somit die Kapazität, nebst den Merkmalen der Einbettung in die Flughafenregion (Lärm, Luftschadstoffe, wirtschaftliche Effekte etc.), die wichtigste Eigenschaft darstellt, wird sich die Überprüfung für die Annahme einer Unterbewertung im Kern auf die folgenden Gesichtspunkte konzentrieren.

- Nachvollzug und Bewertung der Kapazitätsberechnung der **Betriebsvariante E**, hinsichtlich:
 - a. Layout der Kapazitätsberechnung
 - b. Gesamtkapazität
 - c. Spitzenkapazitäten
 - d. Ergebnisdiskussion
- Eigene Kapazitätsberechnung der Betriebsvariante E gemäss internationaler Standards
 - e. Bestimmung der Berechnungskonzepte
 - f. Gesamtkapazität
 - g. Spitzenkapazitäten im Verhältnis der Gesamtkapazität
 - h. Neubewertung der Betriebsvariante E
- Bestimmung der Jahresleistung der Betriebsvariante E aufgrund der Neubewertung

2.2 Die Betriebsvariante E im "Bericht Betriebsvarianten"

2.2.1 Eigenschaften der Betriebsvariante E

Die Betriebsvariante E erfüllt die Anforderungen des vorläufigen Betriebsreglements. Sie basiert auf dem bestehenden Pistensystem des Flughafens Zürich, lässt die Restriktionen durch die DVO einhalten und umfasst wechselnde Ausrichtung der An- und Abflüge.

Die Betriebsvariante E wird im "Bericht Betriebsvarianten" wie folgt beschrieben: "Durch die Vorgaben bestimmte Betriebsvariante «mit den Charakteristiken des Betriebs gemäss vorläufigem Betriebsreglement», welche die DVO berücksichtigt: in der Regel Südanflüge in der ersten Betriebsphase, Nordanflüge tagsüber und Ostanflüge in der abendlichen Sperrzeit der DVO. Berücksichtigt sind die heute im Einsatz stehenden Elemente des Betriebsreglements; nicht berücksichtigt werden dagegen insbesondere die im Gesuch für das Betriebsreglement enthaltenen koordinierten Landungen (Ost- und Südanflüge koordiniert) und der sogenannte «Wide Left Turn»." ("Bericht Betriebsvarianten" 2006:48).

Ferner wird festgehalten, dass die Betriebsvariante E für die Betriebsvariante B eine "Rückfallebene" darstelle.

¹ Gemäss dem "Bericht Betriebsvarianten" ist ein Flugbetriebskonzept eine Kombination von Betriebselementen, die aus einer An- oder Abflugroute und der dazugehörigen Infrastruktur besteht.

2.2.2 Bewertung des Komplexitätsgrades der Betriebsvariante E

Die Begründung zur Beurteilung der Komplexität einer Betriebsvariante wurde in der Gewährleistung der Sicherheit gesehen, die an der "Zahl der eingesetzten Flugbetriebskonzepte, Art der Konzeptwechsel im Verlaufe des Tages" gemessen wurde ("Bericht Betriebsvarianten" 2006:13). Die Betriebsvariante erhielt die Bewertung 1.9 und belegt den 4. letzten Rang ("Bericht Betriebsvarianten" 2006:65).

So wie die Komplexität der Betriebsvariante E dargestellt wird, würde auch das gegenwärtige Betriebskonzept des Flughafens Zürich als "hoch ungünstig" eingestuft. Bezogen auf die Gewährleistung der Sicherheit deutet dies auf zwei Punkte hin. Erstens stellt sich die Frage der Sicherheitsgewährleistung, die als Bedingung sine qua non der Luftfahrt gilt. Zweitens stellt sich die Frage nach der Eignung des hier verwendeten Bewertungsmassstabes.

2.2.3 Folgerungen aus der Bewertung der Betriebsvariante E

Es kann festgehalten werden:

- (1) Die Betriebsvariante E wird im "Bericht Betriebsvarianten" bezogen auf den "Komplexitätsgrad" in der Tendenz als "hoch ungünstig" bewertet, obschon sie den aktuellen Betrieb des Flughafens Zürich widerspiegelt.
- (2) Die Analyse der Betriebsvariante E im "Bericht Betriebsvarianten" bezogen auf die "Leistungsfähigkeit", Flugbewegungen pro Jahr zu bewältigen, erhält wenig vorteilhafte Resultate, obschon diese Leistungsfähigkeit bereits im Jahr 2000 erreicht worden ist, zumindest in der Zeit von 07:00 bis 20:00 Uhr als Grundlage der Abschätzung (ohne DVO).
- (3) Die Analyse der Betriebsvariante E im "Bericht Betriebsvarianten" bezogen auf die "Gesamtkapazität" erhält mit 55 Flugbewegungen pro Stunde den 3. tiefsten Rang und wird gegenüber dem zu erwartenden Wert von 100 Flugbewegungen pro Stunde als ungenügend dargestellt, obschon diese Betriebsvariante wesentlich höhere Kapazitätswerte einhalten kann, denn es wurde gezeigt, dass Koordinationseckwerte von über 65 Flugbewegungen pro Stunde eingehalten werden konnten.
- (4) Die Analyse der Betriebsvariante E im "Bericht Betriebsvarianten" bezogen auf die "Spitzenkapazitäten" für Landungen pro Stunde und Starts pro Stunde ergeben einen verhältnismässig tiefen Rang, obschon diese Betriebsvariante wesentlich höhere Kapazitätswerte einhalten kann.

Hiermit werden die folgenden Punkte untersucht:

- (1) Betrieblicher Komplexitätsgrad
 - a. Es wird der Bezug zur betrieblichen Komplexität der heutigen Flugbetriebskonzepte hergestellt.
- (2) Plausibilität der Ergebnisse der Nachfrageprognose
 - a. Lassen sich heute Nachfragemodelle für das Jahr 2020 beziehungsweise 2030 erstellen?
 - b. Auf welche Weise kann heute ein Nachfragemodell für das Jahr 2020 mit einem solchen für 10 Jahre später verglichen werden?

- c. Welches ist derzeit der Stand der Methodik, um Prognosen für Flugbewegungen zu erstellen?
- d. Insbesondere soll geprüft werden, unter welchen Rahmenbedingungen (und nicht bezogen auf Nachfragemodelle für das Jahr 2020 und 2030) die in der Flugbewegungsprognose dargelegten Werte erreicht werden könnten.

(3) Leistungsfähigkeit, Flugbewegungen pro Jahr zu bedienen

- a. Der im "Bericht Betriebsvarianten" ausgewiesene Zusammenhang zwischen den 55 Flugbewegungen pro Stunde und den 312'000 Flugbewegungen pro Jahr in 2020 ist zu prüfen.
- b. Der im "Bericht Betriebsvarianten" ausgewiesene Zusammenhang zwischen 55 Flugbewegungen pro Stunde und den 325'000 Flugbewegungen pro Jahr in 2030 ist zu prüfen, insbesondere auch die Aussage dass zwischen 2020 und 2030, obschon Sättigungskapazitäten berechnet worden sind, um 13'000 Flugbewegungen pro Jahr gesteigert werden kann.
- c. Insbesondere ist auch zu prüfen, welche Verspätungswerte pro Flugbewegung den jährlichen Flugbewegungsangaben unterlegt und nicht dokumentiert werden.

(4) Gesamtkapazität (Spitzenkapazität)

- a. Zu prüfen sind die Bedingungen, unter denen der "Bericht Betriebsvarianten" auf die Gesamtkapazität von 55 Flugbewegungen pro Stunde gelangt.
- b. Zu untersuchen ist, welche Gesamtkapazität pro Stunde die Betriebsvariante E als Sättigungskapazität zu leisten vermag, zumal es in Realität höhere Werte erreicht hat als 55 Flugbewegungen pro Stunde.

(5) Spitzenkapazitäten für Starts und Landungen pro Stunde

- a. Zu prüfen sind die Bedingungen, unter denen der "Bericht Betriebsvarianten" auf die Spitzenkapazitäten von 37 Starts pro Stunde und 36 Landungen pro Stunde gelangt.
- b. Zu untersuchen ist, welche Spitzenkapazitäten für Starts und Landungen pro Stunde die Betriebsvariante E als Sättigungskapazität zu leisten vermag, zumal sie in Realität höhere Werte erreicht hat als 37 Starts pro Stunde und 36 Landungen pro Stunde.

(6) Weiteren Optimierungsmöglichkeiten

- a. Die beiden Flugbetriebskonzepte Ost 1.0a und Ost 1.0c sind beispielsweise hinsichtlich den beiden unterschiedlich stündlichen Kapazitätswerten bei einer 50% Landenachfrage miteinander zu vergleichen, zumal Ost 1.0c nur nach circa 20:00 Uhr einsetzbar sei und keine Interkontinentallandungen berücksichtige.
- b. Weiter sind die beiden Flugbetriebskonzepte N 1.11 und N 1.13 einander gegenüber zu stellen, zumal gemäss Beschrieb der einzige Unterschied in der Voraussetzung der Streuung von Starts sei, wodurch auf die Frage der Pistennutzungsstrategie eingegangen werden soll.

3 Nachfrageprognose zur Betriebsvariante E

3.1 Nachfrageprognose im "Bericht Betriebsvarianten"

Die im Anhang E10 unterbreitete Nachfrageprognose für die Betriebsvarianten macht deutlich, dass von einer umgekehrten Aufgabenstellung ausgegangen wurde. Für die zu untersuchenden Betriebsvarianten wurden folglich die Werte für die Kapazität vorgegeben. Die im Netzmodell vorgegebenen Flugoperationen wurden entsprechend der Kapazität angepasst: "Waren in den Wellentälern Kapazitäten frei, wurden gegebenenfalls Flüge von den Spitzen in die Täler verlagert." ("Bericht Betriebsvarianten" Anhang E10 2006:4).

Das hatte zur Folge, dass die Flugzeuggrösse hinsichtlich der Destination und Zeit angepasst werden musste. Eine Berechnung dieses Modells wurde für die drei ausgewählten Varianten A, N und R ausgeführt. Die Abbildung 1 zeigt die zur Wahl stehenden Betriebsvarianten auf ("Bericht Betriebsvarianten" 2006:55). Es werden 95 Flugbewegungen pro Stunde im Jahr 2020 und 100 Flugbewegungen pro Stunde für das Jahr 2030 im Sinne einer Stundenleistungsfähigkeit prognostiziert ("Bericht Betriebsvarianten" Anhang E10 2006:8).

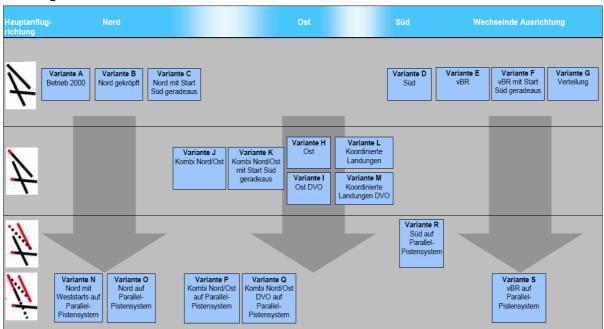


Abbildung 1: Die zur Wahl stehenden Betriebsvarianten

Abbildung 12: Entwicklungspfade für Infrastruktur und Flugbetrieb

Diese Werte basieren auf der Untersuchung im Jahre 2005 für den Flughafen Zürich (Intraplan). Hier handelt es sich um "Kapazitätseckwerte", die nicht mit Werten der Sättigungskapazität zu vergleichen sind. Die Varianten N und R mit der Variante A (Betrieb 2000) zu vergleichen, scheint auf den grundlegenden Veränderungen am Flughafen Zürich wenig nachvollziehbar.

Ein ähnlicher Mangel wird auch bei der Nachfrageprognose beobachtet, die auf ein einzelnes Bezugsjahr 2004 abgestellt wird. Bei der vorgenommenen Entzerrung der Wellenstruktur zum Zwecke der Erzielung eines entsprechenden Kapazitätseckwertes wird eine Auflösung der Struktur beobachtet, die schwerlich in Übereinstimmung mit der Leistungsfähigkeit und der Flughafeninfrastruktur

gebracht werden kann. Daher lassen sich die "Hauptergebnisse für die Einzelvarianten" schwerlich nachvollziehen (E10 2006:18).

Zentral und auch im Zusammenhang mit den Angaben zur Sättigungskapazität der einzelnen Betriebsvarianten scheint daher die Frage zu sein, wie wurde die Zusammensetzung der Flugzeugtypen (Flottenmix) für die Jahre 2020 und 2030 definiert. In Abhängigkeit des prozentualen Anteils der Grossraumflugzeuge werden Variationen bei der Berechnung der Sättigungskapazität erwartet. Dieser Frage wird mit Bezug auf die Tab. 22 und Tab. 23 im Anhang E10 im "Bericht Betriebsvarianten" nachgegangen. Die Variable "Anzahl Sitzplätze je Maschine" gibt einen ersten Hinweis auf die unterlegte Zusammensetzung der Flugzeugtypen. Die Nachfrageprognose wird mit folgender Graphik dokumentiert:

Abbildung 2: Flugbewegungsprognose

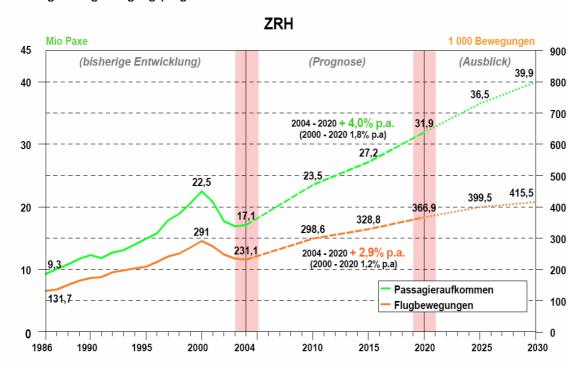


Abb. 6-1: Prognose der Flugbewegungen im Linien- und Charterverkehr – Flughafen Zürich

Gemäss der Intraplan-Studie ist für den Flughafen Zürich bis 2020 von einem Flugbewegungsaufkommen im Linien- und Charterverkehr von 367.000 Bewegungen im Jahr auszugehen. Das zeigt Abbildung 2. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerung gegenüber 2004 (231.000 Bewegungen) von 2,9 % p.a. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb der Steigerung der Passagier-Anzahl mit 4 % p.a. (Intraplan 2005:76).

Die Betrachtungen der Intraplan basieren auf dem Jahr 2004, zu einem Zeitpunkt, in dem die Strukturkrise des Flughafens Zürich einen Höhepunkt erreicht. Dabei ist auch zu bedenken, obschon die Swiss ihre Marktposition verfestigt hat, die Situation vor der Strukturkrise nicht wieder im alten Sinne hergestellt worden ist und vermutlich nicht wieder hergestellt werden kann. So gesehen ist die Situation des Zürcher Flughafens einzigartig und entspricht vorderhand nicht den Gesetzmässigkeiten, wie sich Flughäfen entwickeln. So lange seine Strukturkrise nicht überwunden ist, muss der Flughafen Zürich als Sonderfall betrachtet werden, in dem die Ausnahmen gegenüber

den sonst geltenden Entwicklungsmustern überwiegen. Diese Tatsache muss in Analysen über die zukünftige Entwicklung in besonderem Masse berücksichtigt werden.

Zudem wurde auch eine Prognose über den zu erwartenden Flottenmix ausgeführt (Intraplan 2005:81). Gemäss Tabelle 1 wird der Flottenmix jedoch nur als Verteilung nach Sitzplatz-Kategorien präsentiert.

Tabelle 1: Flugzeugkategorien auf dem Flughafen Zürich

		Flughafen Zürich					
Sitzplätze	Sitzplätze 2000		2004		2020		
	1000 Bewegungen	Anteil in %	1000 Bewegungen	Anteil in %	1000 Bewegungen	Anteil in %	
1-49	23	7,9	43,6	18,9	51,1	13,9	
50-99	94,6	32,5	58,8	25,4	85,3	23,2	
100-150	94,7	32,5	80,6	34,8	133,4	36,4	
151-210	52,1	17,9	32,1	13,9	65,5	17,9	
211-300	24,1	8,3	13,3	5,8	26,1	7,1	
301 +	2,5	0,9	2,8	1,2	5,5	1,5	
Summe	291,0	100	231,2	100	366,9	100	

Tab. 6-2a Verteilung der Flugbewegungen der Schweizer Flughäfen im Linien- und Charterverkehr nach Sitzplatz-Kategorien, Flughafen Zürich

3.2 Bestimmung der Start- und Landebahnkapazität

3.2.1 Nachvollzug: Spitzenstunde und Flugbewegungen pro Jahr

Für den Flughafen Zürich werden in der Intraplan-Studie aus der Nachfrageprognose die notwendige Start- und Landebahnkapazität abgeleitet. Hierzu werden in einem ersten Schritt die Anteile der typischen Spitzenstunde, das heisst, die Stunde mit dem 30. höchsten Verkehrsaufkommen im Jahr, einer Auswahl von Flughäfen zusammengestellt (Intraplan 2005:98). Das ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Wieso diese Flughäfen, die angeblich einen höheren Umsteigeranteil als andere Flughäfen aufweisen würden, als Grundlage für die Analyse verwendet werden, lässt sich nicht nachvollziehen. Ob der Umsteigeranteil das richtige Kriterium darstellt, müsste eine eingehende statistische Analyse zeigen, in der auch noch weitere Merkmale geprüft werden sollten.

Tabelle 2: Spitzenstundenanteil qua Verkehrsaufkommen im Jahr 2000

Flughafen	Flugbewegungen in 1000	Anteil typische Spitzen- stunde in ‰
Zürich	326/291 ¹⁾	0,230/0,258 ²⁾
Amsterdam	432	0,259
Kopenhagen	304	0,267
Madrid	358	0,223
Frankfurt Main	459	0,198
London Heathrow	467	0,201
London Gatwick	261	0,241
München	319	0,291
Paris	518	0,228
Rom	283	0,275
Wien	207	0,246
Durchschnitt	-	0,241
zum Vergleich		
New York J.F.Kennedy	345	0,229
New York Newark	450	0,204

¹⁾ Linien- und Charterverkehr, Werte für 2004 267/231

Quelle: IATA, ACI, ATAG: Airport Capacity/Demand Profiles, 2003 Edition

Tab. 8-3: Anteile typische Spitzenstunde am Jahresaufkommen ausgewählter Flughäfen (Jahr 2000)

Dieser – unvollständigen – Aufreihung von Flughäfen entnimmt Intraplan zwei Tendenzen:

- > Je höher die Anzahl der Jahresflugbewegung, desto niedriger der Spitzenstundenanteil.
- Flughäfen mit Kapazitätsengpässen haben besonders niedrige Spitzenstundenanteile (extrem bei Frankfurt Main und London LHR).

Die Überprüfung der in der Intraplan-Studie festgestellten Tendenzen ergibt folgendes Resultat (Verhältnis im Jahr 2000):

²⁾ bezogen auf die Bewegungen Linien- und Charterverkehr, Werte für 2004 /0,260/0,300

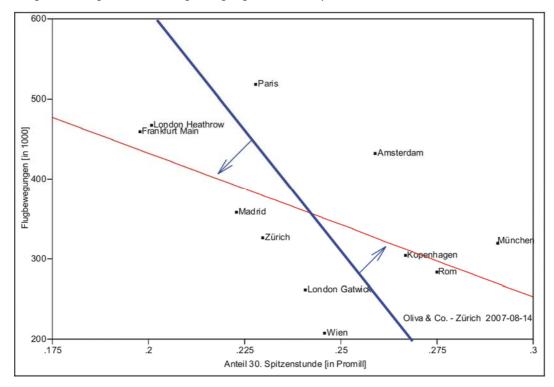


Abbildung 3: Trend gebildet aus Flugbewegungen und 30. Spitzenstunde

Durch den dargelegten Punkteschwarm, gebildet aus den Flugbewegungen und dem Anteil der 30. Spitzenstunden, lassen sich sehr wohl Geraden ziehen und somit "von Auge" einen Trend beobachten, jedoch widerspiegeln diese Geraden, wenn sie nach der Methode der "kleinsten Quadrate" durchgeführt wird, den erkannten Trend sehr schlecht, weil die Streuung um die Geraden verhältnismässig gross ist. Statistisch gesehen ist der Zusammenhang zwischen dem Anteil der 30. Spitzenstunde und den jährlichen Flugbewegungen nicht signifikant (F-Wert = 3.7, p > 0.08). Folglich darf nicht von einem Trend gesprochen werden und es ist in dem Sinne auch fragwürdig, wenn auf eine solche Ausgangslage abgestützt wird. Dennoch baut Intraplan ihre Bestimmung der Kapazität auf diesem vermeintlichen Trend auf.

Wie schon erwähnt, stellt Intraplan zwei Trends fest, die anhand der Abbildung 3 erläutert werden sollen: (1) Je höher die Anzahl der Jahresflugbewegung, desto niedriger der Spitzenstundenanteil. (2) Flughäfen mit Kapazitätsengpässen haben besonders niedrige Spitzenstundenanteile (extrem bei Frankfurt Main und London LHR). Der Trend (1) bezieht sich in Abbildung 3 auf die "steilere" Gerade. Diese repräsentiert laut Intraplan den allgemeinen Trend. Der Trend (2), in Abbildung 3 dargestellt durch die "flachere" Gerade, repräsentiert gemäss Intraplan die Entwicklung von Flughäfen unter der Bedingung von Kapazitätsengpässen. Wird die Parameterschätzung der Geradengleichung anhand aller in Abbildung 3 aufgeführten Flughäfen vorgenommen, so entspricht die "flachere" Kurve, die alle hier zur Diskussion stehenden Flughäfen repräsentiert, den Flughäfen mit und ohne Kapazitätsengpässen. Anhand der hier ausgeführten empirischen Betrachtung lässt sich die von Intraplan eingeführte Annahme nicht stützen.

Daraus lässt sich folgern: Es ist schwierig, über die Grösse "Kapazitätsengpass" eine Aussage zu machen, wenn sie nicht direkt gemessen wird. Aus dem Verhältnis zwischen Flugbewegungen und Spitzenstunde allein, ist das Thema kaum ausreichend abzuhandeln. Ferner lässt sich damit die Grösse "Engpassfreiheit" nur schwer direkt messen. Im Folgenden soll nun die Aufbereitung des Kapazitätswertes gemäss Intraplan weiter vertieft werden.

In einem weiteren Schritt wird gemäss Intraplan-Studie für den Flughafen Zürich im Jahr 2010 einen Promillewert für den Spitzenstundenanteil von 0,28‰ angesetzt. Diese Annahme, wie aus Abbildung 3 hervorgeht, lässt sich kaum rechtfertigen und scheint wenig nachvollziehbar. Der Trend wird durch die "flachere" und nicht durch die "steilere" Gerade repräsentiert, wobei die Deklaration eines Trends angezweifelt werden darf. Weiter unterstellt die Intraplan-Studie einen Promilleanteil, der sich zudem im 5-Jahres-Takt um 0,01‰ abbauen soll, so dass für 2020 0,26‰ und für 2030 0,24‰ ausgewiesen werden. Würden sich diese beiden Trends der Intraplan-Studie gleichwohl bestätigen, dann müsste eine nicht-lineare Veränderung der Promille-Werte unterstellt werden, dies als Folge einer verzögerten Anpassung der Infrastruktur, was sich als überproportionale Abnahme der 30. Spitzenstunde an den Gesamtbewegungen erweisen würde.

Diese Promilleanteile wurden in der Folge aufgrund des unterstellten Verhältnisses zwischen Jahresflugbewegungen und 30. Spitzenstunde in konkrete Jahresflugbewegungen umgerechnet (Intraplan 2005:100). In Tabelle 3 wird das erzielte Resultat für den Flughafen Zürich zusammengefasst.

Jahr	Anteil typische Spitzenstunde in ‰	Jahres Flug- bewegungen ¹⁾ (in 1000)	Flugbewegungen typi- sche Spitzenstunde = errechneter Kapazi- tätseckwert ²⁾
	A	В	C = A x B
2000	0,258	291	75
2004	0,30	231	69
2010	0,28	299	84
2015	0,27	329	89
2020	0,26	367	95
2025	0,25	399	100
2030	0,24	415	100

- 1) Linien- und Charterverkehr
- 2) Stundenleistungsfähigkeit

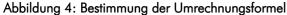
Tab. 8-4: Berechnung des Kapazitätsbedarfs (Stundenleistungsfähigkeit des Startund Landebahnsystems) für den Flughafen Zürich

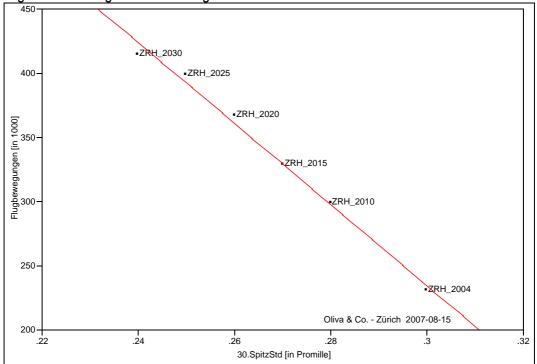
Bevor auf die inhaltliche Diskussion der präsentierten Werte des Kapazitätsbedarfs eingetreten wird (vgl. Tab. 8-4), sei scheint mit Verlaub ein Hinweis zum allgemeinen Verständnis von Kapazität angebracht zu sein. Wird tatsächlich von der "Stundenleistungsfähigkeit" einer Pistenkonfiguration ausgegangen, dann wird keine signifikante Variation erwartet, es sei denn, dass spezifische Eingangsparameter gewählt werden wie beispielsweise Flugregeln, Pistenzustand, ATM-System etc.

Bei sonst gleichen Bedingungen (Konstanz der Eingangsparameter) ist eine Variation von 75 auf 100 Flugbewegungen pro Stunde, so wie sie in der Intraplan-Studie ausgewiesen wird, nicht zu erwarten. Wird trotzdem eine solche Variation dargelegt, dann wird angenommen, dass die Verfasser von etwas anderem als die "Stundenleistungsfähigkeit" ausgehen. Ob es gerechtfertigt sei, auf dieser Basis von "erforderlicher Stundenleistungsfähigkeit" zu sprechen, wird nicht hinreichend begründet. Die hier präsentierten Werte, sind kaum mit der nachgefragten Kapazität in Übereinstimmung zu bringen.

Als nächstes wird die statistische Analyse diskutiert, die bei der Intraplan-Studie für die Erzielung ihrer Ergebnisse angewandt wurden. Als unabhängige Variable werden die Anteile der 30. Spitzenstunde und als abhängige Variable werden die Flugbewegungen bei der Intraplan-Studie eingeführt. Damit wird der Anteil der 30. Spitzenstunde an den Gesamtflugbewegungen als die alleinige Verursachungsgrösse für das Gesamttotal der Flugbewegungen während eines Jahres betrachtet.

Es gilt der Ansatz: Bei einem gegebenen Pistensystem lässt ein kleiner werdender Anteil der 30. Spitzenstunde an den Gesamtbewegungen mehr Gesamtbewegungen zu. Das heisst, dass das Verhältnis zwischen diesen beiden Grössen durch eine Umrechnungsformel darstellbar wird. Das ist in Abbildung 4 dargestellt.





Weiter lässt sich mittels den in Tabelle 3 aufgeführten Werten eine Schätzung der von Intraplan verwendeten Umrechnungsformel (vgl. Tab. 8-4) ausführen. Diese Wertepaare bilden ein klares Muster. Es wurde festgestellt, dass in der Intraplan-Studie die Werte für das Jahr 2000 nicht in die Umrechnungsformel einbezogen wurden. Dieses Muster verbirgt die folgende Umrechnungsformel:

Formel 1: Umrechnungsformel

Flugbewegungen [in 1000] = 1183.4286 - 3162.8571 30.SpitzStd [in Promille]

Aufgrund dieser Umrechnungsformel ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Werte für die Flugbewegungen und die Stundenkapazität.

Tabelle 4: Nachvollzug des Anteils 30. Spitzenstunde

Jahr	Anteil 30. Spitzenstunde [in Promille]	Flugbewegungen [in 1000]	Stundenkapazität
2004	0.3	234.571	70
2010	0.28	297.829	83
2015	0.27	329.457	89
2020	0.26	361.086	94
2025	0.25	392.714	98
2030	0.24	424.343	102
	Oliva & Co Zürich 2007-08-15		

Es zeigt sich zwischen den in der Intraplan-Studie dargelegten und den hier nachvollzogenen Werten eine hohe Übereinstimmung. Die Abweichungen lassen sich der Berechnungsungenauigkeit zuschreiben, bekanntermassen entspricht der hier zur Diskussion stehende Zusammenhang zwischen der Spitzenstunde und den Flugbewegungen einem linearen Trend, weil gerundete Werte verwendet worden sind.

Zum Abschluss der Analyse des Verhältnisses zwischen der 30. Spitzenstunde und den jährlichen Flugbewegungen soll nun bestimmt werden, wie in der Intraplan-Studie die Serie der Spitzenstunde erzeugt wurde. Hierzu werden diese Wertepaare für die Entwicklung des Flughafens Zürich in die Abbildung zum Trend (Abbildung 3), gebildet aus Spitzenstunde und Flugbewegungen, eingetragen. Das ist in Abbildung 5 dargestellt. Damit erhält die "steilere" Kurve ihre endgültige Lage, so wie sie offenbar in der Intraplan-Studie für den Flughafen Zürich verwendet worden ist.

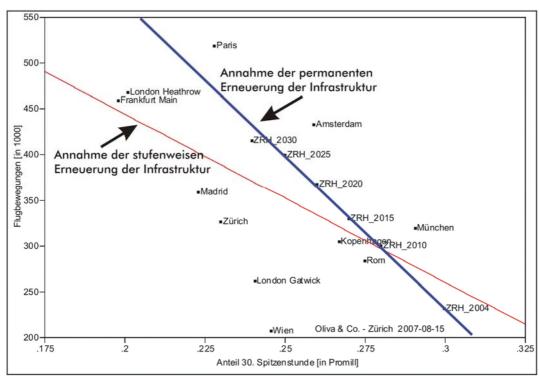


Abbildung 5: Allgemeine Umrechnungsformel und Zürcher Umrechnungsformel

Bei der Diskussion der Abbildung 3 wurde postuliert, dass der Berechnung zwei Geraden unterstellt worden sind, die "steilere" entspricht den tendenziell höheren Anteilen der 30. Spitzenstunden und die "flachere" entspricht den tendenziell geringeren Anteilen der 30. Spitzenstunde. Wie nun der Abbildung 5 entnommen werden kann, werden die Werte für den Flughafen Zürich der "steileren" Geraden zugeordnet.

Damit ist auch die strukturelle Bedeutung dieser "steileren" Gerade zu erkennen: Sie widerspiegelt die Annahme einer permanenten Erneuerung der Infrastruktur so, dass direkt fortschreitend die Fugbewegungen zu den Spitzenstunden linear abnehmen und entsprechend die Anzahl der Flugbewegungen zunehmen können. Diese Abhängigkeit der Gesamtbewegungen von dem Anteil der 30. Spitzenstunde an den Gesamtflugbewegungen konnte so nicht empirisch festgestellt werden. Deshalb sind die Annahmen der Intraplan-Studie eher als synthetisch zu verstehen. Die "steilere" Gerade entspricht bei der Intraplan-Studie der Vorstellung einer engpassfreien Prognose. Engpassfrei heisst hier, dass die Möglichkeit besteht, die Flugbewegungen ohne Restriktionen den stündlichen Spitzen anzugleichen, das heisst, die "Täler" mit dem Effekt der Bewegungszunahme aufzufüllen. Dabei wird als Startpunkt das Leistungs-Tal des Jahres 2004 verwendet. Das ist ein sehr rigo-

ros gefasster Begriff von "engpassfrei" und es ist zu untersuchen, ob er ohne weiteres so auf das System des Flughafens Zürich übertragbar ist, denn der Flughafen Zürich hat mit der Strukturkrise seit 2001 besondere und nicht unbedingt verallgemeinerbare Probleme und Merkmale.

Das Konzept der "engpassfreien Prognose" erweist sich damit als sehr synthetisch, ohne konkreten Bezug auch zu leistungsfähigen Flughafenentwicklungen konkreter Flughäfen. Es entspricht der Annahme des uneingeschränkten, unendlichen und linearen Bewegungswachstums eines Flughafens. "Engpassfrei" kann aber genau so gut mit der Vorstellung eines stufenweise ablaufenden Prozesses der Kapazitätserweiterung einhergehen, wo auch jede stufenweise Erweiterung mit entsprechenden Reorganisationsmassnahmen der gesamten Flughafeninfrastruktur einhergeht. Engpässe kommen erst dann zustande, wenn so genannte "Umweltkapazitäten" bestimmt werden und deswegen Bewegungsrestriktionen veranlasst werden. Die Intraplan-Studie überschätzt mit ihrem Verständnis der engpassfreien Prognose die Funktionsweise des Systems des Flughafens Zürich.

Die Annahme einzuführen, dass die Prognose einmal ganz unabhängig von Massnahmen zu berechnen sei, ist ein sehr radikaler, aber kein empirisch-analytischer Ansatz. Auf jeden Fall handelt es sich dabei nicht um eine Nachfrageprognose, sondern um eine Prognose, die auf synthetischen Annahmen beruht.

3.2.2 Neuberechnung der Flugbewegungen pro Jahr

Wenn davon ausgegangen werden darf, dass sich die jährlichen Flugbewegungen durch ein Absenken des Anteils der 30. Spitzenstunde an den Gesamtbewegungen berechnen lassen, also wenn davon ausgegangen werden darf, dass das Bewegungswachstum durch das Auffüllen der bewegungsarmen Zeiten erzeugt werden kann, dann sollen die Jahresbewegungen nochmals anhand der soeben erarbeiteten Erkenntnisse neu berechnet werden.

Die Abbildung 6 und die Abbildung 7 zeigen das Resultat der Neuberechnungen und werden mit den in der Intraplan-Studie publizierten Werten konfrontiert. Im Sinne einer radikalen und bedingungslosen Berechnung der Anzahl Flugbewegung und der Kapazität können die Angaben der Intraplan-Studie als die Produktionsgrenze betrachtet werden. Die neu berechneten Werte, weil sie auf empirischen Auswertungen basieren, stellen den wahrscheinlicheren Pfad dar, insbesondere mit Blick auf die im Jahr 2001 ausgelöste Strukturkrise des Flughafens Zürich, die im Anfangspunkt der Berechnungen der Intraplan-Studie im Jahr 2004 ihren Höhepunkt hatte. Für den weiteren Fortgang um den wahrscheinlicheren Entwicklungspfad ist mit einer gewissen Streuung zu rechnen.

Abbildung 6: Bewegungsprognose aufgrund des abnehmenden Anteils der 30. Spitzenstunde

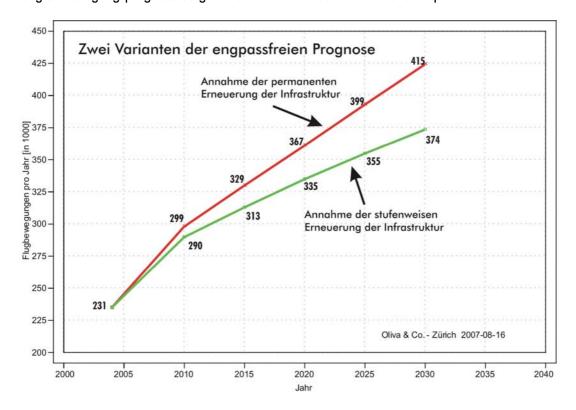
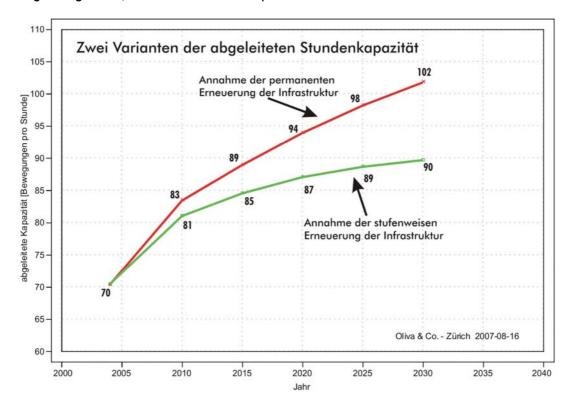


Abbildung 7: Abgeleitete, erforderliche Stundenkapazität



4 Ermittlung des Entwicklungspotentials der Variante E

Im vorangehenden Abschnitt sind zwei Varianten der engpassfreien Entwicklung untersucht worden, deren Resultate schon beträchtlich voneinander abweichen. Dieses Ergebnis führt nochmals zur Frage zurück: Was bedeutet genau "Engpassfreiheit" im Sinne der Abwesenheit gegenwärtiger oder zukünftiger Kapazitätseinschränkungen?

Hier wird der Ansatz vertreten, dass "Engpassfreiheit" so lange gegeben ist, als eine Flughafeninfrastruktur nicht Kapazitätseinschränkungen erfährt. Das heisst, die Bestimmung der engpassfreien Entwicklung hat immer ein konkretes Flughafensystem als Ausgangspunkt, berechnet die Entwicklungsmöglichkeiten auf dieser Basis, weist die Entwicklungsschranken auf, macht eine Annahme über mögliche neue Kapazitätserweiterungen und berechnet auf dieser Basis die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten etc.

Es sind verschiedene Indikatoren zur Bestimmung der Engpassfreiheit denkbar. Hier wird davon ausgegangen, dass sich ein Engpass in nicht mehr akzeptierbaren Verspätungen äussert. Nicht akzeptierbare Verspätungen bedeuten, nebst direkten Kosten, auch vermeidbare Luftschadstoffund Schallemissionen. Demzufolge wird hier die mittlere Bedienungszeit einer Flugoperation dann als "engpassfrei" bezeichnet, wenn das Verspätungsniveau auf akzeptierbarem Niveau ist, nämlich in der Grössenordnung von 4 Minuten bis allerhöchstens 6 Minuten pro Flugoperation in der Berechnung des jährlichen Servicevolumens (ASV).

Vor dem Hintergrund dieses Ansatzes müssen zunächst einmal die strukturell möglichen Jahresflugbewegungen des gegenwärtigen Systems ermittelt werden. Hier, in diesem Sinne, wird dies für die Betriebsvariante E ausgeführt. Damit lässt sich auch beurteilen, wie akzeptabel diese Betriebsvariante E für einen Eintrag in das SIL-Objektblatt ist.

4.1 Ansatz zur Bestimmung des Bewegungswachstums

Es gibt verschiedene Modelle, wie sich das Wachstum der jährlichen Flugbewegungen abbilden lässt. Zumindest sind drei verschiedene strukturelle Modelle zu unterscheiden:

- (1) Modell 1: Bewegungswachstum durch Auffüllen der Bewegungstiefs im Tagesverlauf.
- (2) Modell 2: Bewegungswachstum durch die Stärkung bestehender Rotationen.
- (3) Modell 3: Bewegungswachstum durch das Einführen weiterer Rotationen.

Der in der Intraplan-Studie eingeführte Ansatz über das Verhältnis zwischen den Flugbewegungen pro Jahr und in der 30. Spitzenstunde vermag es nicht, diese Modelle zu unterscheiden. Das heisst, dass die in der Intraplan-Studie dargelegte Berechnung nur schwierig interpretierbar ist, denn es fehlen zu viele Informationen. Das folgende Berechnungsmodell, das die Äquivalenz der Spitzenstunde im verkehrsreichsten Monat und des Spitzentages im Spitzenmonat zur Anzahl der Jahresbewegungen bestimmt, vermag differenzierter vorzugehen: Das Jahresservicevolumen wird anhand der folgenden Gleichung berechnet:

Formel 2: Bestimmung des Jahresservicevolumens

$$ASV = C_W * D * H$$

wobei,

ASV: jährliches Servicevolumen (Flugbewegungen)
C_w gewichtete stündliche Sättigungskapazität
D Tagesfaktor aufgrund des Spitzenmonats
H Stundenfaktor aufgrund des Spitzenmonats

Formel 3: Bestimmung des Tagesfaktors

$$D = P_J / P_D$$

wobei,

P₁ geplante Jahresbewegung

P_D Planungsflugplantag bzw. Durchschnittstag im Spitzenmonat

Formel 4: Bestimmung des Stundenfaktors

$$H = P_D / P_H$$

wobei,

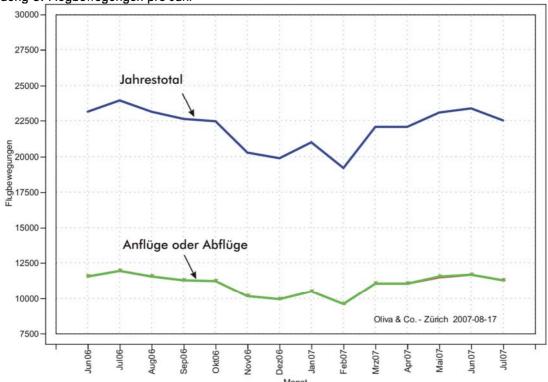
P_D Planungsflugplantag bzw. Durchschnittstag im Spitzenmonat

P_H geplante stündliche Bewegung

4.2 Bestimmung der Berechnungsparameter

Der hier verwendete Berechnungsansatz benötigt Informationen über die Bewegungshäufigkeit pro Monat.





Wie aus der Abbildung 8 zu entnehmen ist, fällt im Jahr 2006 der Spitzenmonat auf den Juli. Im Jahr 2007 zeigt der Juni die höchsten Werte. Die unten stehende Tabelle 5 "Stamm und Blatt"-Tabelle (Stem and Leaf) zeigt eindrücklich die monatliche Verteilung der Flugbewegungen. Der Stamm variiert zwischen 19'200 Flugbewegungen und 24'000 Flugbewegungen.

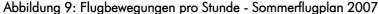
Tabelle 5: Monatliche Verteilung der Flugbewegungen

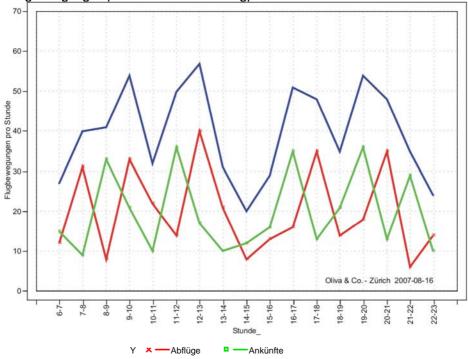
Stem		Count	
24	0	1	
23			
23	1114	4	
22	566	3	
22	11	2	
21			
21	0	1	
20			
20	3	1	
19	9	1	
19	2	1	

19|2 represents 19200

Der Spitzenmonat enthält gegenwärtig ca. 24'000 Flugbewegungen. Der Durchschnittstag im Spitzentag weist gegenwärtig circa 780 An- und Abflüge auf.

Die gegenwärtigen stündlichen Flugbewegungen werden der Abbildung 9 entnommen, die den Freitag als Wochentag des Sommerflugplanes 2007 darstellt. Zwischen 12 Uhr und 13 Uhr sind 58 Flugbewegungen geplant.





4.3 Welches Entwicklungspotential besteht für die Variante E?

Um die Frage nach dem derzeit bestehenden strukturellen Entwicklungspotential der Betriebsvariante E zu beantworten, wird aufgrund des Ansatzes zur Bestimmung des Jahresservicevolumens eine Simulation durchgeführt, die mit den Verhältnissen des Jahres 2006 als Startpunkt beginnt.

Dieser Startpunkt ist charakterisiert durch:

 $C_W = 68$ Bewegungen pro Stunde $P_H = 58$ Bewegungen pro Stunde $P_D = 780$ Bewegungen pro Tag ASV = 265'000 Starts und Landungen pro Jahr

Das Entwicklungspotential besteht nun darin, dass

- (1) entweder die tägliche Spitze (Auffüllen der Bewegungstiefs) bei konstanter stündlicher Spitze erhöht wird oder
- (2) die stündliche Spitze (Stärkung bestehender Rotationen) bei konstanter täglicher Spitze erhöht wird oder
- (3) sowohl die stündliche Spitze als auch die tägliche Spitze erhöht wird.

Diese Erneuerungen können zudem bei konstantem oder variierendem Produktionshorizont (Jahresflugbewegungen) durchgeführt werden. Dabei wird angenommen, dass für den Flughafen Zürich das Verhältnis D und H entsprechend der Zusammensetzung der Flugzeugtypen (Flottenmix) konstant bleibt. Damit wird garantiert, dass die Berechnung der Prognosewerte unter sonst gleichen Bedingungen durchgeführt wird. In dieser Simulation wurden ausgehend von 265'000 Starts und Landungen pro Jahr die jährlichen Flugbewegungen unter der Bedingung heraufgesetzt, dass das Verhältnis P_D zu P_H konstant bleibt. Um zu bestimmen, wie weit sich die Flugbewegungen unter der Voraussetzung der Engpassfreiheit hochfahren lassen, wurde unter der Bedingung P_D/P_H = konstant das Verhältnis zwischen dem Bedarf an Flugbewegungen und die Schwelle für 4 Minuten Verspätung pro Flugzeug bestimmt. Diese Simulation ist unter der Annahme, dass $C_W = 68$ Flugbewegungen pro Stunde betrage, ausgeführt worden.

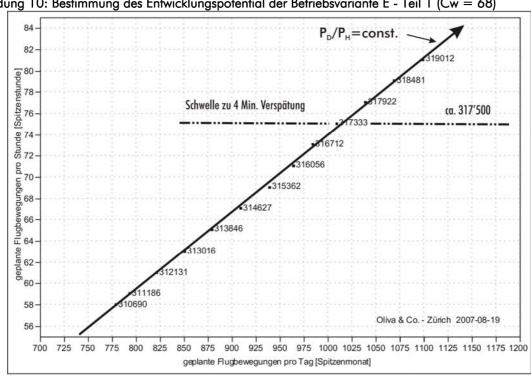
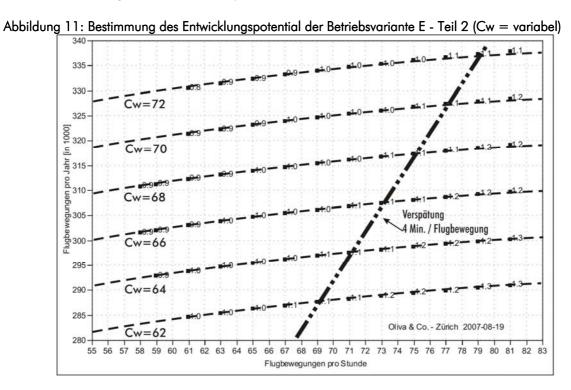


Abbildung 10: Bestimmung des Entwicklungspotential der Betriebsvariante E - Teil 1 (Cw = 68)

Der Abbildung 10 lässt sich entnehmen, dass unter den genannten Rahmenbedingungen für die engpassfreie Entwicklung die Schwelle von 4 Minuten Verspätung pro Flugoperation (= Grenze der engpassfreien Entwicklung) bei circa 317'000 Flugbewegungen pro Jahr erreicht wird.

Es ist jedoch nicht ratsam, für die Bestimmung der engpassfreien Entwicklung einen einzigen Prognosewert anzunehmen, weil die Rahmenbedingungen als Kombination von Einzelfaktoren zu betrachten sind. Auch wenn das Verhältnis P_D zu P_H konstant bleiben muss, können andere Faktoren wie die stündliche gewichtete Pistenkapazität $C_{\scriptscriptstyle W}$ variiert werden.



Die Abbildung 11 zeigt, wie die engpassfreie Entwicklung von der zur Verfügung stehenden stündlichen gewichteten Pistenkapazität abhängig ist. Die Grenze der engpassfreien Entwicklung, hier gemessen mit der Schwelle von 4 Minuten Verspätung pro Flugoperation im Jahr, variiert von 288'000 Flugbewegungen im Jahr unter der Bedingung einer C_W von 62 Flugbewegungen bis zu 337'000 Flugbewegungen unter der Bedingung einer C_W von 72 Flugbewegungen.

5 Kapazitätsanalyse der Betriebsvariante E

5.1 Einleitung

Die Bestimmung von Kapazitäten und so auch von Sättigungskapazitäten ist ein wichtiger Faktor bei der Flughafenplanung. Die flughafenseitige sowie die landseitige Planung basiert auf dem prognostizierten erhöhtem Verkehrsaufkommen und der zur Verfügung stehenden Kapazität. Auf der Flughafenseite sind es die meteorologischen Bedingungen (Wolkenuntergrenze, Sichtweite), die physikalische Konfiguration des Pistensystems, das Flugsicherungssystem und die Separationsregeln, die Pistenbenutzungsstrategie, die zu bedienenden Flugzeugklassen, das Verhältnis der Landungen gegenüber den Starts, die Anzahl und Positionen der Pistenabgänge des Pistensystems etc. Zusätzlich sind Betrachtungen der Auswirkung auf die Umwelt wie beispielsweise die Lärmund Luftschadstoffbelastung wichtig, die aufgrund der zu bedienenden Flugzeugklassen resultieren. Die Terminalseite wird durch die von der Kapazität resultierenden Werte und Flugzeugklassen hinsichtlich der Anzahl und Grösse zur Verfügung stehenden Gates beeinflusst. Abschliessend verweisen die aus der Kapazität resultierenden Werte auf die Passagierkapazität, die mittels Terminals, den Lounges, die Passagierabwicklungssysteme sowie die Grösse und Arten des zur Verfügungen gestellten Gepäckssystems bereitgestellt werden müssen.

Auf der anderen Seite wurden moderne Flugzeuge in der Funktion von Flughäfen projektiert, so dass die Flugzeughersteller sich darauf ausrichteten, dass neue Entwicklungen auch zu den existierenden Flughäfen passen, weil die Adaptationskosten eines Flughafens für die Berücksichtigung von Änderungen des Fluggerätes in den vergangenen Jahrzehnten als sehr hoch beziffert werden. Der Kern der 5. Ausbauetappe des Flughafens Zürich war unter anderem die Errichtung und Erschliessung des Terminals E (Dock Midfield). Für die gegenwärtige Flughafenplanung und auch für die Flughafenbetreiberin steht nun aufgrund des prognostizierten Verkehrsaufkommens und des prognostizierten Passagieraufkommens auch dessen optimale Nutzung im Zentrum der Fragestellung.

Die Betriebsvarianten im "Bericht Betriebsvarianten" wurden mit Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit entwickelt und untersucht, die sich in drei Kategorien differenzieren lassen. Erstens handelt sich um Betriebsvarianten, die auf dem existierenden Pistensystem, zweitens auf dem bestehenden Pistensystem mit Verlängerungen einzelner Pisten und drittens auf der Neuausrichtung von bestehenden Pisten, so genannten Parallelpistensystem, für den zukünftigen Flugverkehr angeboten werden sollen. Hierfür wurde im "Bericht Betriebsvarianten" die Kapazität jeder Betriebsvariante auf der Basis von 66 verschiedenen Flugbetriebskonzepten für den Tag und die Nacht ermittelt, die als "Mass für die Leistungsfähigkeit des Flughafens" bezeichnet wird ("Bericht Betriebsvarianten" Anhang E15 2006).

Ausgangspunkt zur Kapazitätsbestimmung im "Bericht Betriebsvarianten" war die Nachfrageprognose, die von vier Wellen pro Tag ausgeht und jeweils zwei Stunden der maximalen Nachfrage für Landungen und Starts genügen sollen. Die Kapazitäten wurden für die Lande- und Startspitzen und als Gesamtkapazität für die entsprechenden Betriebsvarianten in den "Stammblättern" ausgewiesen. Die Ermittlung dieser Kapazitätswerte wurde wie folgt ausgeführt: "Als massgebender Kapazitätswert wird folglich für die Landekapazität der Mittelwert der jeweils ersten Stunde der Welle ausgewiesen, für die Starts entsprechend derjenige der jeweils zweiten Stunde. Für die Berechnung der Gesamtkapazität werden der Mittelwert der Gesamtkapazität in der Landespitze für die jeweils erste Stunde der Welle und derjenige der Gesamtkapazität in der Startspitze für die entsprechend zweite Stunde gemittelt. Enthält eine Variante für verschiedene Wettersituationen Konzepte mit unterschiedlichen Kapazitäten, wird ein gewichteter Mittelwert berechnet, welcher die Häufigkeiten der jeweiligen Wettersituation berücksichtigt." ("Bericht Betriebsvarianten" Anhang E15 2006).

Hingegen ist gemäss den Autoren Robert Horonjeff und Francis X. McKelvey (1994) unter der stündlichen Kapazität eines Pistensystems allgemein die maximale Anzahl von Flugzeugoperationen unter spezifizierten Bedingungen zu verstehen, die keine verspätungsbezogenen Aspekte beinhalte. Die Bestimmung der so genannten Sättigungskapazität auf der Basis der Pistenbenutzungsstrategie einer Pistenkonfiguration wird mittels eines analytischen Modells ausgeführt, so dass sich sämtliche Eingangsparameter, welche die Kapazität des zu untersuchenden Pistensystems beeinflussen, gleichzeitig variieren lassen.

Das hier zu beobachtende unterschiedliche Verständnis und die unterschiedliche Vorgehensweise zur Bestimmung von Kapazitätswerten, die, gerade weil sie als Grössen für den Vergleich der verschiedenen Betriebsvarianten dienen, werfen somit die folgenden Fragen auf.

- 1. Welche Unterschiede lassen sich auf der Basis des hier eingesetzten Modells zu den im "Bericht Betriebsvarianten" ermittelten Kapazitätsberechnungen beobachten?
- 2. Wie lässt sich die Vorgehensweise und die Bildung von Mittelwerten auf der Basis einzelner "Spitzenkapazitätswerten" erklären?
- 3. Auf welche Weise lässt sich die Bildung des Mittelwertes zur Abbildung der Gesamtkapazität nachbilden und begründen?
- 4. Auf welcher Basis wurde die gewichtete Kapazität ausgeführt, die insbesondere im "Bericht Betriebsvarianten" die Wettersituationen berücksichtigen soll?
- 5. Wie lassen sich die einzelnen Flugbetriebskonzepte und so auch die Betriebsvariante E, vBR, nachmodellieren?
- 6. Welche Kapazitätswerte werden durch eine Nachprüfung entsprechender Flugbetriebskonzepte und so auch für die Betriebsvariante E, vBR, erzielt?
- 7. Wie lässt sich die Betriebsvariante E, vBR, optimieren? Wenn, ja, wie?

5.2 Analytisches Modell zur Kapazitätsberechnung

Wie die Autoren weiter ausführen, sei eine ausreichende Angemessenheit für Planungszwecke hergestellt, wenn die Kapazität der Pisten betrachtet wird, zumal Operationen in einer Komponente des Systems Flughafen generell nicht die Kapazität einer anderen Komponente beeinflusse und die Kapazität des gesamten Systems Flughafen durch die Kapazität der Komponente regiert würde, die auch am meisten einschränkend wirke. Die Betrachtung der Sättigungskapazität verdeutliche zudem, so die beiden Autoren, die Erreichung des Verkehrsvolumens während einer Stunde, in welcher die durchschnittliche Flugzeugverspätung von 2 bis 10 Minuten variiere. Die Berechnung der Sättigungskapazität mittels des analytischen Modells wird dort Punkt für Punkt erläutert.

Dabei sind nicht die Werte der *mittleren* Staffelung von Flugzeugen zentral, sondern die Bestimmung des Verspätungsfaktors, dessen wahrheitsgetreue Schätzung – so die Autoren, ein aufwändiger Prozess sei und in der Regel mittels Modellen – diskrete Ereignissimulationen – ermittelt werden müssen. Beim gegenwärtigen Stand der Flughafenplanung scheint eine vertiefende Betrachtung auf der Basis von Schnellzeitsimulationen wie beispielsweise SIMMOD verfrüht. Hingegen scheint die Klärung zur Bestimmung der Sättigungskapazität dringlich. Insbesondere dringlich scheinen die im Anhang E3 ("Übersicht Kapazitäten, Tag-Konzepte, Nacht-Konzepte") sowie die in den "Stammblätter" publizierten Kapazitätswerte für die Lande- und Startspitzen als auch die totale Spitzenkapazität wenig transparent und somit kaum nachvollziehbar zu sein.

5.2.1 Definition der Sättigungskapazität

Die stündliche Kapazität eines Pistensystems ist das Maximum der Anzahl Flugzeugoperationen, die auf einem Pistensystem in einer Stunde bewerkstelligt werden können. Das Maximum der Anzahl Flugzeugoperationen ist abhängig von verschiedenen, aber nicht ausschliesslich von den folgenden Konditionen (Horonjeff und McKelvey):

- Wolkenuntergrenze und Sichtweite
- Physikalische Konfiguration des Pistensystems
- > Flugsicherungssystem und Separationsregeln
- Pistenbenutzungsstrategie
- Zusammensetzung der Flugzeugklassen, die das Pistensystem nutzen
- Verhältnis der Landungen gegenüber den Starts
- Anzahl "touch-and-go" Operationen der allgemeinen Luftfahrt
- Anzahl und Position der Pistenabgänge des Pistensystems etc.

Die hier unterbreitete Definition beinhaltet ausschliesslich die Berechnung der stündlichen Kapazität eines Pistensystems (Sättigungskapazität), so dass resultierende Werte den Aspekt der Verspätung nicht berücksichtigen und daher kompatibel mit den Werten sind, die im "Bericht Betriebsvarianten" publiziert wurden. Allgemein und wie in dem hier unterbreiteten Bericht werden Modelle eingesetzt, die jede Pistenbenutzungskonfiguration eines Flughafens abzubilden vermögen und zugleich die Möglichkeit anbieten, die Variation sämtlicher Parameter vorzunehmen, die gegebenenfalls die stündliche Kapazität beeinflussen könnten.

5.2.2 Weitere Parameter zur Kapazitätsbestimmung

Allgemein wird beim Einsatz von analytischen Modellen davon ausgegangen, dass die Kapazität als die Inverse der durchschnittlichen Bedienungszeit einer Operation (Landung) bestimmt wird. Würde die durchschnittliche Bedienungszeit 45 Sekunden pro Operation dauern, dann resultieren 80 Operationen oder Flugbewegungen in der Stunde. Bei Erhöhung dieser durchschnittlichen Bedienungszeit aus Gründen der Separation beispielsweise um circa das 2,5fache würden also rund 30 Operationen, Flugbewegungen pro Stunde erzielt werden. Nebst den bereits erwähnten Konditionen, beachten die analytischen Modelle noch weitere Parameter wie beispielsweise:

- 1. An- und Abflugpriorität (50%-Landungen-Kriterium) sowie
- 2. eine Bandbreite des %-Landestroms
- 3. Flugzeugklassen und deren prozentuale Verteilung
- 4. Länge des Endanfluges und Unterschreitungswahrscheinlich des Seperationsbuffer (Normalverteilung: 6nm, Sigma=-1,94 und 0,05% Unterschreitungswahrscheinlichkeit)
- 5. Pistenbelegzeiten, Pistenoberfläche (trocken, nass) und Wetterkonditionen (VMC, IMC)
- 6. Erstes Flugzeuge in Schlange
- 7. Separationen der Flugzeugklassen

5.3 Möglichkeiten und Grenzen des analytischen Modells

Wie diskutiert, wird die Kapazität allgemein in der maximalen Anzahl von Flugoperationen ausgewiesen, die über eine gegebene Zeitperiode auf einem Flughafen akzeptiert werden kann. Zur Bestimmung dieser Anzahl Flugoperationen werden in der Regel verschiedene Modelle eingesetzt. Eines davon ist das analytische Modell, das im Folgenden für die vorliegende Kapazitätsanalyse eingesetzt wird.

Der Vorteil des analytischen Modells ist die gute Nachvollziehbarkeit der Kausalität zwischen Variablen. Die auf der Basis von analytischen Modellen produzierten Resultate, sind für erste Annäherungen geeignet. Aufgrund seiner einfachen Implementierung lassen sich Fragen in entsprechender Zeit bearbeiten und beantworten. Der Nachteil von analytischen Modellen ist, dass sie als zu einfach für die Analyse von kleinen Veränderungen in einem komplexen System eingestuft werden. Unerwartete Ereignisse lassen sich nicht sehr gut modellieren. Bei analytischen Modellen können grosse Schätzfehler auftreten, zumal die sekundären Effekte vernachlässigt werden.

Die hier skizzierten Vor- und Nachteile verweisen nicht nur auf die Möglichkeiten und Grenzen analytischer Modelle, aber auch für den Einsatz einer vorläufigen Flughafen- und Luftraumplanung, solange die Nachfragefunktion unsicher ist. Abschliessend kann festgehalten werden, dass analytische Modelle Resultate liefern, die generell als nicht genau, aber angemessen bezeichnet werden.

5.4 Methode zur Kapazitätsberechnung im "Bericht Betriebsvarianten"

Gemäss dem "Bericht Betriebsvarianten" (2006:25) wurde die Prüfung der Leistungsfähigkeit der Betriebskonzepte mittels einer "einfache[n] Kapazitätsberechnung" ausgeführt, um "insbesondere einen Vergleich der Konzepte" herzustellen. Ausgehend von Werten der "mittleren Staffelung der Flugzeuge" wurden die An- und Abflüge den Pisten des Flughafens Zürich sowie den An- und Abflügrouten (STAR und SID) zugeschrieben.

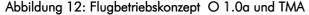
Die im "Bericht Betriebsvarianten" unterbreiteten Kapazitätswerte wurden für die Lande- und Startspitzen sowie Gesamtkapazität ermittelt. Die im Anhang E15 (Bewertung der Betriebsvarianten) unterbreiteten Ergebnisse verdeutlichen, dass eine ausschliessliche Berechnung der Sättigungskapazität ausgeführt wurde. Das entspricht wie erwähnt der maximalen Anzahl von Flugzeugoperationen, die eine entsprechende Pistenkonfiguration während eines spezifischen Zeitraumes und einer kontinuierlichen Dienstleistungsnachfrage aufnehmen kann. Der Verweis, dass es sich um die "Grundform der weltweit angewandten Methode von Robert Horonjeff (Bericht Betriebsvarianten 2006:26), kann nur teilweise nachvollzogen werden.

Gestützt auf das analytische Modell, scheinen die im Anhang E3 publizierten Kapazitätswerte für die Tag- und Nacht-Konzepte schwer nachvollziehbar. In jeder Beziehung unverständlich bleiben die Bestimmung des Mittelwertes der Landekapazität "der jeweils ersten Stunde der Welle" und die entsprechende Bestimmung des Mittelwertes für Starts "der jeweils zweiten Stunde" im Anhang E15. Auch die Ausweisung des Mittelwertes der Gesamtkapazität darf als unvorsichtig und kaum nachvollziehbar bezeichnet werden.

Insbesondere stellt sich die Frage nach der Bewertung der Betriebsvarianten und auch der Betriebsvariante E so wie sie in den Stammblättern dargelegt wurden. Wie wurden die Kapazitäten für die Lande- und Startspitzen und die Spitzenkapazität pro Stunde tatsächlich bestimmt? Sind die ausgewiesenen (Mittel-)Werte verlässlich und stabil? Oder anders formuliert: Ist die im "Bericht Betriebsvarianten" unterbreitete Rangfolge der Betriebsvarianten hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit verlässlich? Es besteht Grund zur Annahme, dass ausgehend von signifikanten Kapazitätsunterschieden, die sich intersubjektiv nachvollziehen lassen, eine Bewertung der Rangfolge der Betriebsvarianten nicht mit gegenwärtigen kongruent sein würde.

5.4.1 Die Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E

Im "Bericht Betriebsvarianten" (2006:25) wird die Vorgehensweise zur Bestimmung der Kapazitätswerte am Beispiel des Flugbetriebskonzeptes Ost 1.0a ausführlich erläutert. Nicht nur für den Zweck der Nachvollziehbarkeit der Kapazitätsbestimmung wurde dieses Konzept studiert und analysiert, sondern auch mit Blick auf das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c, das aus Sicht der Pistenkonfiguration und der Nutzungsstrategie sozusagen identisch mit dem Konzept Ost 1.0a ist. Zudem wird das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c bei der Betriebsvariante E eingesetzt. In der Abbildung 12 ist das Flugbetriebskonzept Ost 1.0a und in der Abbildung 13 ist das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c sowie deren Anbindung an die Luftstrassen im Nahkontrollbezirk (TMA) dargestellt.



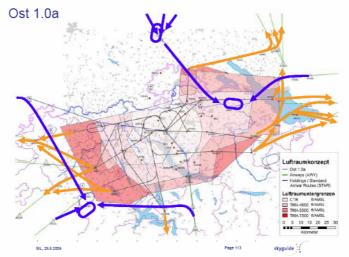
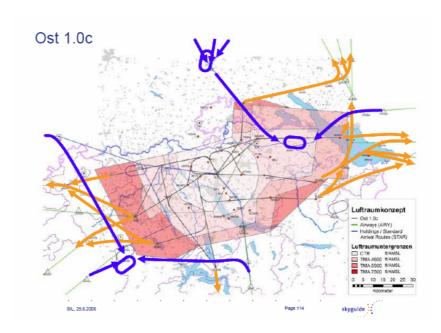


Abbildung 13: Flugbetriebskonzept O 1.0c und TMA



Wie aus den beiden Abbildung 12 und Abbildung 13 ersichtlich ist, lassen sich keine Unterschiede mit Bezug auf die Ein- und Ausflugrichtungen beobachten. Auch die Warteräume sind gemäss graphischer Darstellung identisch. Tatsache ist jedoch, dass die Kapazitätswerte unter der Annahme einer 50%en Landnachfrage in diesen beiden Konzepten unterschiedlich ausfällt. Für das Flugbe-

triebskonzept Ost 1.0a werden total 72 Operationen und für das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c werden total 63 Operationen ausgewiesen. Wieso diese beiden vorerst so identischen Konzepte diese unterschiedlichen Werte zu generieren vermögen, soll als nächstes geklärt werden.

Hierfür wurde die Beschreibung der einzelnen Flugbetriebskonzepte des Anhangs E3 im "Bericht Betriebsvarianten" studiert. Dort wird ersichtlich, dass ein Unterschied dieser beiden Flugbetriebskonzepte sich dahingehend abzeichnet, dass beim Flugbetriebskonzept Ost 1.0c die Verlängerung der Pisten 28 und 32 nicht als Voraussetzung eingeführt wurden. Ein weiterer Unterschied ist, dass das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c nur unter bestimmten zeitlichen Einschränkungen (nach circa 20 Uhr) und nur für bestimmte Flugzeugklassen eingesetzt werden kann. In Abbildung 14 ist ein Auszug dieser Beschreibung dargestellt.

Abbildung 14: Beschreibung der Flugbetriebskonzepte O 1.0a und O 1.0c

1.1. Konzepte für den Einsatz am Tag (6 – 22 Uhr)																				
	Anflug- richtung	Konzept Nummer	Name	Landepisten Beuntzte	Startpisten Startpisten	jederzeit DVO- kompatibel	Parallelpiste 16L/34R	Verlängerung 28 West	Verlängerung st 28 Ost	Verlängerung an 32 Nord	Verlängerung 34 Nord	gute Sicht, schwach windig	_	māssige Sicht, schwach windig		m	d 70	gute Sicht, star- ker Westwind	sicht, starke Bise	Varianten, in denen Konzept eingesetzt wird
	Ost	1	Ost 1.0a Ost 1.0b Ost 1.0c Ost 1.1a Ost 1.1b Ost 1.1c	28, einzelne 34 28, einzelne 34 28, einzelne 34 28, einzelne 34 28, einzelne 34 28, einzelne 34	28, 32, 34 28, 32, 34 28, 32, 34 28, 32, 34 28, 32, 34 28, 32, 34	✓ ✓		x x x		x	x	*	*				*			l diverse H/J/K
•			x: Voraussetzung o: optional inicht einsetzbar inur einsetzbar nach ca. 20 Uhr (keine Interkontinentallandung						•	ist wei Ver	nicht iterei rwen									

Quelle: "Bericht Betriebsvarianten" (2006:E3:.4)

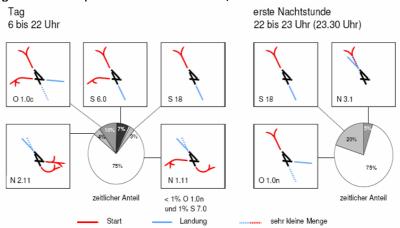
Hier wird festgestellt, dass Feinheiten innerhalb der beiden Flugbetriebskonzepte dargestellt wurden, die sich auf der Basis eines analytischen Modells wie erwähnt nicht umsetzen lassen. Werden diese beiden Flugbetriebskonzepte auf das analytische Modell zurückgeführt, dann sollte die gleiche Pistenkonfiguration und Nutzungsstrategie verwendet werden. Gemäss Beschrieb in der Abbildung 14 ist das der Fall. Folglich müssten bei einer 50% Landenachfrage die gleichen Kapazitätswerte für die beiden Konzepte resultieren. Eine weitere Feinheit stellt die Voraussetzung der Pistenverlängerung dar. Unter der Verwendung des analytischen Modells kann die Länge einer Piste nicht modelliert werden. Modellieren lässt sich einzig die Pistenbelegungszeit (ROT) für die entsprechenden Flugzeugklassen sowie die entsprechende zeitliche Separation zwischen Flugzeugklassen und deren auszuführende Operation. Das bedeutet, dass die Voraussetzung der Länge einer Piste kein Eingangsparameter im analytischen Modell darstellt, der einen Effekt auf die resultierende Kapazität auslösen könnte.

Weiter wird beobachtet, dass für diese beiden Flugbetriebskonzepte die prozentuale Landenachfrage bei der Bestimmung der Kapazität während einer Landespitze variiert wurde. Für das Konzept Ost 1.0a beträgt die Landenachfrage 55% und für das Konzept Ost 1.0c sind es 65%. Das analytische Modell nimmt bei einer variierenden Landnachfrage eine Eliminierung von Operationen vor, so dass bei gleicher Anzahl Landungen Starts eliminiert werden und folglich die Summe der Operationen unterschiedlich ausfallen. So wurden für das Flugbetriebskonzept Ost 1.0a in der Landespitze 65 Operationen und für das Flugbetriebskonzept Ost 1.0c wurden in der Landespitze 55 Operationen ausgewiesen.

Der Unterschied der Kapazitätswerte in diesen beiden Flugbetriebskonzepten lässt sich vermutlich nur mittels der gewichteten stündlichen Kapazität (C_w) erklären, welche unter anderem nicht nur die meteorologischen Rahmenbedingungen vertiefend, sondern auch den Anteil der prädominanten Kapazität entsprechend zu berücksichtigen vermag. Im nächsten Abschnitt wird die Ermittlung der gewichteten stündlichen Kapazität erläutert.

Für den weiteren Fortgang der hier vorliegenden Analyse der Betriebsvariante E, vBR, scheint es unumgänglich sämtliche für diese Variante vorgelegten Flugbetriebskonzepte für den Tag mit Bezug auf die stündliche Sättigungskapazität neu zu berechnen. Aus zeitlichen Gründen werden die Konzepte für die Nacht jetzt nicht untersucht. Die zu reanalysierenden Flugbetriebskonzepte sind in der Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 15: Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E, vBR



Wie in Abbildung 16 dargestellt, wurde im "Bericht Betriebsvarianten" auf das Verhältnis der Leistungsfähigkeit (Stundenkapazität) und der Anzahl betroffene Personen über dem Immissionsgrenzwert (IGW) für den Tag eingetreten. In Betrachtung dieser Abbildung fällt auf, dass sich die Punktewolke in diesem Streudiagramm quasi in einem Kreis zusammenballt. So wird von der Hypothese ausgegangen, dass kein statistischer signifikanter Zusammenhang zwischen der Stundenkapazität und der Anzahl betroffener Personen existiert.

Erstens begründet sich dies im gewählten Feinheitsgrad der einzelnen Flugbetriebskonzepte, der der eine hohe Streuung auszulösen vermag. Zweitens begründet sich dies in der Wahl der Variable Stundenkapazität, weil sie auch keinen Effekt in der Anzahl betroffener Personen auszulösen vermag. Die nähere Betrachtung der Stundenkapazität der Flugbetriebskonzepte und die Anzahl Personen über dem IGW für den Tag zeigt, dass kein signifikanter Zusammenhang besteht. Die Ermittlung der Anzahl betroffener Personen über dem IGW für den Tag lässt sich einzig auf die Schallbelastung des zivilen Luftverkehrs zurückführen.

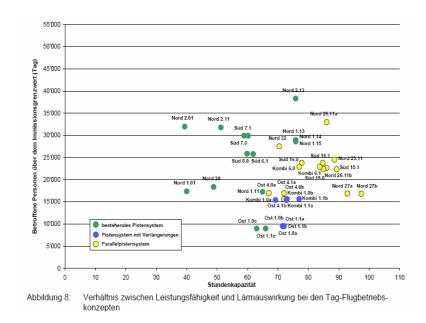


Abbildung 16: Leistungsfähigkeit und betroffene Personen durch Flugbetriebskonzepte

5.5 Nachvollzug der Kapazitätsberechnung der Variante E

5.5.1 Nachvollzug der Kapazitätswerte für Lande- und Startspitzen

Wie erwähnt, ist die Bestimmung der stündlichen Kapazität unter spezifizierten Bedingungen einer Reihe von weiteren Parametern ausgesetzt, die gleichzeitig variiert werden müssen. Die hier im Nachgang ermittelten und im "Bericht Betriebsvarianten" unterbreiteten Mittelwerte scheinen wenig aussagekräftig, weil sie kaum in der Lage sind die ursprünglich berechneten Kapazitäten wiederzugeben.

Der Mittelwert, das arithmetische Mittel dient wie andere Masse der zentralen Tendenz, zur Beschreibung der Datenmenge. Die Wahl zwischen dem arithmetischen Mittel und anderen Massen wie beispielsweise der Median soll begründet sein, weil sie von der Art der Verteilung (extreme Werte in eine Richtung) und dem Skalenniveau der verwendeten Variablen abhängig ist. Würde dennoch die Betrachtung der Verteilung der Stundenkapazität angestrebt werden, dann müssten sämtliche Flugbetriebskonzepte gleichzeitig in die Berechnung einfliessen, wobei Aussagen bezogen auf die stündliche Kapazität nicht mehr möglich sind.

Im Anhang E3 zum "Bericht Betriebsvarianten" sind die Kapazitätswerte für die Tag- und Nacht-Konzepte aufgelistet. Für die Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E, vBR, wurden diese Kapazitätswerte herausgelesen und zusammengestellt, um die im Stammblatt unterbreiteten Kapazitäten in der Landespitze beziehungsweise in der Startspitze nach zu vollziehen.

Die Tabelle 6 zeigt die entsprechenden Kapazitätswerte (Opr/Std.) dieser Flugbetriebskonzepte auf und wie erwähnt handelt es sich um Werte, die aus dem "Bericht Betriebsvarianten" entnommen wurden und nicht um eigene Berechnungen.

Tabelle 6: Mittelwertbildung der Lande- und Startkapazität

Betriebsvariante E, vBR

Flugbetriebskonzepte, Tag	Opr/Std. in Landespitze	Opr/Std. in Startspitze	
N 1.11	38	38	
O 1.0c	36	43	
S 6.0	35	43	
N 2.11	33	33	
S 18	32	31	
Summe pro Stunde	174	188	
Mittelwert der 1. Stunde	34.8		
Mittelwert der 2. Stunde		37.6	
Mittelwert der 1. und 2. Stui	nde		36.2

Quelle: Anhang E3 (2006)

Oliva & Co.

Zur Beantwortung der eingangs gestellten Frage, kann festgehalten werden, dass tatsächlich der Mittelwert aufgrund der ermittelten Kapazitätswerte der einzelnen Flugbetriebskonzepte der Landespitze und der Startspitze bestimmt wurde. Danach wurde erneut eine Mittelwertbildung aufgrund dieser beiden Mittelwerte vorgenommen.

Beim Nachvollziehen der "Kapazität Landespitze" werden hier rund 35 Flugbewegungen pro Stunde ermittelt und gemäss "Bericht Betriebsvarianten" wurden 36 Flugbewegungen pro Stunde ausgewiesen. Für die "Kapazität Startspitze" werden rund 38 Flugbewegungen pro Stunde und gemäss "Bericht Betriebsvarianten" wurden 37 Flugbewegungen pro Stunde ausgewiesen. Werden die Mittelwerte der ersten und zweiten Stunde erneut gemittelt, dann werden rund 36 Flugbewegungen pro Stunde realisiert.

Wie angenommen wurde eine Betrachtung der Verteilung der Stundenkapazität angestrebt. Jedoch wurden nicht sämtliche Flugbetriebskonzepte gleichzeitig in diese Betrachtung einbezogen. Die hier gewählte Vorgehensweise einzelner Flugbetriebskonzepte verunmöglicht Aussagen, die sich auf die stündliche Kapazität beziehen sollten.

Die Abbildung 17 zeigt als Beispiel die Verteilungsanalyse sämtlicher Flugbetriebskonzepte gemäss Anhang E3 des "Bericht Betriebsvarianten" und in Tabelle 7 werden weitere Masse der zentralen Tendenz ausgewiesen.

-0.25 -0.30 -0.25 -15 -0.25 -15 -0.10 -0.15 -0.15 -0.10 -0.15 -0.1

Abbildung 17: Verteilung der ausgewogenen Stundenkapazitäten der Tag- und Nachtkonzepte nach E3

Quelle: "Bericht Betriebsvarianten" (2006:E3:39-40)

Tabelle 7: Weitere Masse der zentralen Tendenz

100.0%	maximum	97.000
99.5%		97.000
97.5%		94.300
90.0%		86.900
75.0%	quartile	77.250
50.0%	median	71.000
25.0%	quartile	59.750
10.0%		40.000
2.5%		35.100
0.5%		27.000
0.0%	minimum	27.000
Mean		67.515152
Std Dev		16.587523
Std Err M	ean	2.0417829
upper 959	71.592874	
lower 95%	% Mean	63.437429
N		66
		Oliva & Co.

Wie aus der Abbildung 17 und aus der Tabelle 7 hervorgeht, streuen die in Anhang E3 unterbreiteten stündlichen Kapazitätswerte von 27 bis 97 Flugbewegungen pro Stunde. Der Mittelwert beträgt 67.5 Bewegungen pro Stunde und der Median liegt bei 71 Bewegungen pro Stunde. Da der Mittelwert und der Median nicht kongruent sind, kann folglich nicht von einer Normalverteilung gesprochen werden. Die Standardabweichung beträgt rund 16.6 Bewegungen pro Stunde. Im Minimum lassen sich 27 und im Maximum 97 Bewegungen pro Stunde aufgrund der im "Bericht Betriebsvarianten" dargestellten Flugbetriebskonzepte realisieren.

Hiermit ist eine erste mögliche Betrachtung im Sinne eines Vergleichs der Flugbetriebskonzepte untereinander vorerst abgeschlossen. Als nächstes stellt sich die Frage der Nachbildung und Begründung der Bildung eines Mittelwertes zur Abbildung der im "Bericht Betriebsvarianten" unterbreiteten Gesamtkapazität (bzw. Spitzenkapazität).

5.5.2 Nachvollzug der Gesamtkapazität (Spitzenkapazität)

Die Begriffe "Spitzenkapazität total" und "Gesamtkapazität" werden im Stammblatt zur Betriebsvariante E, vBR, identisch eingesetzt. Hier wird im Folgenden einzig der Begriff "Gesamtkapazität" angewendet. Gemäss Anhang E15 im "Bericht Betriebsvarianten" werden "Für die Berechnung der Gesamtkapazität [werden] der Mittelwert der Gesamtkapazität in der Landespitze für die jeweils erste Stunde der Welle und derjenige der Gesamtkapazität in der Startspitze für die entsprechend zweite Stunde gemittelt." Wird der Versuch unternommen diese Mittelwertsbildung nachzuvollziehen, dann wird deutlich, dass als Vorgehensweise das Total der ermittelten Flugbewegungen pro Stunde und pro entsprechende "Spitze" eingesetzt worden ist. Wird also der Mittelwert auf diese Weise nachgebildet, dann lassen sich identisch mit dem Wert im "Bericht Betriebsvarianten" rund 55 Flugbewegungen pro Stunde erzielen. Das ist in der Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Mittelwert der Gesamtkapazität

Betriebsvariante E, vBR

Flugbetriebskonzepte, Tag	Total Opr/Std. in Landespitze	Total Opr/Std. in Startspitze	
N 1.11	58	59	117
O 1.0c	55	64	119
S 6.0	52	64	116
N 2.11	49	49	98
S 18	48	47	95
Summe pro Stunde	262	283	545
Mittelwert	52.4	56.6	
Mittelwert der Spitzenkap	azität total		54.5
0 " 4 ! Fo (0000)			

Quelle: Anhang E3 (2006)

Oliva & Co

Wie bereits diskutiert, scheint die Bildung von Mittelwerten auf der Basis von ermittelten Kapazitätswerten, die unterschiedlichen Nachfragen des Landeverkehrsflusses unterliegen, fragwürdig. Diese Vorgehensweise und im Folgenden hier zu betrachtenden Fall ist daher auch fragwürdig, weil das Total der Kapazitätswerte für die Stunde der Landepriorität und das Total für die Stunde der Startpriorität für die Durchschnittsberechnung eingesetzt wurde. Die auf diese Weise ermittelte und im "Bericht Betriebsvarianten" ausgewiesene Gesamtkapazität von 55 Flugbewegungen pro Stunde der Betriebsvariante E, vBR, ist nicht in der Lage die eigentliche Situation mit Bezug auf die tatsächlich zu erreichenden Flugbewegungen pro Stunde zu reflektieren.

5.5.3 Gewichtete stündliche Kapazität

Anstelle der Bildung von Mittelwerten auf der Basis von Kapazitätswerten sollte die gewichtete Kapazität pro Stunde ermittelt werden. Die nachstehende Formel 5 definiert die gewichtete stündliche Kapazität (C_w)und wird für die noch folgenden Berechnungen verwendet.

Formel 5: Gewichtete stündliche Kapazität

$$C_{w} = \frac{(P_{1} \times C_{1} \times W_{1}) + (P_{2} \times C_{2} \times W_{2}) + ... + (P_{N} \times C_{N} \times W_{N})}{(P_{1} \times W_{1}) + (P_{2} \times W_{2}) + ... + (P_{N} \times W_{N})}$$

wobei,

$P_1, P_2,, P_N =$	prozentualer Anteil des Jahres, unter welchen meteorologi- schen Bedingungen die Pistenkonfiguration und Nutzungsstra-
	tegie 1, 2,, N eingesetzt wird
$C_1, C_2,, C_N =$	die stündliche Kapazität, die unter den Bedingungen 1, 2, , N resultiert
$W_1, W_2,, W_N =$	das Gewicht, das aus Tabelle 5 resultiert für die korrespondierenden Bedingungen 1, 2,, N

In Abbildung 18 sind die für die gewichtete stündliche Kapazität zu verwendenden Gewichte dargestellt.

Abbildung 18: Gewichte

Gewicht

	Mix Index in VFR	Mix Index in IFR		
Prozentualer Anteil der prädominanten Kapazi- tät	0 bis 180	0 bis 20	21 bis 50	51 bis 180
91 oder grösser	1	1	1	1
81 bis 90	5	1	3	5
66 bis 80	15	2	8	15
51 bis 65	20	3	12	20
0 bis 50	25	4	16	25

Quelle: AC150_5060-5

Oliva & Co.

5.5.4 Wetterminima und Separationen

Die Berechnung der stündlichen Kapazität eines Pistensystems setzt die Festlegung von bestimmten Parametern voraus. Gerade weil die Flugzeugseparationen sich in VMC (Visual Meteorological Conditions, Sichtflugwetterbedingungen) und in IMC (Instrumental Meteorological Conditions, Instrumentenwetterbedingungen) Wettersituationen unterscheiden, werden als erstes die Minima für die Sicht und Wolkenuntergrenze festgelegt, oder die anzuwenden Separationsregeln gelten gemäss internationalen Richtlinien für die Situation, wenn mindestens eine Wolkenuntergrenze von 1'000 ft und eine Sicht von mindestens 3 nm vorliegt. Diese Minima kommen in der Regel bei den Sichtflugregeln für den An- und Abflugverkehr zur Anwendung. Sollten eines oder beide dieser Kriterien nicht erfüllt sein, dann werden die Instrumentenflugregeln angewandt. Daher wird allgemein die stündliche Kapazität für beide Wettersituationen betrachtet. In den nachfolgenden Berechnungen werden internationale Separationsregeln unterstellt, die für die verschiedenen Sequenzen und Flugzeugklassen zur Anwendung gelangen (Doc 4444, 14th Ed.). Diese Vorgehensweise begründet sich auch darin, weil im "Bericht Betriebsvarianten" darauf verwiesen wurde, dass die ermittelten Kapazitätswerte nicht mit den in der Realität erwirtschafteten Kapazitäten vergleichbar sind.

Die entsprechenden Separationsregeln werden auf einer definierten Endanflugpfadlänge für alle Flugzeugklassen modelliert. Die Anfluggeschwindigkeit wird in Funktion der Flugzeugklasse festgelegt. Ebenfalls werden die Pistenbelegzeiten in Funktion der Flugzeugklassen festgelegt. Dabei werden verschiedene Pistenabgänge mitbetrachtet und Erfahrungswerte, für welche die Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Flugzeugklasse bestimmt wurden, finden Eingang in die Modellierung. Gemäss der aktuellen Verteilung auf dem Flughafen Zürich wurde der prozentuale Anteil der Flugzeugklassen bestimmt.

5.5.5 Pistenkonfiguration und Pistennutzungsstrategie

Die auf dem Flughafen Zürich zur Verfügung stehenden Pisten lassen sich unterschiedlich einsetzen und verwenden. Dies wurde für die Betriebsvariante E, vBR, in Abbildung 15 aufgeführt. Das Flugbetriebskonzept N 1.11, welches zu 75% der Zeit zum Einsatz gelangt, sieht Landungen auf der Piste 14 (vereinzelt Piste 16) und Starts auf den Pisten 16 und 28 vor. Im Gegensatz dazu wird das Flugbetriebskonzept N 1.13, das die gleiche Nutzung der Pisten für Landungen und Starts vorsieht, nur zu 24% der Zeit angewandt, weiter wird auch noch eine Verteilung der Operationen nach der Pistenschwelle in Richtungen Süd, Ost und West unterstellt. Bei der Bestimmung der stündlichen Kapazität mittels des hier verwendeten analytischen Modells lassen sich solche Streuungen nur unter bestimmten Voraussetzungen berechnen. Die Nachbildung dieser Streuungen von Landeund Startoperationen wird unter der gleichzeitigen Variation der hier diskutierten spezifischen Parameter ausgeführt. Der Ansatz geht davon aus, dass immer Flugzeuge zur Landung nachgefragt werden, wodurch sich Startoperationen einflechten lassen. Wird eine Piste nur für eine der beiden Operationen betrachtet, dann wird von einer Bedienung "first-come, first-served" ausgegangen. Die Nachfrage von Landungen oder Starts wird durch eine Poisson Verteilung mit einer spezifizierten mittleren An- und Abflugsrate charakterisiert. Bei einer reduzierten Landenachfrage lassen sich in einer Stunde mehr Abflugoperationen bewältigen.

5.5.6 Flugzeugklassen und Mix-Index

Weiter lassen sich unter Berücksichtigung der entsprechenden Wetterbedingung, beispielsweise in VMC die Separationen reduzieren, wodurch in der gleichen Zeiteinheit mehr Operationen resultieren. Nebst der Berücksichtigung der Wetterbedingungen und der Pistenbenutzungsstrategie, besteht die Notwendigkeit die Zusammensetzung der Flugzeugklassen festzulegen. Die Flugzeuge, welche die Pistenkonfiguration nutzen werden, werden in der Funktion eines Mix-Indexes (MI) definiert. Der MI ist ein einfacher Hinweis auf den Anteil von Operationen auf einer Pistenkonfiguration durch grosse und mittlere Flugzeuge, hier D und C, mit einem Gewicht von > 136 t (D) und einem Gewicht von > 7 t bis 136 t (C).

Der Mix-Index MI lässt sich durch folgende Formel bestimmen.

Formel 6: Mix-Index

$$MI = C + 3D$$

wobei

MI = Mix-Index

C = prozentualer Anteil der Typ C Flugzeuge

D = prozentualer Anteil der Typ D Flugzeuge

Die hier verwendete Vorgehensweise berücksichtigt eine Reihe weiterer Parameter, auf welche an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll. Vielmehr steht nun die Frage an, welcher Ansatz wurde bei den Kapazitätsberechnungen im "Bericht Betriebsvarianten" verwendet? Die Beantwortung dieser Frage scheint zentral zu sein, weil im "Bericht Betriebsvarianten" und den dazugehörigen Annexen die Diskussion der hier erwähnten und für jede Kapazitätsberechnung relevanten Parameter ausbleibt. Die im "Bericht Betriebsvarianten" ausgewiesenen Kapazitätswerte lassen sich

daher auch kaum intersubjektiv nachvollziehen. So stellt sich auch beispielsweise die Frage der Annahmen über die Verteilung der Flugzeugklassen für das Prognosejahr 2020 oder 2030.

Als nächstes wird auf die eingangs formulierte Frage der Nachmodellierung der Betriebsvariante E, vBR, eingegangen. Aufgrund des Nachvollziehens der durchschnittlichen Kapazitätswerte für die Lande- und Startspitze als auch der Gesamtkapazität, wird von der Annahme ausgegangen, dass der im "Bericht Betriebsvarianten" gewählte Ansatz und/oder die Vorgehensweise in einer Fehlspezifizierung des Berechnungsmodells aufgrund der gewählten Flugbetriebskonzepte in der Betriebsvariante E, vBR, münden könnte. Das heisst, es wird von der Vermutung ausgegangen, dass auf der gegenwärtigen Pistenkonfiguration des Flughafens Zürich und des gegenwärtig in Kraft stehenden Betriebsreglements auch höhere stündliche Kapazitätswerte erzielen lassen.

5.5.7 Ergebnisse der Nachprüfung der Spitzenkapazität

Zur Nachprüfung der Spitzenkapazität der Betriebsvariante E, vBR, wurden die im "Bericht Betriebsvarianten" dazugehörigen Flugbetriebskonzepte für den Tag (Konzept) bei unterschiedlichen Wettersituationen (Sicht, Wolkenuntergrenze) und dem entsprechenden prozentualem Anteil mittels des analytischen Modells nachgebildet. Es wurde die Pistenkonfigurationen und Nutzungsstrategien entsprechend festgelegt. Die Reflektion verschiedener Windverhältnisse wurde entlang der meteorologischen Bedingungen (VMC, MMC, IMC) und durch separate theoretische Untersuchungen berücksichtigt. Zur Ermittlung des MI wurde von der gegenwärtigen Flugzeugklassenverteilung des Flughafens Zürich ausgegangen. Für die Bestimmung der gewichteten stündlichen Kapazität wurden wie erwähnt die Gewichte (W) in Funktion des MI festgelegt. Die Anwendung der Formel 5 führt zum Resultat, die gewichtete stündliche Kapazität für die Betriebsvariante E.

Für die Betriebsvariante E wird eine gewichtete stündliche Kapazität von $C_{\rm w}=53.3$ Operationen pro Stunde ermittelt. Wird weiter angenommen, dass der Einsatz des nachgebildeten Konzeptes N 1.11 während seiner Einsatzzeit einen Anteil von 100% der Kapazität des Flughafens Zürich zu leisten vermag, dann ändert sich der Gewichtungsfaktor auf 1 und es resultiert eine gewichtete stündliche Kapazität von $C_{\rm w}=56.3$ Operationen pro Stunde. Damit ist der im "Bericht Betriebsvarianten" enthaltene Wert von 55 Operationen pro Stunde nachvollzogen.

Die hier betrachtete gewichtete stündliche Kapazität stellt auf eine 50% Landenachfrage ab. Wird die Landenachfrage auf 67% erhöht, dann findet eine Reduktion der Startoperationen statt, so dass die resultierende Summe der Operationen pro Stunde tiefer ausfällt. Die ermittelte gewichtete stündliche Kapazität beträgt $C_W=47.7$ Operationen pro Stunde. Erneut unter der der Annahme, dass das nachgebildete Konzept N 1.11 einen 100% Anteil der Kapazität des Flughafens Zürich zu leisten vermag, resultiert eine gewichtete stündliche Kapazität von $C_W=49.6$ Operationen pro Stunde.

Werden hingegen die im "Bericht Betriebsvarianten" publizierten Kapazitätswerte für die Bestimmung der gewichteten stündlichen Kapazität übernommen, dann resultiert eine gewichtete stündliche Kapazität von $C_W = 62.7$ Operationen pro Stunde.

Wie bereits erwähnt, bestand die Notwendigkeit weitere Annahmen zu treffen, zumal die Eingangsparameter für die Berechnung der Konzepte im "Bericht Betriebsvarianten" nicht dargelegt wurden. Auf der Basis der hier eingesetzten Pistenkonfigurationen wird eine Unterspezifizierung gegenüber den unterbreiteten Konzepten in Kauf genommen, so dass die Hypothese einer vollkommenen Spezifizierung der Betriebsvariante E weiter an Gewicht gewinnt.

5.6 Vollständige Berechnung der Betriebsvariante E

Das weitere Vorgehen besteht darin, diese Spezifizierung der Konzepte für die Betriebsvariante E auszuführen. Hierfür wird eine Nachberechnung nach dem hier dargelegten Ansatz ausgeführt. In einem weiteren Schritt wird die Frage einer weiteren Optimierung der Betriebsvariante E beantwortet. Aus einer Vervollständigung der Betriebsvariante E werden entsprechende gewichtete stündliche Kapazitätswerte angenommen.

Die Berechnung der gewichteten stündlichen Kapazität geht von den gleichen Konzepten und den gleichen Zeitanteilen aus, wie im "Bericht Betriebsvarianten" festgehalten worden ist. Für das Konzept N 1.11 ist die Nutzungsstrategie, die wie angenommen im "Bericht Betriebsvarianten" durch eine Unterausnutzung des Pistensystems charakterisiert ist, optimiert worden, wobei die Abhängigkeit zwischen dem Fehlanflugverfahren der Landungen auf Piste 14 und der Starts auf Piste 16 mit Linkskurve und anschliessender westlicher Ausflugrichtung in Rechnung gestellt worden ist. Zu beachten ist dabei, dass zwischen den Landungen auf Piste 14 und den Starts auf Piste 16 mit Linkskurve und anschliessender östlicher Ausflugrichtung keine Abhängigkeit unterstellt wird. Für das Konzept 2.11 wurde die Nutzungsstrategie dahingehend überdenkt, indem die Abhängigkeiten zwischen Landungen auf Piste 14 und Starts auf Piste 10 und Piste 16 sowie zwischen den Starts auf Piste 10 und Piste 16 optimiert wurden. Diese Optimierungen führen zu einer gewichteten stündlichen Kapazität von $C_{\rm w}=72.3$ Operationen pro Stunde.

5.7 Offene Punkte der Optimierung der Betriebsvariante E

5.7.1 Sensitivitätsanalyse

Die vollständige Berechnung der Betriebsvariante E ist unter der Voraussetzung einer Reihe von konstant gehaltenen Grössen ausgeführt worden. So ist beispielsweise immer von der gleichen Zusammensetzung der Flugzeugklassen ausgegangen worden. Der Einfluss einer variierenden Flugzeugklassenzusammensetzung, insbesondere der Klassen C und D, wurde in einem weiteren Schritt betrachtet.

Dieser Untersuchungsschritt verweist auf einen geringen Effekt der resultierenden stündlichen Kapazitätswerte infolge der Variation dieser Flugzeugklassen. Diese kontrollierte Variation von spezifischen Eingangsparametern auf Basis der zu untersuchenden Pistenkonfiguration und deren Nutzungsstrategien zeigt sich beständig. Es wird nun davon ausgegangen, dass die Kombination der im "Bericht Betriebsvarianten" eingeführten Flugbetriebskonzepte in der Betriebsvariante E überdenkt werden sollen.

Die Annahme besteht darin, dass die Betriebsvariante E unter Berücksichtigung einer neuen Kombination von Flugbetriebskonzepten sich weiter spezifizieren lässt und auf der Basis einer entsprechenden Berücksichtigung der Gewichte einzelner Flugbetriebskonzepte sich diese Betriebsvariante entsprechend determinieren lässt. Damit wird eine Optimierung der Betriebsvariante E in Erwägung gezogen, die unter Berücksichtigung dieser Elemente auf eine differenziertere Leistungsfähigkeit schliessen lässt.

6 Fehlende Aspekte im "Bericht Betriebsvarianten"

6.1 Betrachtung der Höhe des Restrisikos

Ein Flughafen muss sicher, effizient, wirtschaftlich und nachhaltig betrieben werden. Die Standards und Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtsorganisation (ICAO) dienen dazu, diese Voraussetzungen zu prüfen und zu überwachen, damit sie von den einzelnen Flughäfen eingehalten werden können. Die nationalen Aufsichtsbehörden, hier das Bundesamt für Zivilluftfahrt, führt die Bewertungsgrundlagen der ICAO aus.

Damit wird die Aufgabe vollzogen, Risiken zu begrenzen, um sie möglichst dicht bei Null zu halten. In der Zivilluftfahrt werden mit der Priorität "Safety first" stets zwei Prinzipien verfolgt: (1) die Bereitschaft, das technische Verantwortungsbewusstsein zu sensibilisieren und (2) das unablässige Bemühen zu aktivieren, aus Fehlern und Schäden ständig zu lernen.

Damit ist ein Restrisiko für die am Luftverkehr nicht beteiligten Personen nie ausgeschlossen, also die vom Luftverkehr ausgehende Gefährdung, die diesem nach dem Stand der Wissenschaft selbst bei Anwendung aller theoretisch denkbaren und möglichen Sicherheitsvorkehrungen noch anhaftet.

Demzufolge sind bei der Bewertung von Betriebsvarianten auch Analysen zur Bestimmung der Höhe und Einschätzung des Restrisikos notwendig, die

- (1) eine Bewertung von Risikostufen beinhalten, um festzustellen, ob die betreffende Betriebsvariante hinsichtlich des zumutbaren Restrisikos akzeptierbar ist.
- (2) Die einschätzt, falls das zumutbare Restrisiko sich in einem Übergangsbereich oder nicht mehr zumutbaren Bereich befindet, welche Konsequenzen gezogen werden müssen.
- (3) Die Resultate einer Kosten- Nutzenanalyse der Konsequenzen aufbereitet und diese zwischen den Betriebsvarianten vergleicht.

Der "Bericht Betriebsvarianten" führt im Rahmen seiner Untersuchungen der Betriebsvarianten keine Analysen über das Restrisiko der am Luftverkehr nicht beteiligten Personen durch. Da der betreffende Aufwand relativ gross ist, mag das akzeptierbar sein. Es werden jedoch auch keine entsprechenden Analysen des Restrisikos für den weiteren Fortgang in Aussicht gestellt.

6.2 Betrachtung des technologischen Fortschritts

Wie aus dem Anhang E10 zum "Bericht Betriebsvarianten" ersichtlich ist, werden Ergebnisse für das Jahr 2020 und 2030 unterbreitet. Es stellt sich unter anderem die Frage, inwiefern zukünftige technische Entwicklungen zur Bewirtschaftung des Luftraumes beispielsweise berücksichtigt wurden (RNP 0.3, TRACON etc.).

Weiter stellt sich die Frage zur Betrachtung von Warteräumen beispielsweise, weil – wie nachfolgend ersichtlich wird – zur Bestimmung der Kapazität ein analytisches Modell eingesetzt wurde, dessen Einsatz für diese und weitere Fragestellungen nicht angemessen erscheint. Oder allgemein soll die Frage beantwortet werden: unter welchen Bedingungen lassen sich die Betriebsvarianten

vergleichen. Wenn sich Betriebsvarianten vergleichen lassen würden, können dann spezifische und signifikante Unterschiede ausgewiesen werden?

6.3 Schadstoffemissionen

Im "Bericht Betriebsvarianten" werden die Schadstoffemissionen nur eingeschränkt untersucht. Konkret wird der LTO-Zyklus (Landing and Take-Off) untersucht. Diesbezüglich werden nur der Ausstoss von NO_x und CO_2 ausgewiesen. Es fehlen weitere Schadstoffe wie Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid, Feinstaub etc.

Die Untersuchung der Schadstoffemissionen ist zudem so angelegt, dass die Ergebnisse lediglich von der Jahresbewegung abhängen. Das ist jedoch nur eine der Eigenschaften der Betriebsvarianten. Die Betriebsvarianten unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der Zeit, die ein Flugzeug innerhalb eines bestimmten Raumes beansprucht. Dieser Aspekt ist nicht berücksichtigt worden.

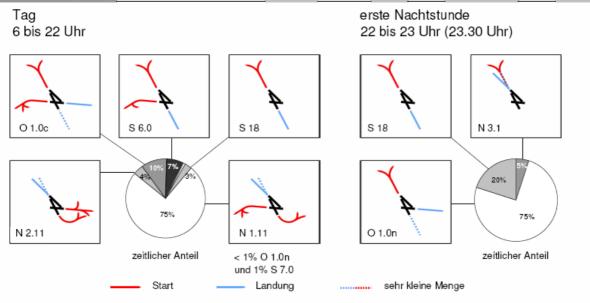
7 Kurzbeschreibung

- Betrieb nach vorläufigem Betriebsregelement
- > Während DVO-Sperrzeiten: Südanflüge am Vormittag, Ostanflüge am Abend
- > Ausserhalb DVO-Sperrzeiten: Hauptlanderichtung von Norden, Starts nach Westen und Süden (Linkskurve)
- DVO-kompatibel

7.1 Einsatz der Flugbetriebskonzepte

Tabelle 9: Flugbetriebskonzepte der Betriebsvariante E

	<u>'</u>			_				
Wettersituation	gute Sicht, schwach windig	mittlere Sicht, schwach windig	mässige Sicht, schwach windig	schlechte Sicht, tiefe Wolken	sehr schlechte Sicht (Nebel)	gute Sicht, mässiger Westwind	gute Sicht, starker Westwind	gute Sicht, starke Bise
zeitlicher Anteil	45%	10%	10%	5%	5%	15%	5%	5%
Flugbetriebskonzepte								
6 bis 6.30	S 18	S 18	S 18	S 18	N 1.11	S 18	O 1.0n	S 18
6.30 bis 7/9	S 6.0	S 6.0	S 6.0	S 6.0	N 1.11	S 6.0	O 1.0c	S 7.0
7/9 bis 20/21	N 1.11	N 1.11	N 1.11	N 1.11	N 1.11	N 1.11	O 1.0c	N 2.11
20/21 bis 22	O 1.0c	O 1.0c	S 6.0	S 6.0	N 1.11	O 1.0c	O 1.0c	S 7.0
22 bis 23 (23.30)	O 1.0n	O 1.0n	S 18	S 18	N 3.1	O 1.0n	O 1.0n	S 18



7.2 Kapazitäten

7.2.1 Gesamtkapazität

- \triangleright Im SIL-Bericht Betriebsvarianten $C_W = 55$ Operationen pro Stunde
- \triangleright Nachberechnung aufgrund Angaben im SIL-Bericht $C_W = 62.7$ Operationen pro Stunde
- ➤ Eigene Berechnung C_w = 72.3 Operationen pro Stunde

7.2.2 Flugbewegungen pro Jahr

Die Grenze der engpassfreien Entwicklung, hier gemessen mit der Schwelle zu 4 Minuten Verspätung pro Flugbewegung im Jahr, variiert zwischen 288'000 Flugbewegungen im Jahr – unter der Bedingung einer stündlichen, gewichteten Kapazität von 62 Flugbewegungen – bis zu 337'000 Flugbewegungen – unter der Bedingung einer stündlichen, gewichteten Kapazität von 72 Flugbewegungen.

7.3 Infrastruktur und Perimeter

Werden beibehalten

4. Infrastruktur und Perimeter

Pistensystem Piste 10-	Pistensystem Piste 10-28	. 2500m
------------------------	--------------------------	---------

Piste 14-32, 3300m

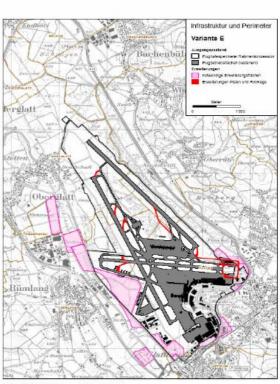
Piste 16-34, 3700m

Flughafenfläche (in ha): 941 Investitionskosten (ca. Mio. Fr.) 328 Inbetriebnahme: frühestens ca. 2014

wichtigste Erweiterungen allg. Infrastruktur

Vorfeldfläche (in ha) 0
Terminal (Gates) 0
Frachtbauten (in ha) 0
weitere Bauten (in ha) 0
Retentionsfilterbecken (in ha) 0

Einbezug von bestehenden Flughafenanlagen in den Perimeter.



PK50 @2006 Swisstopo (DV012611.1)

Literatur

<u>Intraplan 2005</u>: Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030 – Nachfrageprognose. Intraplan Consult GmbH.

<u>Bericht Betriebsvarianten 2006</u>: Flughafen Zürich, SIL-Prozess, Bericht Betriebsvarianten. Bundesamt für Zivilluftfahrt.

<u>Doc 4444</u>: Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic management. Montreal, ICAO 14th Edition 2001.

R. Horonjeff und F. McKelvey: Planning & Design of Airports, 4th Ed., McGraw-Hill 1994

AC150 5060-5: Airport Capacity and Delay. FAA 1983.