

BUNDESAMT FÜR ZIVILLUFTFAHRT

LUFTFAHRT UND NACHHALTIGKEIT: BESTANDESAUFNAHME – PERSPEKTIVEN – HAND- LUNGSSPIELRAUM, ARBEITSPAKETE 2-5: LÄRM, UMWELT, RAUMENTWICKLUNG, WIRTSCHAFT

Schlussbericht

Zürich, 12. Juni 2006

Architektur | Raumentwicklung | Verkehr | Landschaft | Umwelt

metron

Metron Verkehrsplanung AG
Stahlrain 2, Postfach 480
CH-5201 Brugg
Tel. +41 (0)56 460 91 11
Fax +41 (0)56 460 91 00
info@metron.ch
www.metron.ch

INFRAS

INFRAS

GERECHTIGKEITSGASSE 20
POSTFACH
CH-8039 ZÜRICH
t +41 1 205 95 95
f +41 1 205 95 99
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

LUFTFAHRT UND NACHHALTIGKEIT

BESTANDESAUFNAHME – PERSPEKTIVEN – HANDLUNGSSPIELRAUM,
Arbeitspakete 2–5: Lärm, Umwelt, Raumentwicklung, Wirtschaft

Schlussbericht, Zürich, 12. Juni 2006

Projektgruppe INFRAS/Metron:

Christian Schneider (INFRAS)

Markus Maibach (INFRAS)

Martin Peter (INFRAS)

Daniel Sutter (INFRAS)

Tobias Vogel (INFRAS)

Samuel Waldvogel (Metron)

Peter Marti (Metron)

Begleitgruppe:

Urs Ziegler, (BAZL, Leitung)

Catherine Marthe, BAZL

Sandra Rüfenacht, BAZL

Kurt Infanger, ARE

Doris Ochsner, BAFU

Nicolas Wallart, seco

Urs Baserga, Luftwaffe

Martin Bissegger, Unique

Christoph Füllemann, Swiss

Fritz Sager, Universität Bern

*Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt einzig und allein bei den Verfassern
INFRAS und Metron.*

ÜBERSICHT

ZUSAMMENFASSUNG	8
1. EINLEITUNG	18
2. DIE VIER BEREICHE IM GESAMTKONTEXT	21
3. LÄRM	27
4. RAUMENTWICKLUNG	90
5. UMWELT	154
6. WIRTSCHAFT	209
7. GESAMTBEURTEILUNG	272
ANHANG	292
GLOSSAR	297
LITERATUR	299

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	8
1. EINLEITUNG	18
2. DIE VIER BEREICHE IM GESAMTKONTEXT	21
2.1. ZUSAMMENHÄNGE UND QUERBEZÜGE	21
2.2. SYSTEMABGRENZUNG	22
2.3. BEZUG ZUM KONZEPT ‚NACHHALTIGKEIT IM LUFTVERKEHR‘	25
2.4. OPERATIONALISIERUNG	26
3. LÄRM	27
3.1. WIRKUNGSKETTEN	27
3.1.1. Physikalische Ebene: Lärmbelastungsgrößen	27
3.1.2. Lärm und Gesellschaft	31
3.1.3. Lärm und Wirtschaft	39
3.2. INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN	43
3.3. BEURTEILUNGSKRITERIEN	49
3.4. QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS	52
3.4.1. Fluglärmbelastung: Anzahl betroffene Personen	52
3.4.2. Fluglärmbelastete Fläche	55
3.4.3. Subjektive Fluglärmbelästigung	60
3.4.4. Tagesverteilung von Flugbewegungen	65
3.4.5. Anzahl Fluglärmreklamationen auf Flughäfen	67
3.4.6. Anzahl telefonischer Fluglärmreklamationen wegen militärischen Flügen	69
3.4.7. Beeinträchtigung in Erholungsgebieten, Beispiel Gebirgslandeplätze	71
3.4.8. Lärmkosten	73
3.5. EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG	77
3.5.1. Zivile Luftfahrt in der Schweiz	77
3.5.2. Schweizerische Luftwaffe	86
4. RAUMENTWICKLUNG	90
4.1. WIRKUNGSKETTEN	90
4.1.1. Übersicht	90

4.1.2.	Relevanzanalyse	91
4.2.	ÜBERSICHT ÜBER DIE INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN	96
4.3.	DATENGRUNDLAGEN	97
4.4.	BESCHREIBUNG DER WIRKUNGSKETTEN UND QUANTIFIZIERUNG MITTELS WIRKUNGSINDIKATOREN	98
4.4.1.	W1 Flächenbedarf der Flugplätze	98
4.4.2.	W2: Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen	104
4.4.3.	Luftfahrt als Standortfaktor	113
4.4.4.	W3a Standortkonkurrenz international	114
4.4.5.	W3b Standortkonkurrenz interregional	122
4.4.6.	W4 Luftfahrt als innerregionaler Standortfaktor	134
4.4.7.	W5 Ausbaubedarf auf Zubringerachsen zu Flughäfen	140
4.5.	ZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN	147
4.5.1.	Nachhaltigkeitsziele Luftfahrt und Raumentwicklung	147
4.5.2.	Beurteilungskriterien	148
4.6.	BEURTEILUNG NACH DEN EINZELNEN KRITERIEN	149
5.	UMWELT	154
5.1.	WIRKUNGSKETTEN	154
5.2.	INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN	155
5.3.	ZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN	159
5.3.1.	Nachhaltigkeitsziele Luftfahrt und Umwelt	159
5.3.2.	Beurteilungskriterien	160
5.4.	QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS	162
5.4.1.	Lokale/regionale Luftschadstoffemissionen durch den Flugbetrieb	162
5.4.2.	Nicht flugbedingte Luftschadstoffemissionen	166
5.4.3.	Immissionen: Luftschadstoffe	170
5.4.4.	Immissionen: Nichtionisierende Strahlung	174
5.4.5.	Bodenbelastung	175
5.4.6.	Einfluss auf Landschaften und Lebensräume	181
5.4.7.	Gewässerbelastung	189
5.4.8.	Treibhausgasemissionen und Verbrauch von fossilen Energieträgern	192
5.4.9.	NO _x -Emissionen auf Reise Flughöhe	196
5.5.	EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG	198

5.5.1.	Luftschadstoffe _____	198
5.5.2.	Immissionen _____	200
5.5.3.	Treibhausgasemissionen und Verbrauch von fossilen Energieträgern _____	204
5.5.4.	NO _x -Emissionen auf Reise Flughöhe _____	206
5.5.5.	Landschaften und Lebensräume, Boden und Gewässer _____	207
6.	WIRTSCHAFT _____	209
6.1.	WIRKUNGSKETTEN _____	209
6.2.	INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN _____	213
6.3.	NACHHALTIGKEITSZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN _____	219
6.4.	QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS _____	223
6.4.1.	Konsumentenpreise im Flugverkehr _____	223
6.4.2.	Unternehmensseitig-Katalytischer Effekt _____	226
6.4.3.	Verspätungen _____	227
6.4.4.	Kosten infolge zusätzlicher Umsteigevorgänge _____	230
6.4.5.	Betriebswirtschaftlicher Kostendeckungsgrad _____	233
6.4.6.	Produktivität _____	236
6.4.7.	Ausgaben der öffentlichen Hand _____	239
6.4.8.	Beschäftigte und Wertschöpfung der Luftfahrtbranche sowie deren Vorleistern _____	242
6.4.9.	Veränderung der Beschäftigten- und Wertschöpfungszahlen _____	244
6.4.10.	Induzierter Effekt _____	248
6.4.11.	Passagierseitig-katalytischer Effekt _____	249
6.4.12.	Nicht internalisierte Unfall- und Umweltkosten _____	252
6.4.13.	Weitere Marktverzerrungen _____	256
6.4.14.	Beschäftigte in der Schweizer Luftfahrttechnologie-Industrie _____	257
6.4.15.	Regionale Verteilung der Beschäftigten _____	259
6.5.	EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG _____	264
6.5.1.	Quantitativ erfassbare Indikatoren für Szenarienentwicklung _____	264
6.5.2.	Qualitativ erfassbare Indikatoren für Szenarienentwicklungen _____	267
6.5.3.	Fazit zum Szenarienvergleich _____	270
7.	GESAMTBEURTEILUNG _____	272
7.1.	BEURTEILUNGSRASTER _____	272
7.2.	BEREICH LÄRM _____	273

7.3.	BEREICH RAUMENTWICKLUNG _____	276
7.4.	BEREICH UMWELT _____	278
7.5.	BEREICH WIRTSCHAFT _____	281
7.6.	GESAMTFAZIT _____	286
7.7.	VORSCHLÄGE FÜR VERTIEFUNGEN _____	288
ANHANG _____		292
	FLUGBEWEGUNGEN LINIEN- UND CHARTERVERKEHR NACH SZENARIEN _____	292
	DATENGRUNDLAGEN LÄRM _____	294
GLOSSAR _____		297
LITERATUR _____		299

ZUSAMMENFASSUNG

1. ZIEL UND VORGEHEN

Nachhaltigkeitsbereiche des Luftverkehrs

Dieser Bericht analysiert die Nachhaltigkeitsbereiche Lärm, Raumentwicklung, Umwelt und Wirtschaft für den Schweizerischen Luftverkehr. Aus Sicht Nachhaltigkeit handelt es sich dabei um zwei Nachhaltigkeitsdimensionen (Umwelt, Wirtschaft) und zwei Querschnittsbereiche (Lärm und Raumentwicklung). Insbesondere der Bereich Lärm tangiert alle drei Nachhaltigkeitsbereiche (Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft) und weist auch grosse Schnittstellen zur Raumentwicklung auf. Die vier Bereiche decken einen grossen Teil der Nachhaltigkeitsaspekte ab. Nicht berücksichtigt sind die Sicherheitsaspekte sowie eine systematische Betrachtung der Nachhaltigkeitsdimension Gesellschaft (z.B. Mobilitätssicherung, Generationenvertrag, Nord-Süd-Thematik).

Für die einzelnen Bereiche werden zunächst die **Wirkungsketten** aufgezeigt. Anschliessend werden daraus **Indikatoren** und **Beurteilungskriterien** auf Basis eines Zielrasters entwickelt. Die identifizierten Indikatoren werden sowohl für den **Ausgangszustand** (aktuelle Situation und bisherige Entwicklung) als auch für die zukünftige Entwicklung (bis 2030) soweit möglich quantifiziert. Dazu dienen einerseits die für den SIL-Prozess in Zürich entwickelte Trendprognose von Intraplan (2005), andererseits zwei von RappTrans (2005) im AP1 (Arbeitspaket 1) entwickelte Alternativszenarien (niedrige Wachstumsraten, Wegfall der Hubfunktion in Zürich).

Auswirkungsanalyse entlang der vordefinierten Indikatoren

Die **Auswirkungsanalyse** (Istzustand, zukünftige Entwicklung) basiert auf den zur Verfügung stehenden Informationen. Dies gilt insbesondere für die Bereiche Lärm (Würdigung der bestehenden Lärmgrundlagen), Raumentwicklung (Würdigung der vorliegenden Erreichbarkeitsanalysen) und Wirtschaft (Würdigung der vorliegenden Berechnungen der volkswirtschaftlichen Effekte). Für den Bereich Umwelt wurden neue Emissionsprognosen (Luftschadstoffe, Klimagase) erarbeitet.

Die Analysen beziehen sich auf die von den Schweizerischen Flugplätzen (Landesflughäfen, Regionalflugplätze, Flugfelder etc.) ausgehenden Flugbewegungen (zivile und militärische Luftfahrt).

2. BEREICH LÄRM

Indikatoren

Zu unterscheiden ist zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung. Die Lärmbelastung ist eine physikalische Grösse. Im Zentrum stehen die Anzahl belasteter Personen und die lärm-belastete Fläche über den gemäss Lärmschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerten. Demgegenüber bezieht sich die Lärmbelästigung auf subjektive Einschätzungen der Bevölkerung. Die Lärmbelastung kann in der Regel ca. einen Drittel der Lärmbelästigung erklären. Weitere Indikatoren erfassen die Folgewirkungen von Lärmbelastungen (Gesundheit, Sozio-kultur, Wirtschaft).

Generell ist zu sagen, dass im Bereich Lärm die Informationen für die einzelnen Flughäfen relativ heterogen sind. Eigentliche Zukunftsszenarien der Lärmbelastung sind nur qualitativ – auf Basis der Einschätzung der verschiedenen Einflussfaktoren – ermittelbar. Zu beachten ist, dass im Rahmen des SIL-Prozesses in Zürich detaillierte Lärmprognosen für einzelne Varianten parallel berechnet werden.

Beurteilung

Grenzwertüberschreitungen treten vor allem bei den drei grossen Landesflughäfen auf. Die übrigen Flugplätze und Flugfelder sind demgegenüber nur sehr punktuell betroffen. Heute sind 35'100 (Tag) bzw. 38'000 (Nacht) Personen übermässigem Fluglärm ausgesetzt. 11'300 ha (Zivile Luftfahrt; $L_{eq,16}$) und 4'700 ha (Militärflugplätze; $L_{r,m}$) sind mit Lärmimmissionen von über 60 dB(A) belastet. Gleichzeitig ist festzustellen, dass die nicht objektiv messbaren Elemente der Lärmbelästigung aufgrund verschiedener Faktoren an Bedeutung gewonnen haben:

- › die stärkere Belastung von Tagesrand- (6.00–7.00 und 21.00–22.00 Uhr) und Nachtzeiten (22.00–06.00 Uhr),
- › unerwartete Änderungen des Betriebsreglements,
- › die grundsätzliche Einstellung der Anwohner/innen zum Luftverkehr und zum Flughafen.

Die objektive Lärmbelastung durch den Flugverkehr ist in den letzten Jahren gesunken, die subjektive Lärmbelästigung aufgrund von nicht erwarteten Ereignissen hingegen gestiegen. Vor allem die lauten Einzelereignisse (sog. Kapitel II-Flugzeuge) konnten stark reduziert werden. Gleichzeitig hat aber die Zahl der Flugbewegungen in den kritischen Tagesrandstunden zugenommen. Damit wird auch ein Konflikt mit den Bestrebungen eines Hubbetriebs sichtbar, vor allem für den Flughafen Zürich.

Für die Trendentwicklung ist in Zukunft mit einer weiteren Zunahme der Lärmbelastung zu rechnen. Weil aber die Anflugregimes und die Tagesverläufe ebenfalls kritisch für die Beurteilung sind, ist eine Aussage über die zukünftige Lärmentwicklung ohne Modellrechnungen mit sehr grossen Unsicherheiten behaftet. Allgemein zeigt sich, dass der Lärm auch in Zukunft eine kritische Grösse darstellen wird. Zu beachten ist aber gleichzeitig, dass die Lärmbelastung und -belästigung lokal (im Umfeld der Landesflughäfen) auftritt. Mit einer aktiven Schallschutzstrategie, optimierten Anflugverfahren, raumplanerischen Massnahmen und vertrauensbildenden Massnahmen kann diese in Zukunft verringert werden. Dies wird vor allem für den SIL-Prozess in Zürich eine der zentralen Herausforderungen sein.

Generell gilt, dass die Betriebsreglemente (Flugrouten, Betriebszeiten) neben der Zahl der Flugbewegungen und den Lärmparametern der Fluggeräte einen erheblichen Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbeurteilung der Luftfahrt haben.

3. BEREICH RAUMENTWICKLUNG

Indikatoren

Zu unterscheiden sind zwei Wirkungen der Luftfahrt. Bei den grossräumigen Wirkungen spielen vor allem die Erreichbarkeit und die Auswirkungen auf die Standortattraktivität dank guter Luftverkehrsanbindung eine wichtige Rolle. Bei den kleinräumigen Wirkungen sind die Flächenkonkurrenz und die Beeinträchtigung der räumlichen Entwicklung durch die Lärmbelastung zentrale Faktoren.

Beurteilung

Die Luftfahrt ist für die wirtschaftliche Entwicklung der Schweiz ein wichtiger Standortfaktor und sie wird diese Funktion auch in Zukunft wahrnehmen. Gleichzeitig besitzt die Luftfahrt infolge des Fluglärms sowie des Flächenverbrauchs auch erhebliche negative Nebeneffekte, welche nicht in allen Regionen und Gemeinden der Schweiz durch entsprechende Nutzen aufgewogen werden. Gewinner und Verlierer sind zwar nicht vollständig verschieden, aber auch nicht vollständig deckungsgleich.

Die **Landesflughäfen** stellen einerseits einen erheblichen Eingriff in die räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten der Standortregion dar. Sie sind sehr gross und prägend – insbesondere, wenn die Lärmperimeter in Betracht gezogen werden. Andererseits entwickeln sie eine hohe Produktivität und weisen eine intensive Flächennutzung auf – was einen relativ sparsamen Umgang mit Flächen ermöglicht. Damit verbunden sind positive Effekte, die

sich zugunsten der Stellung der Schweiz in der internationalen Standortkonkurrenz auswirken und als solche für die gesamte Schweiz von Interesse sind. So liegen sowohl Zürich als auch Genf und Basel in der Erreichbarkeit über dem Mittel von 73 europäischen Metropolregionen. Zürich nimmt im europäischen Vergleich bezüglich interkontinentaler Erreichbarkeit gar Rang 6 ein. Für die Zukunft zeichnet sich infolge der wachsenden Bewegungen zwar eine Verbesserung in der grossräumigen Erreichbarkeit, gleichzeitig aber eine Beeinträchtigung der kleinräumigen Entwicklung, ab.

Regionalflugplätze mit und ohne Linien- und Charterverkehr, Flugfelder und Heliports bringen deutlich geringere wirtschaftliche Impulse. Sie besitzen neben ihrem eigenen Flächenbedarf nur geringe Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung. Ihr Nutzen liegt v.a. im Bereich von Schulungs-, Versorgungs-, und Rettungsflügen, nicht zuletzt um die Landesflughäfen zu entlasten.

Die **Militärflugplätze** bringen grundsätzlich wenig wirtschaftliche Impulse. Sie verursachen in den betroffenen Regionen jedoch überdurchschnittlichen Lärm. In Randregionen weist aber die erzeugte Wertschöpfung eine ausgleichende Wirkung auf. Die eingeleiteten Entwicklungen hinsichtlich Reduktion der Standortzahl bieten Chancen für einen nachhaltigen Militärflugbetrieb in der Schweiz. Beispielsweise wird mit dem Freiwerden von Dübendorf eine grosse Fläche in der Agglomeration für interessante Nutzungen, räumliche Ausgleichsflächen und Verdichtungsmöglichkeiten frei. Andererseits liegen die verbleibenden Flugplätze meist in sensitiven Räumen mit einem gewissen Konfliktpotenzial zwischen den wirtschaftlichen und landschaftsschützerischen Zielen.

4. BEREICH UMWELT

Die Umweltbelastung hat sich gegenüber früheren Analysen mehrheitlich verbessert. Die drei nationalen Flughäfen tragen quantitativ mit Abstand am meisten zu Umweltbelastungen durch den Luftverkehr in der Schweiz bei.

Die technischen Fortschritte haben dazu geführt, dass die Umweltbelastungen durch Luftschadstoffe (NO_x, CO und VOC) zwischen 1990 und 2004 nicht in gleichem Ausmass wie die Flugbewegungen gewachsen sind. Bei den VOC-Emissionen sank die Belastung kontinuierlich ab. Die Entwicklungen für den Zeithorizont bis 2030 hängen stark von der Entwicklung der Flugbewegungen ab. NO_x- und VOC-Emissionen nehmen im Szenario „Intraplan“ wieder zu.

Die globalen Umwelteinwirkungen des Flugverkehrs auf das Klima durch den fossilen Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen können (neben dem Lärm) als das grösste Problem des Flugverkehrs identifiziert werden. Gemäss dem Trendszenario (Intraplan) steigen die CO₂-Emissionen und der Treibstoffverbrauch im Luftverkehr – trotz höherer Treibstoffeffizienz – in den nächsten 25 Jahren um rund 50% an. Zu 90% werden CO₂-Emissionen und Treibstoffverbrauch durch den Linien- und Charterverkehr verursacht. Ebenfalls klimarelevant sind NO_x-Emissionen während der 'Cruise'-Phase in grossen Höhen (hauptsächlich von Langstreckenflugzeugen verursacht). Sie beeinflussen die Ozonkonzentrationen in der Tropopause und in der unteren Stratosphäre, was wiederum eine Auswirkung auf den Temperaturhaushalt der Erde hat. Die Diskussion um Massnahmen gegen die Klimaerwärmung und für die Treibstoffeffizienz im Flugverkehr wird international die wichtigste Umweltaufgabe der Luftfahrt in den nächsten Jahrzehnten sein.

Technische Umweltmassnahmen an den Flugzeugen und der Bodeninfrastruktur haben geholfen, die lokalen Umweltauswirkungen in vielen Bereichen zu reduzieren (Wasser- und Energieeinsparungen, qualitative und quantitative Gewässerverschmutzung, Bodenbelastung, Abfälle usw.). Die lokalen Umweltbelastungen (Boden, Gewässer) durch den Flugverkehr werden weiter abnehmen und stellen kein grosses Umweltproblem dar.

Demgegenüber kritischer sind die Beeinträchtigungen von natürlichen Lebensräumen und Erholungsgebieten durch den Flugverkehr (v.a. in sensiblen Gebirgslandschaften). In Zukunft werden diese Belastungen tendenziell noch zunehmen (v.a. höhere Sensibilität der Menschen, aber auch Zunahme der gesamten Anzahl Flugbewegungen). Entscheidend wird sein, wie die Politik bestehende Vorschriften zum Schutz von Natur und Landschaften umsetzt und ob weitere Massnahmen zur Beschränkung der Belastung in sensiblen Gebieten eingeführt werden.

Trotz guter Erschliessung der Flughäfen an das öffentliche Verkehrsnetz bleibt die Belastung des Strassennetzes durch den induzierten Verkehr in der nahen Umgebung der Landesflughäfen sehr hoch (gute Parkiermöglichkeiten für Passagiere und Personal, gute Erreichbarkeit im Strassenverkehr, Taxis bis ins Stadtzentrum). Die Umweltbelastungen (Luftschadstoffe und Lärm) steigen vielfach noch weiter an. Immerhin konnte beispielsweise beim Flughafen Zürich der ÖV-Anteil der Flugpassagiere in den letzten Jahren erhöht werden. Für die Zukunft wird es entscheidend sein, die Qualität der ÖV-Anbindung von Landesflughäfen und grossen Regionalflughäfen weiter zu verbessern.

5. BEREICH WIRTSCHAFT

Indikatoren

Der Bereich Wirtschaft kann in drei Teile unterteilt werden. Die Konsumentenebene konzentriert sich auf die Preisentwicklung und die Nutzen bez. Erreichbarkeit (Direkt- oder Umsteigeverbindungen). Die Produzentenebene würdigt die Produktivitätsentwicklung und die betriebswirtschaftliche Nachhaltigkeit. Die Gesamtwirtschaftliche Ebene schliesslich würdigt den volkswirtschaftlichen Beitrag (Wertschöpfung, Standortattraktivität), aber auch potenziell negative Aspekte infolge der externen Effekte des Luftverkehrs.

Beurteilung

Konsumentenebene: Die relativen Preise der Luftfahrt gegenüber anderen Konsumentenpreisen und den anderen Verkehrsmitteln sind in den letzten Jahren gesunken. Dies zog für die Konsumenten deutliche (auch absolute) Preisvorteile nach sich. Auf dem tieferen Preisniveau sind die Preise aber weiterhin sehr volatil, was auf die dynamischen Wettbewerbsverhältnisse in einem liberalisierten Markt zurückzuführen ist. Positiv zu werten ist der deutliche Rückgang bei den Verspätungen in den letzten Jahren und der damit verbundenen Zeitkosten für die Passagiere. Dafür nahm im Zuge der Entwicklungen rund um die Swissair 2001 und danach um die Swiss die Anzahl Direktverbindungen deutlich ab. Dies ist mit Zusatzkosten von ca. 350 Mio. CHF verbunden, weil ein grösserer Teil der Passagiere ihre Zieldestination nur mit Umsteigeflügen erreichen können. Ingesamt ist das Fazit aus Konsumentensicht aber grundsätzlich positiv zu werten.

Die zukünftige Trendentwicklung wird diesen Effekt fortsetzen. Grundsätzlich gilt: je höher das Wachstum, desto höher der Nutzen für die Konsumenten, desto grösser auch der potenzielle Nutzen von Direktverbindungen. Mit zunehmenden Kapazitätsproblemen können umgekehrt die Verspätungskosten steigen. Würde der Hubbetrieb in Zürich aufgegeben, würde auch der Umsteigenutzen wegfallen. Gemäss aktuellen Berechnungen für Zürich (INFRAS 2005) kann ein Wegfall des Hubs zu zusätzlichen Zeitkosten für die Benutzer von bis zu 140 Mio. CHF pro Jahr führen.

Produzentenebene: Der Kostendeckungsgrad der Airlines ist nun nach mehreren Umstrukturierungen bspw. der Swiss wieder steigend und nähert sich von unten der 100%-Marke. Die internationalen Flughäfen sind dank dem Non-Aviation-Bereich insgesamt kostendeckend, der Aviation Bereich allein deckt seine Kosten jedoch nicht. Der Non-Aviation-Bereich ist aber in Bezug auf das Kundenaufkommen primär abhängig vom Aviation-Bereich.

Die Produktivität der Luftfahrt steigt – nach einem leichten Einbruch zwischen 2000 und 2002 – überproportional (relativ zu anderen Sektoren). Die Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt betragen als Folge des Swissair-Zusammenbruchs 2001/2002 gegen 2.7 Mia. CHF. Insgesamt ist das Fazit auf Produzentenebene für die letzten Jahre deshalb gemischt. In Zukunft dürfte die Kostendeckung mit der Trendentwicklung weiter steigen und die Produktivität über den ganzen Zeitraum (inkl. Infrastrukturerweiterung) gesehen etwa gleich hoch bleiben oder leicht ansteigen, wenn es gelingt (insbesondere für die Swiss) im rauen Wettbewerb zu bestehen. Bei einem Wegfall der Hubfunktion jedoch dürften sich die Indikatoren kritischer entwickeln. Die Auslastungen der Flugzeuge dürften sinken, das Risiko von Defiziten aus dem Flugbetrieb (für Airline und Flughafen) deutlich steigen.

Ein grundsätzliches Risiko aus Produzentensicht besteht in der hohen Energieintensität und der starken Abhängigkeit der gesamten Branche vom fossilen Energieträger Kerosin und den damit verbundenen möglichen Preissteigerungen in naher Zukunft.

Gesamtwirtschaftliche Ebene: Der Luftverkehr ist ein wichtiger Wirtschafts- und Standortfaktor. Die Beschäftigung und Wertschöpfung bei den Unternehmen auf den Flughäfen (Aviation und Non-Aviation) und bei den Vorleistern der Luftfahrt ist gesamtwirtschaftlich bedeutend. Diese Wertschöpfung hat 2000-2002 deutlich abgenommen und beträgt für die Landesflughäfen 2004 (direkt inkl. Vorleistungen) 6.2 Mia. CHF oder 43'400 Vollzeitbeschäftigte. Der passagierseitig-katalytische Effekt umfasst die Ausgaben der ausländischen Passagiere in der Schweiz. Er ist nach 2000 leicht gesunken, weist aktuell wieder eine steigende Tendenz auf und beträgt 6.9 Mia. CHF.

Im Luftverkehr treten Preisverzerrungen auf, infolge nicht internalisierter Kosten und Marktverzerrungen wegen der Subventionierung der grossen Flugzeughersteller in den Produktionsländern sowie Infrastruktursubventionen. Die externen Unfall- und Umweltkosten betragen gemäss Expertenschätzungen rund 400 Mio. CHF. Am bedeutendsten sind die Kosten der Klimaerwärmung, deren Abschätzung allerdings mit grossen Unsicherheiten behaftet ist. Pro Verkehrseinheit ergeben sich ähnliche Kostenniveaus wie beim Strassenverkehr.

Die Luftfahrttechnologie-Industrie weist in den letzten Jahren ein kontinuierliches Wachstum auf, was positiv für die Gesamtwirtschaft und die Exportaussichten aus der Luftfahrt-Branche ist. Insgesamt sind in den grösseren Betrieben gegen 9'000 Personen beschäftigt. Die regionalen Verteilungswirkungen des Luftverkehrs sind eher schwach. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. dank Luftfahrttechnologieunternehmen in Randregionen oder Flugplätzen in Bergtälern) profitieren die Ballungsgebiete überproportional vom wirtschaftlichen Nutzen

des Luftverkehrs. Die Luftwaffe übt demgegenüber eine gewisse regionale Ausgleichsfunktion aus.

Mit den zukünftigen Wachstumsaussichten ist auch eine positive Wirkung auf diverse gesamtwirtschaftliche Indikatoren zu erwarten. Aus Nachhaltigkeitssicht zentral ist dabei eine kontinuierliche (und keine sprunghafte) Veränderung. Die Entwicklung bei Wertschöpfung und Beschäftigung zeigen, dass ein Wegfall der Hubfunktion in Zürich deswegen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ungünstig wirkt. Die externen Kosten dürften bei allen Szenarien bis 2030 über das heutige Niveau ansteigen, vor allem infolge der zusätzlichen Klimagasemissionen des Luftverkehrs.

6. GESAMTFAZIT UND VERTIEFUNGSVORSCHLÄGE

Gesamtfazit

Die zusammenfassende Beurteilung zeigt, dass für die Beurteilung der Nachhaltigkeit im Luftverkehr für die vier untersuchten Bereiche ein differenziertes Fazit zu ziehen ist.

- › Zunächst ist festzuhalten, dass die vier Bereiche verschiedene Schnittstellen aufweisen, die bei der Beurteilung zu beachten sind. Diese betreffen insbesondere die Bereiche Lärm und Raumentwicklung (Lärm als einschränkender Nutzungsfaktor) und Wirtschaft und Raumentwicklung (Luftverkehr als regionaler Wirtschaftsfaktor und Voraussetzung für eine gute Erreichbarkeit als Standortfaktor). Entsprechend hängen auch die Gesamtbeurteilungen zusammen.
- › Der Luftverkehr weist vor allem im Bereich Wirtschaft ein hohes Potenzial an Nachhaltigkeit auf. Nach den Wirren als Folge des Groundings der Swissair sind hier die Zukunftsaussichten positiv zu werten, wenngleich infolge der Marktkräfte weiterhin Unsicherheiten bestehen werden. Dem Luftverkehr ist es gleichzeitig gelungen, seine Umweltbelastung dank verbesserter Technologie (Einführung restriktiver internationaler Standards in den Bereichen Lärm- und Schadstoffemissionen) und marktwirtschaftlichen Instrumenten (Lärmgebühren, emissionsabhängige Landegebühren) zu reduzieren.
- › Zwei Bereiche sind allerdings als besonderes kritisch zu bezeichnen: Einerseits die nach wie vor überschrittenen Grenzwerte im Lärmbereich und die möglicherweise steigende Belastung und -belästigung im Umfeld der Landesflughäfen und andererseits die starke Zunahme der Klimagasemissionen, die den Klimareduktionszielen zuwiderlaufen. Weitere Belastungen (v.a. die Flugbewegungen in ökologisch und touristisch sensiblen Zonen) sind vor allem punktuell als kritisch zu bezeichnen.

- › Der Vergleich der verschiedenen Bereiche lässt verschiedene Zielkonkurrenzen erkennen. Am stärksten ist der Konflikt zwischen wirtschaftlichem Wachstum des Luftverkehrs und dessen lokalen Auswirkungen (Lärmstörungen) und globalen Auswirkungen (Klima). Die Trendprognosen deuten darauf hin, dass sich dieser Konflikt in Zukunft verstärken wird.
- › Wirtschaftswachstum ist für den Luftverkehr dann positiv zu werten, wenn es ihm gelingt, die Wachstumschancen positiv zu nutzen und aktiv seine Nachhaltigkeitsdefizite zu verringern. Ein zentraler Aspekt ist dabei eine faire Verteilung der daraus resultierenden potenziellen Gewinne. Je stärker es gelingt, die Wachstumsgewinne in technische Verbesserungen und in konsequenten Umwelt-, Lärm- und Klimaschutz zu investieren bzw. die lokale Wirtschaft und die umliegenden Gemeinden an den Wachstumsgewinnen zu beteiligen, desto grösser ist die Chance, dass die Wachstumschancen im Sinne der Nachhaltigkeit genutzt werden können.

Vergleich der Entwicklungsszenarien

Die drei für die Analyse unterstellten Entwicklungsszenarien unterscheiden sich einerseits bezüglich der Anzahl der Flugbewegungen, andererseits bezüglich Funktion des Luftverkehrsstandortes Schweiz und zeigen so auch verschiedene Zielkonkurrenzen auf.

Während das Szenario Trend das höchste wirtschaftliche Wachstumspotenzial aufweist, sind demgegenüber auch die Belastungen im Lärmbereich durch die stark zunehmende Anzahl Flugbewegungen und die zunehmenden Emissionen (v.a. Klimagase) als kritisch zu beurteilen. Es wird die Herausforderung in diesem Szenario sein, die wirtschaftlichen Nutzen für die Minimierung der Belästigungen in fairer und effizienter Weise einzusetzen. Das Szenario ‚Tief‘ gemäss Rapp unterscheidet sich insbesondere bezüglich Niveau vom Szenario Trend. Den leicht tieferen wirtschaftlichen Potenzialen stehen leicht tiefere Belastungen gegenüber.

Das Szenario ‚No Hub‘ gemäss Rapp unterscheidet sich gegenüber den obigen Szenarien grundsätzlich, insbesondere für den Wirtschaftsraum Zürich. Für die Beurteilung ist relevant, welche Auswirkungen auf den Homecarrier ‚Swiss‘ zu erwarten sind und welche allfälligen Anpassungsprozesse (z.B. Interkontinentalangebote ab Zürich durch ausländische Carrier) stattfinden. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die wirtschaftlichen Risiken für die Flughafenregion Zürich (und somit auch für die Schweiz) bedeutend sind und auch die Erreichbarkeit des Wirtschaftsstandortes Schweiz Einbussen erleiden wird. Demgegenüber stehen vor allem die Entlastungspotenziale im Lärmbereich für den Flughafenstandort Zürich. Das Szenario schneidet gegenüber den anderen beiden auch positiv bezüglich Emissi-

onsentwicklung (Klimagase, Luftschadstoffe) ab. Zu beachten ist, dass hier aber eine rein schweizerische Sicht kein vollständiges Bild erlaubt.

Vertiefungsvorschläge

Die Analyse der vier untersuchten Nachhaltigkeitsbereiche hat einerseits Indikatoren vorgeschlagen, andererseits auf Basis der bestehenden Datengrundlagen eine Auswahl von Indikatoren quantifiziert und bewertet. Für weitere Vertiefungen der vier Bereiche (v.a. im Rahmen der Erarbeitung der weiteren Arbeitspakete im NHL-Projekt) stehen folgende Stossrichtungen im Vordergrund:

- › Aufdatierung mit neuen Grundlagen: Hier steht die Aufdatierung auf Basis der Analyse des SIL-Prozesses im Vordergrund.
- › Konkretisierung und Vertiefung einzelner Indikatoren: In allen vier Bereichen sind, neben den behandelten Indikatoren, solche vorgeschlagen worden, die mit dem heute zur Verfügung stehenden Datenmaterial nicht analysiert werden konnten.
- › Spezifische Vertiefungen anhand von Fallstudien: Im Zentrum stehen regional differenzierte Analysen, um die Unterschiede der verschiedenen Luftfahrteinheiten zu konkretisieren (z.B. Gebirgslandeplätze, Regionalflugplätze und Flugfelder).

Vordringlich ist auch eine Vertiefung der gesellschaftlichen Aspekte (v.a. Lärm und Gesellschaftliche Auswirkungen; Bedeutung der Luftfahrt als internationaler Faktor für eine Annäherung der Gesellschaften und nationale Identität).

Gleichzeitig ist eine Gegenüberstellung der Bereiche interessant, um Erkenntnisse zu den Zielkonkurrenzen („Trade off's“) und entsprechenden Optimierungspotenzialen zu erhalten. Dies ist am sinnvollsten am Beispiel von Fallstudien machbar.

1. EINLEITUNG

Grundlagen zur Nachhaltigkeit im Luftverkehr

Das BAZL und seine Partnerämter wollen die Grundlagen zu den Auswirkungen und Handlungsspielräumen der Luftfahrt aktualisieren. Die letzte Studie (zu den Umweltauswirkungen des Luftverkehrs) datiert aus dem Jahr 1993 (EWI 1993). Für eine umfassende Beurteilung des Luftverkehrs sollen alle relevanten Auswirkungen des Luftverkehrs gewürdigt werden. Dabei ist der Bezug zum Konzept der Nachhaltigkeit herzustellen, mit den drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Das Projekt ‚Nachhaltigkeit des Luftverkehrs‘ umfasst mehrere Arbeitspakete. Im Rahmen einer Vorstudie (INFRAS/Ecoscan 2003) ist eine erste Bestandesaufnahme vorgenommen worden. Im Rahmen von Paket 1 (RappTrans 2005) wurden verschiedene Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Schweizerischen Luftverkehrs erarbeitet.

Vier zentrale Bereiche als Analysegegenstand

In den hier bearbeiteten Arbeitspaketen 2 bis 5 geht es um die vier Bereiche Lärm, Umwelt, Raumentwicklung und Wirtschaft. Aus Sicht Nachhaltigkeit handelt es sich dabei um zwei Nachhaltigkeitsdimensionen (Umwelt, Wirtschaft) und zwei Querschnittsbereiche (Lärm und Raumentwicklung). Insbesondere der Bereich Lärm tangiert alle drei Nachhaltigkeitsbereiche (Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft) und weist auch grosse Schnittstellen zur Raumentwicklung auf. Während bei Nachhaltigkeitsüberlegungen gängigerweise von drei Dimensionen (Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft) ausgegangen wird, wird der Aufbau im vorliegenden Bericht leicht modifiziert:

- › Der Lärmbereich konzentriert sich auf die physikalischen und soziologischen Aspekte.
- › Der Umweltbereich verfolgt eine naturwissenschaftliche Sichtweise.
- › Die Raumentwicklung orientiert sich an geografischen und planerischen Überlegungen.
- › Im Bereich Wirtschaft werden neben der ökonomischen Sichtweise auch die externen Kosten einbezogen. Diese nehmen auch Bezug auf den Umwelt- und Lärmbereich.

Mit diesen vier Bereichen wird ein Grossteil der Auswirkungen des Luftverkehrs erfasst. Nicht enthalten ist jedoch der Bereich Sicherheit, der in der Luftfahrt seit jeher eine herausragende Priorität innehat. Ebenfalls nicht behandelt werden spezifische gesellschaftliche Elemente und die zeitlichen und räumlichen Dimensionen (Mobilitätsbedürfnisse, Generationenvertrag; Nord-Süd-Aspekte). Es ist jedoch vorgesehen, offene Nachhaltigkeitsfragen in weiteren Arbeitspaketen zu vertiefen.

Koordination mit SIL-Prozess

Mit dem Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) verfügt der Bund über ein Planungs- und Koordinationsinstrument für den Infrastrukturbereich der Zivilluftfahrt. Am 18. Oktober 2000 verabschiedete der Bundesrat den Konzeptteil des SIL, mit einer Gesamtsicht und strategischen Leitlinien für eine koordinierte Planung und Entwicklung der Infrastruktur sowie einem Konzept für anlagespezifische Entscheide. Im Rahmen des SIL-Prozesses wird aktuell für den Flughafen Zürich das Objektblatt erarbeitet. Dazu werden die Auswirkungen von verschiedenen Ausbau- und Betriebsvarianten auf wichtige Nachhaltigkeitsindikatoren neu und vertieft analysiert. Der vorliegende Bericht orientiert sich an denselben Mengengerüsten (v.a. Trendprognose); er liefert auch wichtige Inputs für den methodischen Rahmen im SIL-Prozess. Aufgrund des zeitlichen Ablaufs kann dieser Bericht das Ergebnis des SIL-Prozesses nicht wiedergeben. Vielmehr orientiert er sich für den Flughafen Zürich an den aktuell zur Verfügung stehenden Grundlagen (insbesondere für die Bereiche Lärm und Raumentwicklung).

Mengengerüst

Die Auswirkungsanalysen müssen auch auf einem einheitlichen Verkehrsmengengerüst aufbauen. Basierend auf diesen Grundlagen sollen sowohl der heutige Zustand als auch die zukünftige Entwicklung des Luftverkehrs aus den verschiedenen Blickwinkeln der Nachhaltigkeit gewürdigt werden. Basis dazu bilden grundsätzlich die Arbeiten des Arbeitspakts 1.

Zwischenzeitlich ist im Rahmen des SIL Prozesses für den Flughafen Zürich - als Grundlage für das notwendige Mengengerüst (Entwicklungsszenarien bis 2030) - für die einzelnen Verkehrssegmente (Linienverkehr/Charter, Fracht, Kleinaviatik, Luftwaffe) eine neue Prognose erarbeitet worden. Intraplan erstellte - basierend auf einem trimodalen Verkehrsmodell (also unter Berücksichtigung der anderen Verkehrsträger Schiene und Strasse) eine Nachfrageprognose; einschliesslich General Aviation und Überflüge. Diese Prognose wird für das SIL-Objektblatt für den Flughafen Zürich als Trendprognose verwendet.

Um Konsistenz zwischen SIL-Prozess und Nachhaltigkeitsprojekt herzustellen, wird diese aktuelle Intraplan-Prognose (die auf detaillierten Grundlagen beruht) als Trendprognose zugrunde gelegt. Sie ersetzt damit die Trendprognose gemäss AP 1 (RappTrans). Um aber weiterhin verschiedene Entwicklungsperspektiven würdigen zu können, werden die beiden weiteren RappTrans-Szenarien in die Betrachtung einbezogen. Die Aussagen zur zukünftigen Entwicklung beruht demnach auf drei Szenarien:

- › Szenario Trend gemäss Intraplan (offizielle Prognose und Grundlage für SIL-Prozess)
- › Szenario Tief (gemäss RappTrans/AP1): Tiefere Wachstumsrate

- › Szenario No Hub (gemäss RappTrans/AP1): Entwicklung im Falle eines Wegfalls der Hubfunktion auf dem Flughafen Zürich.

Dabei ist festzuhalten, dass es sich bei den beiden Szenarien ‚Tief‘ und ‚No Hub‘ um Szenarien handelt, die im SIL-Prozess nicht berücksichtigt werden. Sie weisen deshalb einen anderen Stellenwert als die Trendprognose auf. Wir interpretieren sie als alternative Entwicklungsbilder, falls exogene Faktoren (Markt, Politik) sich abweichend vom Trend verhalten sollten.

Konkrete Fragestellungen

Für die vier Bereiche sollen folgende Fragen geklärt werden:

- › Welches sind die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsentwicklung (Nachfrage, Angebot, Technik) und den einzelnen zu analysierenden Bereichen? Welche weiteren Einflussfaktoren spielen eine Rolle, auch zwischen den einzelnen Bereichen? **Produkt 1: Wirkungsketten und Bestimmungsfaktoren.**
- › Mit welchen Indikatoren lassen sich die einzelnen Bereiche beschreiben, qualitativ, quantitativ? **Produkt 2: Indikatoren.** Eine wichtige Grundlage ist dabei das von der Projektleitung parallel erarbeitete Indikatorenset Nachhaltigkeit.
- › Welche Auswirkungen sind durch die Szenarien zu erwarten (Ist-Zustand und Prognose)? **Produkt 3: Auswirkungen für die einzelnen Bereiche und Segmente.**
- › Wie sind diese Auswirkungen hinsichtlich Nachhaltigkeit zu beurteilen? **Produkt 4: Beurteilung und Handlungsbedarf.**

Berichtsstruktur

Der Bericht zeigt

- › Die vier Bereiche im Gesamtkontext, um die Zusammenhänge und die Systemabgrenzungen sichtbar zu machen (Kapitel 2).
- › die Ergebnisse der Indikatorenbildung und der Auswirkungen in den vier zu untersuchenden Bereichen. Dargestellt werden die bisherige Entwicklung und die zukünftige Entwicklung. Entsprechend ist die Struktur in den vier Bereichen identisch. Pro Bereich wird auch eine erste Beurteilung vorgenommen (Kapitel 3 bis 6).

Kapitel 7 fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen und zieht Folgerungen bezüglich des Handlungsbedarfs.

Der Bericht ist so aufgebaut, dass die einzelnen Indikatoren (Herleitung, Quantifizierung, Beurteilung) direkt im Text nachvollziehbar sind. Dies führt zwangsläufig zu verschiedenen Redundanzen.

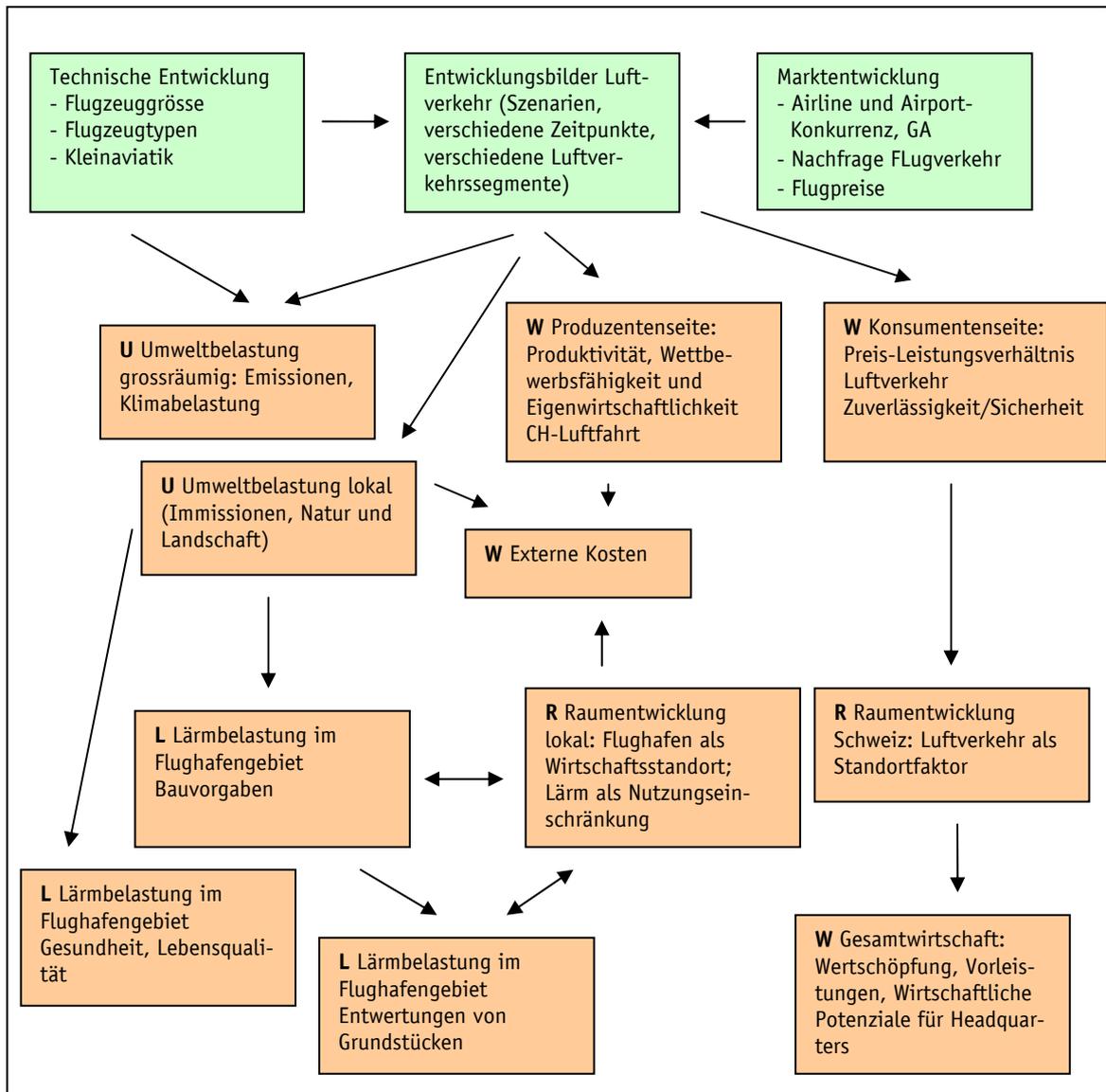
2. DIE VIER BEREICHE IM GESAMTKONTEXT

2.1. ZUSAMMENHÄNGE UND QUERBEZÜGE

Die folgende Tabelle zeigt die Querbezüge und die gegenseitigen Wirkungen auf. Figur 1 stellt die vier zu untersuchenden Bereiche bezüglich der Wirkungen und Querbezüge in einen Gesamtzusammenhang. Aus den Darstellungen lässt sich entnehmen, dass die Wechselwirkungen bedeutend sind und bei der Analyse der Wirkungsketten der einzelnen Bereiche berücksichtigt werden müssen. Die Analyse bestätigt aber auch, dass die vier Bereiche grundsätzlich als Wirkungseinheit betrachtet werden können.

ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DEN EINZELNEN BEREICHEN				
	Lärm	Umwelt	Raumentwicklung	Wirtschaft
Lärm	Lärm ist eine zentrale Auswirkung des Luftverkehrs in allen drei Nachhaltigkeitsbereichen: Umwelt/Gesellschaft/Wirtschaft	Lärm ist eine wichtige Umweltbelastung	Lärm schränkt die Siedlungsentwicklung in den betroffenen Gemeinden ein.	Die Lärmbelastung wirkt via Raumentwicklung auf die Wirtschaftsentwicklung in der Flughafenregion, führt zu Wertverlusten von Immobilien und Gesundheitskosten.
Umwelt	Lärm ist eine wichtige Umweltbelastung (Lärmbelastung als Mess- und Beurteilungsgrösse gemäss USG)	Die Umweltbelastung stellt selbst eine Nachhaltigkeitsdimension dar.	Weitere Immissionen (neben Lärm) können die Raumentwicklung negativ beeinflussen (z.B. in Erholungsgebieten).	Die Umweltbelastung erzeugen Folgekosten (externe Kosten) für die Wirtschaft.
Raumentwicklung	Die attraktiven Standortvoraussetzungen im Flughafengebiet erhöhen die Siedlungsdynamik und erhöhen die Anzahl belärmter Personen	Die attraktiven Standortvoraussetzungen im Flughafengebiet erhöhen die Siedlungsdynamik und erzeugen weitere Immissionen. Die Flugplätze beanspruchen grosse Flächen. Teile davon sind als ökol. Ausgleichsflächen ausgeschieden.	Die Raumentwicklung stellt bezüglich Nachhaltigkeit eine Querschnittsdimension dar. Neben aus den drei Nachhaltigkeitsbereichen abgeleiteten Zielen weist die Raumentwicklung auch eigene, politische Zielsetzungen auf.	Positiv: Die positiven Standortfaktoren eines Flughafens erhöhen die Wirtschaftsdynamik; Negativ: Eine unausgewogene Raumentwicklung im Flughafengebiet erzeugt Folgekosten.
Wirtschaft	Die Wirtschaftsaktivitäten im Flughafengebiet erhöhen die Nachfrage nach Luftverkehr und damit die Lärmbelastungen	Die Wirtschaftsaktivitäten erhöhen die Luftverkehrsnachfrage und damit weitere Umweltbelastungen	Die Wirtschaftsaktivitäten im Flughafengebiet beeinflussen die Raumentwicklung.	Die Wirtschaft stellt selbst eine Nachhaltigkeitsdimension dar

Tabelle 1 Lesehilfe: Schraffiert ist die Beschreibung des Bereichs im Kontext Nachhaltigkeit. Die Zeilen sind als Einflussfaktor auf die Spalten zu lesen.



Figur 1 Das skizzierte System zeigt die Zusammenhänge zwischen den Arbeitspaketen (AP) 1 bis 5 auf. Die obersten drei Kästchen zeigen die Vorgaben auf.
L: Lärm; U: Umwelt; R: Raumentwicklung; W: Wirtschaft.

2.2. SYSTEMABGRENZUNG

Sachliche Abgrenzung

Um eine klare Gliederung der einzelnen Effekte und Segmente zu erhalten, ist eine saubere Systemabgrenzung zentral:

- › Flugplätze:¹ Landesflughäfen mit Linienverkehr, Regionalflugplätze mit/ohne Linienverkehr, Militärflugplätze (mit/ohne zivile Nutzung), Flugfelder, Heliports, Landstellen (Gebirgslandeplätze, Lastaufnahmeplätze, Start- und Landstellen für Hängegleiter, übrige Landstellen): Für alle Bereiche relevant.
- › Flugsicherung: Flughafen/Flugstrassen: Für wirtschaftliche Dimension und Umweltdimension relevant.
- › Flugverkehrsdienstleistungen: Gewerbliche Luftfahrt (Linien-/Charterverkehr Passagiere, Fracht/Post, Business Aviation, Heliflüge, Rettungsfliegerei); Nicht gewerbliche Luftfahrt/Klein- und Leichtaviatik: Grobunterteilung für Umwelt und Raumentwicklung relevant; Verfeinerung für Wirtschaft relevant.
- › Retail/Gastro: Non-Aviation Services an Flughäfen/-plätzen: Vor allem für Wirtschaft relevant, teilweise relevant für Umwelt.
- › Vorleister: Vorleister am Flughafen (Technik, Abfertigung, Catering, etc.) sowie weitere Akteure der Schweizerischen Luftfahrtindustrie wie RUAG Aerospace, Pilatuswerke, Mecaplex, Vibrometer, etc.: Vor allem für Wirtschaft relevant. Zwar haben die Vorleister auch einen Einfluss auf die Umwelt. Allerdings wird in dieser Studie relevanzorientiert vorgegangen und deshalb der verglichen mit der eigentlichen Flugtätigkeit verhältnismässig geringe Umwelteffekt der Vorleister beiseite gelassen. Umgekehrt wird der induzierte Landverkehr (siehe unten) aus Gründen der Relevanz nur aus Umweltsicht betrachtet, nicht aber aus wirtschaftlicher Perspektive.
- › Induzierter Landverkehr: Strassen- und Schienenverkehr, der indirekt durch den Flugverkehr verursacht (induziert) wird, z.B. durch Flugpassagiere oder Beschäftigte auf den Flughäfen: Für die Umwelt relevant.

Zeitliche Abgrenzung

Wir konzentrieren uns bei der Quantifizierung einerseits auf den aktuellen Zustand (wenn möglich 2004, sofern es die Datenlage erlaubt). Gleichzeitig wird die bisherige Entwicklung gewürdigt (v.a. Vergleich mit EWI Bericht (1993)). Bei den Prognosen berücksichtigen wir den Zeithorizont bis 2030 (mit Zwischenzeiten 2010 und 2020). Prognostiziert werden insbesondere diejenigen Bereiche, die direkt aus den Prognosegrundlagen abgeleitet werden können. Wir konzentrieren uns dabei auf folgende Entwicklungsrichtungen, basierend auf den vorliegenden Prognosearbeiten:

¹ Gemäss Gliederung im Sachplan Infrastruktur Luftfahrt SIL

- › Szenario Trend gemäss Intraplan: Unbeeinflusste Entwicklung der Nachfrage, erwartete Entwicklung wenn keine zusätzlichen restriktiven Faktoren (z.B. Angebotsengpässe) auftreten. Die Entwicklung basiert auf den Vorgaben von Intraplan (2005).
- › Szenario RappTrans Tief: Niedrigere Wachstumsraten gemäss dem Bericht RappTrans (2005) im AP1.
- › Szenario No Hub: Entwicklung im Falle eines Wegfalls der Hubfunktion in Zürich (gemäss Bericht Rapp Trans (2005) im AP1.

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Entwicklungen:

VERKEHRSENTWICKLUNG IM JAHR 2020 IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN				
Szenario	Flugbewegungen Linien- und Charter- verkehr	PAX Linien- und Charterverkehr	Fracht (Tonnen)	General Aviation (Flugbewegun- gen)
Trend (Intraplan)	659'000 (+3.0% p.a.)	52.7 Mio. (+3.9% p.a.)	550'000	Szenario tief: 951'000 Szenario hoch: 1'172'500
Tief (Rapp)	539'000 (+1.7% p.a.)	44.9 Mio. (+2.9% p.a.)	496'000	
No Hub (Rapp)	464'000 (+0.7% p.a.)	36.5 Mio. (+1.5% p.a.)	257'000	

Tabelle 2 Quellen: Intraplan (2005), Rapp (2005); vgl. auch Anhang.

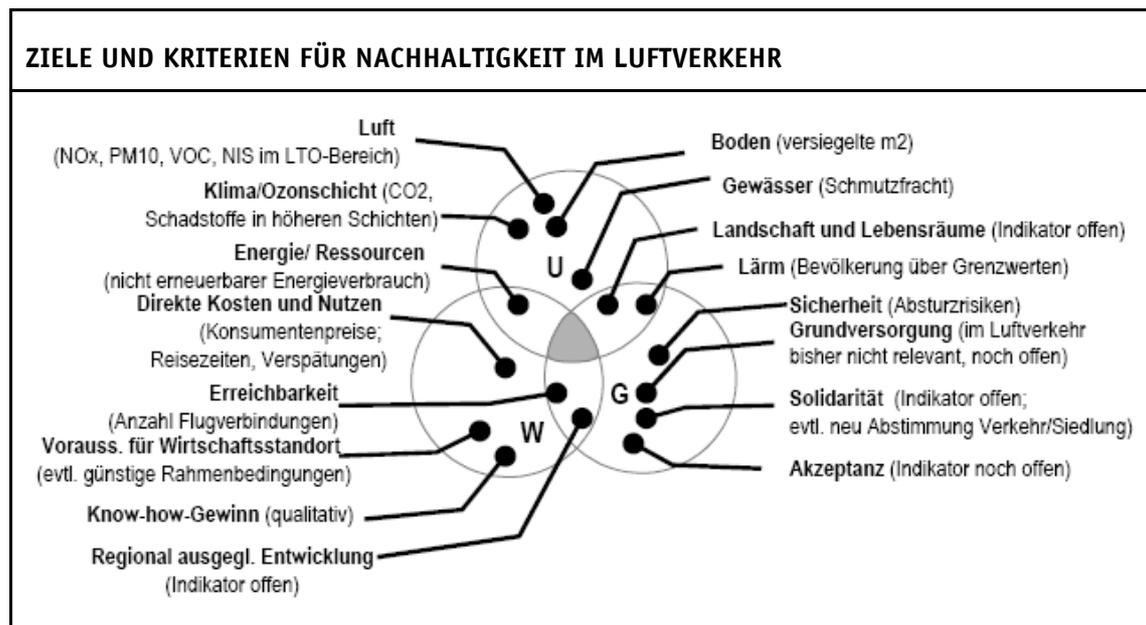
Räumliche Abgrenzung

Hauptfokus ist das Territorium Schweiz (unter Berücksichtigung der Grenzregionen vor allem für die Flughäfen Basel und Genf). Für die einzelnen Bereiche werden folgende Differenzierungen vorgenommen:

- › Umwelt: Bei den Emissionsentwicklungen werden neben den flughafennahen Emissionen (gemäss LTO-Zyklus) auch die Emissionen des internationalen Luftverkehrs berücksichtigt. Dies erfolgt auf Basis der sog. ‚Bunker Fuels‘ (gemäss Vorgaben für die Klimainventare, auf Basis der in der Schweiz abgesetzten Treibstoffmenge). Dabei wird auch der Absatz für den Flughafen Basel berücksichtigt, obwohl er gemäss den Inventaren für die Treibhausgasemissionen nicht der Schweiz, sondern Frankreich zugerechnet wird (Absatzprinzip vgl. Glossar).
- › Raumentwicklung: Für die Analyse der grossräumigen Auswirkungen wird eine internationale Betrachtung vorgenommen. Bzgl. Flächenbedarf beschränkt sich die Analyse auf die Flugplatzareale. Indirekt durch luftfahrtbedingte Siedlungsentwicklung beanspruchte Flächen werden nicht quantifiziert.
- › Wirtschaft: Einbezug der Luftverkehrs-relevanten Importe und Exporte.

2.3. BEZUG ZUM KONZEPT ‚NACHHALTIGKEIT IM LUFTVERKEHR‘

Die abzuleitenden Ziele, Kriterien und Indikatoren beziehen sich auf die umfangreichen Vorarbeiten, insbesondere von Ecoplan (2004). Die folgende Grafik zeigt die dort skizzierten Kriterien.



Figur 2 Quelle: Ecoplan 2004.

Die vier zu vertiefenden Bereiche sind in diesen Zielen in unterschiedlicher Form enthalten:

- › Lärm ist als einzelnes Kriterium im Schnittstellenbereich zwischen Umwelt und Gesellschaft dargestellt. Dazu werden die Zusammenhänge der drei Nachhaltigkeitsdimensionen mit Lärm aufgezeigt und mit entsprechenden Indikatoren differenziert. Relevant sind neben den Belastungsindikatoren (Leq etc.) insbesondere Indikatoren zum Beschrieb der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen von Lärm.
- › Umwelt ist eine eigene Nachhaltigkeitsdimension. Darzustellen und zu beschreiben sind die verschiedenen in obiger Figur genannten Ziele, Kriterien und Indikatoren.
- › Raumentwicklung weist einerseits (unabhängig vom Luftverkehr) eigene Nachhaltigkeitsziele auf. Andererseits soll die Raumentwicklung in den Dienst eines Luftverkehrs gestellt werden, sodass die Potenziale (Standortpotenziale, Erreichbarkeiten) maximiert und die Belastungen (insbesondere Lärm) minimiert werden. Dazu sollen differenzierte Kriterien und Indikatoren formuliert werden.
- › Wirtschaft ist – analog zur Umwelt – eine eigene Nachhaltigkeitsdimension. Die in obiger Figur genannten Ziele, Kriterien und Indikatoren sind ebenfalls zu differenzieren. Wie in der Einleitung erwähnt werden hier auch die externen Effekte subsummiert, die selbst

wiederum die ökonomische Bewertung von anderen Nachhaltigkeitsaspekten (v.a. Lärm, Umwelt) widerspiegeln.

2.4. OPERATIONALISIERUNG

Beschreibung der Wirkungsketten

In einem ersten Schritt werden pro Bereich die verschiedenen Auswirkungen und Zusammenhänge mit dem Luftverkehr aufgezeigt. Die einzelnen Auswirkungen werden in Wirkungsbereiche zusammengefasst, um eine transparente Gliederung zu erhalten. Dabei wird auch der Stand des Wissens in knapper Form zusammengefasst.

Indikatoren zur Beschreibung der Auswirkungen

In einem zweiten Schritt werden Indikatoren zu den Auswirkungen dargestellt. Diese Zusammenstellung erfolgt entlang der gewählten Gliederung.

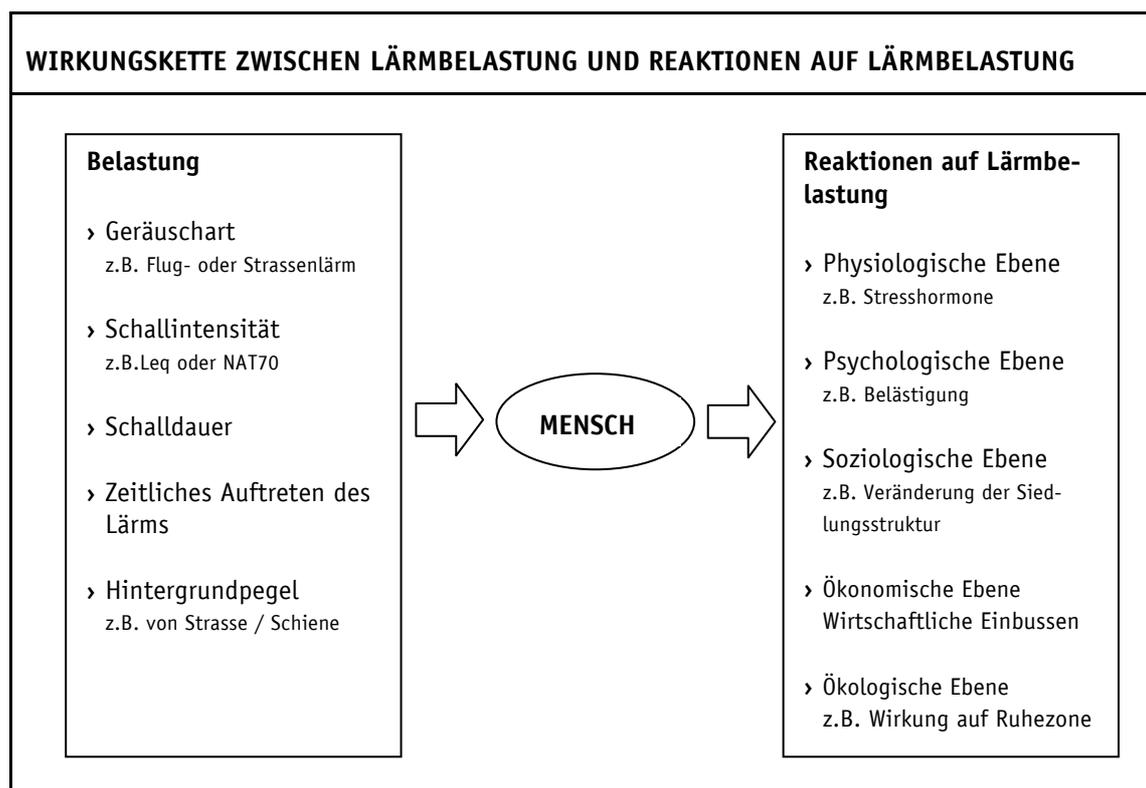
Beurteilungskriterien zur Beurteilung der Auswirkungen und Entwicklung

Auf Basis der Kenntnisse der Wirkungen werden Ziele und Beurteilungskriterien formuliert und die formulierten Indikatoren eingebettet. Anhand dieser Indikatoren soll die Entwicklung heute und in Zukunft beschrieben und bewertet werden. Die Gesamtbeurteilung erfolgt entlang der einen Ziele und Indikatoren im Rahmen eines transparenten Schemas (vgl. Kapitel 7).

3. LÄRM

3.1. WIRKUNGSKETTEN

In der Wirkungskette zwischen Lärmbelastung und den Reaktionen auf Lärmbelastung steht der Mensch im Zentrum. Der Fluglärm, als eine von vielen Geräuschquellen, kann z.B. über Schallintensität oder den zeitlichen Verlauf des Schalls beschrieben werden. Die Reaktionen des Menschen auf den wahrgenommenen Schall finden auf unterschiedlichen Ebenen statt. Sie können u.a. mit der Messung von Stresshormonen, der Erhebung von Belästigung, der Veränderung der Siedlungsstruktur oder der Berechnung von wirtschaftlichen Einbussen aufgezeigt werden. Lärmbeanspruchungen in ökologischen Ruhezeiten zählen ebenfalls zu den Auswirkungen durch Lärmbelastung.



Figur 3 Basierend auf Wirth (2004).

3.1.1. PHYSIKALISCHE EBENE: LÄRMBELASTUNGSGRÖSSEN

Das menschliche Ohr ist für verschiedene Frequenzen unterschiedlich sensibel. Die höchste Empfindlichkeit liegt im Bereich von 3 kHz. Diesem Umstand wird die Lärmmessung ge-

recht, indem sie den Schallpegel (dB) A-bewertet, d.h. diesen Frequenzbereich speziell gewichtet.

Einzelne Schallereignisse werden oft mit dem SEL (Single Event Level oder auch Einzelergebnispegel) angegeben. Die eintreffende Schallintensität wird dabei durch den Schallpegelmessgerät über die gemessene Zeit aufsummiert. Die gesamte Energie wird so dargestellt, als wäre sie in einer Sekunde eingetroffen. Dieses Verfahren wird normalerweise für kurze Geräusche verwendet, die sich klar vom Umgebungslärm abheben (z.B. Flugzeugüberflüge oder Eisenbahndurchfahrten).

Schallpegel von Umweltgeräuschen verändern sich normalerweise im Verlauf der Zeit ständig, z.B. durch bessere Technik oder Anzahl Ereignisse. Es existiert deshalb eine Vielzahl von zusammenfassenden Beschreibungsgrößen (also eine Art Durchschnitt über die Zeit) für die Schallpegel von Umweltgeräuschen. Einige von ihnen beinhalten implizit bereits mehr oder weniger gute Annahmen darüber, wie der Mensch auf Lärmbelastung reagiert. Im Folgenden werden die wichtigsten für Fluglärm gebräuchlichen Masse kurz dargestellt (Isermann & Schmid 2000; Hofmann 2000).

› Energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} : Der äquivalente Dauerschallpegel ist ein Mass für die durchschnittliche Lärmbelastung. Er wird unter Berücksichtigung von Häufigkeit, Pegel und Dauer der einzelnen Schallereignisse berechnet, d.h. es wird die Schallenergie über die interessierende Zeit energetisch gemittelt. Nach ISO ist das Symbol $L_{A,eq}$ vorgeschrieben². Seit 2000 gilt auch für die Landesflughäfen in der Schweiz der äquivalente Dauerschallpegel (siehe Schweizer Lärmschutzverordnung – SR 814.41) und löste damit den NNI (Noise and Number Index; s.u.) ab. International sind verschiedene Formen des äquivalenten Dauerschallpegels in Gebrauch:

› In der **Schweizer Lärmschutzverordnung** (LSV) werden die Lärmwerte für den Tag ($L_{A,eq,16}$ von 6 bis 22 Uhr) und die Nacht ($L_{A,eq,1}$)³ getrennt behandelt und nicht zu einem einzigen Wert zusammengefasst. Dies hat den Vorteil, dass Nachtlärm nicht durch tiefe Pegel tags kompensiert werden kann, wie dies mit einem einzigen Belastungswert über 24 Stunden, wie z.B. mit dem L_{den} , möglich ist. Mit der 1h- $L_{A,eq}$ -Regelung verfügt die Schweiz über eine der strengsten Vorschriften für den Charter- und Linienverkehr in den Nachtstunden zwischen 22.00 und 06.00 Uhr.

Der Beurteilungspegel L_r für den Gesamtverkehr bei zivilen Flugplätzen mit Verkehr von Grossflugzeugen basiert auf einer energetischen Addition eines Teilbeurteilungs-

² In Deutschland und Österreich ist die Bezeichnung L_m üblich.

³ Es wird zwischen der ersten (22-23 Uhr), der zweiten (23-24 Uhr) und der letzten Nachtstunde (05-06 Uhr) unterschieden.

pegels (basierend auf $L_{eq,12h}$) von Kleinflugzeugen und eines Teilbeurteilungspegels (basierend auf einem $L_{eq,16}$) von Grossflugzeugen. Für die Kleinflugzeuge gibt es ausserdem keine Nachtgrenzwerte, da nach 22.00 Uhr (ausser für Rettungsflüge) kein Flugverkehr gesattet ist. Der Lärm von Helikopterflugfeldern wird zusätzlich zum auf dem L_{eq} basierenden L_r auch noch mit den Belastungsgrenzwerten L_{max} beurteilt. Für Militärflugplätze berechnet sich der Beurteilungspegel anhand der energetischen Addition des militärischen Teilbeurteilungspegels (basierend auf einem $L_{eq,12h}$) und des oben beschriebenen zivilen Teilbeurteilungspegels. Vgl. dazu LSV Anhang 5 und 8.

- › L_{dn} : Der Day-Night Average Sound Level, abgekürzt auch DNL, ist in der Forschung zur Zeit das weltweit wohl meist verwendete Fluglärmbewertungsmass. Der von 22 bis 6 Uhr (gemäss LSV) gemittelte nächtliche Lärmpegel wird mit einem Multiplikator von 10 gewichtet.
- › L_{den} : Beim Day-Evening-Night Sound Level wird der über den Abend gemittelte Lärmpegel zusätzlich mit dem Faktor 3.2 (entspricht 5 dB) gewichtet. Dieses Mass ist in der Gesetzgebung der EU in Gebrauch. In unterschiedlichen europäischen Ländern ist der Zeitraum von Tag, Nacht und Abend unterschiedlich definiert; laut EU-Richtlinie ist einzig vorgeschrieben, dass die Nacht einem Zeitraum von 8 Stunden, der Tag von 12 Stunden und der Abend von 4 Stunden entspricht (vgl. EU 2002/49/EG 2002).⁴
- › Maximalpegel L_{max} : Zur Charakterisierung eines Geräusches eignet sich u.U. auch sein Spitzenwert. Seine Verwendung ist in der Forschung bei gewissen Fragestellungen sinnvoll, z.B. wenn der Einfluss von Lärm auf den Schlaf untersucht wird. Häufig wird auch der gemittelte Spitzenpegel (Mittelwert mehrerer Maximalpegel) verwendet.
- › Überschreitungspegel: Dabei handelt es sich um einen Pegel, der in einem bestimmten prozentualen Anteil der Messdauer erreicht oder überschritten wurde: Der L_{10} beispielsweise ist der Pegel, der in 10% der Messdauer erreicht oder überschritten wurde. Ein solcher Lärmwert gibt im Gegensatz zu einem L_{eq} viel differenzierter Auskunft über Extremwerte und ist statistisch robuster als der L_{max} .
- › NNI: Der ‚Noise and Number Index‘ NNI stellt einen über den Tag (6-22 Uhr) energetisch gemittelten Maximalschallpegel mit einem auf der Bewegungshäufigkeit beruhenden additiven Korrekturfaktor dar. Nur Maximalpegel grösser als 68 dB(A) werden berücksichtigt.
- › NAT: Dieses von Kastka (2001) vertretene Konzept „Number above Threshold“ (NAT) berücksichtigt die Tatsache, dass Überflüge unterhalb eines bestimmten Maximalpegels nicht

⁴ Der Tagesanfang (und damit der Anfang des Abends und der Nacht) ist vom Mitgliedstaat festzulegen (dies ist für sämtliche Lärmquellen einheitlich zu regeln); werden die Zeiten nicht anders festgelegt, gelten die Standardzeiten Tag: 7.00-19.00 Uhr, Abend: 19.00-23.00 Uhr und Nacht: 23.00-7.00 Uhr Ortszeit (EU 2002/49/EG 2002).

als störend empfunden werden. Gezählt werden dabei alle Lärmereignisse über einem bestimmten Maximalpegel. Gemäss Kastka (2001) zeigen Untersuchungen an deutschen Grossflughäfen, dass der Parameter NAT70 (Anzahl Überflüge mit $L_{\max} > 70 \text{ dB(A)}$) die relative Anzahl stark belastigter Anwohner am besten darstellt. Ein solches Mass hat gegenüber Dauerschallpegeln den Vorteil der einfacheren Kommunizierbarkeit zwischen Flughäfen, Flughafenanwohnern und Politikern.

Die verschiedenen gemittelten Bewertungsmasse korrelieren normalerweise stark miteinander, weshalb der Wahl des entsprechenden Masses eine weit geringere Bedeutung zukommt als immer wieder angenommen wird (Hofmann 2000 oder Wirth 2004). Am meisten etabliert hat sich weltweit der äquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}), wobei die Form bzw. die verschiedenen Gewichtungsarten (z.B. allfällige Gewichtung von Lärmereignissen in der Nacht) auf die Korrelation zwischen Belastung und Belästigung kaum einen Einfluss haben (Griefahn et al. 2002).

Bei der Anwendung des äquivalenten Dauerschallpegels müssen im Wesentlichen zwei Nachteile beachtet werden (Isermann & Schmid, 2000):

- › Für gewisse Fragestellungen, z.B. in der Schlafforschung, ist der L_{eq} alleine ungenügend, da der Maximalpegel nur noch indirekt berücksichtigt wird. Bei wenigen Fluglärmereignissen und langen Mittelungszeiten (z.B. 16 Stunden) kann die geringe Geräuschkdauer in der Umgebung von An- und Abflugstrecken zu relativ niedrigen L_{eq} -Werten führen, obwohl die Maximalpegel der Einzelgeräusche hoch ausfallen können. In der Schweizerischen Gesetzgebung wurde deshalb für die Beurteilung in der Nacht der 1h- L_{eq} gewählt. Dieser wurde so bestimmt, dass bei Einhaltung der Immissionsgrenzwerte (IGW) Aufwachreaktionen möglichst vermieden werden sollten.
- › Beim L_{eq} handelt es sich, im Gegensatz zum NNI, um einen komplexeren Indikator, der für Laien tendenziell schwerer verständlich ist.

Zu den genannten klassischen Lärmindikatoren können weitere Beurteilungskriterien für die Einwirkung von Fluglärm auf den Menschen definiert werden, die aber noch auf unzureichenden wissenschaftlichen Fundamenten stehen.

- › Die Überflughöhe über Grund, welche Angst und andere psychologische Prozesse beim Menschen auslösen können.
- › Das Frequenzspektrum des Schalls, da der Mensch verschieden auf Geräusche in unterschiedlichen Tonhöhen und Mischungen von Geräuschen in unterschiedlichen Tonhöhen reagiert.
- › Pegelanstiegsgeschwindigkeit: z.B. über 60 dB(A) pro Sekunde (in der Schweiz kaum von Relevanz).

- › Erholungsphasen zwischen Lärmereignissen (Zusammenhang mit der Häufigkeit von Einzelschallereignissen).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der L_{eq} zwar nicht alle Aspekte des Lärms abdecken kann, er aber ein gängiges und sehr gutes Lärmmaß darstellt.

3.1.2. LÄRM UND GESELLSCHAFT

Wie oben schon erwähnt kann die Beanspruchung durch Fluglärm auf drei Ebenen unterschieden werden:

- › Belästigung (psychologische Ebene): Ab einer bestimmten Stärke (Pegelhöhe und Häufigkeit) führt Fluglärm zu einer erheblichen Belästigung von Menschen. Dazu zählen:
 - › Die Störung der Nachtruhe,
 - › Störungen von Kommunikation (innen wie aussen),
 - › die Beeinträchtigung von Erholung und Freizeit und
 - › die Störung von Lern- und Arbeitsprozessen.
- › Gesundheitsgefährdung (physiologische Ebene): Fluglärm kann darüber hinaus messbare vegetativ-hormonelle Veränderungen bewirken, die auf lange Sicht zu Organ-Dysfunktionen und pathologischen Prozessen führen können (Frankfurt 2000a). Zum Beispiel können die oben genannten Schlaf- und Befindlichkeitsstörungen langfristig Gesundheitsschäden verursachen. Der Übergang zwischen erheblicher Belästigung und Gesundheitsschädigung ist daher fließend und individuell.
- › Soziologische Ebene: In Wirth (2004) wurde festgestellt, dass zwischen ruhigen und fluglärmbelasteten Gebieten soziale Unterschiede bestehen.

Belästigung durch Fluglärm

Kastka et al. (2002) beschreibt die Belästigung durch Fluglärm wie folgt: „Unzumutbar und erheblich wird die Belästigung durch Fluglärm, wenn die mit Wohnen umschriebenen Alltagsaktivitäten des Menschen beeinträchtigt sind, zu denen wesentlich Ruhe und Erholung gehören.“ Empfindet der Mensch Fluglärm als Belästigung, sinkt seine Lebensqualität (im Gegensatz zur fluglärmlosen Situation) und beeinträchtigt möglicherweise nachhaltig seine Gesundheit (langfristige Einbusse an Lebensqualität). Guski (2002) definiert Lärmbelästigung als eine Mischung aus leichtem Ärger darüber, dass man etwas hören muss, was man nicht hören will, dass man bei einer Tätigkeit gestört wird, und dass man gegen die Quelle relativ machtlos ist.

Belästigungsskalen

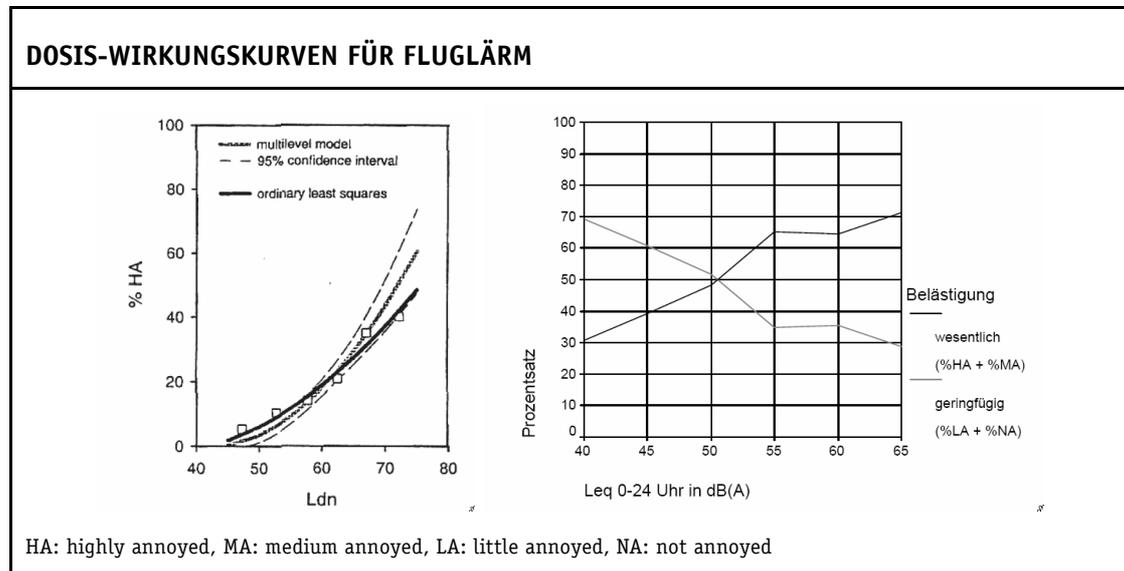
Bei Befragungen der Lärmbelastigung werden in der Regel numerische oder verbale Skalen zur Erfragung der Belästigung benutzt. In Wirth (2004) wurden zwei Belästigungsskalen verwendet: die von der International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN) empfohlene Skala von 0 bis 10 (Felscher-Suhr et al. 2000; Fields et al. 2001) mit numerischen Marken und die Skala von 1 (nicht belästigt) bis 7 (unerträglich belästigt) mit verbalen Marken. Der Vergleich der beiden Belästigungsskalen von 0 bis 10 und von 1 (nicht belästigt) bis 7 (unerträglich belästigt) zeigte, dass sie sich nicht vollständig entsprechen. Es wurde eine gewisse Streuung der Antworten festgestellt (Wirth 2004).

Zusammenhang zwischen Schallpegel und Belästigung

Die Höhe der Belästigung ist abhängig von der Höhe des Fluglärmpegels. Bei Dauerschallpegeln ($L_{eq} > 50$ dB(A), aussen) ist mit zunehmender Belästigung (Lärmbedingte Leistungsstörungen und psychische Auswirkungen durch Lärm) der Betroffenen zu rechnen. Das Empfinden von starker oder sehr starker Lärmbelastigung (z.B. Schreck- und Angstreaktionen) korrespondiert u.a. auch mit der Anzahl der sehr lauten Überflüge (Pegel > 100 dB(A)) sowie der Anzahl Überflüge mit Pegelanstiegsgeschwindigkeiten über 60 dB(A) pro Sekunde (UBA 2000).

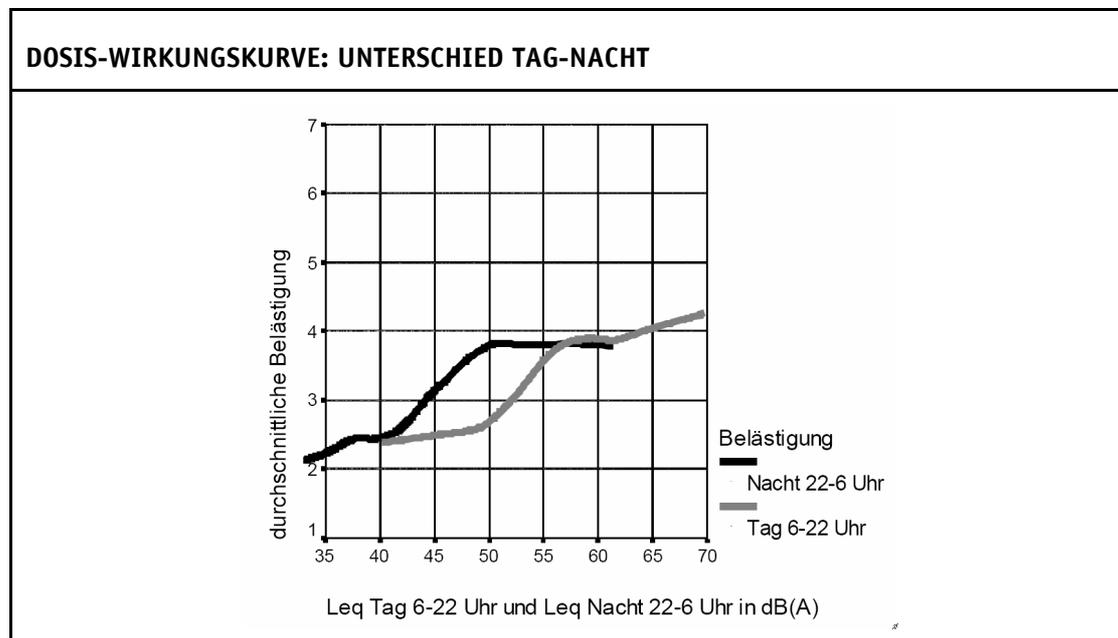
Im Bereich des zivilen Flugverkehrs kann der Schallpegel jedoch nur zwischen 15 bis 35% der Varianz der Belästigung (Guski et. al. 1978, Höger 1999 und Wirth 2004) erklären. Die Korrelation zwischen Lärm⁵ und Belästigung ist zwischen 48 und 58 dB(A) am grössten (Wirth 2004). Trägt man Lärmbelastung und die mittels Belästigungsskalen erhobene Lärmbelastigung gegeneinander auf, entstehen Dosis-Wirkungskurven. Sie werden u.a. verwendet, um Lärmgrenzwerte zu ermitteln (vgl. Oliva 1995). Eine Arbeitsgruppe im Auftrag des Kantons Zürich erarbeitet zurzeit einen Störindex für Fluglärm. Einzelheiten der Arbeiten sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt.

5 Wirth 2004 hat neben verschiedenen äquivalenten Dauerschallpegeln auch den NAT68 verwendet, der Ereignisse ab einem Maximalpegel von 68 dB(A) zählt. Es zeigte sich, dass der NAT68 nicht besser mit der Belästigung korreliert als der L_{eq} 06-22 Uhr.



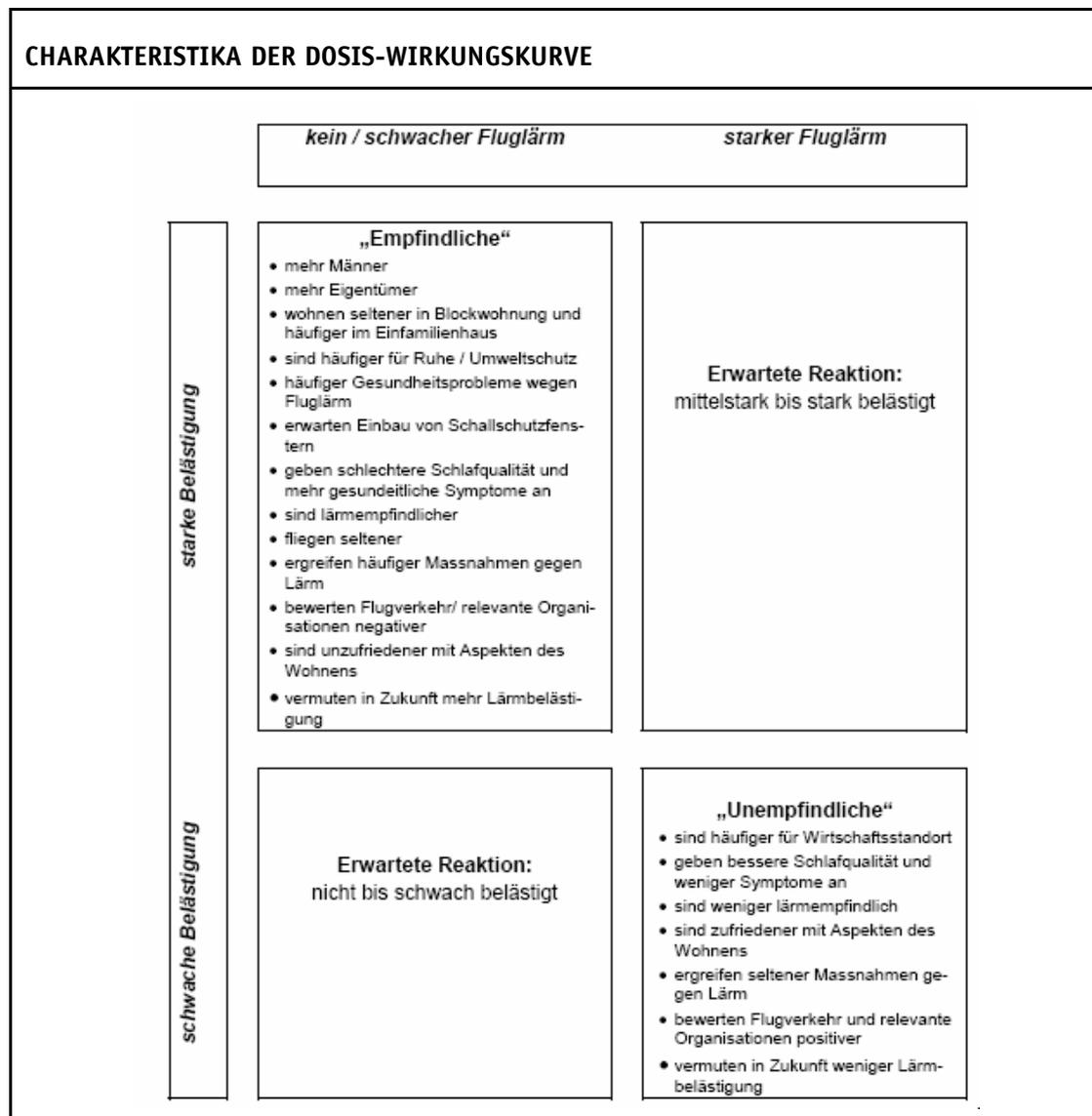
Figur 4 Dosis-Wirkungskurven (%HA als Funktion des Ldn bzw. Leq 0-24) für Fluglärm. Aus Miedema & Vos (1998) und Wirth (2004).

Es bestehen je nach Tages- oder Nachtzeit deutliche Unterschiede in der durchschnittlichen Belästigung (vgl. Figur 5). In der Studie von Wirth (2004) wird weiter darauf hingewiesen, dass von einem eigentlichen Belästigungsprofil über den Tag gesprochen werden muss: Unabhängig vom Fluglärmpegel waren Belästigungsspitzen morgens, über den Mittag und abends zu beobachten; weniger empfindlich auf Fluglärm reagierten die Befragten am späten Morgen und am Nachmittag.



Figur 5 Fluglärmelastigung (1 = überhaupt nicht belästigt, 7 = unerträglich belästigt) nachts aufgrund des Leq 22-6 Uhr und Fluglärmelastigung tagsüber aufgrund des Leq 6-22 Uhr. Kurve eingepasst nach der Lowess-Methode. Stichprobe mit Zivilfluglärm, N=1215. (Quelle: Wirth 2004).

Eine Dosis-Wirkungskurve stellt eine starke Reduktion der Lärmwirkung dar. Es geht aus einer solchen Kurve nicht hervor, warum welche Personen wie auf Fluglärm reagieren. In Gebieten mit wenig Fluglärm kann es eine unüblich hohe durchschnittliche Belästigung resp. einen hohen Prozentsatz an stark belästigten Personen geben, insbesondere wenn die Personen vorher noch nicht mit Fluglärm belastet wurden (Überschussreaktion). In Wirth (2004) wurden die Charakteristika von „empfindlichen“ und „unempfindlichen“ Personen statistisch analysiert. Merkmale zur Begründung dieser unüblichen Dosis-Wirkungskurven werden in der untenstehenden Figur dargestellt.



Figur 6 Übersicht über unterschiedliche Charakteristika besonders empfindlich und besonders unempfindlich reagierender Bevölkerungsgruppen (Quelle: Wirth 2004).

Intervenierende Variablen (Mediatoren und Moderatoren)

Die tatsächliche Lärmbelastung und das subjektive Empfinden des Lärms sind nicht immer deckungsgleich. Die höchsten Beschwerdeaktivitäten finden sich nicht immer dort, wo die höchste Lärmbelastung vorhanden ist. Das zeigen auch die ausführlichen Auswertungen von Fluglärmbeschwerden (über Beschwerdetelefon) im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main. Neben der physikalisch messbaren Eigenschaft des Lärms spielt offenbar auch die subjektive Situation des betroffenen Menschen für sein Belästigungsempfinden eine wichtige Rolle.

In verschiedenen Studien und Metaanalysen wurde gezeigt, dass der statistische Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Belästigung relativ klein ist (vgl. oben). Deshalb reichen akustische Masse alleine nicht aus, um Lärmbelästigung zu verstehen oder gar voraussagen zu können. Es sind andere nicht-akustische Indikatoren notwendig, die personale, soziale und situative Faktoren berücksichtigen, um eine zufrieden stellende Erklärung für die Lärmbelästigung zu finden. Baron und Kenny (1986), Guski (1997) und Wirth (2004) unterscheiden hier zwischen Moderatoren- und Mediatorenvariablen (intervenierende Variablen)⁶:

- › Moderatoren korrelieren mit der Lärmwirkung, ohne selbst von der Schallbelastung abzuhängen.
- › Mediatoren hängen sowohl mit der Schallbelastung als auch mit der Lärmwirkung zusammen.

Intervenierende Variable erklären rund einen Drittel bis die Hälfte der Varianz der Lärmbelästigung und damit mindestens gleich viel wie die Schallbelastung (Guski et al. 1978; Höger 1999; Job 1988; Wirth 2004). Mit der Befragung von Wirth (2004) konnte der Zusammenhang zwischen einigen intervenierenden Variablen und der Lärmbelästigung für den Flughafen Zürich statistisch erklärt werden.

Die Belästigung war bei gleichem Pegel umso geringer,

- › je positiver die Vermutung über die zukünftige Entwicklung der Belästigung war (Mediator),
- › je positiver die Bewertung des Flugverkehrs ausfiel (Mediator),
- › je grösser die Zufriedenheit mit akustischen Aspekten des Wohnens war (Mediator),
- › je häufiger kurzfristige Massnahmen gegen den Lärm unternommen wurden (Moderator),
- › bei Mietern (im Gegensatz zu Besitzern) (Mediator),
- › wenn keine Gesundheitsprobleme aufgrund des Fluglärms vermutet wurden (Moderator),
- › je mehr Vertrauen in mit dem Flugverkehr betraute Organisationen bestand (Mediator),
- › je seltener allgemeine gesundheitliche Symptome vorkamen (Moderator),

Die aufgelisteten Moderatoren und Mediatoren erklären zu einem beachtlichen Teil, warum von Fluglärm betroffene Personen sich belästigt fühlen. Voraussetzung ist eine gewisse sta-

6 In der Literatur wird diese Unterscheidung nicht immer gemacht, oft werden Moderatoren und Mediatoren unter dem Begriff intervenierende oder nicht-akustische Variablen zusammengefasst, oder es wird nur von Moderatoren gesprochen.

tistische Messbarkeit (Objektivierbarkeit) der intervenierenden Variablen, um als Nachhaltigkeitsindikator verwendet zu werden. Die Quantifizierbarkeit ist jedoch mit den heutigen Datengrundlagen sehr begrenzt.

Gesundheitsgefährdung durch Fluglärm

Die psychischen Lärmwirkungen sind in der Regel von körperlichen Reaktionen, insbesondere von Stressreaktionen begleitet. Dauerhaft erhebliche oder lang andauernde Belastung durch Fluglärm (auch unterhalb der Schwelle für Gehörschäden) kann die Gesundheit beeinträchtigen und krank machen. Die Studie „Fluglärmwirkungen“ (UBA 2000) stellt folgende Regeln auf:

- › Aurale Schädigungen: Für einzelne, seltene Überflüge sind keine akuten Schädigungen des Gehörs zu erwarten, wenn der Maximalpegel 115 dB(A) (am Ohr) nicht übersteigt und die Anstiegssteilheit des Pegels unter 60 dB(A) pro s liegt. Treten Überflüge mit hoher Anstiegssteilheit in dichter Folge oder grosser Häufigkeit auf, sollten die Maximalpegel (am Ohr) höchstens 105 dB(A) betragen.
- › Lärm als Risikofaktor für die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Hypertonie und ischämische Herzkrankheiten) können bei einer Belastung oberhalb von 65 dB(A) $L_{eq}(16h, \text{ aussen})$ nicht ausgeschlossen werden. Es kann jedoch sein, dass bisherige Untersuchungen zu unsensible Gesundheitsindikatoren benutzten. Es wurden z.B. Auswirkungen auf den Blutkreislauf nicht hinsichtlich Stabilität/Variabilität untersucht (R. Guski 2003). Dosis-Wirkungsbeziehungen wurden in vielen Studien untersucht (u.a. Jansen et. al. 1999, ARE/ECOPLAN 2004, Maschke 2003).
- › Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm: In Maschke et. al. (1996) ziehen die Autoren den Schluss, dass die Effektschwelle für verschiedene Parameter⁷ bei einem äquivalenten Dauerschallpegel zwischen 35 bis 45 dB(A) und einem Maximalpegel von 45 bis 55 dB(A) liegt. Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Störungen des Nachtschlafs sind bei Einzelereignissen mit Pegel über 50 dB(A) (L_{max} , innen) und/oder bei nächtlichem Dauerschallpegeln oberhalb von 30 dB(A) ($L_{eq,8h}$) zu befürchten (UBA 2000). Aufwachreaktionen werden in der Studie der DLR (2005) in Feldversuchen ab einer Schwelle von 33 dB(A) (L_{max} , innen) beobachtet. Die gleiche Studie testete Probanden in Laboruntersuchungen ab einer Lärmbelastung von 45 dB(A) (L_{max} , innen) mit unterschiedlicher Anzahl Lärmereignisse und stellte ebenfalls Aufwachreaktionen fest, tiefere L_{max} -Werte wurden in der Stu-

7 Z.B. Gesamtschlafdauer, Aufwachreaktionen, Dauer des Tiefschlafs, Herzrhythmusstörungen, Körperbewegungen, etc.

die nicht untersucht.⁸

Neben den erwähnten Studien, die von Lärmbelastungen über die gesamte Schlafenszeit ausgingen, wurden von Brink (vgl. Brink, Wirth et al. 2005) u.a. Aufwachreaktionen in den Morgenstunden nach einer unbelasteten Nacht (z.B. wegen Nachtflugverbot) untersucht. Es wurden erhebliche physiologische Reaktionen (Anstieg der Bewegungsintensität) bei einem Schallpegel ab 50 dB(A) (L_{\max} am Ohr der Testperson) dedektiert, wobei das jeweils erste simulierte Ereignis am Morgen die stärksten physiologischen Reaktionen auslöste. D.h. je mehr Flüge in einem bestimmten Zeitraum fliegen, desto grösser wird die kumulierte Aufwachwahrscheinlichkeit.

Auswirkungen von Fluglärm auf die Siedlungs- und Sozialstruktur

Aus dem Mediationsverfahren zum Frankfurter Flughafen (Frankfurt 2000) geht hervor, dass Lärmwirkungsforschung fast ausschliesslich auf individuelle Beeinträchtigungen eingeht, dies mit einer stark psychologischen Ausrichtung. Die Ergebnisse wurden nicht mit Auswirkungen im sozialen Umfeld verknüpft. So gibt es zu den sozial-psychologischen Auswirkungen von Lärm nur wenige wissenschaftliche Arbeiten und die existierenden beschäftigen sich mit punktuellen Auswirkungen auf Kinder, z.B. deren Lernverhalten.

Die vorliegenden Studien zeigen, dass Lärm den Wegzug aus den betroffenen Gebieten verursachen kann (Wirth 2004, Oliva 2005, Frankfurt 2000). Aktuelle Zahlen zu den tatsächlichen Umzugsmotiven und darunter Umzug wegen Fluglärmbelastung liegen nicht vor. Die geringste Umzugsbereitschaft haben Wohnungs- und Hauseigentümer. Erwähnenswert ist, dass in den meisten vom Fluglärm betroffenen Gebieten – meist Agglomerationen – überdurchschnittlich viele Eigenheime zu finden sind (Frankfurt 2000).

In der Schweiz können einzelne Quartiere in Glattbrugg oder ein Teil des Stadtzürcher Quartiers Schwamendingen als Beispiel für Wohngebiete angesehen werden, in der eine Veränderung der Siedlungs- und Sozialstruktur durch Lärm ausgelöst wurden. Erwähnenswert sind die grossen Gewerbezonon in der Gemeinde Glattbrugg und die kurze durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Wohnbevölkerung (Quartiere mit Saisonaufenthaltern mit Arbeitsplatz Flughafen).

⁸ Die Definition der Aufwachreaktion ist nicht bei allen Studien identisch. So wird bei der Studie der DLR (2005) bereits von einer Aufwachreaktion gesprochen, wenn ein Wechsel von einer tieferen Schlafphase in die niedrigste Schlafphase stattfindet. Bei anderen Studien hingegen muss effektiv eine Aufwachreaktion stattfinden oder der Proband muss sich am nächsten Morgen sogar noch an das Aufwachen erinnern können.

Fluglärm innerhalb von Ruhezeiten und Naturschutzgebieten

Auswirkungen von Fluglärm auf den Menschen innerhalb von Ruhezeiten und Naturschutzgebieten sind bekannte Belästigungswirkungen. Es gibt eine Vielzahl verschiedenartiger Ruhezeitentypen und somit keine einheitliche hier anwendbare Definition. Die Störeffahrungen sind sehr punktuell und selektiv. Ein Teil davon äussert sich mit Beschwerdetelefonen an zuständige Stellen oder in Leserbriefen. Messdaten zur Lärmbelastung in Ruhezeiten oder der Anzahl Überflüge liegen nicht vor. Es wird davon ausgegangen, dass keine direkte Gesundheitsgefährdung für den Menschen durch diese Fluglärmbelastung stattfindet und wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Thema existieren nicht.

Die Fluglärmwirkungen von Helikoptern und Kleinflugzeugen auf die Avifauna wurde in der Studie des BUWAL (2005) untersucht. Die Studie bezieht sich ausschliesslich auf das Verhalten von Wasservögeln. Es wurde beobachtet, dass Helikopter eine grössere Störwirkung als Kleinflugzeuge auf die Avifauna haben. Die Studie empfiehlt Massnahmen zur Reduktion der Störungen: Bezeichnung von sensiblen Gebieten sowie von Pufferzonen von 500 m um diese Gebiete und eine Beschränkung von Überflügen auf Höhen oberhalb von 450 m über Grund für Helikopter und oberhalb von 300 m über Grund für Flächenflugzeuge.

Dieser Themenblock wird im Rahmen der Problematik „Beeinträchtigung in Erholungsgebieten, Beispiel Gebirgslandeplätze“ (Kapitel 3.4.7) und im Teil Umwelt (Kapitel 5.4.6) aufgegriffen.

3.1.3. LÄRM UND WIRTSCHAFT

An dieser Stelle werden die durch Fluglärm verursachten Kosten behandelt. Positive wirtschaftliche Effekte der Luftverkehrswirtschaft werden im Kapitel Wirtschaft diskutiert.

Externe Kosten

Bei den externen Kosten handelt es sich um Kosten die nicht vom Verursacher bezahlt werden (nicht internalisiert sind) und damit von der Volkswirtschaft getragen werden müssen. Gemäss neusten Studien zu Lärmkosten des Verkehrs im Allgemeinen (ARE/ECOPLAN 2004, INFRAS/IWW 2004) bzw. des Flugverkehrs im Speziellen (IER 2003) setzen sich die durch den Verkehrslärm verursachten externen Kosten hauptsächlich aus den folgenden beiden Elementen zusammen:

1. Kosten durch Gesundheitseffekte, verursacht durch Lärm (Herz-Kreislauf-Erkrankungen),
2. Kosten durch die allgemeine Belästigungswirkung von Lärm auf die Anwohner.

Gemäss der IER 2003-Studie setzen sich die Gesundheitskosten aus zwei Elementen zusammen: den effektiven Krankheitskosten (costs-of-illness, COI) sowie der Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung der Krankheiten. Die Krankheitskosten (COI) setzen sich aus den Ressourcenkosten sowie Opportunitätskosten (durch Arbeitszeitausfall, etc.) zusammen. Die Zahlungsbereitschaft (ZB oder WTP) zur Vermeidung der Krankheiten widerspiegelt den zusätzlichen individuellen Nutzenverlust, der mit der Krankheit verbunden ist.

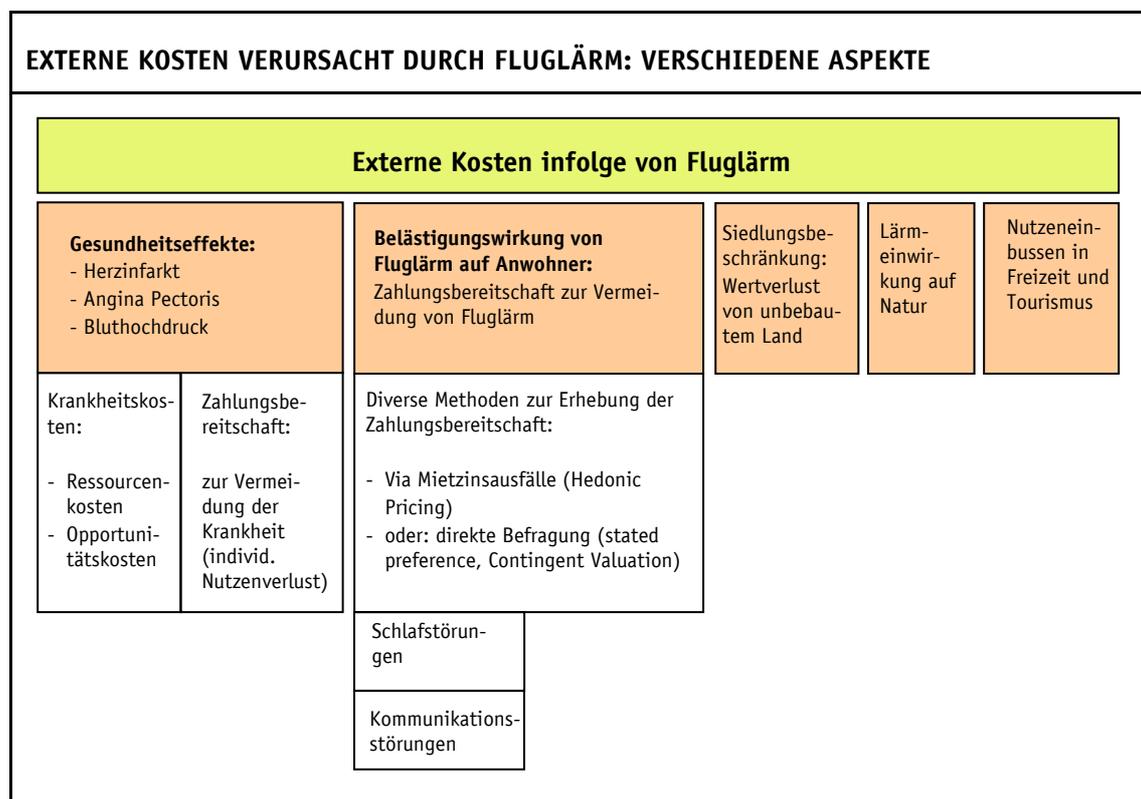
Die Belästigungswirkung von Fluglärm wiederum wird über die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm ermittelt. Die ZB kann über die Methode der hedonischen Preisbildung („hedonic pricing“) oder über direkte Befragungen („stated preference“, z.B. „contingent valuation“) bestimmt werden. V.a. die Methode der hedonischen Preisbildung wird im Bereich der Lärmkosten häufig angewandt. Sie basiert beim Lärm in der Regel auf Unterschieden bei Hauspreisen bzw. Wohnungsmieten aufgrund unterschiedlicher Lärmbelastung. Schlafstörungen werden von einigen Autoren ebenfalls als externer Kosteneffekt des Flugverkehrs betrachtet. Wie die Gesundheitskosten setzen sich auch die durch Schlafstörung verursachten Kosten aus zwei Elementen zusammen (IER 2003): den Krankheitskosten (COI) und der Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Schlafstörungen. Die Studie hält jedoch fest, dass die Kosten durch Schlafstörungen nicht noch zusätzlich gezählt werden müssen, wenn bereits die Gesundheitskosten und die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm eingerechnet worden sind. Andernfalls gäbe es eine Doppelzählung, weil die Kosten für die Schlafstörungen bereits in der ZB zur Verminderung von Fluglärm mit einbezogen seien (IER 2003, S. 82).

Daneben gibt es noch andere kostenwirksame Effekte des Flugverkehrs. Beispielsweise hat der Fluglärm eine Siedlungsbeschränkung zur Folge, indem wegen des Lärms gewisse Gebiete nicht mehr als Bauland eingezont werden können, beziehungsweise bereits bestehendes Bauland wieder ausgezont werden muss und dieses unbebaute Land damit an Wert verliert. In einigen Studien (u.a. IER 2003, CE Delft 2003) werden auch die Siedlungsbeschränkungen aufgrund von Lärm (d.h. Land, das aufgrund des Lärms nicht als Bauland genutzt werden kann) als zusätzlicher Aspekt von externen Kosten des Fluglärms betrachtet.

Weitere negative Effekte des Verkehrslärms umfassen Nutzeneinbussen im Bereich Freizeit und Tourismus, sowie negative Effekte auf die Fauna. So nennt die CE Delft-Studie (2003) negative Einwirkungen von Lärm auf die Natur als weiteren externen Kosteneffekt des Flugverkehrs.

Diese weiteren kostenwirksamen, externen Effekte des Fluglärms sind sehr schwer zu berechnen, weil Grundlagendaten zu diesen Lärmaspekten kaum zu finden sind. Figur 7 gibt

einen Überblick über die verschiedenen Aspekte der durch den Fluglärm verursachten externen Effekte.



Figur 7 In der vorliegenden Studie werden nur die beiden Hauptaspekte betrachtet: die Gesundheitseffekte sowie die Belästigungswirkung von Lärm auf Anwohner.

Ein beachtlicher Teil der Lärmkosten wird internalisiert, indem die Luftverkehrsbranche für sie aufkommt, sei dies durch Gebühren und Entschädigungszahlungen. Zu diesem Zweck wurden im Falle der Landesflughäfen Genf und Zürich Lärmfonds angelegt. Die Gebühren werden differenziert nach der Lärmintensität der Flugzeug-Typen. Der Flughafen Zürich erhebt zudem unterschiedliche Gebühren zwischen Tag und Nacht. Neben den lärmabhängigen Landegebühren für Flugzeuge können auch Passagiergebühren Abgaben für die Lärmbelastung enthalten (z.B. Lärm-Fünfliber im Flughafen Zürich).

Wichtig ist der Hinweis, dass die Wahl des Betriebkonzepts (d.h. die Verteilung von An- und Abflügen auf die verschiedenen Pisten) sowie die Flottenzusammensetzung einen viel größeren Einfluss auf die Zahl der Lärmbetroffenen und damit die Lärmkosten hat als die Anzahl Flugbewegungen.

Minderwert aufgrund von Fluglärm bei selbstgenutzten Liegenschaften (MIFLU)

Die Studie MIFLU ist zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichts noch nicht veröffentlicht. Es stehen aber erste Informationen zur Verfügung (www.unique.ch).

Die Flughafen Zürich AG und der Kanton Zürich suchten nach einem geeigneten Verfahren, den „Minderwert aufgrund von Fluglärm bei selbstgenutzten Liegenschaften“ (MIFLU) abzuschätzen. Dazu beauftragten sie ein unabhängiges Expertengremium. Die ZKB (Zürcher Kantonalbank) hat für die Arbeiten ein hedonisches Bewertungsmodell des Immobilienmarktes entwickelt, das dann vom Expertengremium abgenommen und gesteuert wurde.

Die Analysen ergaben, dass Fluglärm ab einem Niveau von 50 dB(A) auf die Preise wirkt und dass der Minderwert nach 3 Dimensionen unterschieden werden sollte:

PROZENTUALE MINDERWERTE PRO DEZIBEL FÜR MITTLERE LAGEN		
Kategorie	Einfamilienhäuser	Stockwerkeigentum
Grundbelastung	-0.87% pro dB	-1.2% pro dB
Spitzenbelastung	-0.61% pro dB	Kein Einfluss
Tagesrandbelastung	-0.81% pro dB	-0.75% pro dB

Tabelle 3 Die Minderwerte werden addiert falls mehrere Kategorien relevant sind.

Das Bewertungsmodell MIFLU basiert auf den Daten von 8'000 tatsächlich getätigten Freihandtransaktionen von Wohneigentum im Kanton Zürich in den letzten 10 Jahren. Der Wert eines Gebäudes wird dabei in Bezug zu verschiedenen Einflussfaktoren (Hangneigung, Exposition, Erreichbarkeit, Quartiercharakteristik, Strassenlärm, Fluglärm, etc.) gesetzt. Die im Modell dargestellten Minderwerte sind nicht mit allfälligen Entschädigungen gleichzusetzen, weil z.B. Wert steigernde Einflüsse der Flughafennähe oder von Lärmschutzmassnahmen auf die Liegenschaften nicht ins Bewertungsmodell eingehen. Das Modell erlaubt es, auf einer Karte darzustellen, welche Flughafenregion in etwa welche Minderwerte wegen Fluglärm verzeichnet.

Einmalige Lärmkosten: Schallschutzkosten

Nebst den externen Lärmkosten, welche durch den Flugverkehr anfallen, gibt es zusätzlich eine weitere Komponente von Lärmkosten: Es sind dies die (gesetzlich notwendigen) Lärmsanierungs- bzw. Schallschutzkosten. Diese Kosten werden je nach Situation vom Flughafenbetreiber (Sanierung von Altbauten) oder vom Bauherrn (Lärmschutz bei Neubauten) getragen. Dabei finanzieren die Flughäfen über ihren Lärmschutzfonds die Schallschutzkos-

ten von allen gemäss Lärmschutzverordnung betroffenen Personen bzw. Häusern⁹. Hier handelt es sich um einmalige Kosten investiver Art.

3.2. INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN

Die Wirkungsketten in Zusammenhang mit dem Fluglärm sind komplex und die Wirkungen zeigen sich in den drei Nachhaltigkeitsbereichen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt in verschiedenen Ausprägungen. Nach der Analyse der fluglärmbedingten Zusammenhänge zwischen Belastung und Belästigung stellt sich als nächstes die Frage nach der Messbarkeit dieser Effekte: Welche Indikatoren beschreiben die durch Fluglärm ausgelösten Wirkungen in einer hinreichenden Genauigkeit? Die in der folgenden Tabelle dargestellten Indikatoren bauen zum einen auf der eigenen Analyse der Wirkungsketten auf, zum anderen wurden aus der vielfältigen Literatur (z.B. Wirth 2004, UBA 2000 etc.) Vorschläge für Indikatoren eingebracht.

Die klassischen physikalischen Indikatoren

Die folgende Tabelle fasst die heute in der Schweiz relevantesten physikalischen Indikatoren zur Messung der Lärmbelastung zusammen (vgl. Kapitel 3.1.1).

ÜBERSICHT ÜBER RELEVANTE PHYSIKALISCHE MESSGRÖSSEN DER LÄRMBELASTUNG				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Äquivalenter Schallpegel (z.B. L_{eq} 16, L_{eq} 1. und 2. sowie letzte Nachtstunde, z.T. L_{dn})	Je höher der Schallpegel, desto grösser die Belästigung oder die gesundheitlichen Folgen.	Standardmass	Erklärt 10-35% der Varianz der Belästigung (Guski et al. 1978; Höger 1999).	Daten in Lärmbelastungskataster und z.T. UVP vorhanden.
Maximaler Schallpegel (L_{max}) für Helikopterlandeplätze	Je höher der Schallpegel, desto grösser die Belästigung oder die gesundheitlichen Folgen.	Standardmass	Ähnlich wie äquivalenter Schallpegel.	Daten in Lärmbelastungskataster und z.T. UVP vorhanden.

Tabelle 4

Gemäss LSV werden die für die Belastungsgrenzwerte massgeblichen Beurteilungspegel wie folgt ermittelt:

⁹ Das heisst alle Personen, welche in einem Gebiet wohnen, in dem der Immissionsgrenzwert (IGW) gemäss Lärmschutzverordnung überschritten wird, sei dies am Tag oder in einer der Nachtstunden.

- › **Kleinluftfahrzeuge:** Der Beurteilungspegel L_{rk} für den Lärm des Verkehrs von Kleinluftfahrzeugen ist die Summe des A-bewerteten Mittelungspegels L_{eqk} und der Pegelkorrektur K .
- › **Grossflugzeuge Tag:** Der Beurteilungspegel für den Tag L_{rg} für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen ist die Summe des A-bewerteten Mittelungspegels L_{eqg} , der durch den Betrieb von Flugzeugen in der Zeit von 06–22 Uhr im Jahresmittel verursacht wird.
- › **Grossflugzeuge Nacht:** Der Beurteilungspegel L_{rn} für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen für die erste, zweite und letzte Nachtstunde ist der A-bewertete Mittelungspegel L_{eqn} , der durch den Betrieb von Flugzeugen in der Zeit von 22–23 Uhr, 23–24 Uhr und 05–06 Uhr im Jahresmittel verursacht wird.
- › **Gesamtverkehr von Flugplätzen mit Grossflugzeugen:** Der Beurteilungspegel L_r für den Gesamtverkehr bei zivilen Flugplätzen mit Verkehr von Grossflugzeugen basiert auf einer energetischen Addition der Teilbeurteilungspegel von Kleinflugzeugen und der Teilbeurteilungspegel von Grossflugzeugen (vgl. LSV).
- › **Helikopter:** Für Heliports gilt neben dem Beurteilungspegel (L_{rk}) zusätzlich der mittlere maximale Lärmpegel L_{max} . Dieser ist das energetische Mittel der maximalen Lärmpegel einer repräsentativen Anzahl Über- oder Vorbeiflüge.
- › **Luftwaffe:** Der Beurteilungspegel L_{rm} wird aus den Teilbeurteilungspegeln für den Lärm von Flugzeugen mit Strahlantrieb L_{rj} und mit Propellerantrieb L_{rp} berechnet.
- › **Militärflugplätze mit ziviler Nutzung:** Bei Militärflugplätzen mit ziviler Nutzung gilt der Beurteilungspegel, welcher aus den zivilen und militärischen Teilbeurteilungspegeln (L_{rz} und L_{rm}) berechnet wird.

Aus dem Beurteilungspegel leiten sich die Indikatoren lärmbelastete Flächen und Anzahl betroffene Personen nach Dezibel-Klassen ab.

Physiologische Ebene (Gesundheit)

Zur Berechnung von Gesundheitseffekten werden bekannte Ursache-Wirkungsbeziehungen für (Flug-)Lärm in Abhängigkeit vom Schallpegel verwendet, welche das zusätzliche Risiko angeben, pro zusätzlichem Dezibel Lärm an einer bestimmten Krankheit zu erkranken bzw. sterben¹⁰. Die Risikowerte von EcoPlan eignen sich am besten, weil sie sich auf den in der Schweiz üblichen L_{eq} beziehen, die IER-Zahlen dagegen auf den in der EU üblichen L_{den} (day-evening-night).

¹⁰ Quellen: ARE/ECOPLAN 2004, VAN KEMPEN 2002, MASCHKE 2003, MÜLLER-WENK & HOFSTETTER 2003, IER 2003, u.a.

Psychologische Ebene (Belästigung)

Die einfachsten Indikatoren zur Bestimmung der Belästigung stellen physikalische Messgrössen dar. Die Belästigung kann mittels der Dosis-Wirkungskurve abgeleitet werden. Dosis-Wirkungskurven wurden auch in Bezug auf ihre langfristigen zeitlichen Veränderungen untersucht, womit Hinweise vorliegen, wie sich das Ausmass der Belästigung in Zukunft verändern kann.

Die Erfragung der Belästigung mittels Belästigungsskalen gilt als Grundlage zur Erstellung von Dosis-Wirkungsbeziehungen. Als Indikatoren zur Bestimmung der Lärmbelästigung sind sie erprobt und geben normalerweise die generelle Belästigung der letzten 12 Monate wider. Der Nachteil liegt beim grossen Aufwand für die Befragung der Stichprobe. Es können numerische und verbale Skalen verwendet werden. Zur internationalen Vergleichbarkeit wird die von der ICBEN empfohlene numerische Skala von 0 bis 10 verwendet.

Zur Abschätzung der Belästigung durch Fluglärm können auch die dargestellten Moderatoren oder Mediatoren verwendet werden. Aufgrund der Literatur können solche intervenierenden Variablen mit genügender statistischer Korrelation bestimmt werden. Für unsere Zwecke werden sie nicht mit einer Befragung erfasst, sondern objektivierbar sein, d.h. mit einem quantitativen Mass ausgedrückt werden können (z.B. Anzahl eingebaute Schallschutzfenster). Sie können beispielsweise dafür dienen, Aussagen über die zukünftige Entwicklung der Lärmbelästigung zu machen.

Sozio-ökonomische Grössen

Um das Problem der Entmischung von Quartieren und Gemeinden mit grosser Belastung an Fluglärm zu beschreiben, können sozio-ökonomische Daten verwendet werden. Dazu gehören in erster Linie Alterstruktur, Ausländeranteile und Verweildauer im Quartier.

Wirtschaftliche Grössen

› *Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm:* Die Zahlungsbereitschaft wird indirekt über die Methode der hedonischen Preisbildung (hedonic pricing) bestimmt. Dazu werden Unterschiede bei den Hauspreisen bzw. Wohnungsmieten aufgrund unterschiedlicher Lärmbelastung als Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm interpretiert. Aus empirischen Studien konnte für die Schweiz und andere Länder festgestellt werden, dass über einem Schwellenwert von 55 dB(A) Lärm¹¹ ein Mietzinsausfall von rund 0.6 bis 1.0%

¹¹ Tageslärmswert Leq16.

pro zusätzlichem Dezibel Lärm resultiert¹². Es kann ein Wert von 0.8% verwendet werden (analog zu ARE/ECOPLAN 2004). Der Lärm-Schwellenwert liegt auch bei fast allen anderen Verkehrslärmstudien bei 55 dB. Der gewählte Lärm-Schwellenwert hat mit den Kriterien der Lärmschutzverordnung jedoch keinen direkten Zusammenhang¹³.

- › *Gesundheitskosten infolge Fluglärm*: Zur Berechnung der Gesundheitskosten werden bekannte Ursache-Wirkungsbeziehungen für (Flug-)Lärm verwendet, welche das zusätzliche Risiko angeben, pro zusätzlichem Dezibel Lärm an einer bestimmten Krankheit zu erkranken bzw. sterben (Quellen: ARE/ECOPLAN 2004, VAN KEMPEN 2002, MASCHKE 2003, IER 2003 u.a.). Bei den durch Fluglärm verursachten Krankheiten handelt es sich um Angina Pectoris, Bluthochdruck sowie Herzinfarkte.
- › Als Zusatzwert können die **Lärmsanierungskosten (Schallschutzmassnahmen)** berechnet werden. Diese sind in den oben erwähnt Kosten noch nicht inbegriffen (vgl. ARE/Ecoplan 2004, S.4/5) und zeigen einen weiteren Aspekt der Fluglärmkosten.

Fazit: Indikatoren zur Beurteilung der Auswirkungen von Lärm

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über wichtige Lärmindikatoren zur Beurteilung von Lärmbelastung und dessen Auswirkungen. Aufgrund fehlender oder nur punktuell vorhandener statistischer Grundlagen können einige der vorgeschlagenen Indikatoren nicht quantifiziert werden. Sie werden aber in Tabelle 5 der Vollständigkeit halber trotzdem aufgeführt. Grau eingefärbt sind Indikatoren, die in Kapitel 3.4 diskutiert werden.

ÜBERSICHT ÜBER INDIKATOREN FÜR DIE LÄRMAUSWIRKUNG				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Lärmbelastung				
Anzahl betroffene Personen pro Dezibelklasse (z. B. L_{eq} 16, Tag) → Diskutiert in Kapitel 3.4	Grundzusammenhang Lärmbelastung / Lärmbelästigung über Dosis-Wirkungsbeziehungen	Für die Landesflughäfen quantifizierbar; Dosis-Wirkungskurven ebenfalls vorhanden.	Kann als Mass für regionale oder gesamtschweizerische Belästigung herangezogen werden (Anzahl Personen die belästigt werden).	Für die Landesflughäfen sind die Daten erhältlich. Für alle anderen Flugplätze liegen z.Z. keine Daten vor. Sie werden jedoch erarbeitet.
Grösse der lärmbelasteten Fläche → Diskutiert in Kapitel 3.4	Je höher die lärmbelastete Fläche, umso grösser die Wirkungen auf die räumli-	Quantifizierbar mittels kartographischer Auswertungen (GIS).	Kann als Mass für regionale oder gesamtschweizerische Belästigung	Für die Landesflughäfen sind die Daten erhältlich. Mit Hilfe von Lärmkarten

¹² u.a. ECOPLAN 2001, ITEN 1990, PEARCE & PEARCE 2000, NAVRUD 2002, YAMAGUCHI 1996, SCHIPPER 1998

¹³ Der Wert von 55 dB liegt noch tiefer als der Tages-Planungswert (06-22 Uhr) für Wohnzonen aus der Lärmschutzverordnung (57 dB).

ÜBERSICHT ÜBER INDIKATOREN FÜR DIE LÄRMAUSWIRKUNG				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
	che Entwicklung (z.B. Umzonung oder Nutzungseinschränkungen).		herangezogen werden. Aussagen bei Änderungen der Flugregime möglich.	(GIS-Daten) für den grössten Teil der Flugplätze möglich.
Massgebliche Einflussfaktoren auf die Lärmbelastung → Diskutiert in Kapitel 3.5.1	Flugzeugbau (Lärm), Betriebsreglemente und Flugbewegungen sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Lärmbelastung.	Nur für Flugbewegungen möglich	Qualitative Aussagen für die zukünftige Entwicklung der Lärmbelastung.	Für Linien- und Charterverkehr möglich.
Belästigung (Psychologische Ebene)				
Belästigungsskala für Fluglärm → Diskutiert in Kapitel 3.4	Fluglärm löst bei Betroffenen Belästigungs- und Störungswirkungen aus. Diese Wirkungen werden direkt bei Betroffenen erhoben.	Quantifiziert: Es können direkt die Ergebnisse aus den Befragungen verwendet werden.	Zeigt die generelle Belästigung durch Fluglärm über ein Jahr betrachtet.	Daten von Befragungen liegen für die Flughäfen Genf und Zürich vor (Oliva 1995 und Wirth 2004).
Besitzverhältnisse (Mietler/Eigentümer) (Mediator)	Sind überdurchschnittlich viele Haus- und Wohnungseigentümer im betroffenen Gebiet, wird die Anzahl stark Betroffener grösser sein, als bei weniger Eigentümer.	Daten sind nicht verfügbar: Anzahl Haus- bzw. Wohnungsbesitzer pro Belastungsklasse.	Ausmass über die zu erwartende Belästigung bei neuen Flugregimes.	Schätzung ev. über Gemeindedaten und Fluglärmkarten möglich. Nur punktuell sinnvoll. Wird nicht in diesem Bericht dargestellt.
Einbau von Schallschutzfenstern (Moderator)	Schallschutzfenster als Mittel, um die Belästigung durch Fluglärm zu senken	Quantifizierbar, aber abhängig von Flughafendaten über den Einbau von Schallschutzmassnahmen.	Zeigt die Abnahme der Belästigung beim Einbau oder geplanten Einbau von Schallschutzmassnahmen. Der Indikator kann eher für qualitative Aussagen verwendet werden.	Statistiken und Planungen der Flughäfen (z.B. Unique) zum Schallschutz der Betroffenen Personen. Wird in Lärmkosten (einmalige) integriert.
Veränderung der Verteilung der Flugbewegungen über die Tageszeiten → Diskutiert in Kapitel 3.4	Die relative Veränderung der Verteilung der Flugbewegungen zu bestimmten sensitiven Tageszeiten gibt Hinweise über Zu- oder Abnahme der Belästigung.	Quantifizierbar für Landesflughäfen (und grundsätzlich auch für Regionalflugplätze mit Linien- u. Charterverkehr).	Gibt Veränderungen der Belästigung an. Finden in den sensitiven Tageszeiten weniger Flugbewegungen statt, tendiert der Luftverkehr zu mehr Nachhaltigkeit im Bereich Lärm.	Daten der Flughafenbetreiber.
Anzahl telefonischer Flug-	Die Veränderung der	Quantifizierbar:	Tendenz über Verän-	Darstellung und

ÜBERSICHT ÜBER INDIKATOREN FÜR DIE LÄRMAUSWIRKUNG				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
lärmreklamationen wegen militärischen und zivilen Flugaktivitäten → Diskutiert in Kapitel 3.4	Anzahl Reklamationen gibt Hinweise über Zu- oder Abnahme der Belästigung.	Luftwaffe und Flughafen Zürich erheben telefonische Reklamationen.	derung der Belästigungswirkung durch militärische und zivile Flugereignisse. Achtung: wird auch beeinflusst durch politisches Umfeld.	Interpretation der vorhandenen Daten der Luftwaffe und des Flughafens Zürich.
Gesundheit (Physiologische Ebene)				
Lärmbedingter Verlust von Lebensjahren durch ischämischen Herzkrankheiten	Der Schallpegel beeinflusst das lärmbedingte relative Risiko einer ischämischen Herzkrankheit.	Wegen unsicherer Datenlage Quantifizierung schwierig. Datengrundlagen für Schweiz nur punktuell vorhanden.	Zeigt Verlust an Lebensjahren durch ischämische Herzkrankheiten in der Fluglär-belasteten Bevölkerung.	Wird in dieser Studie nicht explizit ausgewiesen, sondern ist in den jährlichen Lärmkosten integriert.
Lärmbedingter Verlust von Lebensjahren durch Bluthochdruck bedingte Krankheit.	Der Schallpegel beeinflusst das lärmbedingte relative Risiko an einer durch Bluthochdruck bedingten Krankheit zu erkranken.	dito	dito	dito
Sozio-ökonomische Ebene				
Indikator zur Entmischung der Bevölkerung	Die Stärke von Fluglärm und die daraus entstehende Lärmbelastung haben Einfluss auf die demographische Struktur von Gemeinden und Quartieren in Flughafennähe.	Keine aufbereiteten Daten vorhanden. Quantifizierbar sind z.B. Mietpreise, Einkommensstruktur, Ausländeranteil, Aufenthaltsdauer in Gemeinde. Aufwändig.	Der Indikator zeigt die Entwicklung der demografischen Struktur in den Gemeinden und Quartieren um Flughäfen	Gewichtung der erwähnten Grössen und Verschmelzung zu einem semi-quantitativen Indikator. Wird nicht in dieser Studie ausgewiesen.
Wirtschaftliche Ebene				
Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm → Diskutiert in Kapitel 3.4	Einwirkende Lärmbelastung reduziert den Immobilienpreis.	Quantifizierbar: gemessen über Mietzinsausfälle infolge Lärmbelastung.	Erlaubt eine Schätzung der Kosten infolge fluglärmbedingten Mietzinsausfälle.	Berechnungsart ist Gegenstand von Gerichtsverfahren und deshalb noch nicht möglich.
Immobilienpreisverluste durch Fluglärm	Einwirkende Lärmbelastung reduziert den Immobilienpreis.	Quantifizierbar: Kompensation durch Entschädigungen.	Erlaubt eine Schätzung der Kosten infolge fluglärmbedingten Immobilienpreisverluste.	Berechnungsart ist Gegenstand von Gerichtsverfahren und deshalb noch nicht möglich.
Folgekosten aufgrund fluglärmbedingten Gesundheitseffekten → Diskutiert in Kapitel 3.4	Durch Lärmbelastung entstehen in der betroffenen Bevölkerung gesundheitliche Effekte und damit verbunden Gesundheitskosten.	Quantifizierbar sind die relativen Risiken für lärmbedingte Gesundheitseffekte, Kosten der Krankheit und Vermeidungskosten, sowie die	Erlaubt eine Schätzung der externen Kosten infolge fluglärmbedingten Gesundheitseffekte.	Berechnung der individuellen Kosten pro Dezibel-Belastungsklasse und der integralen Kosten.

ÜBERSICHT ÜBER INDIKATOREN FÜR DIE LÄRMAUSWIRKUNG				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
		Anzahl Betroffener.		
Schallschutzkosten → Diskutiert in Kapitel 3.4	Fluglärmbelastung über den Grenzwerten hat zur Folge, dass Schallschutzkosten anfallen.	Gut quantifizierbar: Kostensatz pro Kopf; Daten der Betroffenen für Landesflughäfen liegen vor.	Schätzung über die Höhe der Kosten für Schallschutzmassnahmen.	Anzahl Betroffene multipliziert mit Kostensatz.

Tabelle 5 Grau eingefärbt sind diejenigen Indikatoren, die weiter verfolgt und quantifiziert werden.

3.3. BEURTEILUNGSKRITERIEN

Wie kann nun die Vielzahl von Indikatoren in ein Beurteilungsraster zur Nachhaltigkeit einbezogen werden? Wir konzentrieren uns dabei auf die Vorgaben gemäss Umweltschutzgesetz und der LSV. Zum einen gilt das Vorsorgeprinzip zur Begrenzung von Emissionen gemäss Art. 11 Abs. 2 USG¹⁴, zum anderen die Grenzwerte der LSV, deren Festlegung auf einer expliziten oder impliziten Einschätzung von Belästigung beruht.

Die Diskussion über Beurteilungskriterien für den Flugverkehr orientiert sich in erster Linie an den Vorgaben in der LSV (Anhang 5 und Anhang 8). Die Belastungsgrenzwerte für den Fluglärm unterscheiden sich nach Art der Lärmquelle, Empfindlichkeitsstufen (ES) der belasteten Gebiete und Tageszeiten.

- › **Alarmwerte (AW):** Der Alarmwert ist ein Wert zur Beurteilung der Dringlichkeit von Lärmsanierungen. Er ist der höchste Belastungsgrenzwert. Die Alarmwerte für den Flugverkehr sind nach Empfindlichkeitsstufen in der LSV im Anhang 5 und 8 festgelegt.
- › **Immissionsgrenzwerte (IGW):** Die zentralen Belastungsgrenzwerte in der LSV sind die Immissionsgrenzwerte. Sie liegen unterhalb der Alarmgrenzwerte. Mit ihnen wird festgelegt, ab wann mit lästigen Lärmeinwirkungen oder lärmbedingten Gesundheitseffekten zu rechnen ist.
- › **Planungsgrenzwerte (PW):** Der Planungswert dient hauptsächlich dem Schutz vor neuen Lärm emittierenden Anlagen und für die Planung bzw. Einzonung neuer Bauzonen. Der PW liegt unter dem IGW und kommt damit dem Vorsorgeprinzip nach. Allerdings kann daraus nicht gefolgert werden, dass mit dem Einhalten der PW dem Vorsorgeprinzip vollumfänglich genüge getan wird und keine weiteren Massnahmen mehr getroffen werden müssten.

¹⁴ Unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die vorliegenden Daten erlauben es nicht, die Indikatoren (wie z.B. belastete Personen oder Flächen) entlang der verschiedenen Empfindlichkeitsstufen und deren Belastungsgrenzwerten flächendeckend zu quantifizieren. Als Nachhaltigkeitskriterien im Bereich Lärm verwenden wir deshalb die Werte, welche den Immissionsgrenzwerten für die Empfindlichkeitsstufe II (vgl. LSV) entsprechen.

In der Tabelle 6 werden aus den drei beschriebenen Nachhaltigkeitszielen des Bereichs Lärm Kriterien abgeleitet, mit denen die entsprechenden Ziele beurteilt werden können. Die einzelnen Ziele werden dann auf die verschiedenen Grenzwerte bezogen.

ÜBERSICHT ÜBER DIE BEURTEILUNGSKRITERIEN				
Nachhaltigkeitsziel	Kriterium	Bezug zu Auswirkungsindikatoren	Beurteilung	Kommentar
Belastung durch Fluglärm minimieren	Zivilluftfahrt † Immissionsgrenzwerte (ESII) für Lrt (06-22 Uhr) † Immissionsgrenzwerte (ESII) für Lrn (Nachtstunden) † Immissionsgrenzwerte (ESII) für Lmax bei Heliports Militärluftverkehr † Immissionsgrenzwerte für Lr	† Anzahl betroffener Personen † Grösse der belasteten Fläche † Lärmreduzierende Technik im Flugzeugbau † Betriebsreglemente (BR) † Flugbewegungen (FB) † Bevölkerungsentwicklung um Flughäfen	Ziel ist, dass möglichst wenige Personen resp. ein kleine Fläche durch Fluglärm belastet werden.	Definierte äquivalente Dauerschallpegel für Wohngebiete mit Tagespeak nur bedingt aussagekräftig. Zukünftige Entwicklung Lärmbelastung mit FB, BR, Bevölkerung und Flugzeugbau qualitativ möglich.
Belästigungen durch Fluglärm minimieren	Vorsorgeprinzip zur Begrenzung von Emissionen gemäss USG Art. 11.2 Zivilluftfahrt † Immissionsgrenzwerte (ESII und ESIII) für Lrt (06-22 Uhr) † Immissionsgrenzwerte (ESII) für Lrn (Nachtstunden) † Immissionsgrenzwerte (ESII) für Lmax Militärluftverkehr † Immissionsgrenzwerte für Lr	† Belästigungsgrad der belasteten Bevölkerung † Anzahl Reklamationen	Ziel ist es, eine möglichst geringe Belästigung der Bevölkerung durch Fluglärm zu erreichen.	Definierte äquivalente Dauerschallpegel für Wohngebiete mit Tagespeak nur bedingt aussagekräftig.
Minimierung der negativen wirtschaftlichen Effekte	Niveau der externen Lärmkosten und Kosten für Schallschutzmassnahmen	Mietzinsausfälle durch Fluglärm: Folgekosten aufgrund fluglärmbedingten Gesundheitseffekten Schallschutzkosten	Ziel ist es, die negativen wirtschaftlichen Effekte möglichst zu minimieren.	Kosten dienen als Proxygrösse für Schäden.

Tabelle 6

Zusammenfassend sind die Anzahl Personen bzw. die Fläche über den definierten Grenzwerten (IGW ESII) sowie eine Grössenordnung zu den lärmbedingten Folgekosten für die Wirtschaft die zentralen Beurteilungskriterien. Zur Beurteilung der zukünftigen Lärmbelastung werden qualitative und quantitative Aussagen über die massgebenden Einflussfaktoren (z.B. Flugbewegungen, technische Entwicklung im Flugzeugbau, usw.) zusammengestellt.

3.4. QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS

3.4.1. FLUGLÄRMBELASTUNG: ANZAHL BETROFFENE PERSONEN

Definition und Einbettung des Indikators

Die LSV bezweckt u.a. den Schutz der Bevölkerung vor lästigen und schädlichen Lärmeinwirkungen. Die Anzahl lärmbelasteter Personen ist demnach ein zentraler Indikator, um die Belästigung von Personen und die Höhe von schädlichen Wirkungen durch den Fluglärm zu quantifizieren. Aus Sicht der Nachhaltigkeit im Flugverkehr ist es wünschenswert, dass möglichst wenige Personen mit einer möglichst geringen Fluglärmbelastung leben müssen.

Neben der reinen Anzahl von fluglärmbelasteten Personen ist auch die Veränderung der Wahrnehmung der Lärmbelastung von Bedeutung. Z.B reagieren neu belastete Personen stärker auf eine ähnliche Fluglärmbelastung wie Personen, die schon längere Zeit der Belastung ausgesetzt sind. Die Lärmbelastungskataster sind für alle Flugplätze in Erarbeitung (Auftrag aus LSV).

Datengrundlage

Für eine Abschätzung der Anzahl Fluglärm betroffener Personen (gesamtschweizerisch oder regional) kann die Anzahl belasteter Personen nach dB(A)-Belastungsklasse herangezogen werden.

- › Für den Euroairport Basel liegen aus der Studie EMPA (2000) fluglärmbelastete Personen nach dB(A)-Klassen vor. Eine Aufteilung der betroffenen Personen nach Nutzungskategorien (Empfindlichkeitsstufen) wurde in der UVB¹⁵ (EMPA 2000) nicht durchgeführt.
- › Genf: Zahlen zu fluglärmbelasteten Personen nach dB(A)-Klassen und Nutzungskategorien (ESII und ESIII) für den Flughafen Genf liegen im UVB Annex 2 des Flughafen Genf (Ecoscan 2000) für das Stichjahr 1998 vor. Im Gegensatz zu Basel und Zürich werden jedoch keine Zahlen für Leq,16 unter 55 dB(A) und über 70 dB(A) ausgewiesen.
- › Zürich: Die fluglärmbelasteten Personen nach dB(A)-Klassen basieren auf den Berechnungen „Ist-Zustand Z0“ für das Jahr 2000 (Total 325'700 Flugbewegungen) aus "UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) Fachbericht Fluglärm" der EMPA. Fluglärmbelastete Personen nach Nutzungskategorie (ESII und ESIII) sind für den Zustand im Jahr 2000 (Total 325'700 Flugbewegungen) und für 350'000 Flugbewegungen vorhanden (Quelle Unique).

¹⁵ Umweltverträglichkeitsbericht

Für alle übrigen Flugplätze, Flugfelder und Heliports sind keine Daten zu den fluglärmbeeinträchtigten Personen vorhanden. Es steht auch keine gesamtschweizerische Datenbasis aus früheren Jahren zur Verfügung, die die Veränderung der belasteten Personen aufzeigen würde.

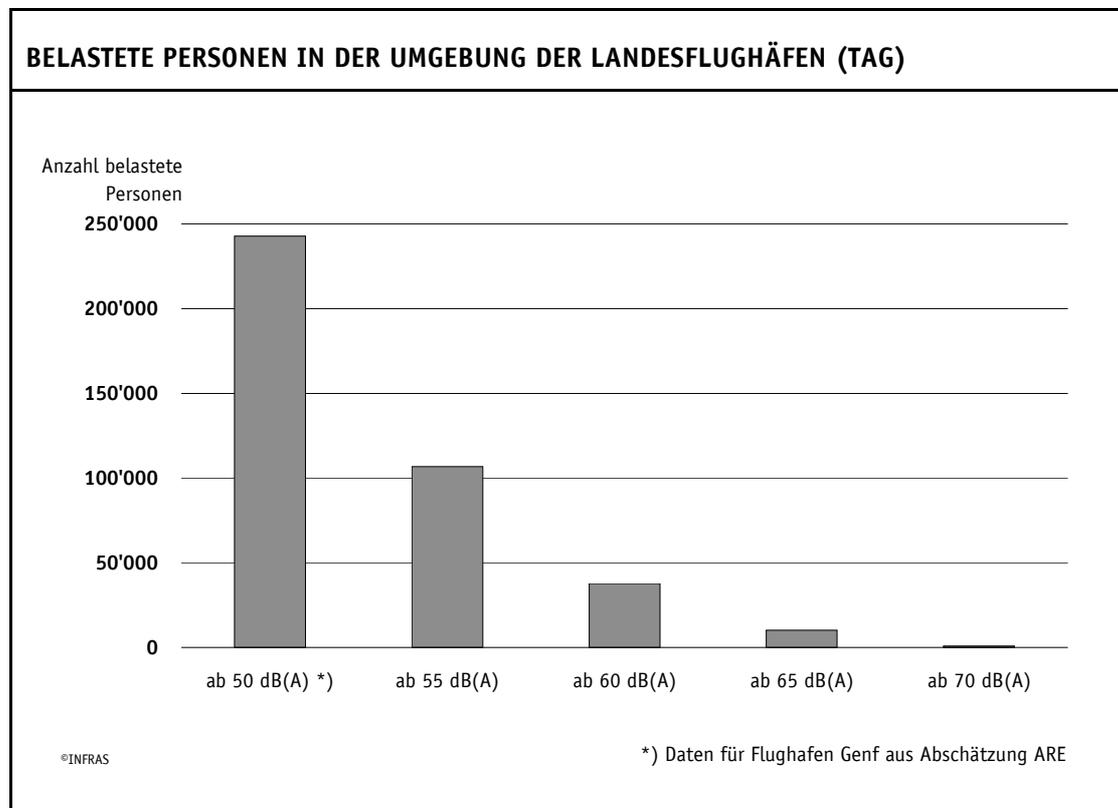
Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Durch die Flugverkehrsaktivitäten auf den drei Landesflughäfen der Schweiz werden rund 48'800 Personen mit Fluglärm über einem Beurteilungspegel von $L_{r_{g,16}}$ 60 dB(A) (Tag) belastet. Um den Euroairport Basel-Mulhouse (Frankreich und Schweiz) wurden im Jahr 2000 insgesamt rund 350 Personen (Belastung $L_{r_g} > 60$ dB(A)) während der Tagesstunden¹⁶ mit Fluglärm belastet, um den Flughafen Zürich rund 34'600 Personen und um den Flughafen Genf ca. 13'900 Personen (Angabe für das Jahr 1998 und ohne die französische Gemeinde Ferney-Vollaire).

Aus Sicht der Nachhaltigkeit kann festgehalten werden, dass in der Schweiz in der Umgebung der Landesflughäfen über 360'000 Personen in Gebieten leben, die mit einem akustischen Mittelungspegel von über 50 dB(A) während des Tages belastet sind. Etwas mehr als die Hälfte (57%) der Personen werden unterhalb von $L_{r_{g,16}}$ von 55 dB(A) belastet. Rund 13% der betroffenen Personen sind einem L_{eq} von 60 dB(A) und mehr ausgesetzt. Die folgende Figur zeigt die fluglärmbelasteten Personen (insgesamt) durch die Flugbewegungen auf den Landesflughäfen Basel, Genf und Zürich¹⁷.

¹⁶ Gemäss LSV zwischen 06 – 22 Uhr.

¹⁷ Für den Flughafen Zürich wurden die Berechnungen „Ist-Zustand Z0“ aus "UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) Fachbericht Fluglärm" der EMPA (EMPA 2003) verwendet. Diesen Lärmberechnungen liegen die Flugbewegungen und die Flottenzusammensetzung aus dem Jahr 2000 zugrunde und wurden auf das vorläufige Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) angewendet.



Figur 8 Fluglärmbelastete Personen in der Umgebung der Landesflughäfen Basel und Zürich (ohne Flughafen Genf) für die Tagesstunden 06.00 bis 22.00 Uhr. Quelle: EMPA 2000, EMPA 2003.

Für die Lärmbelastung durch die Landesflughäfen wurde im Rahmen der UVB auch die Anzahl belasteter Personen über dem IGW der Empfindlichkeitsstufen ES II und ES III abgeschätzt (vgl. LSV). Durch den Luftverkehr auf dem Flughafen Basel/Mulhouse werden in der Schweiz keine Personen über den IGW (ESII und ESIII) belastet (EMPA 2000).

BELASTUNG INNERHALB DER SCHWEIZ ÜBER DEM IGW (LANDESFLUGHÄFEN)			
	Empfindlichkeitsstufe	IGW Lr_t in dB(A)	Belastete Personen
Tag	ES II	60	33'100
	ES III	65	2'000
Nachtstunden	ES II	55	31'600
	ES III	55	6'400

Tabelle 7 Quellen: Ecoscan (2000), EMPA (2000) und Unique (2005).

Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, dass um die Landesflughäfen auf schweizerischem Gebiet in ES II rund 33'100 Personen während des Tages und 30'600 Personen während der 1. Nachtstunde über dem IGW mit Fluglärm belastet wurden. In Gebieten mit Empfindlichkeitsstufe III

werden sowohl in der 1. Nachtstunde wie auch am Tag weit weniger Personen über dem erlaubten IGW der LSV belastet.

3.4.2. FLUGLÄRMBELASTETE FLÄCHE

Definition und Einbettung des Indikators

Die fluglärmbelastete Fläche und die fluglärmbelastete Nutzfläche (nach Empfindlichkeitsstufen) sind zentrale Indikatoren in der Beurteilung der Nachhaltigkeit des Flugverkehrs bezüglich des Lärms. Sie sind ein Mass für die lärmbelastete Fläche um Flugplätze. Fluglärmbelastete Gebiete um Gebirgslandeplätze¹⁸ und durch tief fliegenden Luftverkehr (z.B. Helikopter in Erholungsräumen) werden damit jedoch nicht erfasst. Der Indikator dient auch als Grundlage zur Ermittlung von belasteten Lebensräumen um Flugplätze, womit raumplanerische Handlungsspielräume gezeichnet werden können. Eine möglichst geringe fluglärmbelastete Fläche in der Schweiz ist aus Sicht der Nachhaltigkeit (im Sinne des USG Art. 11.2) wünschenswert.

Die Beurteilung der Lärmimmissionen auf die Fläche stützt sich auf die LSV ab, wobei wie oben beschrieben zur Beurteilung in erster Linie die Werte für die Immissionsgrenzwerte (für ES II) herangezogen werden. Die belastete Fläche wird für alle Flughäfen und Flugplätze in Klassen ab $L_{eq,16}$ 50 dB(A) in Fünferschritten (vorhandene Datengenauigkeit der Lärmkurven) dargestellt. Es wird nur die Belastung durch Fluglärm während des Tages ausgewiesen. Flugbewegungen während der Nacht sind ausschliesslich für Landesflughäfen relevant. Für Heliports gelten neben den L_{rk} die entsprechenden L_{max} der LSV.

Datengrundlage

Die Daten für fluglärmbelastete Flächen liegen für die drei Landesflughäfen vor (Grundlagen UVB, Betriebsreglemente):

- › Basel: Die vorhandenen Lärmkurven ($L_{eq,16}$)¹⁹ für das neue Landeverfahren ILS 34 (DGAC 2005) wurden digitalisiert und dienen als Datengrundlage für die Berechnung der fluglärmbelasteten Flächen um den Euroairport Basel. Es wurde das Szenario (kurzfristig) mit insgesamt 95'900 Flugbewegungen als Ist-Zustand verwendet. Das neue Landeverfahren wird voraussichtlich im Jahr 2007 in Betrieb gehen.

¹⁸ Gemäss BAZL ist keine sinnvolle Lärmmodellierung um Gebirgslandeplätze mit vertretbarem Aufwand möglich.

¹⁹ Die Simulationen wurden mit dem Programm INM (Integrated Noise Model) der amerikanischen Zivilluftfahrtbehörde durchgeführt.

- › Genf: Die fluglärmbelasteten Flächen für den Flughafen Genf wurden auf Basis der Lärmkurven aus EMPA 2003 berechnet. Sie basieren auf den Flugbewegungen (Total rund 170'500) und dem Flottenmix im Jahr 2000.
- › Zürich: Die fluglärmbelasteten Flächen nach dB(A)-Klassen basieren auf den Berechnungen „Ist-Zustand Z0“ für das Jahr 2000 (Total 325'700 Flugbewegungen) aus "UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) Fachbericht Fluglärm" der EMPA. Fluglärmbelastete Flächen nach Nutzungskategorie (ESII und ESIII) sind für den Zustand im Jahr 2000 (Total 325'700 Flugbewegungen) und für 350'000 Flugbewegungen ebenfalls vorhanden.

Ausgehend von den vorhandenen Lärmbelastungskurven (GIS-Karte) des BAZL für den zivilen Luftverkehr auf Flugplätzen und Heliports und des VBS für Militärflugplätze wurden die Anzahl belasteter Hektaren nach dB(A)-Belastungsklasse und Flugplatzkategorien berechnet. Die verwendeten Lärmkurven basieren einerseits auf Flugbewegungszahlen der Vergangenheit, zwischen 1984 und 2004, andererseits auf zukünftig erwartete Flugbewegungszahlen. Insbesondere für militärische Flugplätze werden im Rahmen der Neuausrichtung der Luftwaffe neue Lärmbelastungskurven erstellt. Detaillierte Quellenangaben zu den verwendeten Lärmkurven finden sich im Anhang (Teil Lärm).

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

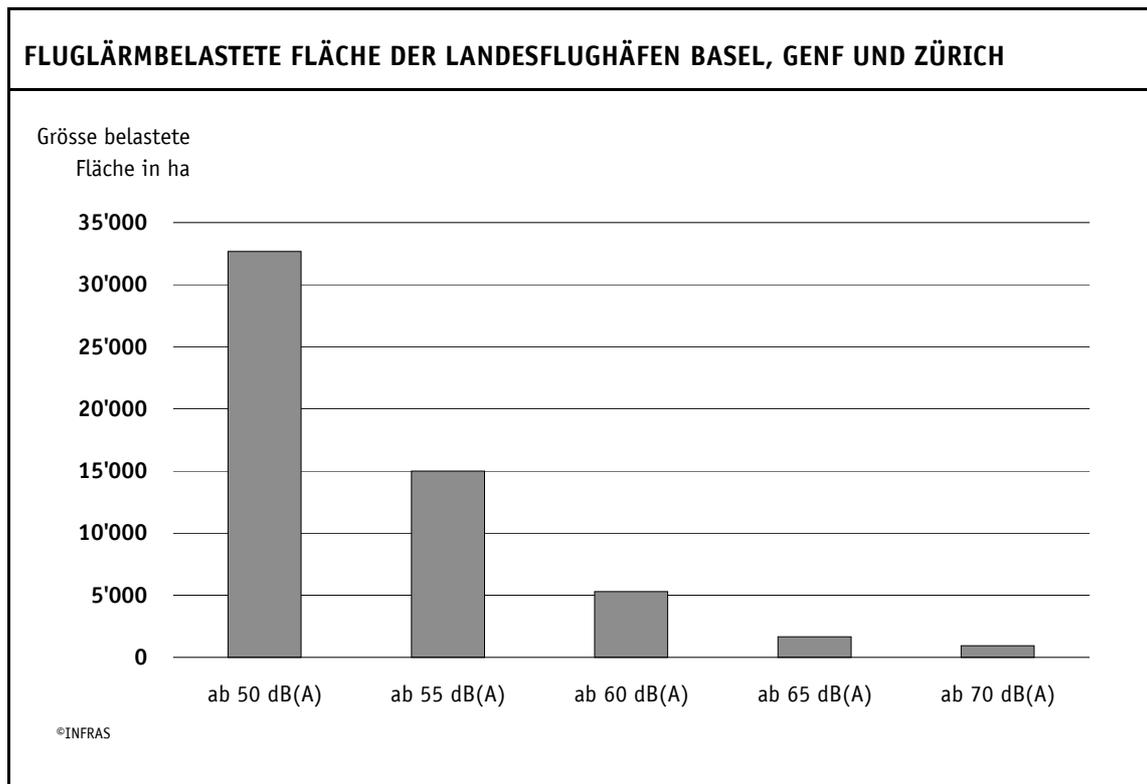
Die Flächenbilanzierung aufgrund der vorliegenden Lärmbelastungskurven zeigt, dass in der Schweiz ein Gebiet von rund 831 km² mit einem Schallpegel ($L_{eq,16}$) über 50 dB(A) durch den zivilen Flugverkehr belastet wird. Dabei macht die Fläche mit einer Lärmbelastung von $L_{eq,16} < 60$ dB(A) mit rund 86% den weitaus grössten Anteil aus. Das Gebiet mit einer Lärmbelastung von $L_{eq,16}$ ab 60 dB(A) beträgt rund 113 km² (14%).²⁰ Zwei Drittel der lärmbelasteten Fläche ($L_{eq,16} > 50$ dB(A)) können den Landesflughäfen angerechnet werden, 22% den Regionalflughäfen und 11% werden durch Flugbewegungen auf anderen Flugplätzen und -feldern verursacht. In der Lärmklasse über $L_{eq,16}$ 70 dB(A) fallen die Landesflughäfen mit einem Anteil von 81% der lärmbelasteten Fläche deutlich mehr ins Gewicht. Dies ist auf den Betrieb von mittleren und grossen Düsenjets zurückzuführen.

²⁰ Exkl. Lärmbelastungen um reine Heliports, aber inkl. Flugplätze mit Helikopter-Flugbewegungen (z.B. Sion).

ZIVILE LUFTFAHRT: LÄRMBELASTETE FLÄCHE (HA) IN DER SCHWEIZ					
	50-54 dB(A)	55-59 dB(A)	60-64 dB(A)	65-69 dB(A)	ab 70 dB(A)
Landflughäfen	32'700	15'000	5'300	1'600	930
Regionalflughäfen	10'100	5'900	1'400	750	170
Flugplätze u. Flugfelder ¹⁾	5'100	3'100	850	250	50
Total	47'800	24'000	7'500	2'700	1'150
1) inkl. ziviler Flugverkehr auf militärischen Flugplätzen					
	55-74 dB(A)	75-84 dB(A)	ab 85 dB(A)		
Heliports (Lmax)	1'100	450	10		

Tabelle 8 Quellen: AIG 2003, BAZL 2005c, EMPA 2003, Luftwaffe 2005

Die Anteile der Die folgende Figur zeigt die fluglärmbelastete Fläche der Landesflughäfen Basel, Genf und Zürich.²¹



Figur 9 Quelle: AIG 2003, BAZL 2005c, EMPA 2003.

²¹ Für den Flughafen Zürich wurden zur Darstellung der belasteten Flächen die Berechnungen „Ist-Zustand Z0“ aus "UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) Fachbericht Fluglärm" der EMPA (EMPA 2003) verwendet. Diesen Lärmberechnungen liegen die Flugbewegungen (Total 325'700 Flugbewegungen) und die Flottenzusammensetzung aus dem Jahr 2000 zugrunde und wurden auf das vorläufige Betriebsreglement (Eingabe 31.12.2003) angewendet.

Tabelle 9 zeigt die fluglärmbelasteten Flächen, die durch militärische Flugaktivitäten verursacht werden (d.h. ohne zivile Mitbenutzung). Die Abschätzungen beziehen sich auf die neuen Lärmbelastungskurven (auf Basis des Teilbeurteilungspegels L_{r_m}) der Schweizer Luftwaffe für das Jahr 2010.

MILITÄRISCHE LUFTFAHRT: LÄRMBELASTETE FLÄCHE (HA) IN DER SCHWEIZ					
	50-54 dB(A)	55-59 dB(A)	60-64 dB(A)	65-69 dB(A)	ab 70 dB(A)
Militärflugplätze	17'623	7'338	2'933	1'099	709

Tabelle 9 Lärmbelastete Fläche basierend auf dem Teilbeurteilungspegel (L_{r_m}). Quellen: BAZL 2005c, Luftwaffe 2005

Vergleich mit der EWI-Studie

Gemäss Auskunft BAZL ist die Datengrundlage der EWI-Studie mit der vorliegenden vergleichbar. Der Einsatz eines GIS hat nur einen marginalen Einfluss auf die Qualität der heutigen Daten. Die angewendeten Lärmberechnungsmodelle sind für beide Studien (mit Ausnahme der Landesflughäfen) weitgehend identisch.

In EWI (1993) wurden die belasteten Gebiete der Landesflughäfen und zivilen Flugplätze für Überschreitung von einem akustischen Mittelungspegel (L_{eq}) über 60 dB(A) ermittelt. Für Militärflugplätze wurden die Flächen für Überschreitungen von einem Beurteilungspegel (L_r) von 65 dB(A) berechnet.

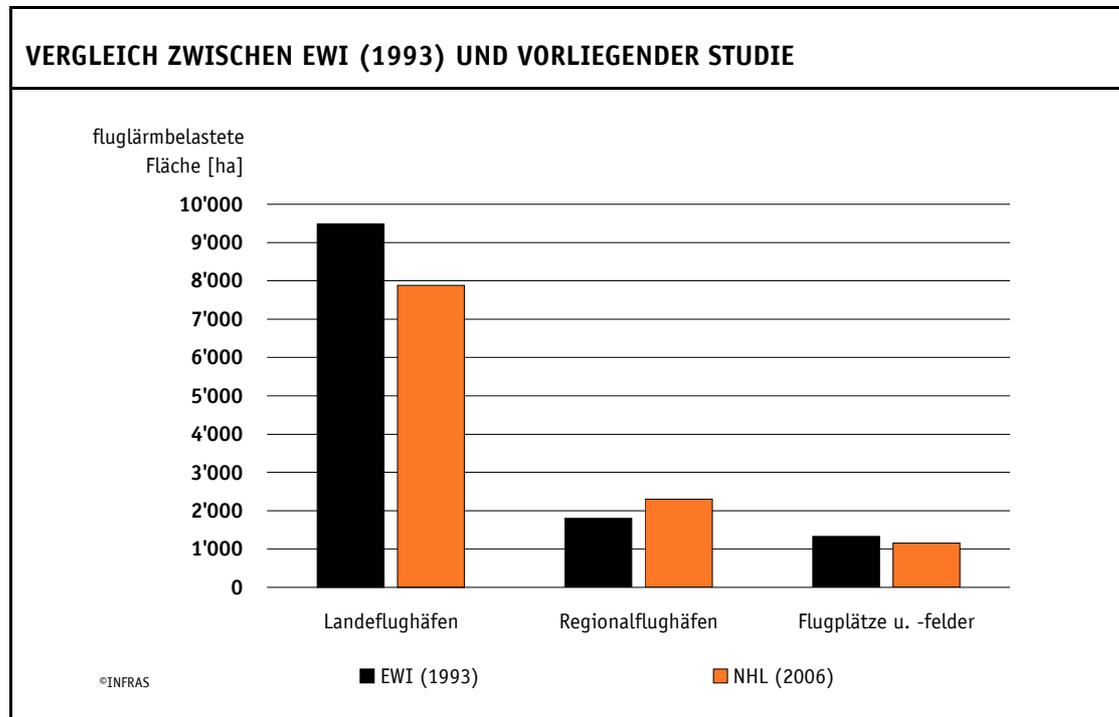
ANTEILE DER FLUGPLATZKATEGORIEN AN DEN BELASTETEN FLÄCHEN (1990)			
Flugplatzkategorie	Lärmbelastete Fläche	Über dem IGW (ESII Tag) belastete Nutzungszonen	Anteil der Fläche in % über dem IGW (ESII Tag)
	[ha]	[ha]	[%]
Landesflughäfen	9491	1092	12
Regionalflughäfen	1799	42	2
Flugfelder	1329	19	1
Heliports	858	20	2
Militärflugplätze	2352	135	6
Total	15829	1308	8

Tabelle 10 Anteile der Flugplatzkategorien an belasteten Flächen mit Überschreitungen von L_{eq} 60 dB(A) resp. L_r 65 dB(A) für Militärflugplätze (Quelle: EWI 1993).

Ein Vergleich zwischen der Studie EWI (1993) und den Abschätzungen aus dieser Studie für die fluglärmbelastete Fläche zeigt (vgl. auch Figur 10):

- › **Landesflughäfen:** Es kann eine leichte Abnahme der lärmbelasteten Fläche zwischen den Daten aus EWI (1993) und der vorliegenden Studie festgestellt werden. Für die Differenz können verschiedene Gründe aufgeführt werden:
 - › Die Verminderung der Lärmemissionen durch modernere Flugzeuge und verbesserte An- und Abflugregime.
 - › Generelle methodische Unterschiede in der Berechnung der Flächen.
 - › Die verwendeten Lärmbelastungskurven für das neue Anflugregime (ILS 34) auf dem Flughafen Basel/Mulhouse (vgl. Fussnote 19).
- › **Auf Regionalflugplätzen** nahm die fluglärmbelastete Fläche ($L_{eq,16} > 60$ dB(A)) um rund 28% zu. Hier stehen sich zwei Effekte gegenüber: 1. hat mit der Revision des Anh. 5 LSV im Jahr 2000 die Beurteilungsmethode geändert, wodurch die Lärmkurven gerade bei Regionalflugplätzen mit Verkehr von Grossflugzeugen tendenziell eher kleiner geworden sind. 2. liegen den Lärmbelastungskurven der vorliegenden Studie mehr Flugbewegungen²² zugrunde. Diese stammen zu einem wesentlichen Teil aus den neuen Regionalflugplätzen Lugano und Ecuwillens. Sie waren in der EWI-Studie noch als Flugfelder klassiert. Offensichtlich hat die erhebliche Zunahme von Flugbewegungen den ersten Effekt überkompensiert.
- › Für kleine **Flugplätze und Flugfelder** kann aufgrund der Ungenauigkeiten der Abschätzungen davon ausgegangen werden, dass sich die fluglärmbelasteten Flächen ($L_{eq,16} > 60$ dB(A)) unwesentlich verändert haben.
- › Bei den **Militärflugplätzen** kann eine substanzielle Abnahme der belasteten Fläche beobachtet werden (-23%). Dies unterstreicht auch die reale Abnahme der militärischen Flugbewegungen zwischen 1990 und 2000 und den Planungswerten als Basis für die Lärmbelastungskurven 2010.

²² Die damaligen vorliegenden Lärmbelastungskurven für die EWI-Studie wurden auf das Jahr 1990 hochgerechnet. Basis für die vorliegenden Lärmbelastungskurven und die dazugehörigen Flugbewegungen sind die Berechnungsjahre 1995-2010 (vgl. Annex).



Figur 10 Quelle: EWI (1993) und LBK (BAZL 2005c, Luftwaffe 2005).

3.4.3. SUBJEKTIVE FLUGLÄRMBELÄSTIGUNG

Definition und Einbettung des Indikators

Da die Belästigung der Bevölkerung durch Fluglärm individuell empfunden wird, werden Indikatoren durch Befragungen betroffener Personen oder Messungen von Schlafzuständen erhoben. Absolute Werte der Belästigung sind aus diesem Grunde weniger aussagekräftig als relative Veränderungen. Es kann abgeschätzt werden, ob sich der Flugverkehr in Bezug auf die Lärmbelastigung in eine Richtung der Nachhaltigkeit bewegt oder nicht.

Datengrundlage

Für die Schweiz liegen folgende drei sozio-psychologische Fluglärmstudien vor:

- › Die Arbeitsgemeinschaft für sozio-psychologische Fluglärmuntersuchungen (Fluglärmuntersuchung 1974) untersuchte die Fluglärmbelastigung der Bevölkerung um die Flughäfen Basel, Genf und Zürich.
- › Die Lärmstudie 90 (Oliva 1995) befasste sich mit der Fluglärmbelastigung der Bevölkerung um die Flughäfen Genf und Zürich. Daneben wurden ebenfalls Erhebungen und Analysen zur Lärmbelastigung durch den Strassenverkehr durchgeführt und Kombinationsbelastungen von Flug- und Strassenlärm untersucht.

- › Die Fluglärmstudie 2000 (Wirth 2004 und Brink, Wirth et al. 2005) untersuchte lediglich den Flughafen Zürich. Es wurde für die beiden Jahre 2001 und 2003 die Belastungs- und Belästigungsprofile erfasst, analysiert und miteinander verglichen. Es handelt sich somit um die aktuellsten Daten zur Entwicklung und Veränderung der Belästigung durch Fluglärm in der Schweiz.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Vergleich der Fluglärmstudien

Für den Vergleich der oben erwähnten Fluglärmstudien, die zu unterschiedlichen Zeiten von verschiedenen Personen resp. Institutionen durchgeführt wurden, müssen folgende Schwierigkeiten beachtet werden:

- › Unterschiedliche Durchführung der Erhebung (persönliche Befragungen, Telefoninterview oder Fragebogen).
- › Unterschiedliches Design der Frageformulierung bezüglich Inhalt der Fragen (z.B. Belästigung vor/im Haus) und Skala der Belästigung.
- › Umstellung des Lärmmassen NNI²³ auf Leq.
- › Fortschritt der Flugzeugtechnik hin zu leiseren Flugzeugen.
- › Starker Anstieg der Flugbewegungen und anderen Lärmbelästigungen im Umfeld der Befragten.
- › Originaldaten existieren häufig nicht mehr.

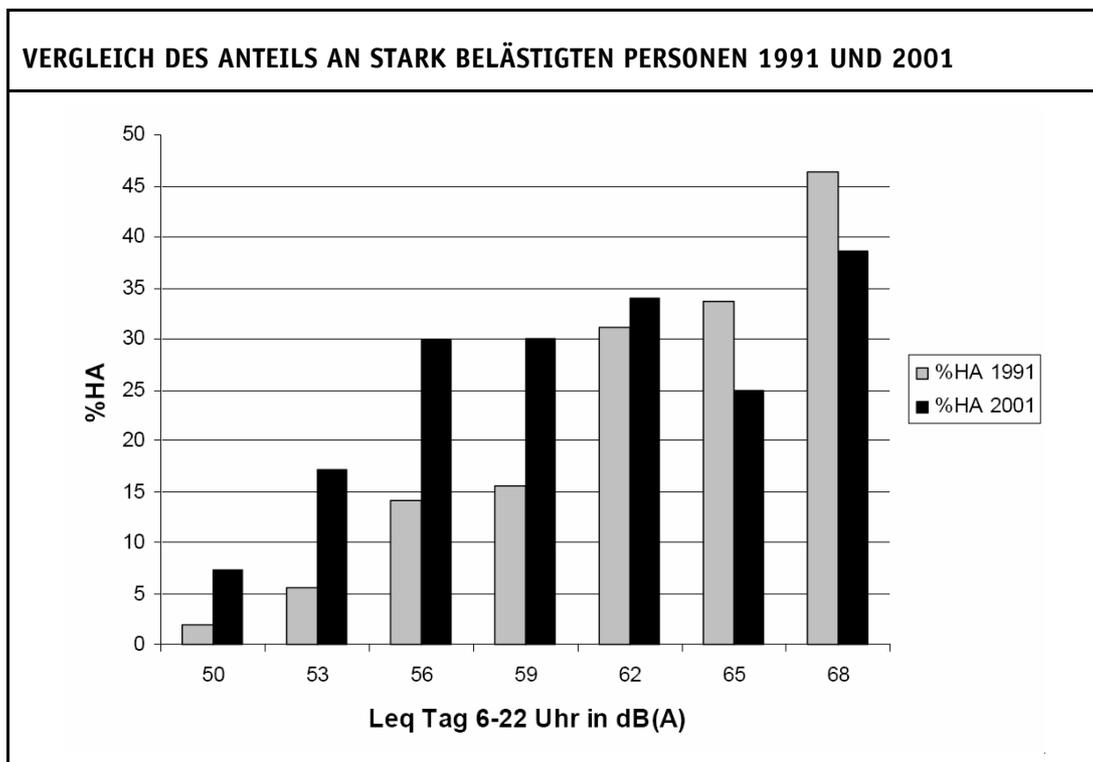
Zusammenfassend können folgende Ergebnisse bezüglich der Veränderung der Fluglärmbelästigung aus den drei Studien erwähnt werden:

- › Im Vergleich zwischen den Jahren 2001 (Wirth 2004) und 1971 (Fluglärmuntersuchung 1974) zeigt sich, dass sich das Belästigungsurteil in Zürich seit 1971 verändert hat. Gebiete mit keinem bis mittelstarkem Fluglärm ($NNI < 40$) weisen heute signifikant mehr stark belästigte Personen (HA²⁴) und signifikant weniger nicht belästigte Personen (NA) auf, als vor 30 Jahren. Gleichzeitig gibt es in Gebieten mit Fluglärm $NNI \geq 40$ auch signifikant mehr NA (nicht belästigte) Personen als 1971.
- › Die Ergebnisse aus Oliva 1995 zeigen für den Flughafen Zürich, dass sich auch die Fluglärmbelästigung (bei vergleichbarem Pegel) seit 1991 gegenüber 2001 verändert hat. In Regionen mit einem Leq 6-22 Uhr zwischen 48.5 und 60.5 dB(A) gab es 2001 signifikant

²³ Noise and Number Index (NNI). Ein früher in der Schweiz gebräuchliches Lärmbelastungsmass.

²⁴ HA: highly annoyed (stark belästigte) Personen; NA: not annoyed (nicht belästigte) Personen.

mehr HA als 1991. Dieser Unterschied ist in Regionen mit einem Leq zwischen 60.5 und 63.5 dB(A) nicht mehr signifikant.



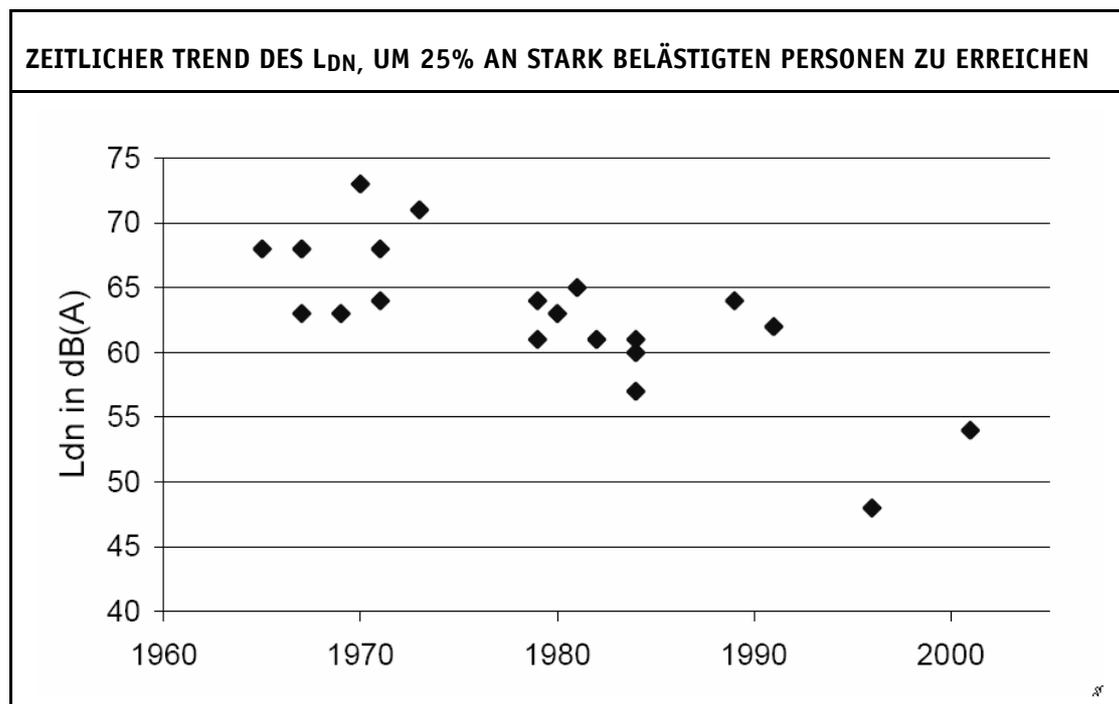
Figur 11 Quellen: Wirth 2004 und Oliva 1995. HA: Stark belästigte Personen

- › Oliva (1995) konnte hingegen keine signifikanten Änderungen der wahrgenommenen Störwirkung durch Fluglärmbelastung (dargestellt in NNI) in den Jahren 1971 und 1995 für die Flughäfen Zürich und Genf feststellen. D.h. bei einem bestimmten NNI wurde in der Studie von 1971 die gleiche Störwirkung festgestellt wie 1995.
- › Fügt man die Belästigungsdaten der Lärmstudie 2000 in eine internationale Metaanalyse ein, setzt sich der von Guski (2002, 2003) beobachtete Trend zur höheren Belästigung bei vergleichbaren Pegelwerten weiter fort. 25% HA gab es 1965 bei einem Ldn von 68 dB(A), 1990 bei 62 dB(A) und 2001 bei 53 dB(A).

In der Lärmwirkungsforschung wurden im Laufe der Zeit mehrere Metaanalysen durchgeführt, um den Anteil an stark belästigten Personen (%HA) als Funktion der Fluglärmbelastung in einer Zeitreihe darzustellen.

Anerkannte Dosis-Wirkungskurven zwischen Fluglärm und Belästigung, die immer wieder aktualisiert und im wesentlichen bestätigt wurden (Fidell et al. 1990; Finegold et al. 1994; Miedema & Vos 1998; Schultz 1978) gehen davon aus, dass es über die Jahre bei vergleichbarem Mittelungspegel keine Veränderung in der Reaktion auf Verkehrslärm gibt.

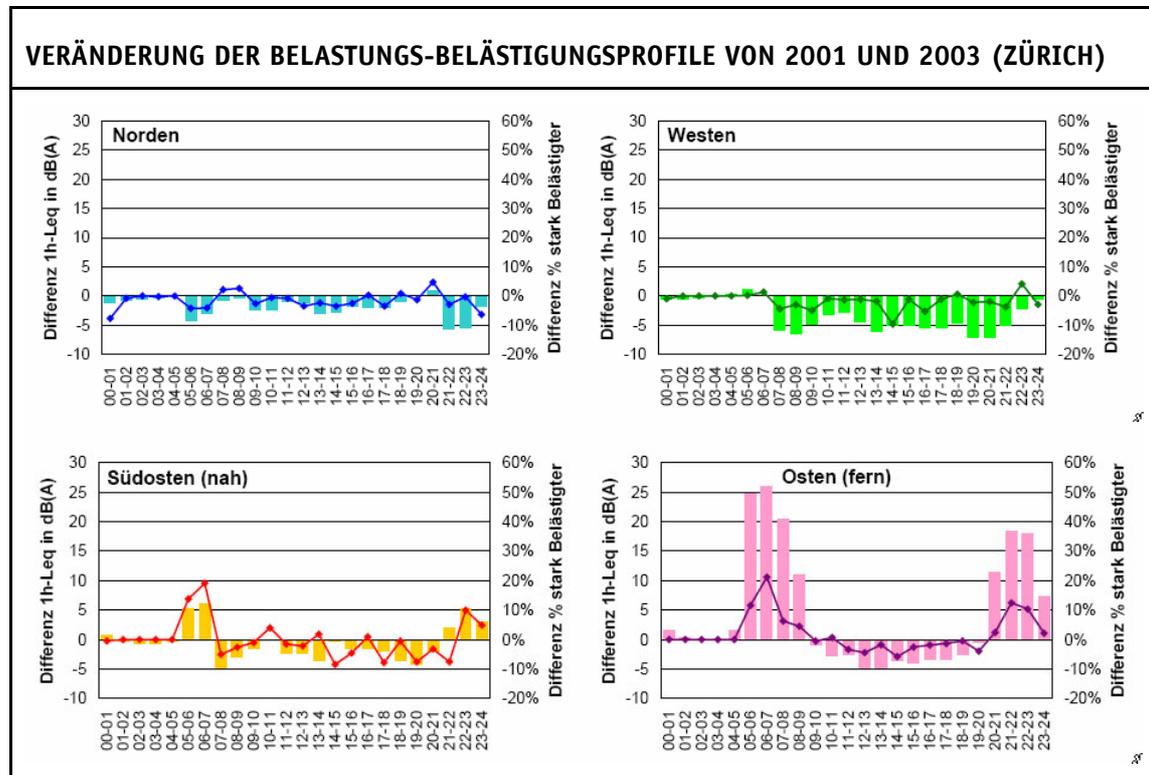
Auch die Lärmstudie 90 (Oliva 1995) fand bei gleichem Pegel keinen Unterschied in der Fluglärmbelästigung zwischen der Untersuchung von 1991 und der sozio-psychologischen Fluglärmstudie von 1971 (Arbeitsgemeinschaft für sozio-psychologische Fluglärmuntersuchungen 1974). Trotzdem finden sich auch Hinweise, dass sich das Belästigungsurteil in den letzten Jahren verändert hat (vgl. Figur 12).



Figur 12 L_{dn}, der benötigt wird, um einen Anteil von 25% HA zu erreichen. Grafik aus Wirth (2004).

Fluglärmstudie 2000

An dieser Stelle wird die Veränderung der Belästigung durch Fluglärm um den Flughafen Zürich aus den Erhebungen in den Jahren 2001 und 2003 zusammengefasst. In Figur 13 ist die Veränderung zwischen 2001 und 2003 sowohl für den L_{eq} pro Stunde als auch für den Anteil an stark belästigten Personen pro Stunde von 0 bis 24 Uhr dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Stunden- L_{eq} fast durchwegs abgenommen hat. Die Pegelabnahme innerhalb der zwei Jahre beträgt maximal 5 dB. Generell wird ersichtlich, dass das Profil der Veränderung der Belästigung relativ gut demjenigen der Veränderung der Lärmbelastung entspricht.



Figur 13 Auf der x-Achse sind die Tageszeiten von 0 bis 24 Uhr aufgetragen. Als Kurve dargestellt ist die Veränderung des 1-Stunden-Leq (linke y-Achse; vor der Differenzbildung wurde den reinen Fluglärmwerten jeweils ein 40 dB(A) Grundgeräusch hinzugerechnet). Die Balken repräsentieren die Änderung der Prozente stark Belästigter im Norden bzw. Westen des Flughafens (rechte y-Achse). Quelle: Brink, Wirth et al. 2005.

Im Norden des Flughafens nahm der 1-Stunden- L_{eq} zwischen 2001 und 2003 fast zu allen Tageszeiten ab. Das untersuchte Gebiet im Westen des Flughafens war zwischen 2001 und 2003 kaum von betrieblichen Veränderungen betroffen. Die Belastung nahm im gesamten Tagesverlauf um bis zu 5 dB(A) ab, dementsprechend nahm auch der Anteil an stark belästigten Personen ab. Diese Belästigungsreduktion war im Norden nicht so deutlich zu beobachten. Im Osten des Flughafens wirkte sich die Neuausrichtung des Flugbetriebs (durch die deutschen Anflugbeschränkungen) in den Nachtrandstunden am deutlichsten auf die Veränderungen der L_{eq} -Werte aus. Die Befragten in dieser Region sind zu diesen Tageszeiten deutlich belästigter, als dies aufgrund des L_{eq} zu erwarten gewesen wäre (Überschussreaktion). Interessanterweise nahm die Lärmbelastung tagsüber stärker ab, als aufgrund der Abnahme des L_{eq} vermutet werden konnte. Im Südosten des Flughafens nahm die gemessene Lärmbelastung im Durchschnitt morgens bis um 7 Uhr und abends ab 22 Uhr zu und tagsüber meistens etwas ab. Diese Veränderungen schlugen sich in Belästigungsprofil der befragten Personen dem entsprechend nieder.

Die Veränderung des Prozentsatzes besonders belastigter Personen hängt mit einer Veränderung der Belastung zusammen. Mittels linearer Regression wurden folgende Zusammenhänge gefunden:

- › Eine Erhöhung um 2 dB (L_{eq}) in der Nacht ergibt eine Erhöhung der besonders belastigten Personen um 5%.
- › Eine Reduktion des L_{eq} um 3 dB am Tag bewirkt ein Verminderung besonders belastigter Personen von 5% (Brink, Wirth et al. 2005).

Trotz diesen scheinbar klaren Zusammenhängen zeigt sich auch, dass bei sich ständig ändernden Belastungen die Betroffenheit in der Bevölkerung nicht mehr durch einfache Dosis-Wirkungs-Beziehungen vorausgesagt werden kann. Tageszeitlich unterschiedliche Empfindlichkeiten, Überschussreaktionen, Gewöhnung mit einem eventuell sehr langen Zeithorizont, regional unterschiedliche psychologische und soziodemographische Faktoren ergeben eine zusätzliche Dimensionen an zeitlicher und regionaler Dynamik.

Um weitere Veränderungen aufzeigen zu können, wäre es interessant, wenn auch das neueste Flugregime des Flughafens Zürich (mit Südanflüge) mit der gleichen Methodik erfasst worden wäre.

Schlussfolgerung

Es gibt also mehrere Hinweise, dass die Bevölkerung bei vergleichbaren Pegeln in den letzten Jahrzehnten auf Fluglärm empfindlicher geworden ist. Die Vergleiche deuten jedoch ebenfalls darauf hin, dass v.a. in den letzten 10 Jahren die Störwirkungen um den Flughafen Zürich zugenommen haben (Vergleich Fluglärmstudie 2000 mit den beiden älteren Studien). Ob diese Beobachtung durch eine grössere generelle Empfindlichkeit der Betroffenen und/oder durch die vorhandenen (raum)politischen und wirtschaftlichen Unsicherheiten um den Luftverkehr im Raum Zürich geprägt sind, ist schwierig zu beurteilen. Es kann offenbar davon ausgegangen werden, dass bei grösseren Änderungen des Betriebsreglements und der Anzahl Flugbewegungen eine wesentlichere Änderung der Störwirkung durch Fluglärm auftritt als bei kontinuierlichen Veränderungen. Es bleibt zudem offen, ob die beobachtete Zunahme der Empfindlichkeit auch für die Landesflughäfen Basel und Genf gilt.

3.4.4. TAGESVERTEILUNG VON FLUGBEWEGUNGEN

Definition und Einbettung des Indikators

Als vertiefenden Indikator zur Lärmbelastigung soll die Veränderung der Verteilung der Flugbewegungen über den Tagesgang beschrieben werden. Verändert sich die Anzahl der Flugbewegungen in sensitiven Tageszeiten (früh morgens, Mittagszeit, etc.), verändert sich

tendenziell auch die von den fluglärmbelasteten Personen wahrgenommene Belästigung. Aus Sicht der Lärmbekämpfung ist es wünschenswert, wenn möglichst wenige Flugbewegungen während der sensiblen Tageszeiten stattfinden würden.

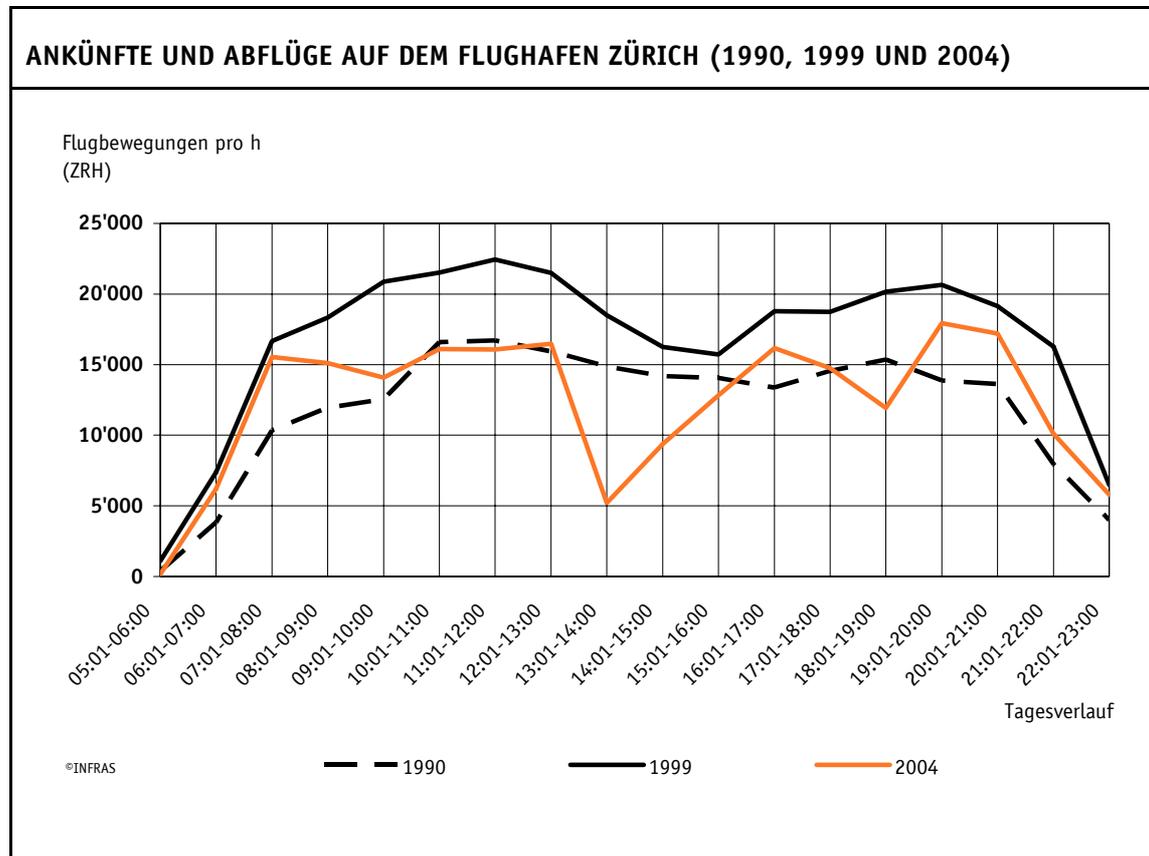
Datengrundlage

Die Tag- und Nachtverteilung der landenden und startenden Flugzeuge hat einen wesentlichen Einfluss auf die wahrgenommene Belästigung der Flughafen Anwohner. Für den Flughafen Zürich liegen drei Datensätze (1990, 1999 und 2004) über die Verteilung der Flugbewegungen aufgeschlüsselt nach Tageszeiten (Tagesverläufe über ein Jahr) vor. Angaben zu sensiblen Tageszeiten wurden in der Lärmstudie 2000 (Brink & Wirth et. al. 2005) ausgewiesen.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

An dieser Stelle werden Veränderungen der Verteilung der Flugbewegungen über den Tagesgang am Beispiel des Flughafens Zürich dargestellt. Die folgende Figur zeigt den grossen Zuwachs an Flugbewegungen in den Morgenstunden (5.00 bis 10.00 Uhr) zwischen 1990 und 1999. Zwischen 1999 und 2004 (ab Oktober 2003) nahmen die Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich zwischen 5.00 und 6.00 Uhr sehr stark ab (156 Flugbewegungen im Jahr 2004). Die Anzahl Flugbewegungen zwischen 6.00 und 7.00 Uhr hingegen sanken nur leicht (-16%), obwohl die gesamten Flugbewegungen um rund 27% abnahmen. Es handelt sich dabei v.a. um Landungen. Markant sind auch die vergleichsweise tiefen Flugbewegungen um die Mittagsstunden im Jahr 2004 gegenüber den anderen beiden Jahren. Danach erlangen die Flugaktivitäten für das Jahr 2004 mit den beiden Spitzen zwischen 16.00 bis 17.00 Uhr und zwischen 19.00 und 20.00 Uhr fast wieder das Niveau von 1999.

Wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2004 öfters über dicht besiedeltes Gebiet an- und abgeflogen wird (aufgrund der deutschen Einschränkungen), kann daraus geschlossen werden, dass im Jahr 2004 gegenüber 1999 die Fluglärmbelastung in den sensiblen Morgen- und Abendstunden mindestens gleich geblieben ist, obwohl sich die Flugbewegungen insgesamt stark verringert haben. Weiter lässt sich aus der Grafik ableiten, dass sich zwischen 1999 und 2004 für die übrigen Tagesstunden die Lärmbelastung insgesamt abgenommen haben sollte.



Figur 14 Quelle: Unique und INFRAS 2005b.

3.4.5. ANZAHL FLUGLÄRMREKLAMATIONEN AUF FLUGHÄFEN

Definition und Einbettung des Indikators

Die Anzahl telefonischer Reklamationen auf Flughäfen dient als Proxi-Grösse zur Beurteilung der Veränderung des Belästigungsgrades der Bevölkerung durch den Flugverkehr. Es handelt sich um den einzigen Belästigungsindikator, der jährlich erfasst wird und somit als Zeitreihe dargestellt werden kann. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass hier auch ausserordentliche Elemente (ausserordentliche Flugbewegungen, wenige, aber stark gestörte Personen) einen Einfluss haben.

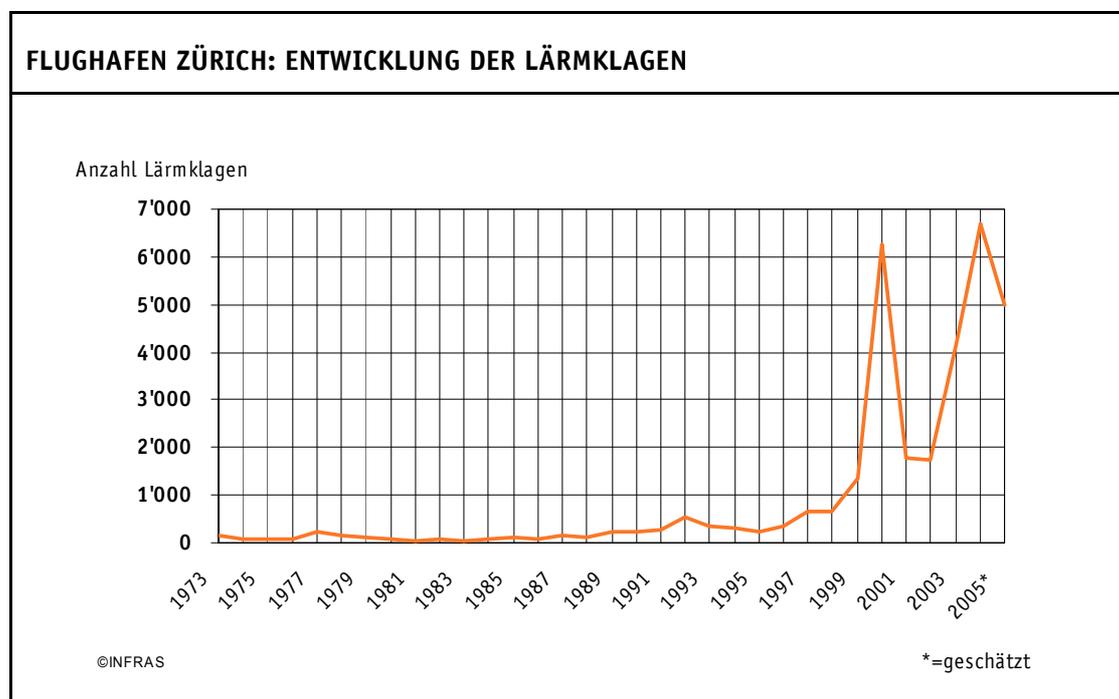
Datengrundlage

Der Flughafen Zürich verfügt über jährliche Reklamationszahlen über die letzten Jahre.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

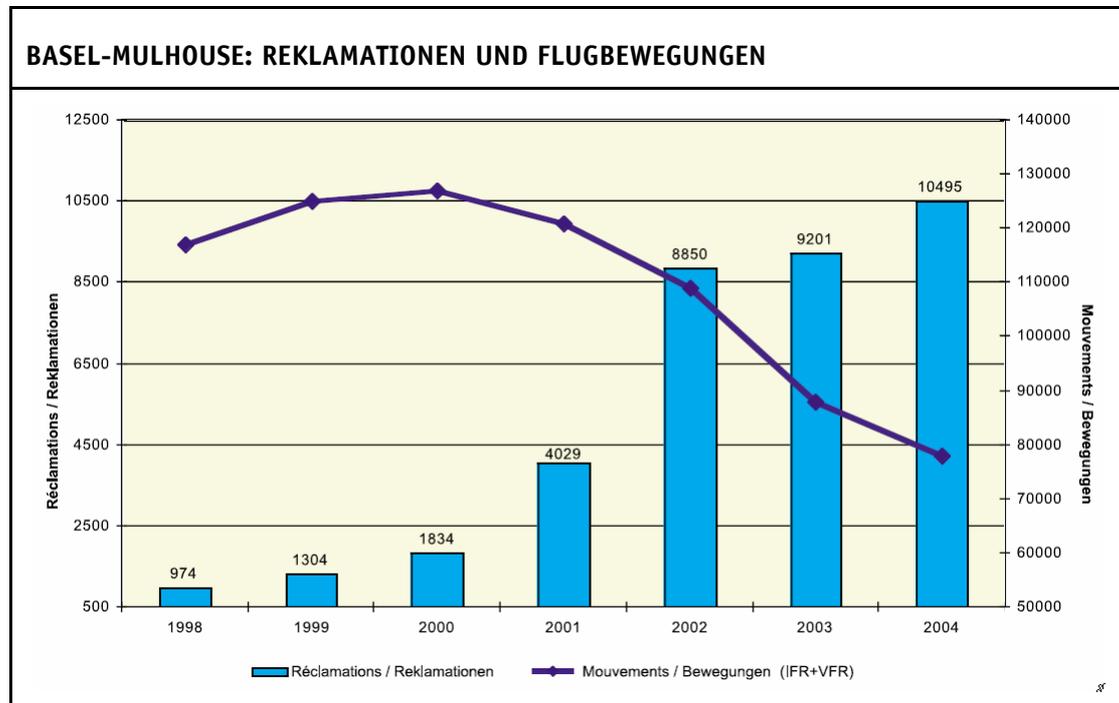
Die Zeitreihe in Figur 15 zeigt die Entwicklung der Lärmklagen gegen den Flughafen Zürich. Im Zeitraum zwischen 1973 und 1990 bewegten sich die erfassten Lärmklagen auf einem

geringen Niveau. Sie blieben praktisch konstant. Erst ab Anfang der neunziger Jahre stiegen die Lärmklagen erst langsam und dann sprunghaft an. Die erste Spitze wurde im Jahr 2000 verzeichnet, also noch vor dem Grounding der Swiss. Sie kam durch die Pistensperrung 10-28 (Erschliessung Dock E) und den entsprechend veränderten An- und Abflugregime zustande. Der zweite Peak kann mit der Einführung der Südanflüge im Oktober 2003 erklärt werden. Die dargestellte Entwicklung deutet auf eine sehr starke Reaktion der neu betroffenen Bevölkerung hin, welche auf Veränderungen im Flughafenbetrieb reagiert.



Figur 15 Quelle: Unique.

Erstaunlich ist die Entwicklung der Anzahl Reklamationen wegen Fluglärms auf dem Flughafen Basel-Mulhouse (Figur 16). Obwohl sich die Flugbewegungen von über 120'000 im Jahr 2000 auf unter 80'000 im Jahr 2004 verminderten, stiegen die Reklamationen um über das 5-Fache an. Dies kann als ein Indiz für die starke Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber Lärm im Allgemeinen und Fluglärm im Speziellen gewertet werden.



Figur 16 Quelle: Umweltbericht Flughafen Basel-Mulhouse (2004).

3.4.6. ANZAHL TELEFONISCHER FLUGLÄRMREKLAMATIONEN WEGEN MILITÄRISCHEN FLÜGEN

Definition und Einbettung des Indikators

Hauptziel des Reklamationswesens bei der Schweizer Luftwaffe ist, dass den Anfragenden telefonische oder briefliche Auskunft über Lärmereignisse der Luftwaffe gegeben wird. Die Anzahl telefonischer Reklamationen wegen militärischen Flügen dient ebenfalls als Proxi-Grösse zur Beurteilung der Veränderung des Belästigungsgrades der Bevölkerung durch militärische Flüge. Dieser Indikator ist im Gegensatz zu Reklamationen über Lärmtelefone von Flughäfen nicht geographisch gebunden. Belästigungen werden nicht nur um Flugplätze, sondern verteilt über die gesamte Schweiz, wahrgenommen. Dabei spielen Störungen in Ruhezeiten eine wichtige Rolle.

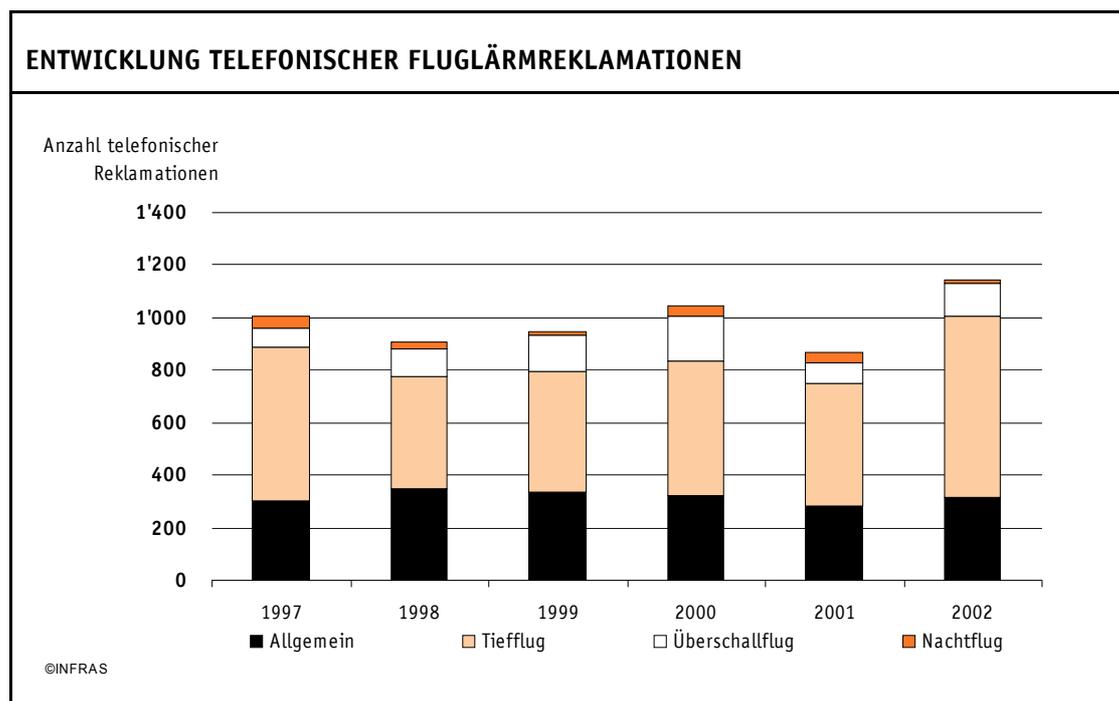
Datengrundlage

Telefonische und briefliche Reklamationen werden bei der Schweizerischen Luftwaffe schweizweit durch das Air Operation Center und im Flugplatzbereich durch das Flp Kdo erfasst. Die Daten stehen nach den Kategorien „allgemein“, „Tiefflug“, „Überschallflug“ und „Nachtflug“ in Zeitreihen zur Verfügung.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die Anzahl telefonischer Fluglärmreklamationen aufgrund militärischer Flugbewegungen (Propeller, Jets und Helikopter) blieben in den Jahren 1997 bis 2002 recht konstant (vgl. Figur 17). Spitzen können in den Jahren 1997, 2000 und 2002 verzeichnet werden. Diese drei Jahre weisen einen überdurchschnittlichen Anteil an Reklamationen auf Grund von Tiefflügen aus. Die Schwankungen hängen vermutlich stark von Einzelereignissen ab (z.B. Anzahl WK, Spezialeinsätze, Einsätze ausländischer Kampffjets).

Werden die Reklamationen mit den Veränderungen der Flugstunden und der Anzahl Landungen verglichen, kann abgeleitet werden, dass die Reklamationen mit der Anzahl geflogener Stunden gut korreliert (vgl. auch Figur 23). Wobei bemerkt werden muss, dass auf den Plätzen, wo neu mit Nachbrennereinsatz gestartet wird, die Reklamationen stark zugenommen haben.



Figur 17 Anzahl telefonischer Reklamationen aufgrund militärischer Flugbewegungen (Propeller, Jets und Helikopter).
Quelle: Schweizerische Luftwaffe (Sekt. Raum und Umwelt).

An dieser Stelle kann auch die Kampffjet-Initiative „Gegen Kampffjetlärm in Tourismusgebieten“ von Franz Weber erwähnt werden, welche als eine generelle Lärmreklamation interpretiert werden kann.

3.4.7. BEEINTRÄCHTIGUNG IN ERHOLUNGSGEBIETEN, BEISPIEL GEBIRGSLANDEPLÄTZE

Definition und Einbettung des Indikators

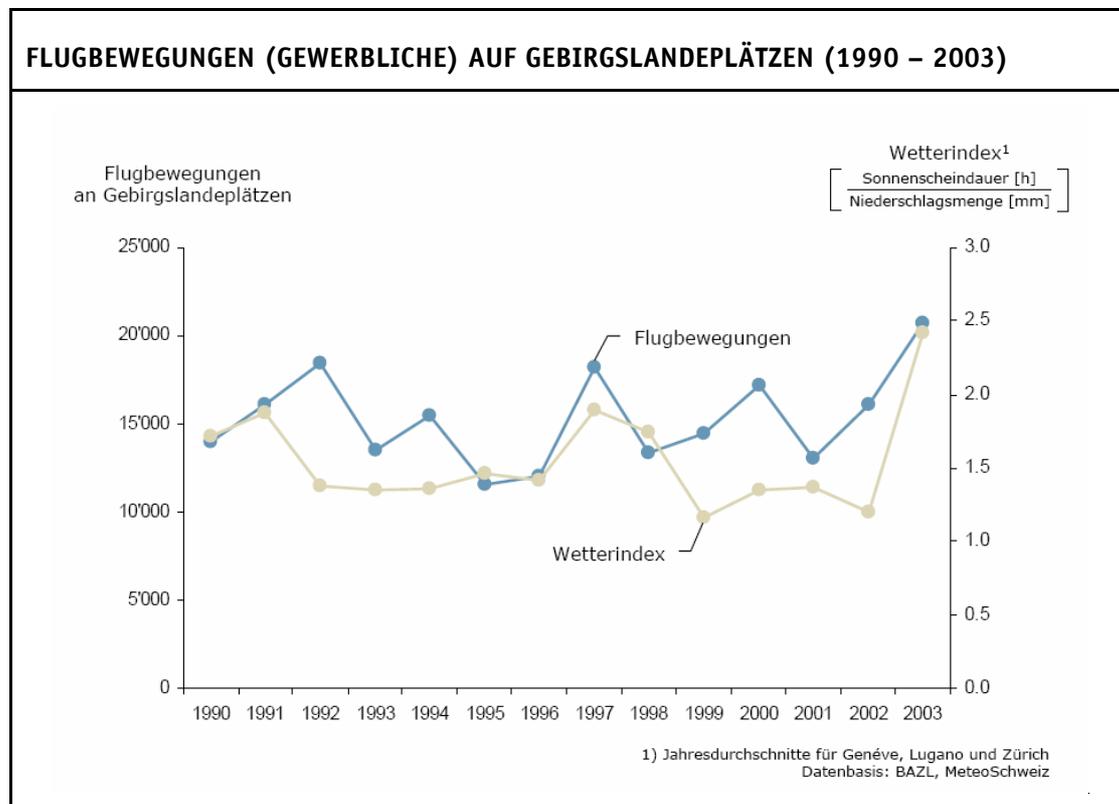
Die sozio-psychologische Erhebung BAZL (1980) kommt u.a. zum Schluss, dass „ zu vermuten ist, dass der Lärm der Kleinflugzeuge auch deshalb als störend empfunden wird, weil durch ihn potentielle lärmfreie Gebiete bzw. Zeiten zusätzlich belärmt werden. Es ist zu beachten, dass in einer weiträumigen Betrachtungsweise, ... , davon auszugehen ist, dass der Beitrag der Kleinaviatik zur Verringerung von wirklich lärmfreien Gebieten in der Schweiz überproportional hoch ist“. In Ruhe- und Erholungsgebieten werden in Bezug auf die Zivilluftfahrt vor allem Helikopter und Kleinflugzeuge als störend empfunden, insbesondere wenn sie sehr tief fliegen.

Datengrundlage

Zur Abschätzung der Lärmbelastung stehen die Flugbewegungen von und zu den Gebirgslandeplätzen zur Verfügung.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die gewerblichen Flüge auf Gebirgslandeplätzen verzeichnen starke Schwankungen in der Zahl der jährlichen Flugbewegungen, ohne dass ein klarer Trend in Richtung Zu- oder Abnahme ersichtlich ist. Obwohl die Gebirgsfliegerei hauptsächlich durch Helikopter erfolgt, dessen Einsatz weniger vom Wetter abhängt als der Einsatz von kleinen Flächenflugzeugen, spielt die jährliche Wetterlage bei der Verkehrsentwicklung eine besondere Rolle. Wie in RappTrans 2005 gezeigt korreliert beispielsweise das überdurchschnittlich hohe Flugaufkommen der Jahre 1997 und 2003 mit einer besonders schönen Jahreswetterlage.



Figur 18 Quelle: RappTrans 2005.

Nicht gewerbsmässige Bewegungen inkl. Ausbildungsflüge wurden für die Jahre 2001/2002 per Fragebogen abgeschätzt. Sie betragen für Flächenflugzeuge 20-30'000 und für den Helikopterverkehr 5-10'000 Bewegungen pro Jahr (Auskunft BAZL). D.h. es werden rund 1.5-mal mehr nicht gewerbsmässige Flüge auf Gebirgslandeplätzen geflogen wie gewerbsmässige.

Unter der Annahme, dass 50'000 Flugbewegungen pro Jahr auf Gebirgslandeplätzen stattfinden, starten und landen pro Tag durchschnittlich um die 140 Flächenflugzeuge oder Helikopter auf der je nach Jahreszeit zur Verfügung stehenden Anzahl Gebirgslandeplätzen (Total 42). Zieht man dann noch in Betracht, dass die meisten Flüge nur bei schönem Wetter stattfinden, steigt die maximale Belastung durch Gebirgsfliegerei noch stark an. Es ist davon auszugehen, dass bestimmte alpine Erholungs- und Ruhezone regelmäßig durch Fluglärm belastet sind. Die Lärmbelastung im Umfeld von Gebirgslandeplätzen liegen mit Abstand unter den Grenzwerte der LSV. In diesen Räumen hat jedoch bereits eine geringe Anzahl von Bewegungen bei einzelnen Personen eine grosse und kaum quantifizierbare Belästigungswirkung.

3.4.8. LÄRMKOSTEN

In den folgenden Unterkapiteln a) und b) wird zwischen jährlichen und einmaligen Lärmkosten unterschieden.

a) Jährliche Lärmkosten: Zahlungsbereitschaft Lärmvermeidung und Gesundheitskosten

Definition und Einbettung des Indikators

Die jährlichen anfallenden Lärmkosten bestehen aus den beiden Indikatoren Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Fluglärm (gemessen über die Mietzinsausfälle infolge der Lärmbelastung) sowie den Folgekosten aufgrund fluglärmbedingter Gesundheitseffekte.

Datengrundlage

Berechnungen zur Höhe der jährlichen Lärmkosten liegen für den Flughafen Zürich aus einer aktuellen Studie vor (AFV 2005, S. 122ff.). Mit Hilfe von Daten zu Mietzinsausfällen pro zusätzlichem Dezibel Lärm²⁵, detaillierten Angaben über die Anzahl belasteter Personen pro Dezibelklasse²⁶ sowie Daten zu den relativen Risiken für lärmbedingte Gesundheitseffekte²⁷ wurden in jener Studie für verschiedene Szenarien die jährlichen Lärmkosten auf dem Flughafen Zürich abgeschätzt. Die genaue Berechnungsweise wird in der Studie detailliert beschrieben (AFV 2005). Einige Details sind zudem im Kapitel 3.1.3 erläutert. Im vorliegenden Bericht werden die jährlichen Lärmkosten für das Jahr 2004 mit 250'000 lärmrelevanten Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich verwendet. Alle in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse zu den Lärmkosten stammen also aus der Studie AFV 2005.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands (nur Flughafen Zürich)

Figur 19 zeigt die jährlichen Lärmkosten für das Jahr 2004 für 250'000 lärmrelevante Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich resp. 265'000 insgesamt. Total belaufen sich die jährlich anfallenden Lärmkosten auf rund 26 Mio. CHF (Quelle: AFV 2005). Eine Sensitivitätsanalyse mit einem Szenario ohne Hub mit 214'000 Flugbewegungen pro Jahr im Rahmen der Studie AFV 2005 zeigt, dass die jährlich Lärmkosten bei noch 20 Mio. CHF liegen würden, also rund einen Viertel (23%) tiefer. Absolut gesehen ist die Differenz mit 6 Mio. CHF jedoch nicht sehr gross. Der grosse prozentuale Rückgang der Lärmkosten zeigt jedoch deutlich, dass bei einem Wegfall von rund 15% der Flugbewegungen am Flughafen Zürich

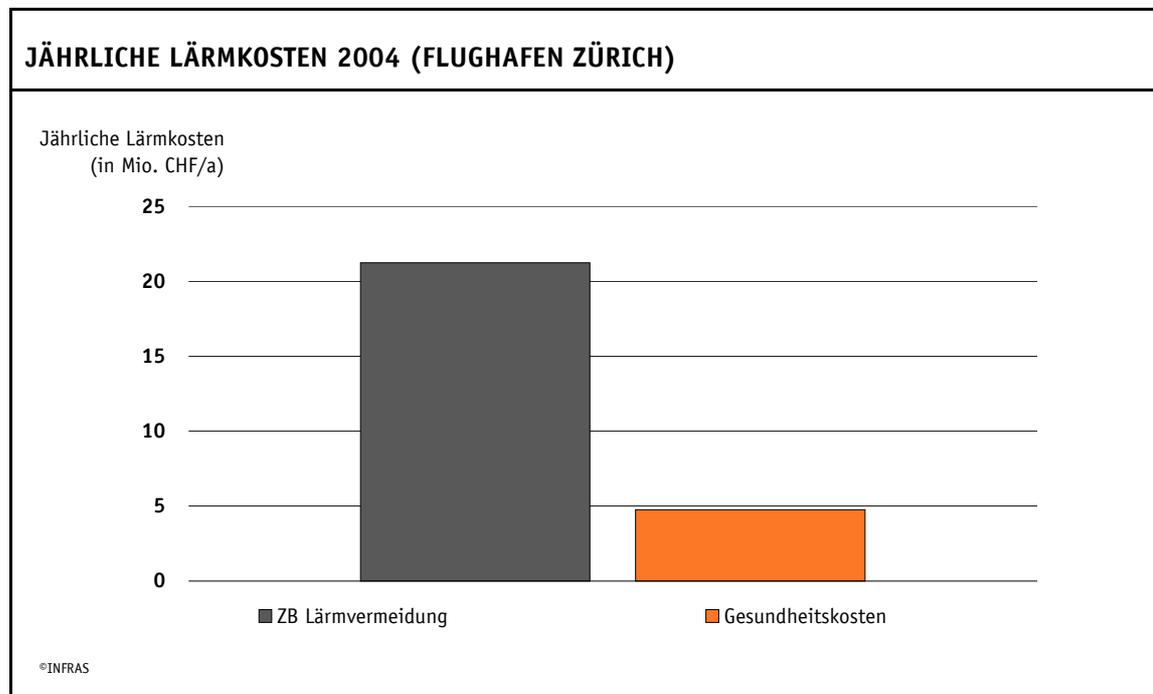
25 Quellen: u.a. ECOPLAN 2001, ITEN 1990, PEARCE & PEARCE 2000, NAVRUD 2002, YAMAGUCHI 1996, SCHIPPER 1998

26 Quelle: Angaben von Unique im Rahmen der Studie AFV 2005.

27 Quellen: u.a. ARE/ECOPLAN 2004, VAN KEMPEN 2002, MASCHKE 2003, IER 2003, MÜLLER-HOFSTETTER & WENK 2003.

überproportional viel weniger Menschen vom Lärm betroffen wären, d.h. die Lärmkosten stärker zurückgehen als die Anzahl Flugbewegungen. Es zeigt sich also, dass zwischen der Anzahl Flugbewegungen und den Lärmkosten kein linearer Zusammenhang besteht. Dies ist bei der erwähnten Sensitivitätsanalyse unter anderem auf die geringere Gesamtanzahl Flugbewegungen sowie den überproportionalen Rückgang der Grossflugzeuge zurückzuführen, vor allem aber auf die Reduktion der Lärmbelastung zu den Tagesrandstunden.

Mit knapp 18% machen die Gesundheitskosten einen weitaus geringeren Anteil an den gesamten Lärmkosten aus als die Zahlungsbereitschaftskosten zur Vermeidung von Fluglärm.



Figur 19 (ZB: Zahlungsbereitschaft), Quelle: AFV 2005.

Vergleich mit anderen Studien

Andere Studien zu den externen Lärmkosten vom Flugverkehr kommen zu ähnlichen Zahlen wie die vorliegende Studie. Die europäische Studie UNITE 2002 kommt für die gesamte Schweiz und das Jahr 1998 auf externe Fluglärmkosten von 26.5 Mio. EUR, also rund 42.2 Mio. CHF. Davon entfallen fast 88% auf die Vermeidungskosten von Fluglärm (d.h. Mietzinsausfälle). Da dem Flughafen Zürich rund 55% aller Flugbewegungen des Linien- und Charterverkehrs in der Schweiz bzw. sogar 61% aller Passagiere zuzurechnen sind, dürften unter der Annahme von gleichmässig verteilten Betroffenen die Lärmkosten des Flughafens Zürich rund 23 bis 26 Mio. CHF betragen. Dieser Wert stimmt sehr gut mit dem hier berech-

neten Wert für 2004 überein (26 Mio. CHF). Die Studie von INFRAS/IWW 2004 kommt mit einer leicht anderen Berechnungsmethode ebenfalls auf ähnliche Werte für die gesamte Schweiz: 37.9 Mio. EUR im Jahr 2000, also gut 59 Mio. CHF. Damit liegen die Werte ebenfalls in der gleichen Grössenordnung, jedoch etwas höher als in der Studie von UNITE 2002. Die zitierte Studie aus Deutschland (IER 2003) kommt für den Flughafen Frankfurt am Main auf Lärmkosten von 26 Mio. EUR im Jahr 2000²⁸. Auch in dieser Studie stimmen die Grössenordnung und die Vorgehensweise mit unserer überein. Die gesamten externen Kosten des Flughafens Frankfurt am Main beziffert diese Studie auf 82.6 Mio. EUR pro Jahr.

Zu bedeutend höheren Lärmkosten für den Flughafen Zürich kann es jedoch kommen, wenn das Thema der *formellen Enteignungen* aktuell wird. Dabei handelt es sich aber nicht um Zahlungsbereitschaften, sondern vielmehr um Forderungen, die juristisch noch in Abklärung sind. Die Grössenordnungen sind deshalb nicht direkt vergleichbar und haben tendenziell maximierenden Charakter. Es erstaunt deshalb nicht, dass Unique diese mit grossen Unsicherheiten behafteten Kosten auf bis zu 800 Mio. bis 1.2 Mia. CHF schätzt.

Im Unterschied zu den oben beschriebenen, jährlich wiederkehrenden externen Lärmkosten handelt es sich bei den Enteignungskosten wie bei den Schallschutzkosten (siehe folgendes Kapitel) um einmalige Kosten analog zu Investitionskosten. Um sie also mit den in dieser Studie errechneten jährlichen Lärmkosten vergleichen zu können, müssen aus den einmalig anfallenden Kosten für die formellen Enteignungen jährliche Kosten (Annuitäten) errechnet werden. Gemäss der Ertragswertmethodik kann aus den Gesamtkosten (Enteignungskosten von 0.8-1.2 Mia. CHF) die Annuität berechnet werden. Bei einem angenommenen Zinssatz von 3% liegen die jährlichen Kosten also zwischen 24 und 36 Mio. CHF. Damit liegt dieser jährliche Wert in der gleichen Grössenordnung wie die von uns berechneten Lärmkosten.

b) Einmalige Lärmkosten: Schallschutzkosten

Definition und Einbettung des Indikators

Nebst den externen Lärmkosten, welche durch den Flugverkehr anfallen, gibt es zusätzlich eine weitere Komponente von Lärmkosten: Es sind dies die Lärmsanierungs- bzw. Schallschutzkosten. Diese Kosten werden vom Flughafenbetreiber getragen. Dabei finanziert der Flughafen über ihren Lärmschutzfonds die Schallschutzkosten von allen gemäss Lärm-

²⁸ Am Flughafen Frankfurt am Main lagen die Flugbewegungen 2003 bei ca. 458'000 ATM und damit rund 70% höher als in Zürich.

schutzverordnung betroffenen Personen bzw. Häusern. Wichtig ist der Hinweis, dass es sich im Gegensatz zu obigen, jährlich wiederkehrenden Lärmkosten um einmalige Lärmkosten im Sinne von Investitionskosten handelt.

Datengrundlage

Daten zur Höhe der Lärmsanierungskosten liegen für den Flughafen Zürich und Genf vor. Mit Hilfe der Angaben von Unique zu den durchschnittlichen Lärmsanierungskosten pro betroffene Person wurden für verschiedene Szenarien die gesamten Schallschutzkosten berechnet. Hier werden die Schallschutzkosten für das Jahr 2004 mit 250'000 lärmrelevanten Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich verwendet (Quelle: AFV 2005).

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Flughafen Zürich

In den Informationen aus dem Programm 2010 (2005) von Unique wird darauf hingewiesen, dass angesichts der grossen Zahl betroffener Gebäude und der zu erwartenden Kosten allen Liegenschaften im provisorischen Perimeter Sanierungsprioritäten zugeordnet wurden. Massgebend für den Terminplan sind die Sanierungsprioritäten, die verfügbaren Geldmittel sowie die folgenden Sanierungsgrundsätze:

- › Der Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm und damit der Fensterersatz hat Vorrang gegenüber den Rückerstattungen für bereits freiwillig geleistete Massnahmen.
- › Die Realisierung der Massnahmen erfolgt in der Regel von innen nach aussen, das heisst: flughafennahe Gebiete haben Vorrang vor peripheren Gebieten.
- › Innerhalb der 4 Prioritätsstufen ist das Mass der Grenzwertüberschreitungen für das Sanierungsprogramm bestimmend.

Bis heute wurden durch die Flughafenbetreiberin Unique rund 58 Mio. Franken ausgegeben, um damit rund 1'600 Häuser zu sanieren. Die gesamten heutigen Lärmschutzkosten für das aktuelle Betriebsreglement belaufen sich gemäss Unique (2005) auf rund 250 Mio. CHF. Durch Veränderungen am derzeitigen Betriebskonzept könnten in der Zukunft zusätzliche Kosten anfallen.

Flughafen Genf

Im Rahmen der ersten Phase wurde geplant, dass ca. 200 Häuser mit insgesamt rund 1'000 Wohnungen schallisoliert werden. Sie liegen alle in Bereichen mit Überschreitungen der Alarmwerte gemäss LSV. Bis zum heutigen Zeitpunkt sind bisher ca. 140 Gebäude saniert worden. Die restlichen geplanten Sanierungen sind aus verschiedenen Gründen zum Teil

blockiert, die vom Flughafen nicht beeinflusst werden können (Konkurs der Eigentümergesellschaften, etc.). In einer zweiten freiwilligen Phase werden Gebäude in Lagen mit einer Belastung unterhalb des Alarmwerts in absteigender Reihenfolge ihrer Belastung schallisoliert. Diese Massnahmen betreffen auch Liegenschaften in Frankreich. (AIG 2005a und Auskunft Flughafen Genf (Herr Pocecco)).

Für die vorgesehenen Massnahmen steht dem Flughafen Genf ein Budget (gespiessen aus dem lärmabhängigen Zuschlag der Landetaxe) von total rund 40 Mio. CHF zur Verfügung. Davon sind bis heute bereits ca. 25 Mio. CHF ausgegeben worden oder fest gebunden. Mit dem vorhandenen Geld können allerdings nicht alle Liegenschaften über dem IGW saniert werden.

3.5. EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG

3.5.1. ZIVILE LUFTFAHRT IN DER SCHWEIZ

Eine umfassende Prognose für Lärmbelastung und -belästigung im Bereich der zivilen Luftfahrt in der Schweiz ist aufgrund der vorliegenden Daten nur qualitativ möglich. Für die Landesflughäfen liegen punktuelle Lärmberechnungen für die Zukunft vor. An dieser Stelle soll deshalb die Entwicklung von mehreren Indikatoren beschrieben werden, die einen massgeblichen Einfluss auf die zukünftige Lärmbelastung und -belästigung haben. Die Fluglärmbelastung wird zu einem wesentlichen Teil durch die Anzahl Flugbewegungen, die Betriebsreglemente (inkl. An- und Abflugwege, An- und Abflugzeiten, etc.) und den technischen Stand der Flugzeugflotte bestimmt.

Die Entwicklung der Fluglärmbelästigung folgt zu grossen Teilen der physikalischen Lärmbelastung und der Wahrnehmung des Fluglärms durch die Betroffenen. Anhand der folgenden Indikatoren soll das zukünftige Bild der Lärmbelastung und -belästigung differenziert werden:

- › Technische Entwicklung
 - › Lärmtechnik
 - › Flugzeuggrösse
- › Entwicklung der gesamten jährlichen Flugbewegungen und der Flugbewegungen im Tagesverlauf.
- › Entwicklung der Bevölkerung rund um die Flughafengebiete.
- › Wahrnehmung der Fluglärmbelastung durch die Bevölkerung.

Interpretation der vorliegenden Lärmprognosen für die Landesflughäfen

Wie schon erwähnt liegen für die Landesflughäfen Basel, Zürich und Genf Lärmberechnungen für höhere Auslastungen der Flughäfen vor:

- › Basel: Die im Ist-Zustand eingeflossenen Daten basieren auf den Lärmberechnungen für das neue ILS 34-Verfahren²⁹ und für total 95'900 Flugbewegungen. Zum Vergleich wurden auch die Lärmkurven für eine Variante mit 129'000 Flugbewegungen (wie im Jahr 2000) gerechnet. Die Digitalisierung im GIS ergab, dass sich die fluglärmbelastete Fläche mit Leq >50 dB(A) um rund 410 Hektaren oder 17% vergrössert. Die stärkste Zunahme (+20%) verzeichnet die Fläche mit Leq >60 dB(A). Es kann vermutet werden, dass damit die Anzahl fluglärmbelasteter Personen ebenfalls zunimmt.
- › Genf: Im UVB des Flughafens Genf (Ecoscan 2000) wurden Lärmberechnungen für die Jahre 2010 (133'000 Flugbewegungen)³⁰ und 2020 (150'000 Flugbewegungen) erstellt. Der Fluglärm vermindert sich bis ins Jahr 2010 während des Tages um 1-2 dB(A) gegenüber 1998 und erhöht sich bis ins Jahr 2020 wieder um rund 1 dB(A) gegenüber 2010. Während der Nacht vermindert sich die Lärmbelastung um 0-3 dB(A). Den Berechnungen wurde eine leisere Flotte unterstellt. Fluglärmbelastete Flächen oder Personen werden nicht ausgewiesen.
- › Zürich: Ausgehend von den Lärmberechnungen für den Ist-Zustand im Jahr 2000 (Z0), wurde für den Flughafen Zürich Lärmbelastungen mit einer Auslastung von 350'000 Flugbewegungen berechnet. Diese Fluglärmerechnungen weisen die zu erwartenden Fluglärmbelastungen im Jahr 2010 aus (vgl. EMPA 2005).³¹ Gesamthaft (Umhüllende Tag und Nacht) sinkt die Anzahl lärmbelasteter Personen über dem IGW um rund 5'000 Personen. Neben einer leichten Verbesserung am Tag (06-22 Uhr), sollen v.a. in der 2. Nachtstunde (23-05 Uhr) kaum mehr Personen belastet werden. D.h. trotz eines Anstiegs der Flugbewegungen³² kann insgesamt eine Verminderung lärmbelasteter Personen ausgewiesen werden, was aus Sicht der Nachhaltigkeit begrüssenswert ist.

Technische Entwicklung der Flugzeugflotte

Aus den Annahmen in CONSAVE 2005³³ geht hervor, dass die neuste Flugzeugtechnik (Best Available Technology) bis im Jahr 2020 um rund 10 dB(A) leiser sein soll als der heutige

29 ILS: Instrument Landing System

30 Wobei die Annahmen des Anteils an Grossflugzeugen mit >10% nicht mehr realistisch sein dürften.

31 Dabei handelt es sich, um eine von diversen berechneten Lärmzuständen um den Flughafen Zürich.

32 Von rund 325'000 im Jahr 2000 auf 350'000 für das Jahr 2010 (EMPA 2005).

33 Die Annahmen zur Entwicklung der Flugzeugtechnologie stammen vom britischen Rüstungs- und Technologieunternehmen QinetiQ (früher DERA).

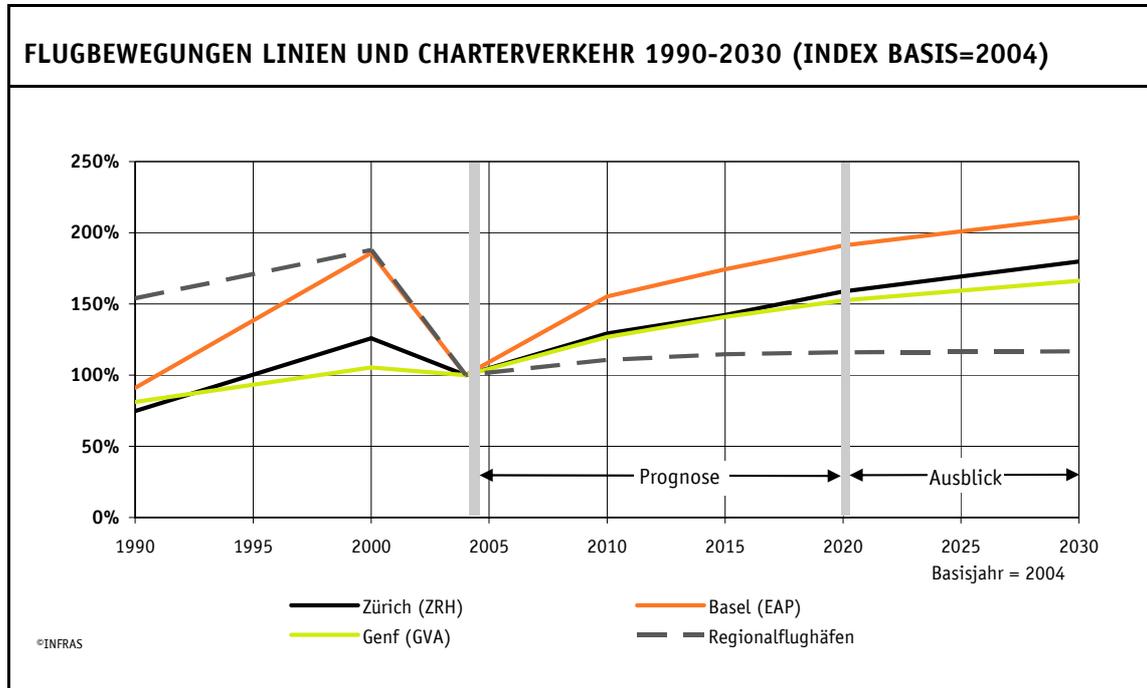
Flottenmix.³⁴ Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich um eine kontinuierliche Entwicklung handelt, d.h. jedes neu konstruierte Flugzeug ist leiser als sein Vorgänger. Unter der Annahme, dass der Erneuerungszyklus einer Flugzeugflotte in Europa rund 20 Jahre beträgt, werden spätestens im Jahr 2030 die Hälfte der Flugzeuge um 10 dB(A) leiser sein als der heutige Flottenmix. Entscheidend für eine schnelle Einführung leiserer Flugzeuge sind neben der notwendigen Technologie auch die Ertragslage der Fluggesellschaften, die Höhe von Lärmemissionsabgaben auf laute Flugzeuge, Vorschriften der internationalen Luftfahrtbehörde und der Treibstoffpreis (ein hoher Treibstoffpreis beschleunigt den Erneuerungszyklus der Flotte).

Eine entscheidende Rolle für die zukünftige Lärmbelastung spielt auch die zukünftige Grösse der Flugzeuge, die auf schweizerischen Flughäfen starten und landen werden. Sehr grosse Flugzeuge haben andere Lärm- und Störcharakteristiken als kleinere Flugzeuge. Der Einsatz dieser grossen Flugzeuge ist einerseits abhängig von der technischen Entwicklung im Flugzeugbau (bewähren sich Flugzeuge wie der Airbus A380) und andererseits von der Entwicklung der Swiss (als Tochter von Lufthansa). Falls es der Swiss gelingt, längerfristig ihr Langstreckennetz zu sichern, ist es sehr wahrscheinlich, dass weiterhin die grössten Flugzeuge in der notwendigen Anzahl Zürich bedienen werden. Die übrigen Flughäfen der Schweiz werden kaum jemals in der Lage sein, derart grosse Flugzeuge wie der Airbus A380 abzufertigen.

Linien- und Charterverkehr auf den Landesflughäfen und den Regionalflughäfen

Figur 20 zeigt die zukünftige Entwicklung der Flugbewegungen des Linien- und Charterverkehrs auf den schweizerischen Landes- und Regionalflughäfen für das Szenario +3% Wachstum pro Jahr in den Jahren 2004 bis 2020 (vgl. Intraplan 2005). Dies entspricht rund 659'000 Flugbewegungen im Jahr 2020 in der Schweiz.

³⁴ Der Wert entspricht dem offiziellen und als realistisch angeschauten europäischen ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) Ziel.



Figur 20 Entwicklung und Prognosen für die Flugbewegungen auf Landes- und Regionalflughäfen (Basisjahr = 2004).
Quelle: BAZL 2005b und Intraplan 2005.

Bei einer Verdopplung der Flugbewegungen kann eine Zunahme der Lärmbelastung um rund +3 dB(A) L_{eq} festgestellt werden (Auskunft BAFU), wenn An- und Abflugwege und die Flottenzusammensetzung gleich bleiben. Übersetzt man diese Formel auf die Flugbewegungen in den Szenarien im Jahr 2020, heisst das folgendes:

THEORETISCHE ZUNAHME DER FLUGLÄRMBELASTUNG AUFGRUND STEIGENDER FREQUENZEN BIS 2020		
Szenario	Zunahme der Flugbewegungen	Abschätzung über die Zunahme der Lärmbelastung
Trend Intraplan	60%	+1.8 dB(A)
Rapp Tief	30%	+0.9 dB(A)
No Hub Zürich	12%	+0.4 dB(A)

Tabelle 11 Quellen: EWI 1993, RappTrans 2005 und Intraplan 2005.

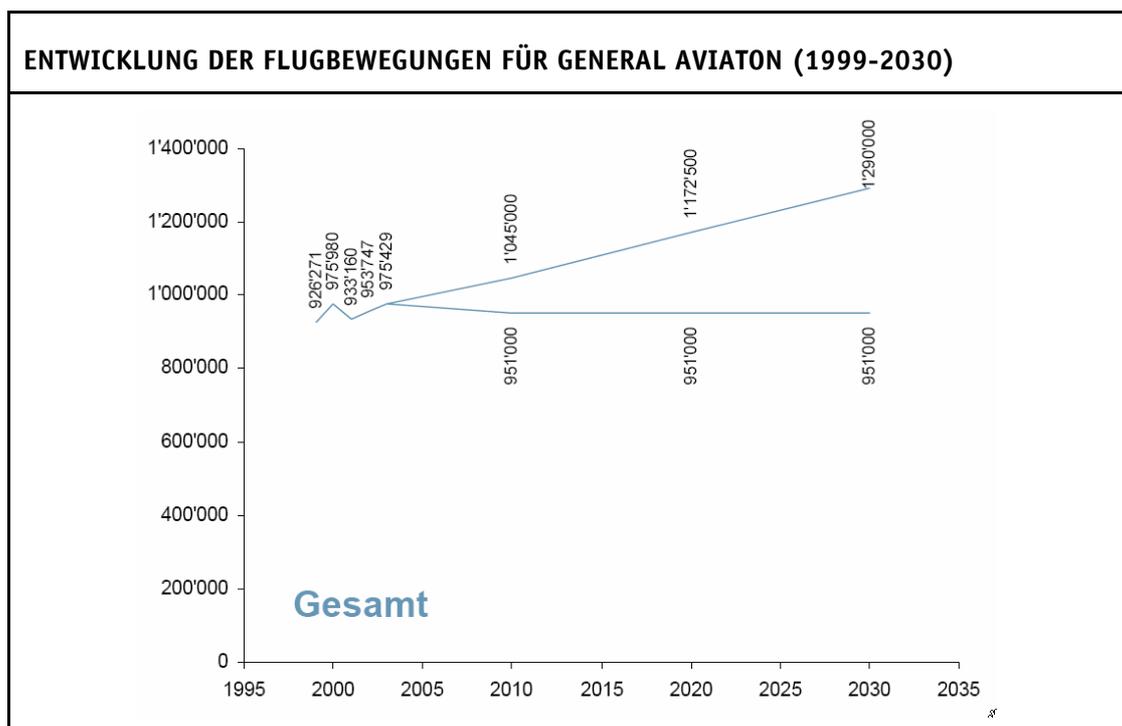
Je nach vorhandener Infrastruktur ist es möglich, dass die Flughafennutzung zu den Tagesrandzeiten (zur Bedienung der Interkontinental- und Geschäftsflüge) auf den Landesflughäfen stark ansteigen kann. Die Diskussion über einen Ausbau der schweizerischen Flughafeninfrastruktur wird innerhalb des SIL-Prozesses diskutiert.

Entwicklung des Flugverkehrs der General Aviation

RappTrans (2005) weist bis zum Jahr 2030 zwei Szenarien aus (vgl. Figur 21). Ein Szenario mit gleich bleibender Anzahl Flugbewegungen von rund 950'000 und ein Wachstumsszenario mit einem Anstieg der Flugbewegungen auf 1'290'000 (resp. +32% gegenüber dem Jahr 2003). Die Anteile verteilen sich auf Privatflüge (zwischen 35% und 40%), die Ausbildungs- und Kontrollflüge (zwischen 33% und 40%), die Helikopterflüge (zwischen 15% und 25%) und die sonstigen gewerbmässigen Flüge.

Mit Ausnahme der beiden Flugplätze Sion (mit militärischer Nutzung) und Lugano verursachen Regionalflugplätze und Flugfelder höchstens geringfügige Grenzwertüberschreitungen. Wäre dies nicht der Fall, müssten gemäss LSV entsprechende Massnahmen getroffen werden. Für die zukünftige Lärmentwicklung sind die beiden Szenarien zur Anzahl Flugbewegungen der General Aviation (gemäss RappTrans 2005) von Interesse. Hier spielt das Wachstumsszenario eine wichtige Rolle, u.a. weil in diesem die Helikopterflüge rund 25% der Flugbewegungen ausmachen. RappTrans (2005) listet einige Argumente auf, die zu diesem höheren Wachstum führen könnten, u.a.:

- › Guter Verlauf der Konjunktur,
- › Kleine, billige und einfach handhabbare Flugzeuge (Ecolight Flugzeuge),
- › Steigende Nachfrage nach touristisch induziertem Flugverkehr (z.B. Heliskiing).



Figur 21 Quelle: RappTrans 2005.

Bewegen sich die Flugbewegungen der allgemeinen Luftfahrt auf einem ähnlichen Niveau wie in den letzten Jahren, wird es kaum zu einer Lärmbelastung über den Grenzwerten der LSV kommen. Bei einem Wachstum von über 30% bis zum Jahr 2030 ist es offensichtlich, dass auf gewissen Flugplätzen die Lärmbelastung in einem gewissen Masse zunimmt. Damit würde auch eine nicht nachhaltige Entwicklung im Bereich Lärm eingeschlagen werden und Grenzwertüberschreitungen können u.U. vorkommen.

Entwicklung der Bevölkerung rund um die Flughafengebiete

Die Entwicklung der Bevölkerung rund um die Flughäfen ist abhängig von der räumlichen Entwicklung. Es besteht ein Trade off zur raumplanerisch angestrebten Verdichtung nach innen. Grundsätzlich streben die Agglomerationsprogramme eine Verdichtung nach innen an, was das Potenzial für mehr belärmte Personen (vorab in der Umgebung der Landesflughäfen) erhöht. Es ist Aufgabe einer proaktiven Raumplanung, dies zu verhindern. Ein Potenzial besteht darin, dass in den stark belasteten Gebieten rund um die Landesflughäfen vermehrt Gewerbenutzungen zugelassen werden. Wir gehen davon aus, dass mit raumplanerischen Massnahmen die Anzahl potenziell belärmter Personen konstant gehalten bzw. gesenkt werden kann.

Wahrnehmung der Belästigung durch Fluglärm

Die beschriebenen Mechanismen von Lärm, moderierenden Einflüssen und Lärmwirkung verändern sich stetig. Blickt man mehrere Jahrzehnte zurück, wurden z.B. die Flugzeuge immer leiser, während die Anzahl der Flugbewegungen drastisch zunahm. Der „Flugzeugmix“ ist heute völlig anders als vor dreissig Jahren und wird sich auch in Zukunft weiter verändern, weshalb sich die Charakteristik des Fluglärms verändert. Auch die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, politischen und flughafenbetrieblichen Rahmenbedingungen verändern sich über die Jahrzehnte und sind der Gesellschaft wahrscheinlich wenig bewusst, weil sie oftmals langsam vor sich gehen. Kommt es jedoch zu schnellen Veränderungen, können Überreaktionen hinsichtlich der Wahrnehmung von Fluglärm stattfinden.

Im Umfeld von hoch technisierten Gesellschaften entstehen auch im Generellen immer mehr „Lärm-Nebenprodukte“, die von den Menschen als störend oder gar bedrohend wahrgenommen werden. Die Summe der Lärmquellen steigt ständig, womit Ruheinseln seltener werden. Diese sind jedoch sehr wichtig für den Stressabbau und die Erholung des Einzelnen. Es ist deshalb auch generell davon auszugehen, dass sich solche Veränderungen früher oder später auf die Wahrnehmung von Lärmbelastung auswirken und betroffene Personen lärmempfindlicher werden als sie es in der Vergangenheit waren.

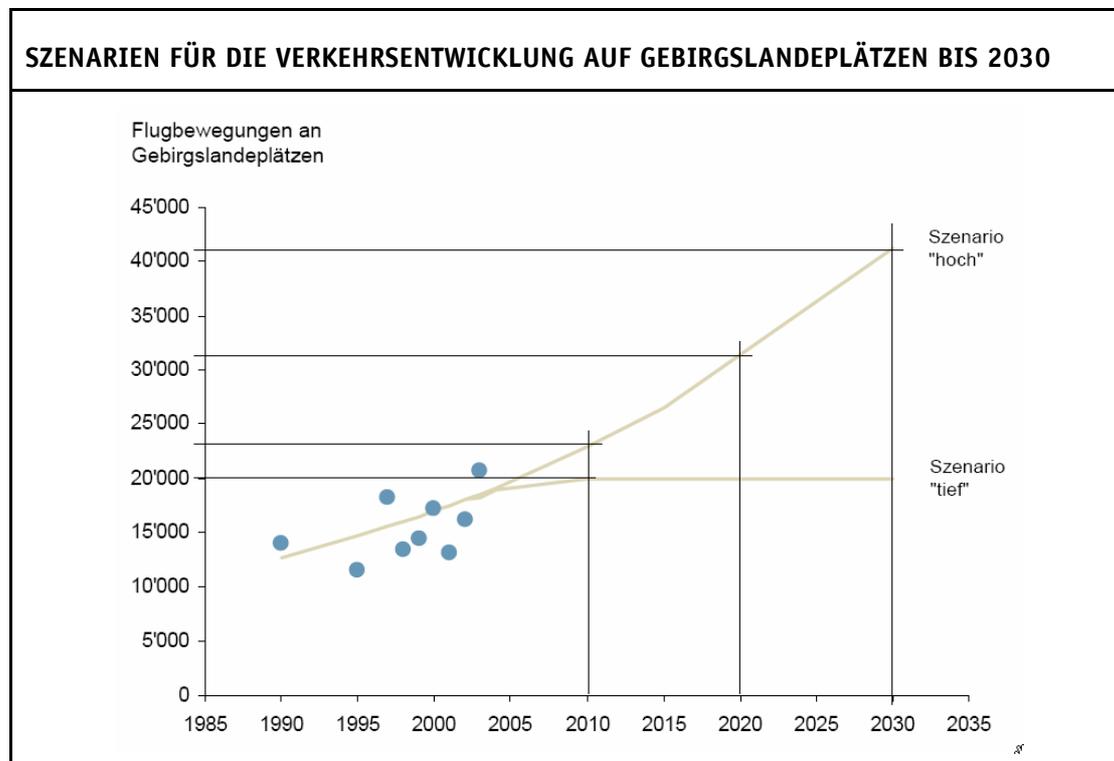
Fazit: Die Wahrnehmung des Lärms hängt sehr stark von der Entwicklung und der Kommunikation der Betriebsreglemente ab. Je besser es gelingt, gerechte und politisch akzeptierte Lösungen zu finden, desto eher wird sich die Lärmbelästigung ähnlich wie die Lärmbelastung entwickeln.

Entwicklung der Schallschutzmassnahmen

Mit der Umsetzung der Schallschutzprogramme der Flughäfen Genf und Zürich werden Liegenschaften in der Umgebung mit lärmempfindlichen Räumen vor übermässiger Lärmbelastung (gemäss den Auflagen der LSV) mit Schallisolationen geschützt. Die Programme werden auch in nächster Zukunft durch den Lärmzuschlag auf die Landetaxen finanziert. Ob und in welcher Form nach Abschluss dieser Programme weitere Massnahmen zur Implementierung von Schallschutzmassnahmen folgen, ist heute nicht absehbar.

Entwicklung um Gebirgslandeplätzen

In RappTrans (2005) wurde die zukünftige Entwicklung der Gebirgsfliegerei bis zum Jahr 2030 aufgezeichnet. Im Szenario „Tief“ wird davon ausgegangen, dass sich die Flugbewegungen auf der Höhe von 20'000 (gewerblichen) Landungen und Starts stabilisieren. Das Szenario „hoch“ unterstellt eine Verdopplung der gewerblichen Flugbewegungen bis zum Jahr 2030.



Figur 22 Quelle RappTrans 2005.

Über die Entwicklung der nicht erfassten, nicht gewerblichen Flugbewegungen liegen keine Prognosen vor. Unter der Annahme, dass die nicht gewerblichen Flugbewegungen auf Gebirgslandeplätzen im selben Masse ansteigen wie die gewerblichen, kann im Jahr 2030 von zwischen 50'000 bis 100'000 Flugbewegungen auf Gebirgslandeplätzen ausgegangen werden. Wobei auch hier die Ausbildungsflüge zu Gebirgslandeplätzen enthalten sind.

Das Wachstum im Szenario „hoch“ wird insbesondere durch Preis unelastische touristische Nachfrage nach Gebirgsfliegerei begründet. Aus Lärm- und Umweltsicht ist diese Entwicklung nicht nachhaltig und steht auch im Widerspruch zum Rahmenabkommen der Alpenkonvention, das die Schweiz am 1991 unterzeichnet hat. Eines der Ziele dieses völkerrechtlich verbindlichen "Übereinkommens zum Schutz der Alpen" lautet: "Die touristische Entwicklung in Einklang bringen mit den ökologischen und sozialen Erfordernissen - wo nötig auch durch eine Einschränkung umweltschädlicher touristischer Aktivitäten".

Fazit

Aus den oben stehenden Analysen können folgende Punkte herausgestrichen werden:

- › Es gibt sowohl Entwicklungsfaktoren, die die zukünftige Lärmbelastung senken als auch solche, die sie erhöhen. Die Nettowirkung in Bezug auf die Anzahl der betroffenen Personen ist deshalb ohne konkrete Modellrechnungen schwierig abzuschätzen.

- › Positiv wirken die technische Entwicklung und die Anstrengungen im Lärmschutz mit passiven Schallschutzmassnahmen. Tendenziell sollte dadurch die Anzahl betroffener Personen über dem Grenzwert und über dem Alarmwert minimiert werden.
- › Das technische Verminderungspotenzial ist bedeutend: Mit dem Einsatz ‚Best Available Technology‘ durch verbesserte Triebwerk- und Flugzeugtechnik kann eine Verminderung der Fluglärmemissionen von bis zu -10 dB(A) bis 2020 erzielt werden.
- › Die prognostizierte Zunahme der Flugbewegungen auf den Landesflughäfen (für die 3 Szenarien) verursacht – für sich genommen – eine höhere Fluglärmbelastung, unter der Annahme der heutigen An- und Abflugwege und des bestehenden Flottenmix. Die Zunahme des Dauerschallpegels für das Jahr 2020 kann grob abgeschätzt werden:
 - › 2.4 dB(A) für das Szenario „Trend“, wobei angenommen werden kann, dass auch durch den kontinuierlichen Ersatz alter Flugzeuge mit neuen und leiseren, die Fluglärmbelastung zunehmen würde. Unklar bleiben der Einsatz und die Lärmcharakteristik vor sehr grossen Flugzeugen.
 - › 1.2 dB(A) für das Szenario „tief“, wobei angenommen werden kann, dass bei stetem Ersatz der alten Flugzeuge durch neuere mit geringeren Lärmemissionen, die Fluglärmbelastung stagnieren würde. Unklar bleiben der Einsatz und die Lärmcharakteristik vor sehr grossen Flugzeugen.
 - › 0.5 dB(A) für das Szenario „No Hub“, wobei rund 4% weniger grosse Flugzeuge zum Einsatz kommen. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Fluglärmbelastung insgesamt sinken würde, weil ohne Hubbetrieb auch die Konzentration der Frequenzen ('Wellen') und der Druck auf die lärmsensiblen Tagesrandzeiten abnehmen.
- › Die wachsende Anzahl Flugbewegungen (vor allem gemäss Szenario Trend) auf den Landesflughäfen bewirkt, dass die sensiblen Tagesrandzeiten und schwach ausgelasteten Zeiten stärker mit Flugbewegungen belastet werden. Dies gilt insbesondere für den Flughafen Zürich. Die Lärmelastigung kann dadurch tendenziell erhöht werden. Hier ergibt sich ein bedeutender Konflikt zwischen Lärmelastigung und wirtschaftlich optimaler Bewirtschaftung eines interkontinentalen Hubs (vgl. auch Kapitel 6 Wirtschaft).
- › In der Optimierung der Betriebskonzepte liegt ein grosses Potenzial, die Anzahl lärm-betroffener Personen zu minimieren. Ob sich dies auch positiv auf die Lärmelastigung auswirkt, hängt stark von den Rahmenbedingungen und den konkreten Prozessen ab. Die Optimierung der Betriebskonzepte stellt deshalb eine grosse technische und politische Herausforderung dar und ist ein zentraler Bestandteil des SIL-Prozesses.

- › Auf den Regionalflughäfen (+16%) und Flugfeldern (+9%)³⁵ sind die Wachstumsprognosen bis im Jahr 2020 für die Anzahl Flugbewegungen moderater. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Effekt durch die höhere Anzahl Flugbewegungen in diesen Bereichen durch die technische Entwicklung ausgeglichen wird.
- › Allgemeine Luftfahrt: Bewegen sich die Flugbewegungen der allgemeinen Luftfahrt auf einem ähnlichen Niveau wie sie in den letzten Jahren zu beobachten waren, wird es kaum zu einer höheren Lärmbelastung oder Grenzwertüberschreitungen gemäss der LSV kommen. Bei einem starken Wachstum von über 30% bis zum Jahr 2030 ist zu erwarten, dass auf gewissen Flugplätzen die Lärmbelastung derart zunimmt, dass auch Grenzwertüberschreitungen vorkommen können.
- › Die Szenarien in der Gebirgsfliegerei gehen tendenziell von einem Anstieg der Flugbewegungen aus (vgl. Bandbreite der Szenarien). Es ist deshalb zu erwarten, dass sich in der Umgebung von Gebirgslandeplätzen keine Tendenz hin zu einer Abnahme der Belastungen abzeichnet. Leichte Verbesserungen der Lärmbelastungen könnten mit der Bündelung von Flugbewegungen (v.a. für Arbeitseinsätze) und Mindestabständen zum Berg erreicht werden.

3.5.2. SCHWEIZERISCHE LUFTWAFFE

Ausgehend vom Armeeleitbild und als Resultat des Projekts Armee XXI wurde die Schweizer Armee neu definiert. Die gesunkenen Bestände an Armeeingehörigen und Truppenkörper, Reduktion der Ausbildungs-, Logistik- und Einsatzinfrastruktur und den finanziellen Vorgaben durch den Bund für die neue Schweizer Armee haben Auswirkungen auf Nutzung, Betrieb und Organisation der Luftwaffe. Die folgenden Massnahmen werden heute angewendet, um die Fluglärmbelastung der Schweizer Luftwaffe zu minimieren:

- › Flugruhe an Wochenenden und Flugbetrieb für Jets an Werktagen nur zwischen 8.00 – 12.00 Uhr und 14.00–17.00 Uhr. Ausnahme bilden Abenddämmerungs- und Nachtflüge bis 22.00 Uhr und Spezialeinsätze (z.B. World Economic Forum).
- › Absolutes Minimum an Tiefflügen und festgelegte Minimalflughöhen und Maximalgeschwindigkeiten.
- › Lärmindernde Start- und Landeverfahren.
- › Gleichmässige Verteilung der Flüge mittels zentraler Koordination.
- › Einsatz von Zusatztanks für eine längere Verweildauer in der Luft, damit Starts und Landungen minimiert werden können.

³⁵ Flugbewegungen von Helikoptern und Flächenflugzeugen.

- › Prüfläufe von Flugzeugen in lärmisolierten Gebäuden und Einsatz von technisch anspruchsvollen Simulatoren.
- › Verlagerung besonders lärmintensiver Einsätze (insbesondere Tiefflüge) in geeignete Gebiete im Ausland.
- › Rücksichtnahme bei besonderen Anlässen (wie Beerdigungen) im Bereich der Militärflugplätze.

Aufgrund des Stationierungskonzepts und der z.T. geänderten Nutzung der Militärflugplätze müssen die Lärmbelastungskataster ersetzt werden. Mit den vorliegenden Fluglärmrechnungen (Prognosen 2010) können die Tendenzen für eine kurzfristige qualitative Prognose gezeichnet werden. Der Vergleich der Anzahl Flugbewegungen (vgl. Tabelle 12) für die Lärmbelastungskurven aus dem Jahr 2000 und den Prognosen 2010 zeigt, dass v.a. die Flüge mit Jets (-62%) und Propellerflugzeugen (-36%) bis 2004 stark abnahmen. Flugbewegungen mit Helikoptern werden laut der Prognose bis ins Jahr 2010 um 12% ansteigen, die der sonstigen Flugzeuge³⁶ werden sich mehr als verdreifachen (Auswirkung der Übernahme des Flugtransportdienstes des Bundes). Helikopter verursachen im Jahr 2010 am meisten Flugbewegungen (33'700), gefolgt von den Jets (24'800) und den Propellerflugzeugen (21'600). Die sonstigen Flugzeuge bilden einen sehr geringen Anteil an den Flugbewegungen (2'600).

BEWEGUNGSZAHLEN: RELATIVER VERGLEICH LBK 2000 UND PROGNOSE 2010								
	Meiringen	Payerne	Sion	Emmen	Alpnach	Locarno	Total	Dübendorf
Jet	-50%	-32%	-50%	-90%	-	-	-62%	-100%
Helikopter	57%	21%	115%	248%	1%	95%	12%	-17%
Propeller	20%	-41%	27%	13%	-36%	-45%	-36%	-82%
SFlz	0%	285%	11%	3733%	0%	-100%	205%	59%
Total	-38%	-25%	-16%	-16%	-2%	-34%	-37%	-77%

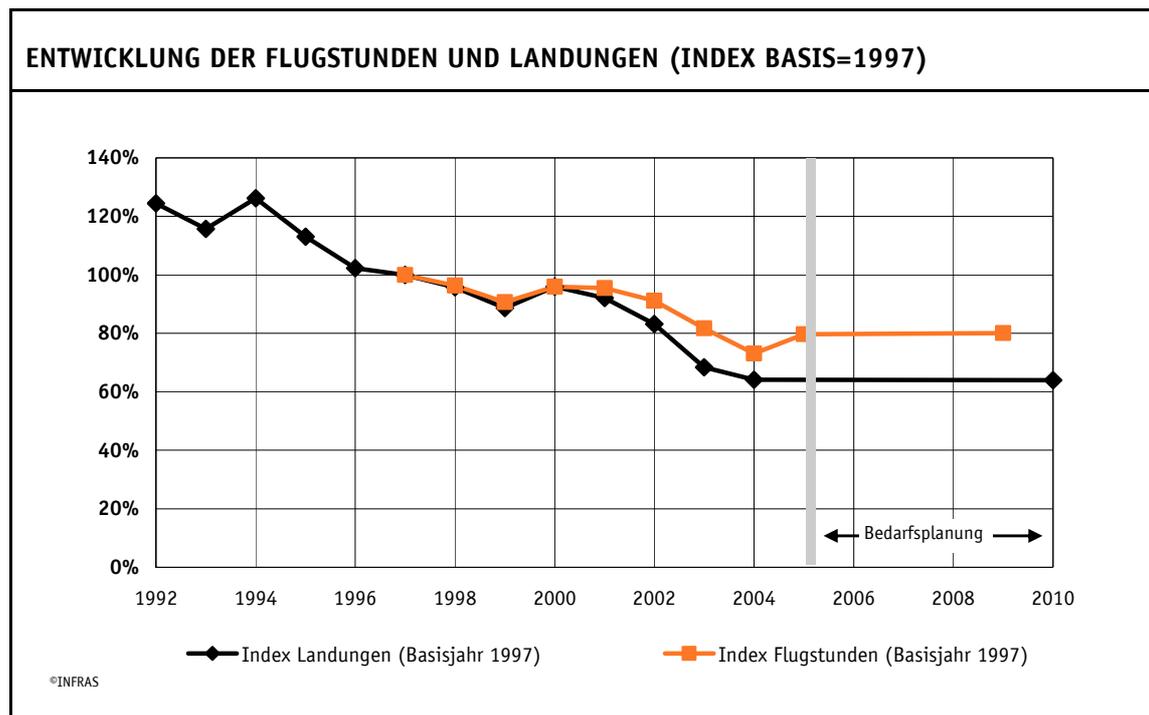
Tabelle 12 Anmerkung: Die Prognosen gehen davon aus, dass die Flugbewegungen in Dübendorf (voraussichtliche Schliessung: 2010) in Emmen geflogen werden. Flugbewegungen in Emmen für das Jahr 2010 beinhalten damit die Flugbewegungen in Dübendorf. Quelle: Schweizer Luftwaffe 2005.

SFlz: Sonstige Flugzeuge; LBK: Lärmbelastungskataster.

Jets werden ab dem Jahr 2006 noch auf den Flugplätzen Emmen, Meiringen, Payerne und Sion starten und landen, womit eine Bündelung der lauten Jetbewegungen erzielt werden kann. Flüge mit den Flugzeugtypen Tiger werden auf diesen Flugplätzen massiv verringert, Mirage und Hawk sind bereits heute ausgemustert. Auf der anderen Seite werden die Flüge mit der lautereren F/A-18 Hornet an den verbleibenden Jet-Basen Meiringen, Payerne und

36 Kleine Passagierflugzeuge der Luftwaffe (Lear Jet, Falcon 50 und Super King Air)

Sion im Durchschnitt um rund 19% ansteigen. Es ist je nach Veränderung der Flugbewegungen mit der F/A-18 Hornet auf diesen drei Flugplätzen möglich, dass die Lärmbelastung ansteigt (z.B. Flugplatz Sion). Helikopterflüge nehmen, mit Ausnahme von Dübendorf, auf allen verbleibenden Militärflugplätzen zu.



Figur 23 Index der Flugstunden und Landungen für alle militärische Flugzeuge und Helikopter. Quelle: Luftwaffe der Schweiz - Statistische Auswertungen Jan. 2006 und Bedarfsplanung; LBK 2010 für Militärflugplätze.

Aus den vorliegenden Grundlagen und Analysen können zusammenfassend folgende Entwicklungstendenzen bis 2010 abgeschätzt werden:

ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER FLUGLÄRMBELASTUNG DURCH DIE SCHWEIZER LUFTWAFFE	
Indikator	Kurzfristig bis 2010
Flugbewegungen	Bis 2004 wurde schon eine wesentliche Anzahl Flugbewegungen abgebaut. Zwischen 2000 und 2010 kann folgende Entwicklung gezeichnet werden: › Total: Verminderung um rund 32%. › Jet: Verminderung um rund 60% und Konzentration auf 3 Flugplätze, aber vermehrt Flüge mit lauterer F/A-18 › Helikopter: Anstieg um rund 25% › Propeller: Verminderung um rund 33%
Fluglärmbelastete Fläche	Verminderung aufgrund qualitativer Abschätzung (Vergleich zwischen den LBK 2000 und den Prognosen 2010), aber auch abhängig von der Anzahl Sondereinsätze (z.B. 24h Luftraumüberwachung) und politischen Entwicklungen (z.B. gespanntes weltpolitisches Klima).
Fluglärmbelastete Personen	Verminderung wahrscheinlich, aber auch abhängig von der Anzahl Sondereinsätze und politischen Entwicklungen.

Tabelle 13

Für die Entwicklung nach 2010 liegen keine Prognosen vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei ähnlicher politischer Lage die Luftwaffe erhalten bleibt und in einer ähnlichen Art und Weise betrieben werden muss, um die Aufträge der Luftwaffe (z.B. Schutz des schweizerischen Luftraums) umzusetzen. Entscheidend werden auch die Lärmqualitäten neuer Flugzeuge und Helikopter sein. Da für militärische Jets und Helikopter v.a. die Flugleistung zählt, ist es möglich, dass zukünftige Jets und Helikopter mindestens gleich laut sein werden wie die heutigen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass sich die Fluglärmbelastung nach 2010 kaum noch verringern wird.

4. RAUMENTWICKLUNG

4.1. WIRKUNGSKETTEN

4.1.1. ÜBERSICHT

Räumliche Auswirkungen des Luftverkehrs lassen sich grob in vier Gruppen einteilen:

Wirkungskette 1 (**W1**): **Direkte Auswirkungen** aufgrund des Raumbedarfs der Flughäfen selbst. Flugplätze sind die grössten einzelnen flächenbeanspruchenden Objekte.

› **W2**: Direkte Auswirkungen über Nutzungseinschränkungen aufgrund **gesetzlicher** Vorschriften

› **W3/W4**: Indirekte Auswirkungen über den Standort**markt**:

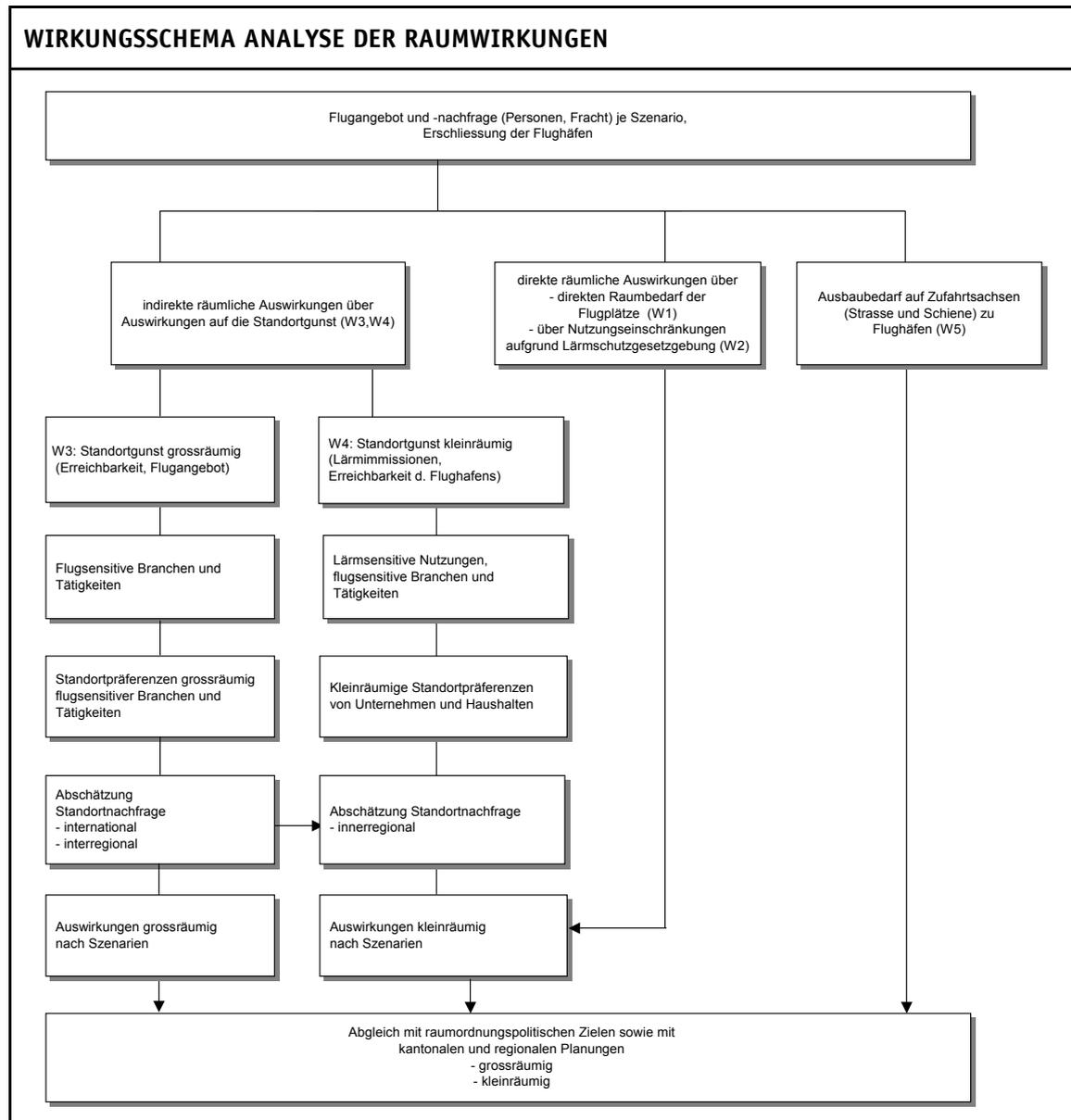
Unterschiedliche Standorte sind in unterschiedlichem Ausmass mit Standortfaktoren ausgestattet (Standortangebot), sie sind für verschiedene Nutzungen (von Unternehmen, Haushalte, für Touristen etc.) in unterschiedlichem Masse attraktiv und werden dementsprechend in unterschiedlichem Ausmass nachgefragt. Diese Nachfrage unterscheidet sich nach ihrem räumlichem Bezug:

› **W3**: international: in welchem Land (oder sogar auf welchem Kontinent) und interregional: in welcher Region ?

› **W4**: innerregional: an welchem Standort innerhalb einer Region?

› **W5**: Räumliche Auswirkungen über Ausbauten der **Zubringerachsen** zu den Flughäfen

Das folgende Schema gibt einen Überblick über diese Zusammenhänge. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Wirkungsketten auf ihre Relevanz untersucht.

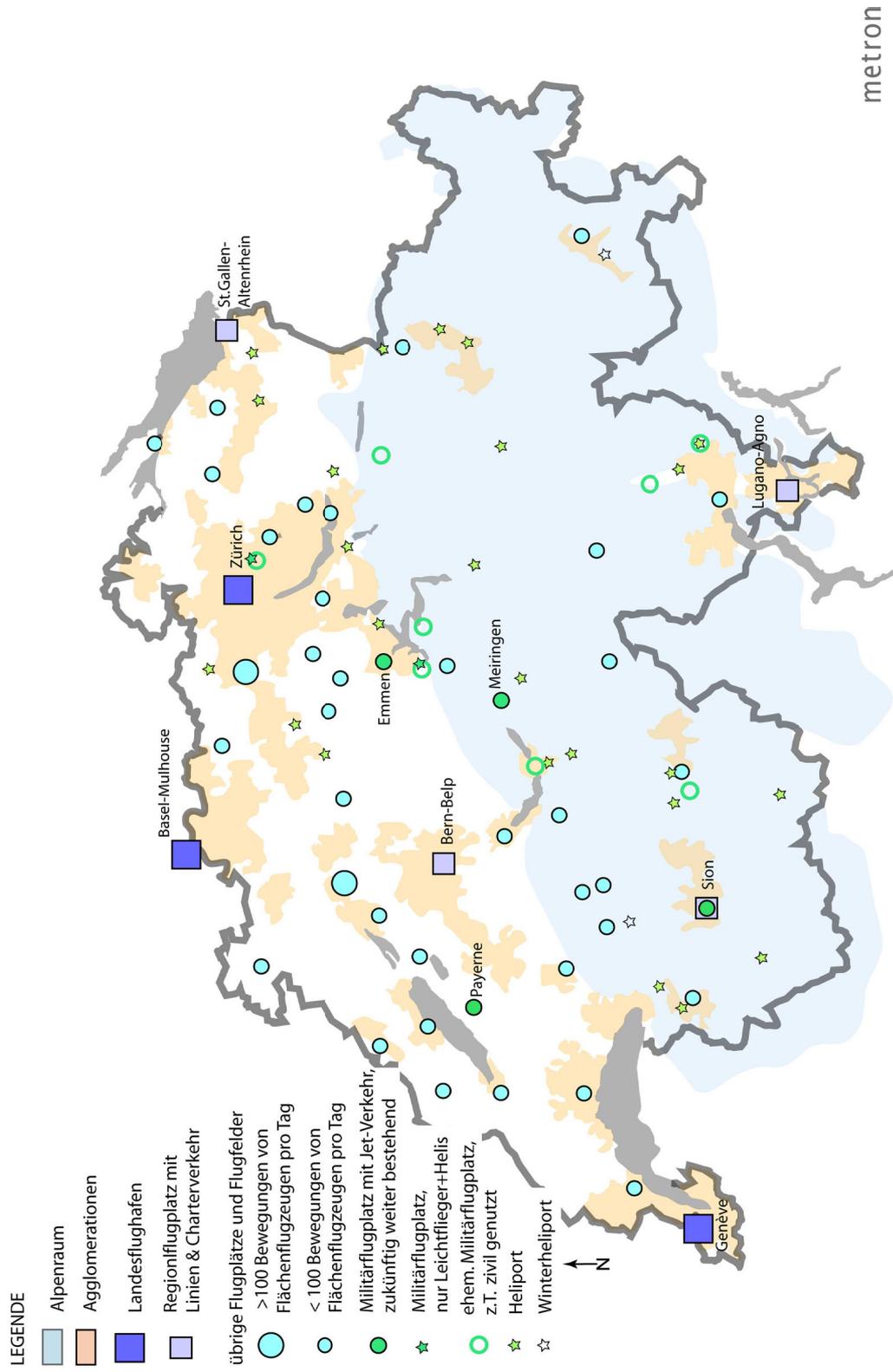


Figur 24 Wirkungsketten räumliche Auswirkungen der Luftfahrt.

4.1.2. RELEVANZANALYSE

Diese Wirkungsketten beschreiben einerseits **Nutzen der Luftfahrt** (Erreichbarkeit als Voraussetzung für den Wirtschaftsstandort Schweiz resp. einzelner Regionen), andererseits beinhalten sie auch **Nutzungskonflikte**. Diese lassen sich anhand der folgenden Karte, in welcher die Flugplätze und Heliports eingezeichnet sind, gut illustrieren (Basis SIL sowie für die Militärflugplätze Angaben Luftwaffe, 2005).

ÜBERSICHT ÜBER DIE FLUGPLÄTZE UND HELIPORTS IN DER SCHWEIZ



Figur 25 ÜBERSICHT ÜBER DIE FLUGPLÄTZE UND HELIPORTS (OHNE GEBIRGS-LANDEPLÄTZE). DATENBASIS: SIL (2000) SOWIE ANGABEN LUFTWAFFE (2005).

Die Nutzungskonflikte unterscheiden sich nach verschiedenen Räumen:

- › In **Agglomerationsgebieten**, wo der Boden knapp sowie die Einwohner- und Arbeitsplatzdichte hoch ist, stehen dem Nutzen aus der Flugtätigkeit und -erreichbarkeit der Bodenverbrauch, Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen sowie Attraktivitätseinbußen in den lärm betroffenen Räumen entgegen. Ferner verursachen die drei Landesflughäfen mit ihren hohen Benutzerfrequenzen auch starkes landseitiges Verkehrsaufkommen mit entsprechendem Infrastrukturbedarf (Strasse, Schiene).

Im Agglomerationsgebiet befinden sich die drei Landesflughäfen, die vier Regionalflugplätze mit Linien- und Charterverkehr, zwei auch in Zukunft für Jetverkehr benutzte Militärflugplätze sowie zahlreiche Regionalflugplätze, Flugfelder und Heliports.

- › Dieselben Nutzungskonflikte sind auch in den **übrigen Räumen im Mittelland** und Jura zu finden, wenn auch aufgrund der geringeren Nutzungsdichte in weniger ausgeprägter Form.
- › Im intensiv touristisch genutzten **Alpenraum** betrifft der Hauptnutzungskonflikt den Lärm. Dem erhöhten Wunsch nach Ruhe an der Feriendestination sowie dem Schutz von Alpenlandschaften und -fauna stehen Nutzen aus der direkten Flugerreichbarkeit (v.a. für Ferienorte mit Positionierung im oberen preislichen Marktsegment), Nutzen aus der touristischen Flugtätigkeit sowie aus Schulungs-, Trainings- und Freizeitflügen gegenüber. Beim Helikopterverkehr kommen Versorgungs- und Rettungsflüge als weitere wichtige Nutzungen hinzu.

Im Alpenraum befinden sich ein Regionalflugplatz mit Linien- und Charterverkehr (Sion), zwei auch in Zukunft für Jetverkehr benutzte Militärflugplätze sowie zahlreiche Regionalflugplätze, Flugfelder, 42 Gebirgslandeplätze und 4 Winterflugfelder (beide Kategorien nicht eingezeichnet in obiger Karte) und auch zahlreiche Heliports.

Die beschriebenen Wirkungsketten betreffen eine Vielzahl verschiedener Ebenen. Die räumliche Verortung der Wirkungsketten muss jedoch immer über einen bestimmten Flugplatz erfolgen. Je nach Flugplatzkategorie sind dabei andere Luftverkehrsarten von Bedeutung. Im Folgenden geht es daher darum, die Wirkungsketten hinsichtlich ihrer Relevanz bzgl. Flugplatzkategorie und Luftverkehrsart zu strukturieren.

Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl Flugbewegungen nach Verkehrsart auf verschiedenen Flugplatzkategorien im Jahr 2004 (fett aufgeführt sind die jeweiligen Zeilenmaxima):

FLUGBEWEGUNGEN NACH VERKEHRSART AUF VERSCHIEDENEN FLUGPLATZKATEGORIEN IM JAHR 2004

	Anzahl Flugplätze	Linien- und Charterverkehr	General Aviation: Flächenflugzeuge		Helikopter		Militärflugverkehr nur Jets
			gewerbsmässig	n. gewerbsmässig	gewerbsmässig	n. gewerbsmässig	
Landesflughäfen	3	397'572	43'472	62'248	5'735	5'564	
Regionalfugplätze mit LChV	4	15'049	9'521	113'146	7'736	13'514	
übrige Regionalfugpl. / Flugfelder	53	0	14'385	611'684	18'949	19'717	
Gebirgslandeplätze / Heliports	66	0	1'092	vgl. Anmerkung	50'461	vgl. Anmerkung	
Militärflugplätze mit Jetverkehr	5 inkl. Sion*						31'500**

* Der Regionalfugplatz mit LChV Sion wird gemischt zivil/militärisch genutzt. Dies gilt auch für das Flugfeld in Locarno, welches jedoch von der Luftwaffe nicht für Jet-Bewegungen genutzt wird und daher in dieser Kategorie nicht mitgezählt wird.

** Jahr 2003, davon ca. 5000 in Sion (Angabe für das Jahr 2001), d.h. auf Regionalfugplatz mit Linien- und Charterverkehr

Anmerkung zu den Gebirgslandeplätzen:

Die nicht gewerbsmässigen Bewegungen (Flächenflugzeuge und Helikopter) auf Gebirgslandeplätzen werden nicht systematisch erfasst. Die Grössenordnung dieser Bewegungen wurde mittels Befragungen erhoben. Sie lag 2001/2002 bei den Flächenflugzeugen bei 20-30'000 Bewegungen auf GLP pro Jahr, beim Helikopterverkehr bei 5-10'000 Bewegungen pro Jahr (Quelle: Auskunft BAZL).

Quellen:

- SIL
- Datawarehouse BAZL/Airstat 2004
- RappTrans (2005): Luftverkehr und Nachhaltigkeit AP1
- Luftwaffe: Vergleich Bewegungszahlen heutiger LKB mit Prognose 2010

Tabelle 14

Die Zahlen sind aufschlussreich. Insgesamt lassen sich die folgenden besonders relevanten Kombinationen feststellen:

- › **Landesflughäfen und Linien- und Charterverkehr (LChV):** Für die Landesflughäfen sind der LChV dominant, General Aviation (GA) und Helikopterverkehr spielen eine Nebenrolle. Gleichzeitig werden über 95% des LChV über die drei Landesflughäfen abgewickelt
- › **Regionalfugplätze (mit/ohne LChV) und nicht gewerbsmässige General Aviation:** 92% der nicht gewerbsmässigen GA werden über diese Flugplätze abgewickelt. Der Anteil von LChV ist auch auf den Regionalfugplätzen mit LChV marginal. Nur geringe Anteile machen auch die gewerbsmässige GA sowie der Helikopterverkehr aus.
- › **Heliports und gewerbsmässiger Helikopterverkehr** sowie **Gebirgslandeplätze und nicht gewerbliche General Aviation.**
- › Die **Militärflugplätze** sind praktisch ausschliesslich der **Militärfliegerei** vorbehalten. Zivile Nutzungen von Militärflugplätzen werden in der obigen Tabelle nicht ausgewiesen (sind aber z.T. auch unter „übrige Regionalfugplätze“ enthalten).

Im Folgenden geht es bei der Analyse der räumlichen Auswirkungen der Luftfahrt schwerwichtig darum, die Wirkungsketten W1 bis W5 hinsichtlich ihrer Bedeutung in diesen Kombinationen zu untersuchen. Damit sollte ein grosser Teil der räumlichen Auswirkungen erfasst werden können.

Die Relevanz der einzelnen Wirkungsketten für die 4 Kombinationen kann dabei weiter eingegrenzt werden. Dies wird in der folgenden Tabelle gezeigt:

RELEVANZ DER WIRKUNGSKETTEN NACH FLUGPLATZ- UND LUFTVERKEHRSART					
	Wirkungskette				
	W1 Raumbedarf Flugplatz	W2 direkte Nutzungs- einschränkungen	W3 Standortgunst grossräumig	W4 Standortgunst innerregional	W5 Ausbaubedarf Zufahrtsachsen
Landesflughäfen / LChV	ja	ja	ja	Erreichbarkeit + Lärm	ja
Regionalflugplätze / nicht gewerbsm. GA	ja	ja	nur Tourismusregionen	Lärm	nein
Heliports, Gebirgslandeplätze / gewerbsm. Heliverkehr	ja	nein	nur Tourismusregionen	Lärm	nein
Militärflugplätze / Militärfliegerei	ja	ja	nein	Lärm	nein

ja: Wirkungskette relevant
nein: Wirkungskette nicht relevant
Text: Einschränkung/Präzisierung der Relevanz

Tabelle 15

Die Untersuchung der einzelnen Wirkungsketten kann somit auf einige wenige relevante Kombinationen beschränkt werden. Diese geben im groben die Hauptnutzen und Nutzungskonflikte wieder, welche oben beschrieben wurden.

- › Für die Landesflughäfen sind alle Wirkungsketten von Bedeutung.
- › Für die Regionalflugplätze mit/ohne LChV geht es vor allem um den Bodenverbrauch sowie um die Lärmbelastung als lokaler Standortfaktor. Als überregionaler Standortfaktor sind diese Flugplätze v.a. in Tourismusregionen von Bedeutung.
- › Für die Heliports und Gebirgslandeplätze sind vor allem die Erreichbarkeit von Tourismus-Regionen als überregionaler Standortfaktor sowie der Lärm als lokaler Standortfaktor für die Raumentwicklung relevant
- › Bei der Militärfliegerei ist neben dem Bodenverbrauch vor allem der Lärm relevant.

In der Folge fokussiert die Betrachtung auf diese als besonders relevant eingeschätzten Kombinationen. Damit werden auch gewisse Kombinationen als für die Raumentwicklung von untergeordneter Relevanz ausgeschieden. Dazu gehört insbesondere die Bedeutung des LChV auf den Regionalflugplätzen Bern-Belp, Sion, Lugano-Agno und St.Gallen-Altenrhein. Diese besitzen heute nur einige wenige Linienflugverbindungen pro Tag, deren Bedeutung auf die Raumentwicklung wir für die jeweiligen Regionen als untergeordnet einschätzen. So betrug z.B. gemäss Intraplan 2005 der Marktanteil des Flughafens Bern-Belp sogar im Standortkanton Bern nur gerade ca. 10%.

Im Folgenden werden die Wirkungsketten und die Auswirkungen nach Möglichkeit mittels Indikatoren quantifiziert.

4.2. ÜBERSICHT ÜBER DIE INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die untersuchten Indikatoren:

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Bereich Wirtschaft				
Internationale Erreichbarkeit der Schweiz	W3a Standortauswirkungen international und interkontinental	als Index quantifizierbar	hoch	BAK Erreichbarkeitsindikator für die Metropolen der CH:
Erreichbarkeit der Schweizer Regionen	W3b Standortauswirkungen interregional	als Index quantifizierbar	hoch	Reisezeit MIV / ÖV zum nächsten Landesflughafen; BAK Erreichbarkeitsindizes der Schweizer Regionen inkl. Zugang zu Flughafen
Regionale Verteilung der Arbeitsplätze in flugsensitiven Branchen	W3b Standortauswirkungen interregional	quantifizierbar	Parallelen lassen sich gut aufzeigen, Kausalitäten sind jedoch schwierig festzustellen	Branchenstruktur-Analyse aufgrund Betriebszählung BFS
Innerregionale Verteilung von flugsensitiven Unternehmen	W4 Standortauswirkungen innerregional	quantifizierbar	dito	Branchenstruktur-Analyse aufgrund Betriebszählung BFS
Ausbaubedarf auf Zubringerachsen zu Flughäfen Zürich und Genf	W5 Ausbaubedarf auf Zubringerachsen zu Flughäfen	nur qualitativ	Schwierig ist v.a. die Beurteilung der „akzeptablen“ Verkehrsüberlastung → polit. Entscheid	Abschätzung aufgrund Passagierzahlen und allg. Verkehrsentwicklung

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Bereich Umwelt				
Flächenbedarf der Flugplätze ³⁷	W1 Flächenbedarf der Flugplätze	gut quantifizierbar	mittel	direkt messbar
Flächenproduktivität	W1 Flächenbedarf der Flugplätze	quantifizierbar	im Prinzip hoch für Gegenüberstellung von Nutzen aus Flugbetrieb und Flächenbeanspruchung. Da jedoch nur Zahlen für die gesamten Flugplatzareale verfügbar sind (vgl. Fussnote), wird die Aussagekraft reduziert	Anzahl beförderte Flugpassagiere pro m ² Fläche ³⁸
Bereich Gesellschaft				
Anzahl Gemeinden mit Einwohnern in Gebieten mit Fluglärm über 60 dB	W2 Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen, W4 Standortauswirkungen innerregional	aufgrund Lärmbelastungskataster	Datengrundlagen z.T. unsicher. Indikator gibt keine Auskunft über Art der Einschränkung und Folgen für betroffenen Gemeinden	GIS: Kreuzung von Lärmkurven und Gemeindegebieten
Flächen nach Nutzung mit Lärmbelastungen über den Belastungsgrenzwerten	W2 Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen	aufgrund Lärmbelastungskataster und Zonenplänen	Datengrundlagen sehr unsicher, Aussagekraft daher stark eingeschränkt	GIS: Kreuzung von Lärmkurven und Zonenplänen nach Empfindlichkeitsstufen

Tabelle 16

4.3. DATENGRUNDLAGEN

Folgende Grundlagen stehen zur Verfügung

- › Erreichbarkeitsindikatoren für die Schweizer Metropolitanregionen (WWZ, 2004), Neuberechnung nicht notwendig, obwohl Szenarien nicht genau identisch.

³⁷ Indirekt durch luftfahrtbedingte Siedlungsentwicklung beanspruchte Flächen werden im Rahmen dieser Studie nicht quantitativ berücksichtigt. Der Grund dafür liegt darin, dass die Abgrenzung von flughafenbedingter gegenüber flughafenunabhängiger Siedlungsentwicklung schwierig sind. Ferner sind die Kausalitäten nicht eindeutig (vgl. dazu Kapitel 4.4.3 bis 4.4.6).

³⁸ Vorzuziehen wäre eine Betrachtung der Produktivität relativ zur versiegelten Fläche resp. zur Fläche der Gebäude, Rollwege und Standplätze. Leider sind diesbezüglich jedoch keine ausreichenden Datengrundlagen vorhanden, sodass auf die Gesamtarealfäche der Flugplätze (inkl. aller Grünräume und ökol. Ausgleichsflächen) als Indikator ausgewichen werden muss.

- › Betriebszählungsdaten 2001, für ausgewählte Branchen (nach NOGA) und Regionen (Quelle: BFS).
- › Flächenbedarf der einzelnen Flugplätze (Quelle: BAZL und Luftwaffe).
- › Flächenaufteilung Flughafen Zürich (Quelle: Angaben Unique, 2006).
- › Bewegungszahlen pro Flugplatz (Quelle: BAZL).
- › Passagieraufkommen auf Landesflugplätzen und Regionalflugplätzen mit LChV (Quelle: BAZL).
- › Reisezeiten MIV und ÖV zu den Landesflughäfen, gemeindescharfer Auszug aus dem nationalen Verkehrsmodell (VM-UVEK/ARE), basierend auf dem ÖV-Fahrplan 2000.
- › Lärmisophonen pro Flugplatz (Quelle: BAZL, Luftwaffe).
- › Benutzerfrequenzen nach Benutzerart und deren Modal Split für den Flughafen Zürich (Quelle: Umweltbericht Unique).
- › Benutzerfrequenzen und Modal Split für den Flughafen Genf (Quellen: AIG, 2000, AIG 2002, AIG 2005).
- › Strassenverkehrsaufkommen auf Zubringerachsen zu Flughafen Zürich und Flughafen Genf (Quelle: Automatische Verkehrszählung des ASTRA 2004).
- › Weitere Literaturquellen.

4.4. BESCHREIBUNG DER WIRKUNGSKETTEN UND QUANTIFIZIERUNG MITTELS WIRKUNGSINDIKATOREN

4.4.1. W1 FLÄCHENBEDARF DER FLUGPLÄTZE

Hier geht es um den Flächenbedarf der Flugplätze selbst, d.h. die unmittelbar zu den Flughafenarealen gehörenden Flächen. Die Relevanz dieser Wirkungskette ist je nach Flugplatzkategorie und vor allem je nach alternativen Nutzungsmöglichkeiten für die betroffenen Flächen sehr unterschiedlich:

- › Landesflughäfen: Die Flugplätze beanspruchen grosse Flächen im dicht genutzten Agglomerationsgebiet (hohe Nutzungskonkurrenz), insbesondere in Zürich und Genf.
- › Regional- und Militärflugplätze: Die einzelnen Flugplätze sind deutlich kleiner, durch die grosse Anzahl ist der insgesamt Flächenbedarf jedoch beträchtlich. Je nach Ort und Lage der Flugplätze sind die alternativen Nutzungsmöglichkeiten jedoch stark unterschiedlich. Die Regionalflugplätze liegen vielerorts in Räumen mit weniger ausgeprägter Nutzungskonkurrenz und die Alternative zur Flugnutzung wäre in erster Linie eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen. Einige Regional- und Militärflugplätze liegen jedoch im Agglomerationsraum und z.T. sogar an entwicklungsstrategisch ausgezeichneten Lagen,

wo eine Vielzahl alternativer Nutzungen möglich wäre. Beispiele für solche Flugfelder sind z.B. Dübendorf oder Lausanne Blécherette.

4.4.1.1. Flächenbedarf der Flugplätze

Definition

Flächen (ha) pro Flugplatzkategorie (gesamte Flugplatzareale)

Datengrundlage

Flächen pro Flugplatz resp. Flugplatzkategorie.

Quellen: Zivilluftfahrt: BAZL, Militärflugplätze: Luftwaffe

Quantifizierung des heutigen Zustands

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die heute von den verschiedenen Flugplatzkategorien beanspruchten Flächen. Die genannten Flächen für die zivilen Anlagen beinhalten die ganzen im SIL als Flughafensareal ausgewiesenen Perimeter, also neben den Rollwegen, Gebäuden und Standplätzen auch Grünflächen und ökol. Ausgleichsflächen.

Bei den Militärflugplätzen beinhalten sie die gesamten im Grundeigentum des Militärs befindlichen Flächen.

INDIKATOR FLÄCHENBEDARF DER FLUGPLÄTZE NACH KATEGORIE				
Flugplatzkategorie	Anzahl	Flächenbedarf 2004 (ha)	Ø pro Flugplatz (ha)	Anteil Fläche in Agglomerationsräumen
Landesflughäfen	3	1'953	651	100%
Regionalflugpl. mit LChV	4 (inkl. Sion)	303	76	100%
übrige Regionalflugplätze und Flugfelder	46	788	17	50%
Heliports	25	13	0.5	44%
Militärflugplätze total (Stand 2002)	13 (inkl. Sion)	1'550	120	48%
TOTAL	90	4'520		

Tabelle 17 Quellen: BAZL, Luftwaffe.

Anmerkung zu den Anlagen der Zivilluftfahrt: Anlagen der ersten vier, vom Bundesrat genehmigten SIL Objektblatt-Serien mit präzisen Perimeter- bzw. Flächenangaben. Die Angaben zu den übrigen Anlagen basieren auf dem SIL-Mitwirkungsstand 1998 und sind eher zu grosszügig bemessen.

Im Bericht von EWI (1993) wurden Flächen von 1867 ha für die Zivilluftfahrt und 380 ha für Militärflugplätze ausgewiesen. Da in der Zwischenzeit die Flächen eher ab- als zugenommen haben dürften, lässt sich die Differenz nur durch eine unterschiedliche Erfassung (z.B. EWI nur versiegelte Flächen oder nur Rollwege) erklären und die Zahlen sind somit nicht vergleichbar.

Insgesamt beanspruchen die Flugplätze ein Fläche von 4'500 ha, davon entfallen 43% auf die drei Landesflughäfen und 34% auf die Militärflugplätze. Die restlichen Flugplätze ma-

chen rund 23% der Fläche aus. Dabei liegen alle drei Landesflughäfen sowie die vier Regionalflugplätze mit LChV innerhalb des Perimeters einer Agglomeration, also an Orten, wo die Nutzungskonkurrenz besonders hoch ist.

Im Durchschnitt beansprucht ein Landesflughafen 650 ha Fläche, die Regionalflugplätze mit LChV sind mit durchschnittlich 76 ha fast um einen Faktor 10 kleiner. Die übrigen Regionalflugplätze und Flugfelder beanspruchen im Durchschnitt 17 ha, wobei die Spannweite von minimal 3,7 ha bis maximal 51,7 ha geht. Ein Heliport braucht in der Regel eine Fläche von 60x60m, d.h. 0.36 ha.

Mit der Reform der Schweizer Armee sowie der vermehrten Benutzung von Flugsimulatoren zu Trainingszwecken ging und geht auch ein markanter Konzentrationsprozess bei den Militärflugplätzen einher. Besonders die Jetbewegungen wurden auf wenige Flugplätze konzentriert, was den Flugplatzflächenbedarf der Luftwaffe deutlich senkte. Die meisten ehemaligen Militärflugplätze wurden jedoch bis anhin zivil weiter genutzt, sodass netto nur wenige Flächen effektiv für nicht aviatische Nutzungen frei wurden.

Flächenaufteilung innerhalb des Flughafenareals: Beispiel Flughafen Zürich

Obige Zahlen beschreiben die gesamten Flugplatzareale. Wie die folgende Tabelle am Beispiel Flughafen Zürich zeigt, beinhalten diese neben unmittelbar den für den Flugbetrieb genutzten Flächen auch einen Grossteil nicht versiegelte Flächen, welche z.T. beträchtlichen ökologischen Wert besitzen (vgl. dazu auch Kapitel 2.4).

AUFTEILUNG DES AREALS DES FLUGHAFENS ZÜRICH	
Gesamtfläche (Rahmenkonzessionsperimeter)	879.5 ha
Versiegelte Fläche:	374.1 ha
- Gebäude	43.9 ha
- befestigte Fläche	330.2 ha
Nicht versiegelte Fläche	505.5 ha
- humusiert (inkl. Moor)	453.7 ha
davon:	
- Verregnungsfläche	21.6 ha
- Retentionsfilterbecken	2.9 ha
- Localizer 14 und 16	1.8 ha
- Gewässer (inkl. Schilfgürtel)	2.4 ha
- bestockt	49.4 ha

Tabelle 18 Quelle: Amtliche Vermessung, 2005.

Es ist ersichtlich, dass mehr als die Hälfte der Fläche nicht versiegelt ist. Zu den nicht versiegelten Flächen gehören die Pistennebenbereiche, aber auch ökologische Ausgleichsflächen, ein Flachmoor, sowie bestockte Flächen.

Welche dieser Flächen nötig sind, um den Flugbetrieb zu ermöglichen, kann aus der Tabelle nicht abgeleitet werden.

Grobe Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Für den Flächenbedarf der **Landesflughäfen** ist die kritische Frage diejenige nach einer allfälligen Erweiterung der Pisten und Rollwege. Um die gemäss der Nachfrageprognose von Intraplan (2005) für 2030 erwartete Anzahl Flugbewegungen abwickeln zu können, wäre auf dem Flughafen Zürich ein Kapazitätsausbau nötig. Da diesbezüglich aber noch keine Entscheidung gefallen sind, kann zu den allfälligen Auswirkungen auf den Flächenbedarf hier keine Aussage gemacht werden.

Bei den **Regionalflugplätzen** steht eine Verlängerung der Piste in Bern-Belp um 230m kurz vor der Umsetzung. Ansonsten sind keine wesentlichen Änderungen zu erwarten.

Die Konzentration der **militärischen Flugbewegungen** auf wenige Flugplätze geht weiter. Nach dem Stationierungskonzept 2010 der Luftwaffe wird die Anzahl Flugplätze bis 2010 auf 7-8 gesenkt. Dadurch reduziert sich der Flächenbedarf gegenüber heute um ca. 40% auf 950 ha. Insbesondere durch die geplante Aufgabe des **Militärflugplatz Dübendorf** ab 2010/2014 wird eine Fläche von 270 ha inmitten der dicht genutzten Agglomeration Zürich für andere Nutzungen, räumliche Ausgleichsflächen oder Verdichtungsmöglichkeiten frei, was ein sehr grosses Entwicklungspotential bedeutet.

4.4.1.2. Flächenproduktivität

Definition des Indikators

Anzahl bewegte Flugpassagiere pro ha Flugplatzarealfläche je Flugplatzkategorie

Datengrundlagen

- › Flächen pro Flugplatz resp. Flugplatzkategorie
- › Bewegungen pro Flugplatz
- › Passagierzahlen pro Flugplatz (für Landesflughäfen sowie Regionalflugplätze mit LChV vorhanden, für restliche Flugplätze geschätzt)

Anmerkungen zur Definition des Indikators

Für die Abschätzung der Flächenproduktivität stellt die Gesamtarealfläche der Flugplätze nicht die ideale Bezugsgrösse dar, schliesst sie doch auch Grünflächen und sogar ökolog. Ausgleichsflächen ein. Letztere machen nach Landschaftskonzept Schweiz 10-12% der Flugplatzareale aus sind per definitionem nicht produktiv im Sinne einer aviatischen Nutzung. Der Grund dafür, dass für den vorliegenden Indikator dennoch auf die Gesamtarealflächen als Bezugsgrösse zurückgegriffen werden muss, liegt in den verfügbaren Datengrundlagen. Aufteilungen in versiegelte und nicht versiegelte Flächen oder auch in aviatisch genutzte Flächen und Grünräume resp. ökologische Ausgleichsflächen liegen nur für den Flughafen Zürich vor (vgl. vorhergehendes Kapitel). Diese Basis lässt somit keinen Vergleich der Flugplatzkategorien zu.

Die Aussagekraft des Indikators wird dadurch reduziert. Er soll aber nichtsdestotrotz aufgeführt werden, vor allem auch als Basis für eine zukünftige Verfeinerung anhand von genaueren Datengrundlagen.

Quantifizierung des heutigen Zustands

Anzahl Bewegungen pro ha auf den verschiedenen Flugplatzkategorien (nur Flächenflugzeuge).

FLUGBEWEGUNGEN DER FLUGPLÄTZE NACH KATEGORIE (2004)							
Flugplatzkategorie	Anzahl	Flugplatz areale: Fläche total (ha)	Anzahl Flugbewegungen (Flächenflugzeuge)	Durchschn Anzahl Flugbewegungen pro Flugplatz	Anzahl Flugbewegungen pro ha Arealfläche	Anzahl Passagiere 2004	Anzahl beförderte Passagiere pro ha Arealfläche
Landesflughäfen	3	1'953	503'000	~168'000	257	28,2 Mio.	14'400
Regionalflugpl. mit LChV	4	303	138'000	~34'500	455	0.38 Mio.	1'300
übrige Regionalflugpl., Flugfelder	53	788	626'000	~12'000	794	1.3 Mio. *	1'600
Militärflugplätze**	7	1'160	102'000	~15'000	88	-	-
* Annahme: pro Flugbewegung 2 Insassen							
** nur Flugplätze mit Verkehr von Flächenflugzeugen (Jets, Propellerflugzeuge)							

Tabelle 19 Quelle: Tabellen BAZL, Luftwaffe.

Die Landesflughäfen sind zwar als Einzelanlagen extrem flächenintensiv, sie sind aber - bezogen auf die Anzahl beförderter Passagiere pro ha Arealfläche - auch mit Abstand die flächenproduktivsten Einrichtungen. Die Regionalflugplätze mit Linien- und Charterverkehr beanspruchen geringere Flächen, im Durchschnitt nur 11% eines Landesflughafens. Noch viel geringer fällt indessen deren Produktivität aus: die Anzahl beförderte Flugpassagiere pro ha Flächenverbrauch entspricht nur gerade 10% derjenigen eines Landesflughafens. Bei den übrigen Regionalflugplätzen sowie den Flugfeldern ist die Flächenbeanspruchung im Durchschnitt nochmals geringer, nämlich 17 ha. Die Produktivität bzgl. Anzahl beförderter Passagiere pro ha Flächenverbrauch liegt in derselben Grössenordnung.

Die Aussagekraft des Indikators Flächenproduktivität liegt vor allem im Vergleich der Landesflughäfen mit den Regionalflugplätzen **mit** Linien- und Charterverkehr. Diese Flugplatzkategorien beanspruchen als Einzelanlagen grosse Flächen. Bei beiden Kategorien nimmt der Personentransport eine zentrale Stellung ein. Eine Spezialrolle besitzt dabei Bern-Belp mit der Nutzung durch den Bund (Bundesratsverkehr, Staatsbesuche, Diplomatenverkehr).

Die Regionalflugplätze ohne LChV und die Flugfelder dienen hingegen neben dem Passagiertransport auch anderen Nutzungen, welche sich in diesen Flächenproduktivitätskennwerten nicht abbilden. Dazu gehören z.B. Einsätze der Rettungskräfte oder Schulung.

Die Militärfliegerei kann nur bedingt in Produktivitäten erfasst werden. Stellt man auf die Zahl der Flugbewegungen pro Tag ab, dann erscheint die Zahl der Flugbewegungen pro Jahr und ha als sehr gering.

Grobe Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Die Zunahme der Anzahl Flugbewegungen betrifft in erster Linie die Landesflughäfen. Solange diese Zunahme mit den bestehenden Infrastrukturen bewältigbar ist, nimmt die Flächenproduktivität der Landesflughäfen und auch die Differenz zu den zahlreichen Regionalflugplätzen weiter zu.

Die Nachfrageprognose von Intraplan (2005) legt jedoch nahe, dass auf dem Flughafen Zürich eine Erweiterung der Pisten und Rollwege nötig wird. Deren Auswirkung auf die Flächenproduktivität lässt sich beim jetzigen Planungsstand nicht abschätzen. Den durch einen Kapazitätsausbau zusätzlich ermöglichten Flugbewegungen steht ein allenfalls grösserer Flächenbedarf gegenüber.

Bei den Regionalflugplätzen und Flugfeldern ist die Frage zu stellen, ob nicht durch eine Konzentration der Kleinaviatik auf weniger Einzelstandorte eine Erhöhung der Flächenproduktivität möglich wäre.

4.4.1.3. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Folgendes Fazit kann aus diesen Angaben gezogen werden:

Die Anlagen des Luftverkehrs beanspruchen in der Schweiz gut 4500 ha. Flugplätze sind die grössten einzelnen flächenbeanspruchenden Objekte. Vor allem die Landesflughäfen sind sehr gross, sehr prägend - insbesondere, wenn noch die Lärmperimeter in Betracht gezogen werden. Alle Landesflughäfen liegen innerhalb von Agglomerationen und insofern stossen die Landesflughäfen an die Grenzen der Tragbarkeit für einen einzelnen Raum.

Die Landesflughäfen sind aber auch die mit Abstand flächenproduktivsten Einrichtungen der Luftfahrt. Sie stellen eine intensive Flächennutzung dar – was relativ (!) einen sparsamen Umgang mit Flächen (im Vergleich zu einer Aufspaltung des Verkehrs auf weitere Flughäfen) ermöglicht.

Regionalflugplätze mit und ohne Linien- und Charterverkehr weisen eine vergleichsweise geringe Flächenproduktivität auf. Sie bringen verglichen mit den Landesflughäfen deutlich weniger wirtschaftliche Impulse.

Für die Militärflugplätze gilt ähnliches, auch wenn sich die Militärfliegerei nur bedingt in Produktivitäten erfassen lässt. Die in der Luftwaffe eingeleiteten Entwicklungen hinsichtlich Standortreduktion senken aber den Flächenbedarf. Mit bspw. der Aufgabe des Flugplatzes Dübendorf wird eine grosse Fläche für interessante Nutzungen, räumliche Ausgleichsflächen und Verdichtungsmöglichkeiten frei.

4.4.2. W2: NUTZUNGSEINSCHRÄNKUNGEN DURCH LÄRMGRENZ- WERTÜBERSCHREITUNGEN

Unterhalb von Grenzwerten wirken die direkten Auswirkungen des Luftverkehrs über den Standortmarkt und betreffen die Wirkungskette über die innerregionale Standortgunst. Anders liegt der Fall, wenn durch den Luftverkehr Belastungsgrenzwerte überschritten werden.

In der Absicht, die Siedlungsentwicklung so zu lenken, dass künftige Konflikte wegen zu hohen Lärmeinwirkungen vermieden werden, enthält das Umweltschutzgesetz verschiedene raumplanerische Vorschriften. Der Gesetzgeber konkretisiert damit zum einen die Planungsgrundsätze des Raumplanungsgesetzes und verhindert andererseits das Entstehen

neuer Lärmkonflikte. Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen in lärmbelasteten Gebieten sowie neue Bauzonen für Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen dürfen nur ausgeschieden werden, wenn die Planungswerte (PW) nicht überschritten sind oder durch bauliche, planerische oder gestalterische Massnahmen eingehalten werden können (Art. 24 Abs. 1 USG; Art. 29 LSV). Gleich strenge Anforderungen gelten grundsätzlich auch für bestehende, aber noch nicht erschlossene Bauzonen.

Für bereits bewilligte und erschlossene lärmbelasteten Bauzonen schreibt das USG vor, dass Baubewilligungen für Gebäude mit Räumen, die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, nur noch erteilt werden dürfen, wenn die Lärm-Immissionsgrenzwerte (IGW) nicht überschritten sind oder durch geeignete bauliche (z.B. Lärmabschirmungen) oder gestalterische Massnahmen (Stellung der Baukörper) beziehungsweise durch die Anordnung der lärmempfindlichen Räume auf der dem Lärm abgewandten Seite des Gebäudes eingehalten werden können (Art. 22 Abs. 1 USG; Art. 31 Abs. 1 LSV). Bleiben jedoch „nur“ die IGW und nicht die Alarmwerte (AW) überschritten, können die jeweiligen Gemeinden ausnahmsweise eine Baubewilligung erteilen, wenn ein überwiegendes Interesse vorhanden ist und der Kanton der Bewilligung zustimmt (Art. 31 Abs. 2 LSV). Als überwiegendes Interesse gilt beispielsweise der haushälterische Umgang mit dem Boden, d.h. das Schliessen von Bau- und Baugebietslücken. Bei Überschreitungen der Alarmwerte dürfte das überwiegende Interesse an einem Wohngebäude indessen kaum mehr begründbar sein und es gilt faktisch Bauverbot

Diese drei für die Lärmgrenzüberschreitung massgebenden Werte zeigen deutlich auf, dass die rechtlichen Spielräume in mit Fluglärm belasteten Gebieten relativ klein sind. Belastungsgrenzwertüberschreitungen führen somit zu einer spürbaren Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten. Dies auch daher, weil bauliche, planerische oder gestalterische Massnahmen zur Einhaltung der Grenzwerte bzw. das Anordnen lärmempfindlicher Räume auf der lärmabgewandten oft schlecht möglich sind, da der Fluglärm von oben kommt und mehrere Gebäudeseiten betrifft.

4.4.2.1. Relevanz der Wirkungskette

Die beschriebenen Einschränkungen haben für die Entwicklung der betroffenen Gemeinden z.T. einschneidende Folgen. Die Relevanz dieser Nutzungseinschränkungen ist für jede fluglärmbelastete Gemeinde unterschiedlich. Einerseits ist der Umfang der in der Nutzung eingeschränkten Flächen sowie die Art der Einschränkung (totales Bauverbot, gewisse Nutzungen wie z.B. Wohnen nicht möglich, etc.) von Bedeutung, andererseits aber auch die strate-

gische Bedeutung der betroffenen Flächen sowie die alternativen Entwicklungsmöglichkeiten einer Gemeinde an anderen Standorten.

Die Wirkungskette ist vor allem bei den Landesflughäfen und Militärflugplätzen von Bedeutung. Bei Regionalflugplätzen treten ausserhalb der Flugplatzperimeter mit wenigen punktuellen Ausnahmen keine IGW-Überschreitungen auf. Überschreitungen des Planungswerts können lokal auftreten. Bei den betroffenen Flächen handelt es sich aber oftmals um Landwirtschaftsland, das zudem z.T. noch als Fruchtfolgefläche ausgeschieden ist. Die resultierenden Einschränkungen in der Entwicklungsmöglichkeiten einer Gemeinde dürften somit – wenn überhaupt vorhanden – nur minimal sein.

Zur Beurteilung der Relevanz der Wirkungskette bei den Landesflughäfen und Militärflugplätzen wird in den folgenden beiden Kapiteln eine Übersicht über die von Nutzungseinschränkungen betroffenen Gemeinden und Flächen gegeben. Ob sich die Einschränkungen tatsächlich auch räumlich auswirken, lässt sich daraus hingegen nicht direkt ableiten. Offen bleibt die Frage, wie die durch Lärm belasteten Flächen ohne die Nutzungseinschränkungen entwickelt worden wären. So stellten Güller Güller für den Flughafen Zürich fest, dass sich die Stadtentwicklung im Bereich der Lärmkurven 1997 nicht zu unterscheiden scheint von anderen Gebieten in der Flughafenregion (vgl. SIAA 2003d, Abbildung 9). Güller Güller stellten gleichzeitig jedoch einen markanten Strukturwandel fest, da Wohnzonen in lärmbelasteten Gebieten in Dienstleistungszonen umgezont und somit anderen Nutzungen zugeführt wurden.

4.4.2.2. Datengrundlagen für die Wirkungskette W2

Bevor auf einzelne Indikatoren zur Beleuchtung der Nutzungseinschränkungen durch Grenzwertüberschreitungen eingegangen wird, sind einige Aussagen zu den Datengrundlagen nötig.

Die Datengrundlagen sowohl bzgl. räumlicher Verteilung der Lärmbelastungen sowie auch bzgl. der Nutzung der Flächen sind von sehr unterschiedlicher Qualität. Insbesondere ist der Stand der Nachführung der Daten sehr verschieden. Für einzelne Flugplätze sind aktuelle Daten vorhanden, für andere sind die Lärmdaten schon fast 10 Jahre alt. Ferner haben sich Abflugrouten verändert, militärische Flugplätze werden mehr oder weniger befliegen etc. Ähnliches gilt für die Bauzonen.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung hängen die Lärmbelastungen nicht zuletzt auch von den zukünftigen Betriebsreglementen (Flugrouten, Betriebszeiten) ab, auf die hier nicht eingegangen wird.

Fazit: V.a. die in den beiden folgenden Indikatoren (Kapitel 4.4.2.3 und 4.4.2.4) beschriebenen Zahlen müssen mit grosser Vorsicht betrachtet werden. Überinterpretationen sind zu vermeiden. Da es sich bei der Wirkungskette W2 um eine für den Bereich Raumentwicklung wichtige Wirkungskette handelt, werden die Indikatoren trotz diesem Vorbehalt präsentiert. Dies erlaubt, zumindest eine Idee für die Grössenordnung der Problemstellung zu vermitteln.

4.4.2.3. Anzahl Gemeinden mit Einwohnern in Gebieten mit Lärmbelastung > 60 dB

Definition des Indikators

Anzahl Gemeinden total und pro Kanton mit Einwohnern in Gebieten mit Tageslärmbelastung (Leq16) über 60 dB. Die Lärmbelastung von 60dB wurde als Grenze gewählt, da sie dem Immissionsgrenzwert in Wohnzonen entspricht.

Datengrundlage

› Lärmkurven militärisch und zivil nach dB-Klassen. Quellen: BAZL resp. Luftwaffe.

Der Stand der Daten variiert je nach Flugplatz zw. 1993 und 2004.

› Gemeindekarte der Schweiz

Zur Qualität der Datengrundlage vgl. die Vorbemerkung in Abschnitt 4.4.2.2.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

In der folgenden Tabelle sind die Anzahl Gemeinden pro Kanton gegeben, in denen EinwohnerInnen Lärmbelastungen über 60dB ausgesetzt sind (Leq16).

ANZAHL GEMEINDEN MIT EINWOHNERN IN GEBIETEN MIT LÄRM-BELASTUNG ÜBER 60 DB (L_{EQ16})			
	Anzahl Gemeinden		Anzahl Gemeinden
Total CH	70 - 80		
AG	2	NW	3
AI	0	OW	0
AR	0	SG	0
BE	7	SH	0
BL	0	SO	2
BS ³⁹	0	SZ	0
FR	2	TG	2
GE	9	TI	3
GL	0	UR	0
GR	0	VD	3
JU	0	VS	2
LU	2	ZG	0
NE	1	ZH	30-40

Tabelle 20 Quellen: siehe Text.

Insgesamt gibt es 70-80 Gemeinden mit bewohnten Gebieten, in denen die Fluglärmbelastung über 60 dB liegt. Dies sind etwa 2,5% aller Schweizer Gemeinden.

In der Aufteilung nach Kantonen zeigen sich gut die Landesflughäfen Genf und Zürich (bzgl. Basel vgl. Fussnote 39). Für Zürich ist anzumerken, dass es sich um eine ungefähre Zählung handelt. Je nach An-/ Abflugregime sind eher mehr oder eher weniger Gemeinden betroffen.

Die Zahlen zeigen auch deutlich, dass in Kantonen, in denen nur Regionalflugplätze liegen, die Gemeindezahlen sehr tief sind. Offenbar beschränken sich Lärmbelastungen über 60dB in aller Regel auf die Standortgemeinden der Flugplätze.

4.4.2.4. Flächen mit Lärmbelastungen über den Belastungsgrenzwerten

Definition des Indikators

Pro Flughafenkategorie: Flächen nach Nutzung mit Lärmbelastungen (L_{eq16}) über 50dB

³⁹ Die lärmbelasteten Gebiete des EAP Basel liegen grösstenteils in Frankreich und sind daher nicht erfasst.

Datengrundlagen

- › Lärmkurven militärisch und zivil nach dB-Klassen. Quellen: BAZL resp. Luftwaffe. Der Stand der Daten variiert je nach Flugplatz zw. 1993 und 2004.
- › Stark vereinfachtes Bauzonenmodell mit folgenden Zonen: Wohnzone (inkl. Tourismuszone, Arbeitszone, Mischzone, Zentrumszone). Die Daten beruhen auf Bauzonen-Daten der Kantone mit Stand 1997 – 2005. Quelle: ARE

Zur Qualität der Datengrundlage vgl. die Vorbemerkung in Abschnitt 4.4.2.2.

Vorgehen bei der Berechnung

- › Die Berechnungen wurden durch das Bundesamt für Raumentwicklung auf Basis der durch das BAZL und die Luftwaffe zur Verfügung gestellten Lärmbelastungskurven durchgeführt. Diese beinhalten nicht sämtliche Flugplätze. Es fehlt insbesondere der Landesflughafen Zürich, welcher in einem separaten Indikator beschrieben wird.
- › Bei der Berechnung wurden die Gesamtflächen innerhalb der jeweiligen Lärmklassen sowie die in den Lärmklassen enthaltenen Bauzonen nach Typ ermittelt.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die folgende Tabelle zeigt die Grössenordnung der Flächen, welche mit Fluglärm im Bereich der Grenzwerte belastet sind.

Eine direkte Zuordnung der Grenzwerte zu den ausgewiesenen Zonenarten ist nicht möglich, da bei der Festlegung der Empfindlichkeitsstufen Spielräume bestehen. In der Regel unterliegen Wohnzonen der ES II, Zentrums-, und Mischzonen der ES III und Arbeitszonen der ES III oder ES IV. Die dicken Abgrenzungen markieren die Immissionsgrenzwerte, welche bei diesen Zuordnungen gemäss LSV für Fluglärm (Leq16, d.h. Tagesgrenzwert 06 – 22 h) gelten.

FLÄCHEN MIT FLUGLÄRMIMMISSIONEN IM BEREICH DER BELASTUNGSGRENZWERTE							
Landesflughafen Genf + Regionalflugplätze mit LChV							
Flächen in ha		55-59	60-64	65-69	70-74	Totale Fläche > 55dB	Anteil
Leq16 (dB)							
gesamte lärmbelastete Fläche		7'778	2'165	699	299	10'942	100%
davon:	Wohnzone	558	449	21	8	1'036	9%
	Zentrumszone	3	0	0	0	3	0%
	Mischzone	158	74	16	0	248	2%
	Arbeitszone	520	178	148	0	846	8%
andere Regionalflugplätze und Flugfelder							
Flächen in ha		55-59	60-64	65-69	70-74	Totale Fläche > 55dB	Anteil
Leq16 (dB)							
gesamte lärmbelastete Fläche		5'252	1'388	440	101	7'180	100%
davon:	Wohnzone	109	14	0	0	123	2%
	Zentrumszone	12	0	0	0	12	0%
	Mischzone	17	5	0	0	23	0%
	Arbeitszone	179	11	15	0	205	3%
Militärflugplätze (inkl. Sion)							
Flächen in ha		55-59	60-64	65-69	70-74	Totale Fläche > 55dB	Anteil
Leq16 (dB)							
gesamte lärmbelastete Fläche		7'038	2'764	285	204	10'290	100%
davon:	Wohnzone	390	61	0	0	450	4%
	Zentrumszone	102	19	0	0	121	1%
	Mischzone	113	22	1	0	136	1%
	Arbeitszone	193	187	0	0	380	4%

Tabelle 21 Quellen und Vorgehen zur Berechnung im Text beschrieben.

Kommentar:

- › Es zeigt sich die überproportionale Bedeutung der grösseren Flughäfen sowie der Militärflugplätze. Diese wenigen Flugplätze zusammen beeinträchtigen eine deutlich grössere Fläche mit Lärm über den Belastungsgrenzwerten (und schränken diese somit unter Umständen in ihrer potentiellen Nutzung ein) als alle Regionalflugplätze ohne LChV und Flugfelder zusammen.
- › Es zeigt sich auch gut die im Vergleich zu vielen Regionalflugplätzen ohne LChV „kritischere“ Lage der grösseren Flugplätze. Erstere beeinträchtigen nur sehr wenige Wohn- und Arbeitsgebiete mit Lärm über dem IGW.

Zu beachten ist indessen auch, dass weder maximale Lärmpegel noch Lärmbelastungen für die Nachtstunden⁴⁰ ausgewiesen sind. Für beide existieren ebenfalls Lärmbelastungsgrenzwerte in der LSV.

4.4.2.5. Flughafen Zürich: Flächen mit Belastungsgrenzwertüberschreitungen

Im vorhergehenden Kapitel wurden aggregierte Werte für die lärmbelasteten Flächen wiedergegeben. Von den Landesflughäfen floss dabei nur der Flughafen Genf in die genannten Werte ein. Für den Flughafen Zürich existieren genauere Werte, welche im Folgenden dargestellt werden.

Definition des Indikators

Bauzonenfläche in ha mit Überschreitung der Lärmbelastungsgrenzwerte durch den Flughafen Zürich, Jahr 2000

Datengrundlage

Unique: Diverse Daten und Berechnungen zur Lärmbelastung des Flughafens Zürich.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die folgende Tabelle zeigt für den Flughafen Zürich die Bauzonenflächen, welche im Jahr 2000 Fluglärmbelastungen über den Belastungsgrenzwerten aufwiesen. Im Jahr 2000 betrug die Anzahl Flugbewegungen im Linien- und Charterverkehr am Flughafen Zürich 291'000 und lag somit 25% über dem Stand 2004 von 231'000 (Bewegungszahlen gem. Intraplan 2005).

Unterschieden werden die bebauten und die nicht bebauten Bauzonen. Die Unterscheidung in die Empfindlichkeitsstufen ES II und ES III entspricht im Grossen und Ganzen der Unterscheidung zwischen Gewerbe- und Wohnzonen.

⁴⁰ Wobei anzumerken ist, dass auf Flugfeldern grundsätzlich keine Nachtflüge (nach 22'00 h) stattfinden. Auf gewissen Plätzen finden an einzelnen Tagen „Nachtflüge“ zwischen astronomischem Nachtbeginn (Ende der bürgerlichen Abenddämmerung) und 22'00 h statt.

FLUGHAFEN ZÜRICH: BAUZONENFLÄCHEN MIT BELASTUNGSGREZWERTÜBERSCHREITUNGEN, JAHR 2000												
in ha	PW			IGW			AW			Total PW + IGW + AW		
	überbaut	nicht überbaut	total	überbaut	nicht überbaut	total	überbaut	nicht überbaut	total	überbaut	nicht überbaut	total
Tag ES II	557	88	645	276	55	331	103	8	111	936	151	1'087
ES III	204	72	276	178	72	250	65	21	86	447	165	612
Total	762	160	922	454	127	581	168	29	197	1384	316	1'700
1. Nacht- ES II	596	130	726	231	61	292	19	4	23	846	195	1'041
stunde ES III	614	136	750	360	121	481	44	24	68	1018	281	1'299
Total	1210	265	1'475	591	183	774	64	28	92	1865	476	2'341
Umhüllende ES II	1127	204	1'331	629	140	769	129	17	146	1885	361	2'246
ES III	653	162	815	446	146	592	93	39	132	1192	347	1'539
Total	1780	366	2'146	1075	286	1'361	222	56	278	3077	708	3'785

Tabelle 22 Quelle: Unique.

Die von Belastungsgrenzwertüberschreitungen betroffenen Flächen betragen insgesamt knapp 3'800ha. Davon sind über 80% bereits überbaut. 700ha noch nicht überbaute Bauzonen liegen in Gebieten, in denen Belastungsgrenzwerte überschritten sind. Davon werden auf 56ha die Alarmwerte überschritten, womit faktisch Bauverbot herrscht. Ansonsten dürfen die Einschränkungen in der Nutzung vor allem für die Wohnzonen von Bedeutung sein.

Aus den Zahlen kann gefolgert werden, dass das Lärmproblem **im Bestand** weitaus grösser ist als in den Bauzonenreserven. Dies deutet auch auf eine gewisse mangelnde Voraussicht in der Raumplanung in der Vergangenheit hin. Der heutige Zustand ist einerseits Resultat einer Zunahme der Lärmbelastung durch die steigende Anzahl Flugbewegungen und andererseits auch einer Bebauung von Flächen, bei welchen eine zukünftige Überschreitung der Grenzwerte hätte erwartet werden können⁴¹.

Interessant ist ein Vergleich der Flächen mit Belastungsgrenzwertüberschreitungen mit der Fläche des Flughafenareals Zürich (900 ha, Rahmenkonzessionsperimeter). Die Fläche, in welcher der Flughafen zu Belastungsgrenzwertüberschreitungen führt, ist somit gut viermal so gross wie das Flughafenareal selbst.

Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Auf eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Flächen mit Belastungsgrenzwertüberschreitungen wird an dieser Stelle verzichtet. Die Entwicklung ist von der Anzahl Flugbewegungen, vom Flottenmix und vor allem auch von An-/Abflugregime und Tagesverlauf der Flugbewegungen abhängig: Die Zunahme der Anzahl Flugbewegungen erhöht die Lärmbelastung und somit auch die von Belastungsgrenzwertüberschreitungen betroffenen Flä-

⁴¹ Dieses „Zubauen“ der Flughafen Umgebung wird auch „Encroachment“ - Effekt genannt.

chen. Gleichzeitig werden die einzelnen Flugzeuge in der Tendenz aber weniger laut, was bzgl. Lärm den Effekt der Zunahme der Anzahl Flugbewegungen teilweise kompensiert. Bzgl. An-/Abflugregime sowie Betriebszeiten sind zudem noch so viele Fragen offen, dass sich keine Aussagen machen lassen.

4.4.2.6. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Bei den Landesflughäfen sind die mit Lärm über den Grenzwerten belasteten Flächen beträchtlich. Dennoch scheint die Siedlungsentwicklung durch die Flughafenentwicklung kaum eingeschränkt worden zu sein. Vielmehr hat die hohe Siedlungsdynamik (vor allem in den Agglomerationsräumen Genf und Zürich) zu einer höheren Lärmbelastung geführt, was die Zusammenhänge zwischen Lärm und Raumplanung sichtbar macht. Dies zeigt sich auch am Beispiel Zürich, wo die lärmbelasteten Bauzonen grösstenteils bebaut sind, d.h. das Problem liegt vielmehr im Bestand als in den Bauzonenreserven.

Bei den Regionalflugplätzen ohne Linien- und Charterverkehr sowie bei den Flugfeldern treten ausserhalb der Flugplatzperimeter praktisch keine Überschreitungen von Lärmbelastungsgrenzwerten auf.

4.4.3. LUFTFAHRT ALS STANDORTFAKTOR

Unterschiedliche Standorte sind in unterschiedlichem Ausmass und in unterschiedlicher Qualität mit Standortfaktoren ausgestattet (Standortangebot), sie sind daher für verschiedene Nutzungen (von Unternehmen, für Haushalte als Wohnstandort, für Touristen als Feriendestination etc.) in unterschiedlichem Masse attraktiv und werden dementsprechend in unterschiedlichem Ausmass nachgefragt. Je nach räumlichem Bezug sind unterschiedliche Standortfaktoren wichtig. Auf grossräumiger Ebene (international, interregional) geht es im Rahmen der Luftfahrt einzig um den Faktor Erreichbarkeit, auf kleinräumiger Ebene (innerregional) zusätzlich auch um den Faktor Lärm.

Dabei ist immer eine relative Betrachtung massgebend: Ein Standort wird aus einem Set von konkurrierenden Standorten mit ähnlichen Qualitäten ausgewählt, seine relative Qualität im Vergleich mit den Alternativstandorten ist entscheidend. Der Ansatz ist top-down: Zuerst erfolgt die Entscheidung nach dem Standortland, danach nach der Standortregion (Metropolitanregion oder Arbeitsmarktregion) und zuletzt die Auswahl eines Standorts im Innern einer Region.

Die Relevanz der Luftfahrt als Standortfaktor lässt sich für jede Ebene anhand von vier Fragen untersuchen:

1. Inwiefern unterscheidet sich die Ausstattung von verschiedenen konkurrierenden Standorten mit einem bestimmten Standortfaktor?
2. Wer entscheidet auf einem bestimmten geografischen Niveau über seinen Standort?
3. Wer davon (Unternehmen: Branchen und Tätigkeiten, Haushalte: sozio-ökonomische Kategorien) reagiert in besonderem Ausmass auf die luftfahrtrelevanten Standortfaktoren Flugreichbarkeit und Lärm?
4. Welches Gewicht besitzen bei der Standortentscheidung diese Faktoren im Vergleich zu anderen Standortfaktoren?

Diese Fragen werden in den nächsten Kapiteln für die internationale/interkontinentale, die interregionale und für die innerregionale Ebene diskutiert.

4.4.4. W3a STANDORTKONKURRENZ INTERNATIONAL

Auf internationalem oder sogar interkontinentalem Niveau entscheiden vor allem grössere Betriebe und Organisationen mit internationalem Tätigkeitsfeld und/oder zahlreichen Zweigstellen über ihren Standort⁴². Soll das europäische Headquarter einer amerikanischen Firma in der Schweiz, in Ungarn oder in Irland liegen? Soll die UNO in Genf oder in Brüssel tagen?

Für solche internationalen Standortentscheidungen sind viele Faktoren von Bedeutung, **luftfahrtrelevant** ist jedoch nur die **internationale Erreichbarkeit**. Diese ist abhängig vom Flugangebot aus der Schweiz **nach wirtschaftlich wichtigen ausländischen Destinationen** und somit in erster Linie vom Flugangebot ab den **Landesflughäfen**. Daneben sind aber - gerade für Mitteldistanzen - auch die Alternativen mit Strassen- und Schienenfernverkehr von Bedeutung.

In besonderem Ausmass auf eine überdurchschnittliche internationale Erreichbarkeit angewiesen sind dabei Branchen und Funktionen mit häufiger internationaler Reisetätigkeit: Headquarter resp. generell Kaderpositionen (geschäftliche Treffen finden trotz heutigen technischen Möglichkeiten weiterhin vorwiegend face-to-face statt), hochproduktive

⁴² Inwiefern auch kleinere und mittlere Unternehmen Teile ihrer Produktion an ausländische Standorte verlagern, ist v.a. branchenabhängig. Gerade im zweiten Sektor spielt die Luftverkehrserreichbarkeit nur eine untergeordnete Rolle. Wichtiger sind günstige Arbeitskräfte oder das Erschliessen neuer Absatzmärkte. Das Headquarter bleibt bei solchen Produktionsverlagerungen denn auch meistens im Stammland (und dort dann aber evtl. in Flughafennähe, um die Produktionsstätten im Ausland besuchen zu können → vgl. interregionale resp. innerregionale Ebene).

Dienstleistungsfirmen mit oft weltweiter Ausrichtung, Forschungs- & Entwicklungsabteilungen, Niederlassungen ausländischer Firmen, etc.⁴³

Im Zusammenhang mit der Luftfahrt stellt sich vor allem die Frage, welches Gewicht der Faktor Luftverkehrserreichbarkeit bei diesen Standortentscheidungen besass. Die erwähnte Studie der Beratungsfirma Arthur D. Little untersuchte mittels einer Befragung von Unternehmen, die ihr weltweites oder regionales Headquarter in die Schweiz verschoben haben, welche Standortfaktoren als besonders wichtig eingestuft werden. Auf den ersten drei Plätzen Stelle rangieren die Standortfaktoren „Unternehmensbesteuerung“, „Qualität der Arbeitskräfte“ sowie die „hohe Lebensqualität“. Die internationale Flugereichbarkeit wurde nicht explizit erfragt, an vierter Stelle rangiert jedoch der Faktor „zentrale Lage“ (in Europa), welcher in einem engen Zusammenhang mit der internationalen Erreichbarkeit steht.

Die Befragung zeigte aber auch, dass über 97% dieser Unternehmen in der Schweiz zu bleiben beabsichtigen (Arthur D. Little, 2003). Dies, obwohl 16% dieser Unternehmen bei der Flugereichbarkeit noch Verbesserungspotential ausmachen.

Ein ähnliches Bild ergibt eine Befragung der BCG (2005). Darin werden internationale Flüge als wichtiger Standortfaktor genannt und die Stellung der Schweiz diesbezüglich als leicht überdurchschnittlich eingeschätzt. Verschiedene andere Standortfaktoren sind aber auch gemäss dieser Befragung wichtiger.

Eine gute internationale Erreichbarkeit ist somit sicherlich eine wichtige Voraussetzung, damit die Schweiz ein attraktiver Standort ist und bleibt. Andere Faktoren sind aber ebenso wichtig.

Die Haushalte spielen auf der internationalen (und auch auf der interregionalen) Ebene keine Rolle. Sie folgen grossräumig in erster Linie den Arbeitsplätzen. Die gute Erreichbarkeit eines Flughafens vom Wohnstandort aus ist eine innerregionale Standortentscheidung und wird daher in Kapitel 6.4.2 betrachtet.

4.4.4.1. Internationale Erreichbarkeit der Schweiz

Datengrundlagen

- › BAK Basel Economics. Die internationale Verkehrsanbindung der Schweiz in Gefahr ? Mai, 2004
- › WWZ Uni Basel (Bleisch Andreas). Perspektiven zur Erreichbarkeit Zürichs und der Schweiz. Basel, September 2004.

⁴³ Vgl. dazu z.B. die Einteilung des 3. Sektors von Harvey (1999) sowie Metron (2004)

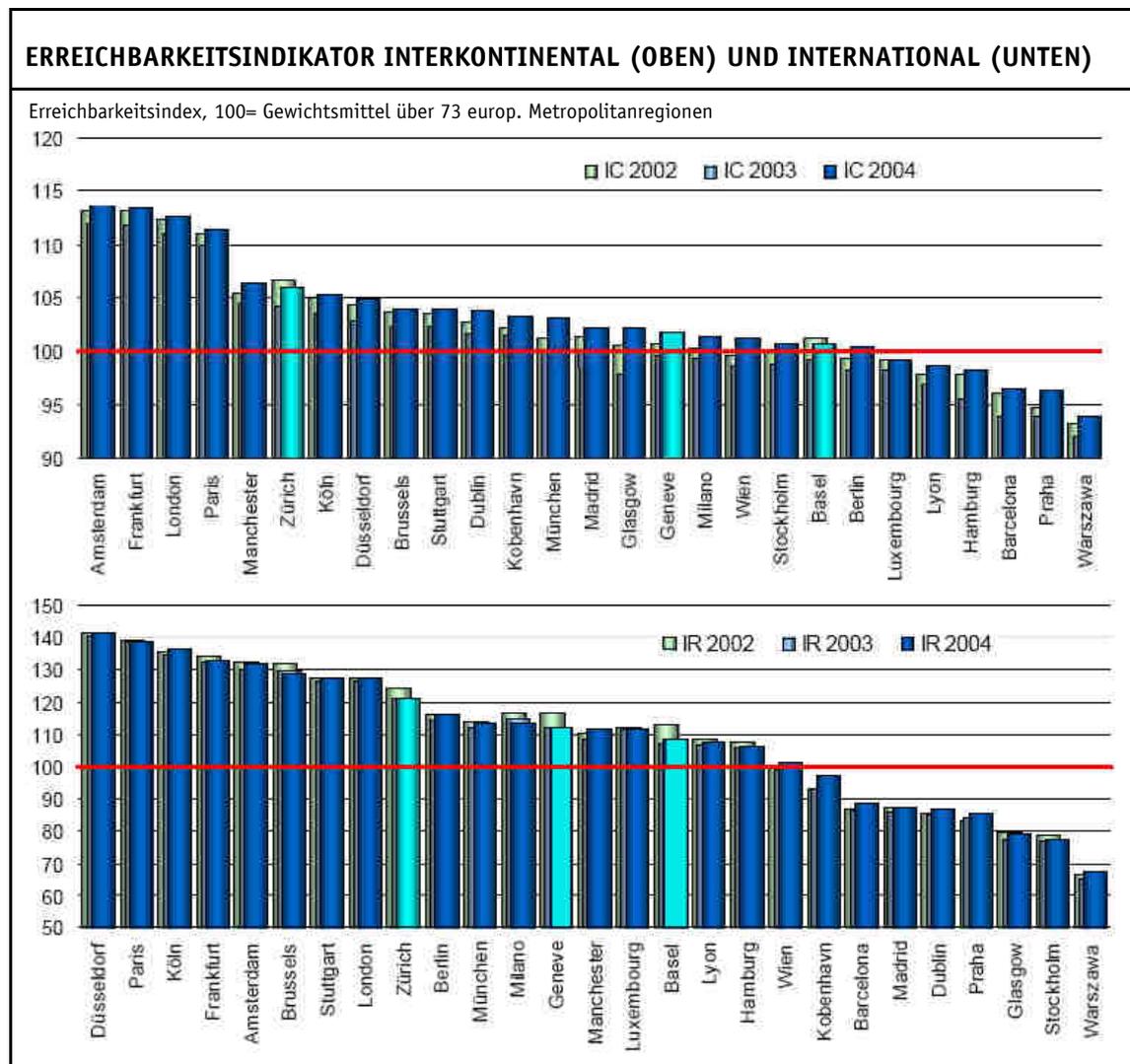
Definition des Indikators

Erreichbarkeit von interkontinental resp. international relevanten Zielen. Gewichtung der Ziele über deren Wirtschaftskraft (Aktivität des Zielortes Z). Details siehe WWZ, 2004.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die folgenden Ausführungen fassen die Ergebnisse des Berichts des WWZ(2004) zusammen. In diesem Bericht werden die Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien für den Flughafen Zürich untersucht. Die Studie ist im Auftrag des Kantons Zürich (Volkswirtschaftsdirektion) erarbeitet worden. Dabei wird zwischen interkontinentaler und interregionaler Erreichbarkeit unterschieden, wobei mit interregionaler Erreichbarkeit nicht die Erreichbarkeit verschiedener Schweizer Regionen sondern verschiedener Metropolitanregionen in Europa verstanden wird. Aus Sicht der in der hier vorliegenden Studie beschriebenen Wirkungsketten handelt es sich hierbei um die internationale Ebene.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Analyse des heutigen Zustands zuerst für die interkontinentale Ebene, danach für die Erreichbarkeit der europäischen Metropolitanregionen.



Figur 26 Quelle: WWZ, 2004. Die Schweizer Destinationen sind hellblau dargestellt, die rote Linie zeigt das Gewichtsmittel über 73 europ. Metropolitanregionen.

Die Figuren zeigen, dass die drei Schweizer Landesflughafenregionen über eine überdurchschnittlich gute Erreichbarkeit verfügen:

- › Im interkontinentalen Vergleich, in dem praktisch nur der Luftverkehr eine Rolle spielt, liegt Zürich auf Rang 6. Es folgt nach den vier europäischen Primärhubs bereits an zweiter Stelle und liegt insbesondere vor direkten Konkurrenzstädten wie Stuttgart oder Brüssel. Auch Genf und Basel liegen mit Rang 17 resp. 21 noch klar über dem Durchschnitt der 73 untersuchten europäischen Grosstädte. Die internkontinentale Erreichbarkeit der Schweiz kann somit als hervorragend bezeichnet werden.

- › Beim Indikator für die Erreichbarkeit europäischer Metropolitanregionen schneidet Zürich leicht schlechter, Genf und Basel hingegen besser ab als im Vergleich der interkontinentalen Erreichbarkeit. Grund dafür ist nicht die Luftverkehrsanbindung, sondern vor allem die geografische Lage. Für die Erreichbarkeit der europäischen Metropolitanregionen ist neben einem Flughafen mit einer guten Einbindung ins Europanetz vor allem auch eine gute Erreichbarkeit auf Schiene und Strasse wichtig, v.a. für Relationen unter 500km. Daher ist den Metropolitanregionen an der Spitze des Rankings gemeinsam, dass sie sich nahe am wirtschaftlichen Schwerpunkt Europas befinden.
Aber auch auf dieser Ebene liegt Zürich mit Rang 9 weit vorne, Genf und Basel folgen auf den Rängen 13 und 16 und auch die Erreichbarkeit im internationalen Kontext kann heute als sehr gut bezeichnet werden.
- › Betrachtet man jedoch die Dynamik, so ist feststellbar, dass die Schweiz in den letzten Jahren an Rang verloren hat, insbesondere bei der interregionalen Erreichbarkeit.

Zukünftige Entwicklung nach Szenarien

Erste und wichtigste Feststellung ist, dass sich die absolute Erreichbarkeit der Schweiz aus ausländischen Zielen dank der prognostizierten Zunahme der Flugbewegungen sowie auch dank der Einbindung der Schweiz ins europäische Hochgeschwindigkeitsschienennetz weiter verbessern wird.

Zur Abschätzung der relativen Erreichbarkeit, d.h. der Erreichbarkeit im Vergleich mit Konkurrenzstandorten, gibt der Bericht des WWZ (2004) Aufschluss. In diesem Bericht werden Erreichbarkeitsindizes für verschiedene Zukunftsszenarien berechnet. Diese unterscheiden sich nur durch eine unterschiedliche Anzahl Bewegungen ab dem Flughafen Zürich. Für alle anderen Flugplätze wurde immer dasselbe Flugbewegungswachstum unterstellt.

Folgende Szenarien werden im Bericht des WWZ (2004) untersucht:

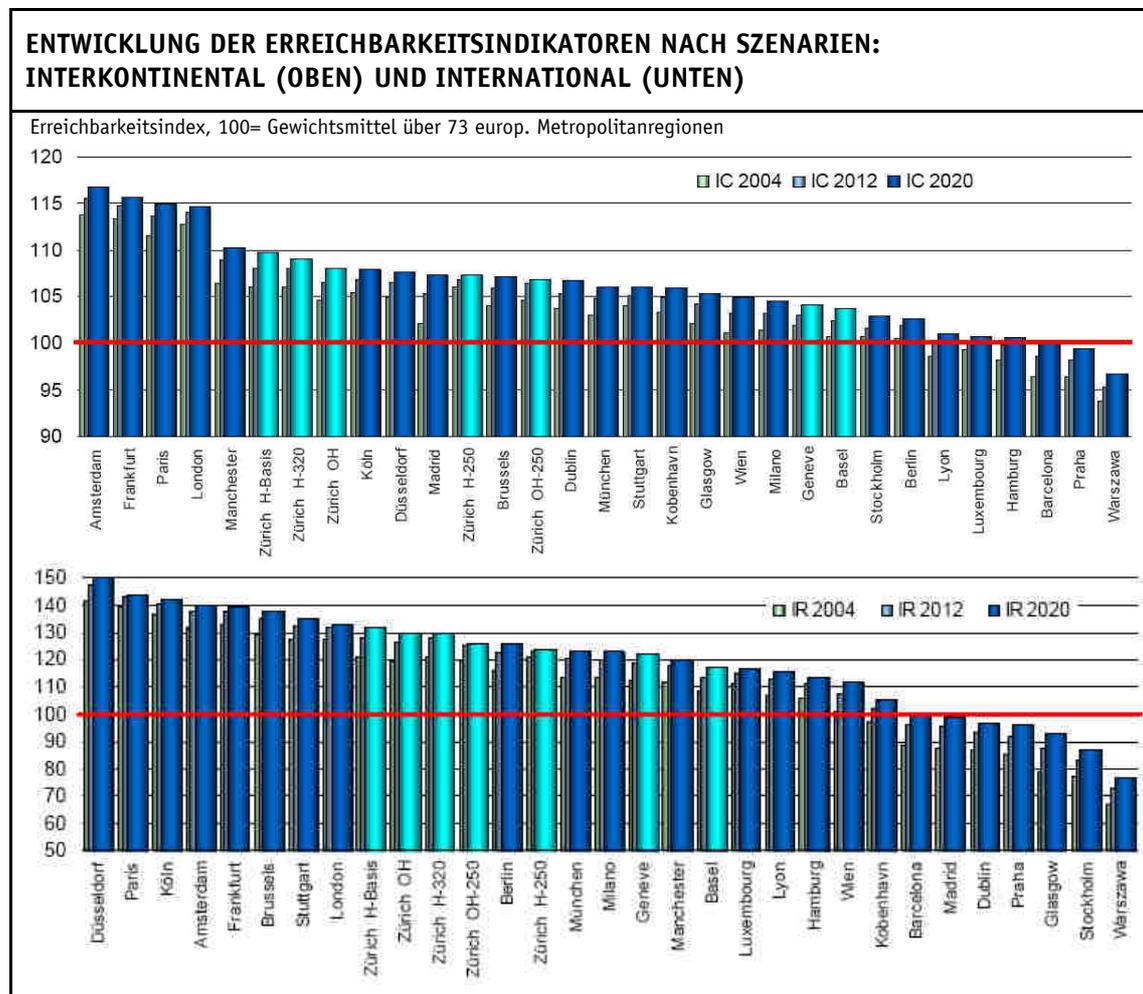
- › Zürich H-Basis: mit Hub, ohne Wachstumsbeschränkung
- › Zürich OH: ohne Hub, ohne Wachstumsbeschränkung
- › Zürich H-320: mit Hub, Wachstumsbeschränkung bei 320'000 Flugbewegungen
- › Zürich H-250: mit Hub, Wachstumsbeschränkung bei 250'000 Flugbewegungen⁴⁴
- › Zürich OH-250: ohne Hub, Wachstumsbeschränkung bei 250'000 Flugbewegungen

Diese Szenarien und auch die Grundprognose entsprechen den im vorliegenden Bericht verwendeten, aktuelleren Prognosen von Intraplan (2005) sowie aus dem AP1 (RappTrans, 2005) nicht vollständig. Die Szenarien des WWZ reichen aber aus, um eine grundlegende Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der Lufterreichbarkeit der Schweiz vorzunehmen. Die wichtigsten Differenzen zwischen den Zukunftsannahmen sind:

- › In WWZ (2004) wird bei den Szenarien ohne Wachstumsbeschränkung von einem jährlichen ATM-Wachstum von 2.5% ausgegangen, was unter den aktuelleren Prognosen liegt. Dennoch kann das Szenario Zürich H-Basis als Pendant zur Trendprognose von Intraplan (2005) interpretiert werden.
- › Das Szenario Zürich H-320 liegt zwischen diesen Szenarien und nimmt somit eine ähnliche Stellung ein wie das Szenario Rapp Tief.
- › Das Szenario Zürich OH entspricht in etwa dem Szenario No Hub Zürich.

Die für die Zukunft prognostizierten Erreichbarkeiten sind in der folgenden Figur gezeigt.

⁴⁴ Das Szenario unterscheidet sich leicht von den Annahmen gemäss Plafonierungsinitiative im Kanton Zürich, die eine Plafonierung der Flugbewegungen auf 250'000 und eine Nachtsperre von 9 Stunden fordert. Das Szenario unterstellt eine Nachtsperre von 23 Uhr bis 5.30 Uhr. Gemäss Aussagen der Swiss wäre bei einer solchen Nachtsperre ein Interkontinentalverkehr möglich, nicht aber mit einer Sperre von 9 Stunden.



Figur 27 Quelle: WWZ, 2004. Die Schweizer Destinationen sind hellblau dargestellt.

Bei der Interpretation sind die absolute Erreichbarkeit sowie das relative Ranking im Vergleich zu anderen Metropolitanregionen zu unterscheiden. Wie zu Beginn des Kapitels beschrieben, nimmt die absolute Erreichbarkeit der Schweiz aufgrund des Wachstums der Anzahl Flugbewegungen zu. Dasselbe gilt aber auch für die anderen Destinationen.

Daher ist das relative Ranking der Schweizer Metropolitanregionen in stärkerem Ausmass abhängig von der zukünftigen Entwicklung. Die Metropolitanregion Zürich kann zwar ihren Platz im vorderen Mittelfeld in allen Szenarien halten und die Unterschiede sind relativ gering. Je nach Szenario wird die Region Zürich aber von einzelnen anderen Metropolitanregionen in der Qualität der Erreichbarkeit überholt. Substanziellere Einbussen wären

wohl nur bei einem vollständigen Wegfall des Hubs verbunden mit einer drastischen Abnahme der Anzahl Flugbewegungen zu befürchten.⁴⁵

In der Betrachtung des WWZ (2004) werden die Erreichbarkeiten der anderen Städte (unter Berücksichtigung des allg. Flugverkehrswachstums) als Konstante betrachtet. Dabei unbeachtet bleibt die Tatsache, dass das Umfeld sehr dynamisch ist. Die im Vergleich zu anderen Metropolitanräumen negative Dynamik könnte sich dadurch verstärken, dass andernorts konkrete Pläne zur Verbesserung der internationalen und interkontinentalen Erreichbarkeit vorliegen (Europäisches HGV-Netz, Flughafenausbauten), welche in diesen Regionen über das Flugbewegungswachstum hinaus gehende Verbesserungen in der Erreichbarkeit bewirken. Die Metropolitanregionen Genf und Basel liegen in demselben Spannungsfeld.

Dennoch kann gefolgert werden, dass die Schweiz bezüglich internationaler resp. interkontinentaler Erreichbarkeit auch in Zukunft sehr gut erreichbar bleibt und auch im relativen Vergleich mit Konkurrenzstandorten einen vorderen Platz einnehmen wird. Auch in Zukunft kann die Schweiz somit gute Standortbedingungen für Branchen und Funktionen, die auf eine gute Luftverkehrserreichbarkeit angewiesen sind, bieten. Weil die Luftverkehrserreichbarkeit nur einer von verschiedenen Standortfaktoren ist, muss auch im Fall, dass der Luftverkehr in Zukunft weniger stark wachsen wird als die Trendprognose von Intraplan (2005) annimmt, nicht mit einer bedeutenden Ausdünnung von flugverkehrssensitiven Branchen und Funktionen gerechnet werden.

Der Linienverkehr der Regionalflugplätze spielt für die internationale Erreichbarkeit keine Rolle. Er deckt nur sehr wenige Relationen und damit sehr wenige Geschäftsbeziehungen ab.

4.4.4.2. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Die gute Flugerreichbarkeit ist ein wichtiger Standortfaktor für die Schweizer Wirtschaft. Sie trägt dazu bei, dass Branchen und Funktionen, welche auf gute Flugverkehrsverbindungen angewiesen sind, in der Schweiz bleiben, resp. sich auch weiterhin neu in der Schweiz niederlassen. Zwar werden andere Standortfaktoren (Steuern, Arbeitskräftepotential, hohe Lebensqualität) in verschiedenen Analysen als noch wichtiger eingeschätzt. Eine gute in-

⁴⁵ Der hinterlegte Flugplan beruht auf der Annahme, dass insbesondere die Verbindungen in den mittleren und fernen Osten sowie nach Nordamerika zu einem grossten Teil von anderen Airlines angeboten würden.

ternationale Erreichbarkeit ist jedoch sicherlich eine Voraussetzung, damit die Schweiz ein attraktiver Standort ist und bleibt.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung ist festzustellen, dass sich die internationale Erreichbarkeit der Schweizer Zentren mit der steigenden Anzahl Flugbewegungen absolut weiter verbessern wird. Im relativen Vergleich mit anderen europäischen Metropolitanregionen wird die Schweiz hingegen eher an Rang verlieren. Je nach Szenario ist diese negative Dynamik stärker oder weniger stark ausgeprägt. Ferner hängt die relative Stellung der Schweiz auch davon ab, wie sich die Erreichbarkeit von Konkurrenzstandorten entwickeln wird.

4.4.5. W3b STANDORTKONKURRENZ INTERREGIONAL

In diesem Kapitel geht es um interregionale Entscheidungen, d.h. um die Frage, in welchem Schweizer Metropolitanraum ein Unternehmen welche Tätigkeiten ansiedelt. Für Tourismusgebiete interessiert zusätzlich, in welcher Region sich Touristenströme konzentrieren.

Es geht also **um Verteilungseffekte innerhalb der Schweiz**. Die Haushalte spielen wie auf der internationalen Ebene auch auf der interregionalen Ebene eine untergeordnete Rolle. Sie folgen bei ihrer grossräumigen Standortwahl in erster Linie den Arbeitsplätzen.

Dabei sind wiederum **dieselben Branchen und Tätigkeiten** auf besonders gute Erreichbarkeit eines Landesflughafens angewiesen, welche bereits auf internationaler Ebene für ihre Flugverkehrsaffinität erwähnt wurden. Zusätzlich zu den internationalen, grossen Unternehmen und Organisationen, hat die Erreichbarkeit der Flughäfen aber **auch für Schweizer Firmen**, welche regelmässigen Auslandkontakte pflegen, einen Einfluss auf ihre interregionale Standortwahl. Dies betrifft insbesondere Firmen im

- › produktiven Dienstleistungssektor (Banken, Versicherungen, Beratungsunternehmen, etc.)
- › Forschungs- & Entwicklungsabteilungen
- › sowie wiederum die Kaderfunktionen in allen Branchen, insbesondere bei Firmen mit Zweigstellen oder Produktionsstätten im Ausland.

Für gewisse Unternehmen des zweiten Sektors kann ferner die Luftfracht eine Rolle spielen. Vor allem Produzenten hoch spezialisierter und hochwertiger Güter sind auf die Luftfracht angewiesen.

Um die Relevanz der Luftfahrt für interregionale Standortentscheidungen abzuschätzen, wird zunächst auf die Unterschiede in der Erreichbarkeit der Schweizer Regionen eingegan-

gen. Danach geht es darum anhand von Auswertungen der Betriebszählungen zu überprüfen, ob sich die unterschiedlichen Erreichbarkeiten auch in unterschiedlichen Branchenstrukturen messen lassen.

4.4.5.1. Erreichbarkeit der Schweizer Regionen

Im Zusammenhang mit dem Luftverkehr relevant ist die Möglichkeit, eine bestimmte Region von ausländischen Zentren aus zu erreichen, resp. aus einer Region möglichst schnell eine ausländische Destination zu erreichen. Diese Erreichbarkeit entspricht - neben der Erreichbarkeit einer Region mit der Bahn und auf der Strasse - weitgehend der Erreichbarkeit der drei Landesflughäfen sowie dem Flughafen Milano. Im Bericht des WWZ (2004) werden neben den interkontinentalen Erreichbarkeitsindikatoren auch interregionale Erreichbarkeiten von ca. 300 europäischen Regionalzentren untersucht. Die folgende Tabelle ist ein Auszug aus der Erreichbarkeitsindikatortabelle für die Schweizer Kantonshauptorte.

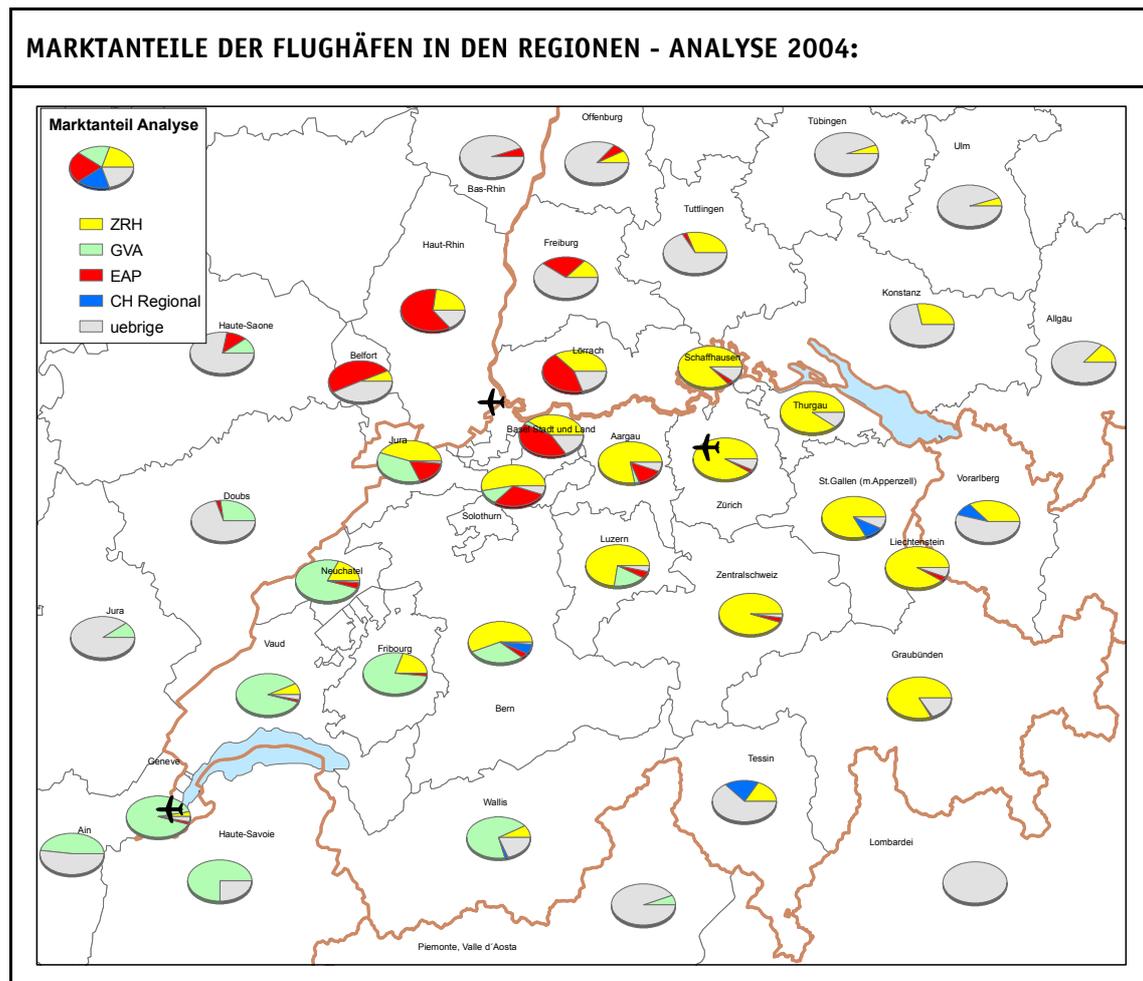
ERREICHBARKEITSINDIKATOR SCHWEIZER KANTONSHAUPTORTE							
Stadt	Land	Juli 2004		Stadt	Land	Juli 2004	
		Rang	Indikator			Rang	Indikator
Aarau	CH	25	107.66	Liestal	CH	28	102.32
Altdorf	CH	62	84.11	Lugano	CH	43	90.99
Appenzell	CH	61	84.17	Luzern	CH	48	88.87
Basel	CH	24	108.43	Neuchatel	CH	59	85.13
Bern	CH	41	92.18	Sarnen	CH	68	82.07
Chur	CH	57	85.73	Schaffhausen	CH	31	101.16
Delemont	CH	52	87.50	Schwyz	CH	44	90.80
Frauenfeld	CH	16	112.81	Sion	CH	76	73.98
Fribourg	CH	51	87.52	Solothurn	CH	40	93.43
Geneve	CH	18	112.47	St.Gallen	CH	29	101.49
Glarus	CH	60	85.01	Stans	CH	63	84.11
Herisau	CH	39	95.86	Zug	CH	34	100.92
Lausanne	CH	38	95.94	Zürich	CH	9	120.89

Erreichbarkeitsindex: 100= Gewichtsmittel über 73 europ. Metropolitanregionen
Rang: Vergleich mit ca. 300 europäischen Metropolen und Regionalzentren mit Eisenbahnanschluss

Tabelle 23 Quelle: WWZ, 2004. Anhang S. 58 (Auszug)

Die Erreichbarkeitsindikatoren zeigen gut die Bedeutung einer guten Erreichbarkeit der Landesflughäfen. Überdurchschnittlich hohe Indikatorwerte erreichen neben den Flughafenstandorten diejenigen Kantonshauptorte, welche relativ nahe an den Landesflughäfen liegen, wie z.B. Frauenfeld, Aarau, St. Gallen oder Zug.

Dass die Regionalflugplätze (auch diejenigen mit Linienverkehr) eine untergeordnete Rolle spielen, ist in der folgenden Abbildung aus der Nachfrageprognose von Intraplan (2005) ersichtlich. Sie zeigt die Marktanteile der Flughäfen in den Regionen (Analyse für 2004).



Figur 28 Quelle: Intraplan, 2005

Es zeigt sich, dass der Flughafen Zürich für die gesamte östliche Landeshälfte mit Abstand der wichtigste Flughafen ist. Auch in Bern beträgt sein Marktanteil noch mehr als die Hälfte. Westlich von Bern ist vor allem Genf-Cointrin wichtig, der EuroAirport ist nur in Basel, im Elsass sowie für den Kreis Lörrach der Haupteinsteige-flughafen. Im Tessin sind die Mailänder Flughäfen deutlich wichtiger als Zürich-Kloten.

Die Regionalflugplätze mit Linienverkehr haben nur sehr untergeordnete Bedeutung. Den grössten Marktanteil erreichen Lugano-Agno im Tessin sowie Altenrhein in St.Gallen

und im Vorarlberg. Der Marktanteil von Bern-Belp ist selbst im Kanton Bern unter 10% und Sion ist nur schwach erkennbar in der Walliser Aufteilung.

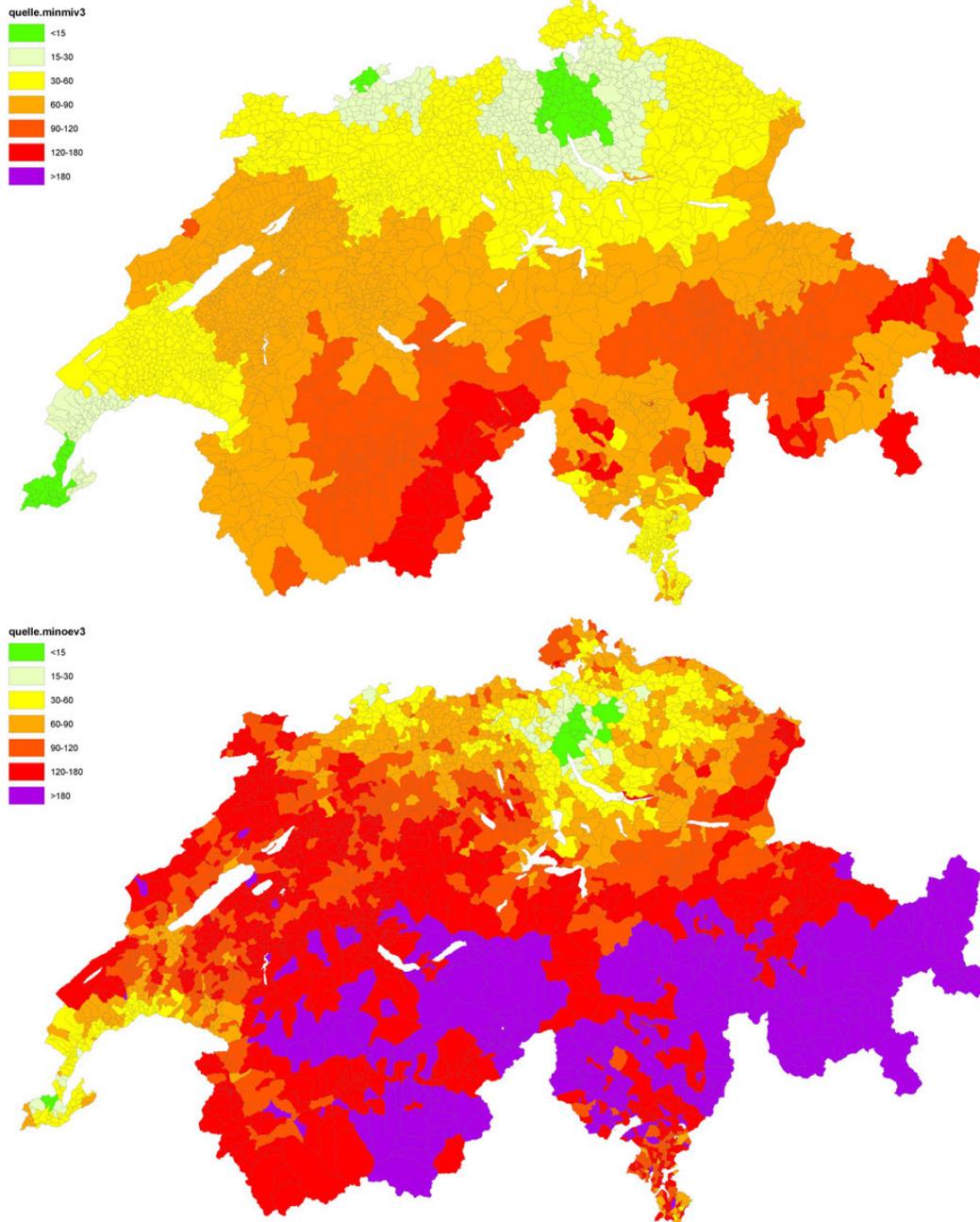
Diese unterschiedlichen Marktanteile sind in erster Linie Folge der unterschiedlichen Erreichbarkeiten der Landesflughäfen aus den Schweizer Regionen. Diese sind in der auf der nächsten Seite folgenden Abbildung abgedruckt. Diese zeigt die minimalen Reisezeiten mit MIV und ÖV zum nächsten Landesflughafen resp. nach Milano. Dabei ist auch sichtbar ist, wo die Wasserscheiden zwischen den Flughäfen liegen.

Die gezeigten Reisezeiten sind gemeinscharfe Auszüge aus dem nationalen Verkehrsmodell (VM-UVEK/ARE). Für die **ÖV-Reisezeiten** ist zu erwähnen, dass es sich um einen Zustand für das Jahr 2000 handelt, d.h. **vor der 1. Etappe BAHN 2000**. Seither sind die Zeiten v.a. im Mittelland deutlich gesunken, was die Unterschiede zwischen den Zentren des Mittellandes nochmals deutlich reduziert hat. **Heute lässt sich aus allen grösseren Zentren des Mittellandes in maximal 1½ h mit der Bahn ein** (oder sogar mehrere) **Landesflughafen erreichen**. Dabei sind von den Schweizer Gross- und Mittelzentren Bern, Luzern, Thun, Biel, Neuenburg, La Chaux-de-Fonds, Freiburg, Sion, Chur sowie die Tessiner Mittelzentren am weitesten von einem Landesflughafen entfernt.

Bei den **MIV-Zeiten** handelt es sich um **Reisezeiten ohne Verkehrsbehinderungen**. Die tatsächlichen MIV-Reisezeiten dürften somit während der Zeiten, wenn Verkehrsüberlastungen auf den Zufahrtsstrassen auftreten, deutlich höher liegen als in der Figur gezeigt.

Insgesamt zeigt sich auf den Karten das bekannte Phänomen, dass ausser in den Zentren die MIV-Reisezeiten deutlich geringer sind als die ÖV-Reisezeiten. Für die Diskussion der Erreichbarkeit sind die ÖV-Reisezeiten dennoch von primärer Bedeutung. Der ÖV-Anteil liegt z.B. bei den Passagieren des Flughafens Zürich heute bei fast 60% (Unique, 2005).

REISEZEIT IN MINUTEN ZUM NÄCHSTEN LANDESFLUGHAFEN RESP. MILANO
(OBEN MIV, UNTEN ÖV (Fahrplanperiode 2000))



Quelle: Verkehrsmodell VM-UVEK/ARE, SBB/VöV (Fahrplanperiode 2000), Bearbeitung: Metron

Figur 29

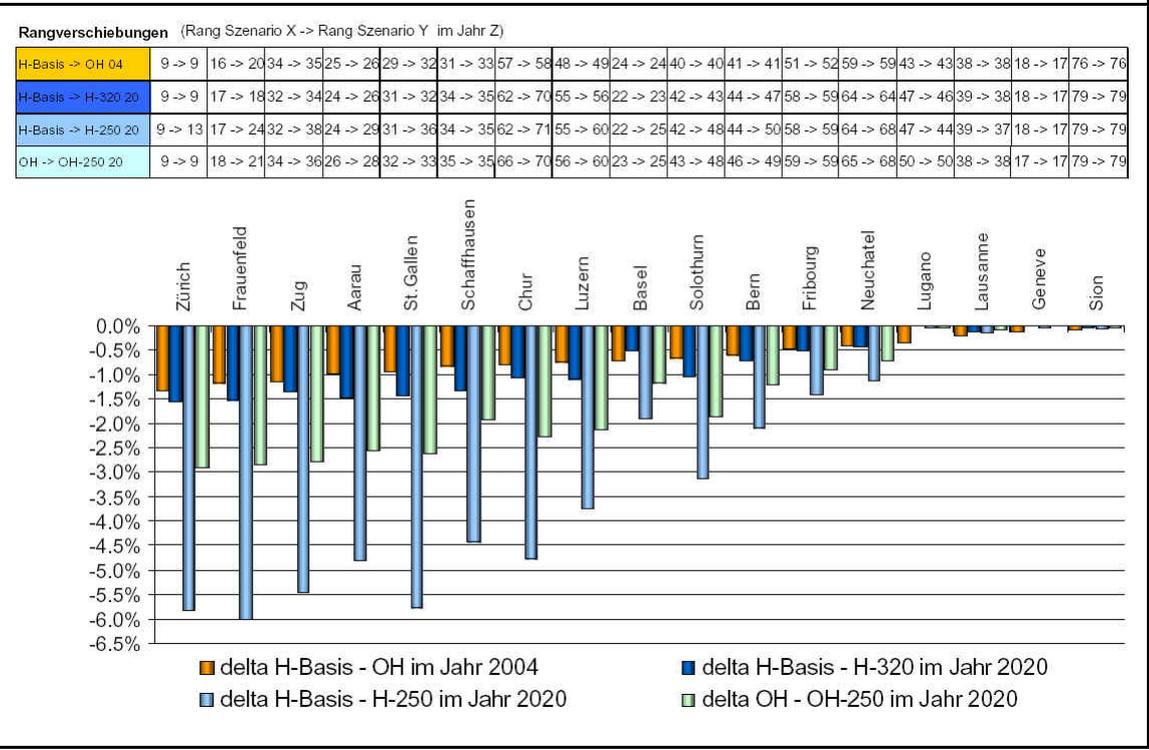
Zukünftige Entwicklung

Die Erreichbarkeit der Flughäfen wird sich v.a. mit der Weiterentwicklung der Bahnanbindungen weiter verbessern. Grund dafür sind die geplanten resp. im Bau befindlichen Weiterentwicklungen des Schweizer Schienennetzes und -angebots (Stichworte sind NEAT, 2. Etappe Bahn 2000, Durchmesserlinie Zürich, HGV-Anschlüsse, allenfalls auch Anbindung des EuroAirports ans Schienennetz). Für die MIV-Erreichbarkeit ist eine Prognose schwieriger. Die MIV-Erreichbarkeit der Flughäfen hängt zumindest zu den Hauptverkehrszeiten stark davon ab, inwiefern es gelingt, die Überlastungsprobleme im Agglomerationsverkehr zu reduzieren und so die Erreichbarkeit der Flughäfen sicherzustellen. Dabei ist der flughafenfremde Verkehr massgebend (vgl. auch Kapitel 3.4.7.1 zum Ausbaubedarf auf Zufahrtsstrecken der Flughäfen). Mit dem Vorschlag der Einrichtung eines Infrastrukturfonds zur Überwindung der grössten Verkehrsprobleme in den Agglomerationen hat der Bundesrat einen Schritt in diese Richtung gemacht. In Zürich ist der Bau einer dritten Tunnelröhre am Gubrist in Planung.

Flugverkehrsseitig lassen sich die Auswirkungen der Szenarien auf die Regionen mit folgender Abbildung aus dem Bericht des WWZ (2004) zusammenfassen⁴⁶:

⁴⁶ Es handelt sich hier mangels anderer Daten wiederum um die bereits oben verwendeten Szenarien für den Flughafen Zürich.

ENTWICKLUNG DER ERREICHBARKEITSINDIKATOREN IN DEN REGIONEN NACH SZENARIO:



Figur 30 Quelle: WWZ, 2004

Es ist ersichtlich, dass neben Zürich vor allem die Ostschweizer Zentren von den Entwicklungstrends des Flughafens Zürich abhängig sind. Praktisch unberührt von den Zürcher Szenarien sind die Westschweiz und das Tessin. Dies trifft nur für den Passagierverkehr jedoch nicht für den Frachtverkehr zu. Die Unterschiede zwischen den Szenarien sind mit Ausnahme des wenig plausiblen Szenarios H-250 (mit Hub, aber nur 250'000 Bewegungen in Zürich) relativ gering.

Bezüglich der Aufteilung zwischen den Schweizer Landesflughäfen geht Intraplan (2005) von leichten Verschiebungen aus. Die folgende Abbildung zeigt die für das Jahr 2020 prognostizierten Marktanteile.

4.4.5.2. Regionale Verteilung der Arbeitsplätze in flugsensitiven Branchen

Unterschiedliche Erreichbarkeiten der Regionen sind die eine Seite der Analyse. Im Folgenden geht es nun darum aufzuzeigen, inwiefern diese unterschiedlichen Erreichbarkeiten auch tatsächlich in unterschiedlichen Zusammensetzungen der Wirtschaftsstruktur in den verschiedenen Schweizer Regionen zum Ausdruck kommen.

Definition des Indikators

Anzahl und Anteil der Arbeitsplätze in flugsensitiven Branchen in verschiedenen Schweizer Regionen und Kantonen

Datengrundlage

Betriebszählung 2001, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswertung der Betriebszählung 2001 für verschiedene Schweizer Agglomerationen.

ANTEIL ARBEITSPLÄTZE IN FLUGSENSITIVEN BRANCHEN (2001)					
Agglomeration	Anzahl Beschäftigte in B1	Anzahl Beschäftigte in B2	Totale Anzahl Beschäftigte	Anteil B1	Anteil B2
Wetzikon (ZH)	0	1'714	21'105	0.0%	8.1%
Winterthur	85	15'140	59'511	0.1%	25.4%
Zürich	12'071	196'695	676'040	1.8%	29.1%
Bern	680	37'961	228'781	0.3%	16.6%
Biel (BE)	43	3'777	46'291	0.1%	8.2%
Burgdorf	0	1'698	16'036	0.0%	10.6%
Interlaken	0	968	10'868	0.0%	8.9%
Thun	24	3'512	36'914	0.1%	9.5%
Stans	0	3'922	14'313	0.0%	27.4%
Zug	341	12'199	65'233	0.5%	18.7%
Basel ⁴⁷	1'427	49'285	287'560	0.5%	17.1%
St. Gallen	4	4'525	32'038	0.0%	14.1%
Baden	360	8'771	58'786	0.6%	14.9%
Arbon	2	2'326	24'728	0.0%	9.4%
Lausanne	729	33'205	171'989	0.4%	19.3%
Genève	9'477	68'356	255'410	3.7%	26.8%

B1: Auszug von als besonders flugsensitiv eingeschätzten Branchen. Berücksichtigt wurden folgende NOGA-Klassen: Konzerngesellschaften, Handelsbanken, Börsenbanken, ausländisch beherrschte Banken
B2: Auszug von flugsensitiven Branchen in einem umfassenderen Sinn. Berücksichtigte NOGA-Klassen: ganzer Banken- und Versicherungssektor, Forschung und Entwicklung, Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen

Tabelle 24 Quelle: BFS, Betriebszählung 2001; eigene Auswertungen

Es zeigt sich eindrücklich, dass der Anteil der als besonders flugverkehrssensitiv eingeschätzten Branchen (B1) in den Agglomerationen mit Landesflughäfen oder in deren Nähe besonders hoch ist. Bei der etwas weiter gefassten Definition flugsensitiver Branchen (B2) widerspricht einzig der hohe Anteil in Stans der These (jedoch auf viel tieferem absolutem Niveau), dass die Luftverkehrserreichbarkeit eine wichtige Rolle in der Standortwahl spielt. Ansonsten sind es auch bei der weiter gefassten Definition die landesflughafennächsten Agglomerationen Zürich, Winterthur und Genf, welche besonders hohe Anteile dieser Branchen aufweisen. Auffallend sind die niedrigen Zahlen von Bern und St.Gallen/Arbon als Standorte von Regionalflugplätzen mit Linienverkehr. Dies entspricht der im vorhergehenden Kapitel gemachten Feststellung, dass die Regionalflugplätze nur eine marginale wirtschaftliche Bedeutung für die jeweiligen Standorte besitzen.

⁴⁷ Die tiefen ausgewiesenen Anteile in Basel dürften damit zusammen hängen, dass die Headquarterfunktionen der Basler Chemie in den betrachteten NOGA-Klassen nicht berücksichtigt wird.

4.4.5.3. Standortkonkurrenz zwischen Tourismusgebieten

Hier geht es nur um Verteilungseffekte zwischen verschiedenen Tourismusgebieten. Der allgemein positive Effekt der Luftfahrt auf den Tourismus ist Teil der Analyse des Bereichs Wirtschaft. Ebenfalls nicht behandelt werden die gerade im Alpenraum sehr wichtigen Bereiche der Arbeits- und der Rettungsflüge. Diese machen v.a. beim Helikopterverkehr einen grossen Teil der Bewegungen aus. Beide sind aber nicht relevant im Sinne einer Standortkonkurrenz zwischen Tourismusgebieten.

Bezüglich Tourismus ist der wichtigste Einfluss der Luftfahrt auf interregionale Allokationsfragen im obersten Preissegment des Tourismussektors zu nennen. Die Möglichkeit, mit Privat- oder Chartermaschinen oder mit einem Helikopter direkt in einer Ferienregion zu landen, ist einer der Standortvorteile von Tourismuszielen wie Gstaad, St.Moritz und weniger stark Zermatt. Dieser Vorteil trägt vermutlich seinen Teil dazu bei, dass diese Orte ihre historische Bedeutung als Ferienorte der oberen Preisklasse (und somit für ein Kundensegment, welches sich eine Anreise im Privatflugzeug leisten kann) bewahren können, was mit dazu beiträgt, dass insbesondere in diesen Ferienregionen ein beträchtlicher Siedlungsdruck zu verzeichnen ist. So lässt sich zum Beispiel in der Region von Gstaad beobachten, dass der Druck für zusätzlichen Zweitwohnungsbau auch auf die angrenzenden Orte im oberen Simmental und im Pays-d'Enhaut übergreift und recht bedeutend ist.

Das Gewicht des Standortfaktors Regionalflugplatz kann aber nicht abschliessend beurteilt werden. Auch hier ist nicht klar, in welcher Richtung die Kausalität liegt: Ist der Flugplatz Folge der Nachfrage der gehobenen Kundschaft oder ist die gehobene Kundschaft Folge des Flugplatzes? Welche Entwicklung hätte ohne Regionalflugplatz stattgefunden?

Ferner spielen andere Faktoren (v.a. auch historische) mit Sicherheit eine ebenso grosse Rolle, geschah doch der Aufstieg dieser Kurorte Ende des 18./Anfang des 19. Jahrhunderts vor allem im Zusammenhang mit dem Bau der Eisenbahnen, lange bevor der Flugverkehr eine Rolle spielte.

4.4.5.4. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Betreffend der interregionalen Standortwahl scheinen die Standortregionen, sowie die Regionen, aus denen die Landesflughäfen besonders gut erreichbar sind, am meisten von der guten Flugerreichbarkeit zu profitieren. Vor allem die Agglomerationen Genf, Zürich und Winterthur weisen überdurchschnittliche Anteile flugsensitiver Branchen auf. **Dennoch ist die Bedeutung der Flughafenerreichbarkeit bei der Wahl der Standortregion schwierig einzuschätzen** - trotz der beobachteten Unterschiede in den Erreichbarkeiten sowie in der

Branchenstruktur. Insbesondere stellt sich die Frage nach dem Huhn und dem Ei. Siedelt sich ein Unternehmen in einer Region an resp. bleibt es in einer Region, weil es einen Flughafen mit gutem Flugangebot gibt? Oder gibt es einen Flughafen mit gutem Flugangebot, weil viele Unternehmen in der Region sind und eine hohe Nachfrage nach Flugreisen generieren?

Bleisch (2001) vermutet die Bedeutung des EAP heute eher darin, die international tätigen Firmen im Raum Basel zu halten. Eine dort zitierte Studie von Kaspar et al. aus dem Jahr 1982 kam für Kloten zum Schluss, dass der Flughafen direkte Ursache für 2% der Neuniederlassungen und 3% der Expansionsentscheidungen sämtlicher Betriebe im Kanton Zürich war. Ecoplan (SIAA, 2003c) befragte zur Untersuchung der Bedeutung des Faktors Flug erreichbarkeit verschiedene Grossunternehmen im Raum Zürich. Aus dieser Umfrage, welche jedoch eher auf die innerregionale Standortwahl fokussierte (vgl. folgendes Kapitel), ging hervor, dass die Nähe zum Flughafen vor allem für die Niederlassungen ausländischer Unternehmen in der Schweiz besonders wichtig ist. Die befragten Schweizer Grossunternehmen sind hingegen grossmehrheitlich seit Jahrzehnten an ihrem jetzigen Standort und können neben dieser historischen Gegebenheit keine Gründe für die ‚Standortwahl‘ angeben.

Da ein wichtiger Standortfaktor sicher der Standort anderer Unternehmen derselben Branche ist, können auch die bereits angesiedelten Firmen ein Grund sein für weitere Neuan siedlungen, was zur beobachteten Clusterbildung (Zürich: Banken-, Versicherungssektor, Basel: Chemie, Genf/Lausanne: Micro- und Biotechnologie, intl. Organisationen, Privat Banking) führt. Dennoch sind es gerade die drei Flughafenregionen, in welchen solche Ballungen von überdurchschnittlich produktiven Wirtschaftszweigen beobachtet werden, und welche diese drei Regionen z.B. von der Bundeshauptstadt Bern, welche keinen Landesflughafen besitzt, deutlich abheben.

Ein gewisser Effekt der Flughafenstandorte auf die interregionale Standortwahl scheint also vorzuliegen, insgesamt ist aber zu vermuten, dass die generelle Luftverkehrserreichbarkeit der Schweiz für die wirtschaftliche Entwicklung der wichtigere Faktor ist als die Unterschiede in den Erreichbarkeiten der einzelnen Regionen. Dies insbesondere auch deswegen, weil die Unterschiede in der Erreichbarkeit der Landesflughäfen mit Bahn 2000 und den weiteren Ausbauten des ÖV-Systems weiter abnehmen. Bereits heute lässt sich zumindest im Mittelland aus allen grösseren Zentren in maximal 1½ h mit der Bahn ein Landesflughafen erreichen.

4.4.6. W4 LUFTFAHRT ALS INNERREGIONALER STANDORTFAKTOR

Für kleinräumige Standortentscheidungen, d.h. der Wahl eines Standorts innerhalb einer Metropolitanregion, sind zwei Faktoren luftfahrtrelevant: einerseits wiederum der Faktor „Erreichbarkeit des Flughafens“, andererseits die Umweltqualität eines Standorts und somit vor allem der Faktor „Fluglärmimmissionen“. Der erste Faktor betrifft in erster Linie die Standortwahl von Unternehmen, der Faktor Fluglärm ist hingegen primär für Wohnnutzungen und Tourismus von Bedeutung. Auf der kleinräumigen Ebene spielen somit die Standortentscheide sowohl von Unternehmen als auch von Haushalten eine Rolle.

Zu unterscheiden sind als erstes die Auswirkungen bei verschiedenen Flugplatzkategorien: Im Kapitel zur interregionalen Standortkonkurrenz wurde aufgezeigt, dass die Bedeutung der **Regionalflugplätze** für die Erreichbarkeit zumindest ausserhalb der Tourismusgebiete gering ist. Somit spielt auch auf der innerregionalen Ebene die Erreichbarkeit eines Regionalflugplatzes eine geringe Rolle. Ausnahme sind einige spezifische Betriebe der Luftfahrtindustrie, welche gleich neben einem Regionalflugplatz liegen (z.B. Pilatus Werke in Stans).

Die Hauptnutzungen von Regionalflugplätzen betreffen Aktivitäten, welche die lokale Standortgunst nicht direkt verändern: Klein- und Leichtaviatik, Arbeitsflüge, Rettungsflüge, Schulungsflüge etc. Diese Nutzungen sind für eine Region z.T. zwar von Bedeutung, ihre räumlichen Auswirkungen sind jedoch gering. Für die meisten Regionalflugplätze beschränken sich die innerregionalen **räumlichen** Auswirkungen demnach auf die Lärmimmissionen, welche sich auf die lärmbelasteten Standorte negativ auswirken. Nähe zum Flugplatz ist – ausser für die kleine Gruppe der Angestellten und derjenigen Personen, welche diesen als Piloten oder Passagier nutzen – vor allem mit negativen Auswirkungen verbunden.

Ähnliches gilt für die **Militärflugplätze**. Der beträchtliche Lärm, der mit der Militärfliegerei einhergeht, wirkt negativ auf die lokale Standortgunst – vor allem in touristischen Regionen. Die Luftraumüberwachung und Landesverteidigung, das Hauptprodukt der Luftwaffe, kommt der ganzen Bevölkerung zugute und besitzt somit keine räumlich differenzierende Wirkung. Der lokale Nutzen liegt vielmehr darin, dass das Militär v.a. in Randregionen ein relativ bedeutender Arbeitgeber ist. Lange Zeit hatten diese Arbeitsplätze denn auch eine strukturerhaltende Wirkung. Die Dynamik der letzten Jahre weist jedoch in Richtung einer abnehmenden Bedeutung.

Für die **Landesflughäfen** ist die Sache komplizierter. Sowohl Erreichbarkeit als auch Lärm sind relevant und sowohl Nutzen wie auch Kosten sind im Vergleich zu den übrigen Flug-

plätzen um ein Vielfaches höher. Güller Güller (SIAA 2003d) untersuchten den Einfluss des Flughafens Zürich auf die umliegenden Gemeinden. Sie stellten fest, dass der Einfluss des Flughafens auf die Raumentwicklung von Gemeinde zu Gemeinde sehr unterschiedlich ist. Neben Fluglärm und Erreichbarkeit des Flughafens spielen auch andere lokale Standortfaktoren eine Rolle für die Entwicklungschancen einer Gemeinde: Dazu zählen z.B. Steuerfuss, Bodenpreise, Flächenverfügbarkeit, Erschliessung mit MIV, ÖV sowie Fuss- und Veloverkehr, Stausituation, Immissionen von Strassen- und Schienenverkehr oder die Landschaftsattraktivität. Im Folgenden wird auf die beiden Faktoren Erreichbarkeit und Lärm näher eingegangen.

4.4.6.1. Innerregionale Verteilung von flugsensitiven Unternehmen

Definition des Indikators

Anzahl und Anteil Arbeitsplätze in flugsensitiven Branchen in verschiedenen Bezirken innerhalb der Metropolitanregionen mit Flughafen.

Datengrundlage

Betriebszählung 2001, BFS.

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

In den vorangehenden Kapiteln wurden bereits zahlreiche Aussagen dazu gemacht, welche Branchen und Funktionen in besonderem Masse auf Flugerreichbarkeit und somit auf Erreichbarkeit des Flughafens angewiesen sind (wobei es wie oben beschrieben nur um die Landesflughäfen geht). Zusätzlich zu diesen Unternehmen wählen innerregional diejenigen Unternehmen ihren Standort in Flughafennähe, welche Leistungen für die Passagiere oder die Flugbetriebe anbieten: Direkt mit dem Flugverkehr verbundene Tätigkeiten wie z.B. Catering oder Flugtechnik, daneben aber auch Hotels, Detailhandel, Logistikbetriebe etc. Dies wurde z.B. von Güller Güller in SIAA (2003d) für das Umfeld des Flughafens Zürich Kloten festgestellt. Dabei zeigte sich auch eine Spezialisierung der Standorte nach Branchen: im Süden des Flughafens auf der Achse Richtung Stadt Zürich siedelten sich eher die flugsensitiven produktiven Dienstleistungen an, nordöstlich und westlich eher Logistikunternehmen und andere Zulieferer. Grund für diese Spezialisierung dürften die unterschiedlichen Flächenpreise sein. Je nach Produktivität einer Branche können sich diese die teureren Preise in Stadtnähe leisten oder nicht. Die folgende Tabelle zeigt für die flugsensitiven

Branchen eine Auswertung der Betriebszählungsdaten 2001 nach Bezirken in den Kantonen Zürich und Bern.

ANTEIL ARBEITSPLÄTZE IN FLUGSENSITIVEN BRANCHEN NACH BEZIRKEN					
Bezirk	Anzahl Beschäftigte in B1	Anzahl Beschäftigte in B2	Totale Anzahl Beschäftigte	Anteil B1	Anteil B2
Kanton Zürich					
Affoltern	0	893	12007	0.00%	7.44%
Andelfingen	0	532	7858	0.00%	6.77%
Bülach	422	19146	92181	0.46%	20.77%
Dielsdorf	0	2120	30103	0.00%	7.04%
Hinwil	0	2222	29922	0.00%	7.43%
Horgen	8	6640	36130	0.02%	18.38%
Meilen	40	4492	30529	0.13%	14.71%
Pfäffikon	1	1667	17168	0.01%	9.71%
Uster	445	8974	49821	0.89%	18.01%
Winterthur	85	15411	62606	0.14%	24.62%
Dietikon	9	4570	38897	0.02%	11.75%
Zürich	11058	144660	339529	3.26%	42.61%
Kanton Bern (Auszug)					
Aarberg	0	870	12658	0.00%	6.87%
Aarwangen	71	1426	18253	0.39%	7.81%
Bern	674	33136	190201	0.35%	17.42%
Biel	43	3045	33476	0.13%	9.10%
Büren	1	262	6439	0.02%	4.07%
Burgdorf	0	1892	20153	0.00%	9.39%
Erlach	0	182	3486	0.00%	5.22%
Fraubrunnen	8	2467	16357	0.05%	15.08%
Konolfingen	0	1816	17794	0.00%	10.21%
Laupen	0	242	4020	0.00%	6.02%
Schwarzenburg	0	159	2766	0.00%	5.75%
Seftigen	0	583	9431	0.00%	6.18%
Thun	24	3205	34795	0.07%	9.21%
B1: Auszug von als besonders flugsensitiv eingeschätzten Branchen. Berücksichtigt wurden folgende NOGA-Klassen: Konzerngesellschaften, Handelsbanken, Börsenbanken, ausländisch beherrschte Banken B2: Auszug von flugsensitiven Branchen in einem umfassenderen Sinn. Berücksichtigte NOGA-Klassen: ganzer Banken- und Versicherungssektor, Forschung und Entwicklung, Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen					

Tabelle 25 Quelle: BFS, Betriebszählung 2001; eigene Auswertungen

Die Tabelle zeigt, dass sich Unternehmen flugsensitiver Branchen in den Bezirken im Umfeld des Flughafens Kloten niederlassen, beim Regionalflugplatz mit LChV Bern-Belp ist dieser Effekt hingegen nicht zu beobachten:

- › Der Flughafen Kloten selbst sowie einige Nachbargemeinden (Opfikon-Glattbrugg, Bassersdorf, Dietlikon) liegen im Bezirk Bülach. Östlich an diese Gemeinden angrenzend und so-

mit ebenfalls in relativer Flughafennähe folgt der Bezirk Uster (Dübendorf, Volketswil, Wangen). Die höchsten Anteile weist die Stadt Zürich auf.

- › Nähe zum Flughafen allein reicht aber nicht, wie die niedrigen Anteile in den Bezirken Dielsdorf oder Dietikon zeigen. Offenbar sind auch noch andere Standortfaktoren wichtig, damit sich Unternehmen dieser Branchen ansiedeln.
- › Im Kanton Bern weisen die Stadt Bern, die Stadt Biel sowie die Bezirke Aarwangen und Fraubrunnen hohe Anteile an B1 resp. B2 auf. Letztere drei liegen nördlich resp. östlich der Stadt Bern und bereits nicht mehr in unmittelbarer Nähe des Flughafens Bern-Belp.
- › Hingegen weisen die dem Flughafen näher gelegenen Bezirke Seftigen (südlich an den Flughafen angrenzend) und Thun keine hohen Anteile an flugsensitiven Branchen auf.
- › Dies deutet darauf hin, dass andere Gründe als die Nähe zu Bern-Belp für die Standortwahl dieser Unternehmen wichtiger waren. Daneben sind Personen, welche den Flughafen Bern-Belp wohl öfter benützen, anderen Berufsgruppen zuzuordnen (Vertreter des Bundes, Personen im Kontakt mit dem Bund wie Diplomaten, ausländische Politiker etc.).

Doch auch bei den Landesflughäfen ist die Bedeutung des Faktor „Erreichbarkeit der Flughäfen“ nicht eindeutig zu beurteilen. In der bereits an anderer Stelle zitierten Befragung von Ecoplan (SIAA, 2003c) für den Raum Zürich bezeichneten vor allem die befragten **Niederlassungen ausländischer Unternehmen** die Nähe zum Flughafen als einen der wichtigsten Faktoren für ihre Standortwahl (sind teilweise in B1 enthalten). Diese Unternehmen siedelten sich dementsprechend auch in unmittelbarer Nähe von Zürich Kloten an. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen einer umfassenderen Umfrage von Steiger (1999), in welcher der Zugang zum Flughafen als zweit- resp. drittwichtigster Standortfaktor im Bereich Verkehr und Kommunikation genannt wurde, hinter „Verfügbarkeit von Telekommunikationseinrichtungen“ sowie in Genf hinter „Anschluss an internationale öffentliche Verkehrsverbindungen“. Letzterer Befund ist jedoch interessant. Der HGV-Anschluss wurde von den Genfer Unternehmen/Organisationen sogar als wichtiger als der Zugang zum Flughafen bewertet.

Für die von Ecoplan befragten **Schweizer Grossunternehmen** ist die Rolle des Faktors Luftverkehrserreichbarkeit unklar. Die meisten der Unternehmen sind seit Jahrzehnten an ihrem jetzigen Standort und können neben dieser historischen Gegebenheit keine Gründe für die ‚Standortwahl‘ angeben. Bei der einzigen befragten Unternehmung, welche ihren Hauptsitz des Konzernbereichs Schweiz in die Nähe des Flughafens verlegte, waren jedoch andere Gründe als die Nähe zum Flughafen (v.a. ein grösserer Platzbedarf) für den Umzugsentscheid verantwortlich. (SIAA, 2003c).

Es kann also nicht abschliessend gefolgert werden, in welchem Ausmasse die innerregionale Standortwahl von der Nähe zum Landesflughafen geleitet wird. Der obigen Tabelle 25, welche auf einen doch beträchtlichen Einfluss hindeutet, stehen die gegenteiligen Aussagen in den beschriebenen Umfragen gegenüber.

4.4.6.2. Lärm als innerregionaler Standortfaktor

Der zweite luftverkehrsrelevante innerregionale Standortfaktor ist der Lärm. Dabei geht es um Lärmbelastungen unter den Lärmgrenzwerten, d.h. um Lärmimmissionen, welche über den Standortmarkt wirken. In Ergänzung zu den Ausführungen im Kapitel 4 (Lärm) können folgende Aussagen bez. Raumentwicklung gemacht werden.

Lärm betrifft in erster Linie die Wohnnutzungen. Wie aus zahlreichen Studien v.a. aus dem Strassenverkehr bekannt ist, reduziert Lärm das Wohlbefinden der AnwohnerInnen merklich und senkt damit auch den Wert einer Liegenschaft. Bei Mietobjekten muss die Lärmbelastung mit tieferen Mietpreisen kompensiert werden (vgl. dazu z.B. ARE/ECOPLAN 2004). Die grosse Bedeutung des Fluglärms kann unter anderem anhand der heftigen öffentlichen und auch politischen Diskussion über das Anflugregime um den Flughafen Zürich gezeigt werden. Die tatsächlichen räumlichen Auswirkungen scheinen jedoch nur sehr langfristig aufzutreten. Im Monitoring zum Südanflug der Stadt Zürich (2005) wird z. B. beschrieben, dass bisher keine Tendenzen auszumachen sind, die auf ein verändertes Zu- oder Wegzugsverhalten verschiedener Bevölkerungsgruppen in der Südanflugschneise schliessen lassen. Zwar war eine leichte Verschiebung von Schweizer EinwohnerInnen zu EinwohnerInnen anderer Nationalitäten zu verzeichnen, was auf einen gewissen Druck auf die Immobilien- resp. Mietpreise schliessen lässt. Die Verschiebung hin zu zusätzlicher ausländischer Bevölkerung zeigt sich jedoch auch im vom Flugverkehr nicht betroffenen Rest des Stadtkreis 12 (Statistik Stadt Zürich, 2005). Hingegen war bezüglich Bautätigkeit eine leichte Abnahme in der Südanflugschneise zu verzeichnen, während diese im restlichen Stadtkreis leicht zunahm (ebenda). Güller Güller stellten demgegenüber in SIAA (2003d) fest, dass sich die Stadtentwicklung 1970 – 1995 im Bereich der Lärmkurven nicht zu unterscheiden scheint von der Stadtentwicklung in anderen Gebieten der Flughafenregion.

Beobachtungen in anderen von den Südanflügen betroffenen Gemeinden zeigten ein vergleichbares Bild. Ein Bevölkerungsexodus wurde auch in den reicheren Gemeinden am Pfannenstiel nicht festgestellt, hingegen ein Druck auf die Immobilienpreise (NZZ, 2004). Diese Immobilien- und Baulandpreisveränderungen sind z.T. recht markant (vgl. dazu z.B. HEV Zürich, 2004) und sie dürften sich mittel- und langfristig auch räumlich auswirken:

einerseits in einer Veränderung der Bautätigkeit selbst, andererseits in einer veränderten sozioökonomischen Zusammensetzung der Bevölkerung. Dabei sind besonders EinwohnerInnen mit überdurchschnittlichem Einkommen mobil und haben die Möglichkeit, mit Wohnortverlagerungen auf Veränderungen der Fluglärmsituation zu reagieren. Dadurch werden bis anhin überdurchschnittlich teure Immobilien auch für weniger gut Verdienende erschwinglich resp. durch niedrigere Quadratmeterpreise können sich auch weniger gut Verdienende grössere Wohnflächen pro Person leisten.

Der räumliche Einfluss von Fluglärm ist somit wie jeder räumliche Einfluss sehr langsam. Er betrifft vor allem die Neubautätigkeit von Immobilien und Wohnungen und wirkt sich somit erst sehr langfristig aus. Im Immobilienbestand kann er zu sozio-ökonomischen Umschichtungen führen, als Folge der Auswirkungen auf die Immobilienpreise.

Obige Ausführungen betreffen vor allem die Landesflughäfen. Bei Regionalflugplätzen und Flugfeldern sind die Auswirkungen über den Standortmarkt wohl vernachlässigbar.

4.4.6.3. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Die Luftfahrt hat Auswirkungen auf die innerregionale Verteilung von Arbeitsplätzen und Einwohnern. Dabei wirkt der Fluglärm bei sämtlichen Flugplatzkategorien negativ, die Nähe zu einem Landesflughafen und somit dessen gute Erreichbarkeit positiv auf die Gunst eines Standorts. Die Erreichbarkeit von Regionalflugplätzen ist nur ausnahmsweise für einzelne wenige spezifische Betriebe mit direktem Zusammenhang zur Luftfahrt von Bedeutung. Somit verbleiben für die meisten Regionalflugplätze die, zwar nur sehr lokal wirksamen, negativen Auswirkungen des Lärms. In der Nähe der Landesflughäfen stehen sich Vorteile aus Erreichbarkeit und Nachteile aus der Lärmbelastung gegenüber. Als wichtiges Kriterium der Beurteilung nannten Güller Güller (SIAA, 2003d) die Frage, **ob die Lärmbelastung und der Entwicklungsspielraum einer Gemeinde sich die Waagschale halten** und die jeweiligen Entwicklungschancen intakt sind. Als Fazit stellen die Autoren fest, dass **Gewinner und Verlierer zwar nicht vollständig verschieden sind, aber auch nicht vollständig deckungsgleich**. Gemeinden mit kaum geschmälernten Entwicklungsmöglichkeiten stehen Gemeinden mit weitgehendem Strukturwandel (Verlust an EinwohnerInnen und Zunahme an Arbeitsplätzen) gegenüber. Es gibt Gemeinden und Stadtteile

- › mit Vorteilen bei der Erreichbarkeit und ohne Lärmnachteile
- › mit Vorteilen bei der Erreichbarkeit und Lärmnachteilen
- › weder mit Vorteilen, noch mit Nachteile.

Lärmbelastete Gemeinden ohne Erreichbarkeitsvorteil sind demgegenüber eher selten

4.4.7. W5 AUSBAUBEDARF AUF ZUBRINGERACHSEN ZU FLUGHÄFEN

Relevant sind nur die Landesflughäfen. Auf den Regionalflugplätzen ist das Benutzeraufkommen zu gering, als dass dieses der Grund für Verkehrsengpässen auf den Zufahrtsstrecken sein könnte. Zu dominant ist der flughafenfremde Verkehr.

Der Einfluss insbesondere der Landesflughäfen Zürich und Genf auf den Ausbau der Infrastrukturen in der Region und somit auch auf die räumliche Entwicklung war hingegen in den vergangenen Jahrzehnten nicht unbedeutend. Nicht nur die Flughafen-Bahnlinien in Genf und Zürich mit neuen Bahnhöfen wurden realisiert, es entstanden auch Anschlüsse der beiden Landesflughäfen an das Nationalstrassennetz. Zahlreiche kommunale und regionale Strassen in den Regionen um die Landesflughäfen wurden neu erstellt oder ausgebaut.

Weitere Infrastrukturen wie ein Bahnanschluss des EuroAirports, die Erweiterung des Genfer Tram-Netzes oder die Glattalbahn sind geplant oder im Bau, sodass **ausreichende Kapazitäten des öffentlichen Verkehrs** auch in Zukunft vorhanden sind. Allenfalls könnte ein Ausbau der SBB-Strecke Effretikon - Winterthur notwendig werden, dies jedoch nicht in erster Linie wegen steigender Aufkommen von/nach dem Flughafen sondern wegen der Überlagerung zahlreicher Verkehrsströme des Agglomerations- und Fernverkehrs und den geplanten Fahrplanverdichtungen im Agglomerationsverkehr.

Kritischer ist die Situation im Strassenverkehr. Die Landesflughäfen liegen alle im Agglomerationsraum, wo die Verkehrsprobleme und -überlastungen unabhängig von den Flughäfen bedeutend sind. Das steigende Passagieraufkommen im Luftverkehr führt aber zu einem weiteren Anstieg der Zu- und Wegfahrten zu den Flughäfen und daher indirekt möglicherweise zu zusätzlichen Kapazitätsengpässen auf den Zufahrtsachsen zu den Flughäfen.

Diesen resultierenden Verkehrsüberlastungen kann allenfalls mit einem Ausbau der betroffenen Infrastrukturen begegnet werden. Zur Abschätzung dieses Ausbaubedarfs aufgrund der steigenden Passagierzahlen muss aus den Frequenzen der Flughäfen auf die zusätzlichen Verkehrsbelastungen geschlossen werden. Dieses Aufkommen ist einerseits mit dem heutigen Aufkommen und andererseits mit den Kapazitäten auf Schiene und Strasse zu vergleichen.

4.4.7.1. Ausbaubedarf auf der Flughafenautobahn Zürich

Da die Verkehrsprobleme in der Agglomeration Zürich am bedeutendsten sind, wird im Folgenden eine Abschätzung für die Flughafenautobahn gemacht. Die Abgrenzung zum flughafenfremden Verkehr erfordert jedoch zahlreiche Annahmen. Auf eine Prognose der Entwicklung des flughafenfremden Verkehrs wird gänzlich verzichtet, da das Wachstum gerade auf

den Agglomerationsautobahnen nicht zuletzt auch von allfälligen Kapazitätserhöhungen im Netz abhängt.

Definition des Indikators

Anzahl MIV-Fahrten zum Flughafen Zürich

Datengrundlage

- › Umweltbericht Unique, 2004
- › Automatische Verkehrszählung des Kantons Zürich

Quantifizierung des heutigen Zustands und grobe Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Die Flughafenautobahn wies im September 2003 einen DTV von 76'000 Fahrten auf.

Aus dem Umweltbericht von Unique (2005) kann entnommen werden, dass im Jahr 2004 täglich 70'000 Menschen den Flughafen besuchten. Davon kamen 43% mit dem ÖV und 57% mit dem MIV (motorisierter Individualverkehr).

Aus diesen Zahlen lässt sich mit Hilfe einer Reihe von Annahmen das flughafeninduzierte Verkehrsaufkommen auf der Flughafenautobahn zumindest grob abschätzen:

GROBABSCHÄTZUNG FLUGHAFENINDUZIERTES MIV-AUFKOMMEN: FLUGHAFEN ZÜRICH			
	2004	2020 optimis- tisch⁴⁸	2020 pessi- mistisch
Benutzer des Flughafens pro Tag	70'000	114'100	114'100
MV-Anteil	57%	50%	60%
Benutzer mit MIV	39'900	57'000	68'500
Wege pro Benutzer pro Tag	2	2	2
Wege mit MIV total pro Tag	79'800	114'100	136'900
Fahrzeug-Besetzungsgrad	1.6	1.6	1.6
Autofahrten pro Tag	49'900	71'300	85'600
davon über Flughafenautobahn Richtung Zürich	60%	60%	60%
Flughafeninduzierter Verkehr über Flughafenauto- bahn Ri. ZH	30'000	42'800	51'300
DTV Sept. 2003 auf Flughafenautobahn (südlich des Flughafens)	76'000		
Anteil Flughafen	39%		
Zunahme bezogen auf flughafeninduzierten Verkehr 2003		+ 42%	+ 72%
Zunahme bezügl. Gesamtverkehr Flughafenautobahn 2003		+ 17%	+ 28%
Annahme Wachstum 2004 – 2020: 3,1% p.a., total 63%			
Entspricht flughafenu unabhängigem Passagierwachstum gem. Prognose Intraplan 2005			

Tabelle 26 Quellen: Unique Umweltbericht 2004, Mikrozensus Verkehr 2000

Die durch die prognostizierte Zunahme des Passagieraufkommens zu erwartende zusätzliche MIV-Verkehrsbelastung ist markant. Bezogen auf die heutigen Aufkommen auf der Flughafenautobahn muss unter Annahme einer Verbesserung des Modal Split des Flughafens auf 50% mit einer Zunahme um 13'000 Fahrten pro Tag gerechnet werden. Bei einer Verschlechterung des Modal Split auf 60% MIV-Anteil beträgt diese Zunahme sogar 21'000 Fahrten pro Tag. Die Autobahn, welche bereits heute zeitweise überlastet ist, wird die aktuelle Kapazitätsgrenze somit wohl erst recht überschreiten.

Sollte ein Ausbau der Flughafenautobahnen notwendig werden, würde dies für die bereits heute von Strassen- und Luftlärm sehr stark betroffene Region im Norden von Zürich eine zusätzliche Belastung bedeuten⁴⁹.

Beim ÖV bestehen demgegenüber noch Reserven, welche durch die Glattalbahn sowie die Durchmesserlinie Zürich noch vergrössert werden. Inwiefern ein Ausbau der Flughafenautobahn notwendig wird, hängt daher auch davon ab, ob es gelingt, den Modal Split der

⁴⁸ Die Prädikate „optimistisch“ und „pessimistisch“ beschreiben hier den Anteil ÖV am Modal Split.

⁴⁹ Ein Ausbau der Strasseninfrastrukturen im erweiterten Flughafenumfeld ist auch bereits in Planung. Dazu gehören mittelfristig der Bau einer dritten Tunnelröhre am Gubrist sowie, etwas längerfristig, die K10 (Glattalautobahn). Vgl. diesbezüglich AfV, 2005.

FlughafenbenutzerInnen noch deutlicher zu verbessern (bei den Flugpassagieren beträgt der ÖV-Anteil bereits heute 59%, Flughafenangestellte nur 28%).

Obige Überlegungen differenzieren nicht zwischen verschiedenen Tageszeiten. Da die Verkehrsüberlastungen sowohl im Strassennetz wie im ÖV vor allem zu den Hauptverkehrszeiten (HVZ) anfallen, ist es jedoch von Relevanz, wann die flughafeninduzierten Fahrten hauptsächlich anfallen. Dies ist je nach Nutzergruppe (je 1/3 der Benutzer des Flughafens) unterschiedlich:

- › Flugpassagiere/Begleitwege: Fallen entsprechend der Verteilung der Abflüge/Ankünfte über den Tag an. Diese kann der Figur 14 auf Seite 67 entnommen werden. Zwar bestehen Bewegungsspitzen in den HVZ, diese sind aber weniger ausgeprägt als im Strassenverkehr und verteilen sich über längere Zeiträume.
- › Mitarbeitende des Flughafens: Je nach Art der Arbeit folgen diese den Bürozeiten und reisen somit genau während der HVZ oder sie arbeiten im Schichtbetrieb und ihre Arbeitswege fallen zu strassenseitig weniger kritischen Zeiten an. Der hohe MIV-Anteil bei den Mitarbeitenden deutet darauf hin, dass die Staus offenbar für viele Mitarbeitende kein Problem darstellen.
- › Kunden der Geschäfte am Flughafen, weitere Benutzer des Flughafens: Entsprechen in erster Linie den Ganglinien des Einkaufs- und Freizeitverkehrs.

Insgesamt wird sich das flughafeninduzierte Verkehrsaufkommen besser über den Tag verteilen als der flughafenunabhängige Teil des Verkehrs auf der Flughafenautobahn. Zumindest kann gefolgert werden, dass der flughafeninduzierte Verkehr die Kapazitätsprobleme in den HVZ nicht überproportional verschärft.

4.4.7.2. Ausbaubedarf auf der Autobahn zum Flughafen Genf

Der Flughafen Genève-Cointrin liegt direkt an der Autobahnumfahrung der Stadt Genf. Die Verkehrsbelastung auf dem Abschnitt Aéroport – Verzweigung Colovrex betrug im Jahr 2004 knapp 50'000 Fahrzeuge (DTV), auf anderen Abschnitten ist die Belastung noch deutlich höher. Der Abschnitt ist vierspurig ausgebaut, besitzt also eine Kapazität von etwa 70'000 - 80'000 Fahrzeugen pro Tag.

Die Umfahrung Genf wird (wie auch Zürich Nord) im Jahresbericht zum Verkehrsfluss auf den Nationalstrassen (ASTRA, 2005) als einer der Stauschwerpunkte im schweizerischen Nationalstrassennetz genannt. Der Grund dafür liegt in den regelmässigen Verkehrsüberlastungen. 2004 wurde auf der Umfahrung Genf rund 300 Staustunden erfasst (zum Vergleich Zürich Nord: 1900 h). Die Stausituationen beschränken sich bis anhin jedoch auf die Haupt-

verkehrszeiten sowie auf Tage mit besonderen Anlässen. Besonders kritisch sind Tage, an denen sich der Agglomerationsverkehr und der Verkehr zum Flughafen zusätzlich mit Verkehr zum Palexpo Messegelände, welches in unmittelbarer Flughafennähe liegt, überlagert (z.B. während dem Autosalon).

Definition des Indikators

MIV-Fahrten zum Flughafen Genf

Datengrundlagen

- › AIG 2000 (Ecoscan SA) : Renouvellement de la concession d'exploitation de l'Aéroport International de Genève, Rapport d'impact sur l'environnement, Annexe 2. 5 mai 2000
- › AIG 2002 : Rapport environnemental 2002
- › AIG 2005 : Rapport environnemental, période 2002 - 2004
- › ASTRA 2004: Automatische Verkehrszählung des Bundesamts für Strassen

Quantifizierung des heutigen Zustands und grobe Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Die Verkehrsmenge auf der Umfahrung Genf wurden oben beschrieben. Der Flughafen selbst verzeichnete im Jahr 2004 8.5 Mio. Passagiere (AIG, 2005), d.h. ca. 23'000 Passagiere pro Tag. Dazu kommen 6'500 Personen, welche am Flughafen arbeiten (AIG, 2005) sowie weitere Benutzer des Flughafens (Annahme: ebenfalls 6'500, entspricht etwa dem Verhältnis in ZH). Der Anteil des MIV am Modal Split des Flughafens betrug im Jahr 2002 für die Flugpassagiere 70%, für die Angestellten 85% (AIG 2002). Ziel des Flughafens ist es, den Autoanteil der Benutzer des Flughafens (Angestellte und Passagiere) bis ins Jahr 2020 auf 55% zu senken.

In AIG 2000 wurde das flughafeninduzierte Verkehrsaufkommen abgeschätzt. Es erfolgte auch eine Aufteilung auf die verschiedenen Zufahrtachsen. Einige Kennzahlen aus diesem Bericht sind in der folgenden Tabelle gezeigt. Da der Bericht aus dem Jahr 2000 mit Zahlen für das Jahr 1998 stammt und die Anzahl Flugpassagiere (ohne Transit) seither um etwa 40% zugenommen hat, wurden die Zahlen auf den heutigen Stand hochgerechnet:

GROBABSCHÄTZUNG FLUGHAFENINDUZIERTES MIV-AUFKOMMEN FLUGHAFEN GENF				
	1998	2004	2020 opt.*	2020 pess.*
Passagiere GVA (ohne Transit) pro Jahr	5.8 Mio.	8.4 Mio.	13.6 Mio.	13.6 Mio.
Passagiere GVA (ohne Transit) pro Tag	15'700	23'000	37'300	37'300
Anteil MIV am Modal Split	74%	70%	55%	70%
Anzahl induzierte Auto-Fahrten pro Tag (alle Benützer Flughafen)	26'400	36'200**	46'000**	58'500**
Aufteilung auf Zufahrtsstrecken (Annahme: Anteile bleiben gleich)				
- Autobahn Richtung Ost (VD, GE Rade, Versoix): 37.8%	10'000	13'700	17'400	22'100
- Autobahn Richtung West (Umfahrung GE): 23.5%	6'200	8'500	10'800	13'700
- Av. Louis Casai – centre ville : 12.5%	3'300	4'500	5'800	7'300
- restliche Zufahrtsstrassen: 26.2%	6'900	9'500	12'100	15'300
Verkehrsaufkommen Querschnitt Aéroport - Colovrex		50'000		
Anteil an flughafeninduzierter Verkehr auf				
- Autobahn Richtung Ost (VD, GE Rade, Versoix)	24%	28%		
- Autobahn Richtung West (Umfahrung GE):	11%	<20%		
Zunahme bezüglich flughafeninduziertem Verkehr 2004			27%	61%
Zunahme bezüglich Gesamtverkehr auf Autobahn 2004				
- Autobahn Richtung Ost (VD, GE Rade, Versoix)			7.4%	16.8%
- Autobahn Richtung West (Umfahrung GE):			4.6%	10.4%
* entspricht in etwa den Szenarien B und C, welche in AIG 2000 aufgestellt werden. Die Anzahl Passagiere wurden jedoch der aktuellen Prognose von Intraplan (2005) entnommen. Diese aktuelle Prognose liegt deutlich höher als diejenige in AIG 2000.				
** Hochrechnung				

Tabelle 27 Quellen: AIG, 2000; AIG 2005; Intraplan 2005, ASTRA 2004, eigene Berechnungen

Die Tabelle zeigt, dass der Anteil des flughafeninduzierten Verkehrs auf den Autobahnabschnitten um den Flughafen Genf geringer ist als in Zürich. Dies liegt vor allem daran, dass sich die Ströme gleichmässiger auf verschiedene Richtungen aufteilen, insbesondere auch auf der Autobahn. Auch in Genf ist nicht der flughafeninduzierte Verkehr allein für die Überlastungen verantwortlich, sondern die Überlagerung mit dem Agglomerationsverkehr.

Ein wichtiger Unterschied zu Zürich liegt in der zeitlichen Verteilung, in welcher die flughafeninduzierten Wege anfallen. Der Genfer Flugplan ist spitzenstundenlastiger als derjenige in Zürich. Die Zu- und Wegfahrten zum Flughafen fallen daher in grösserem Umfang in diejenigen Zeiten, zu denen die Strassenkapazitäten besonders stark ausgelastet sind.

Zum Ausbaubedarf auf der Autobahn lässt sich kein abschliessendes Urteil bilden. Es stellt sich auch für Genf die Frage, wie viel Stau als akzeptabel betrachtet wird. Es ist ein explizites Ziel des Flughafens Genf, den Modal Split deutlich zu verbessern und die vorhandenen Kapazitätsreserven im ÖV besser zu nutzen. Ein Ausbau der Autobahn würde diesem Ziel sicher zuwiderlaufen, würde demgegenüber aber die MIV-Erreichbarkeit des Flughafens in den Spitzenstunden verbessern. Allenfalls wäre auch zu prüfen, ob eine gleichmässige

Verteilung der An-/Abflüge über den Tag eine mögliche Lösung wäre, um die Verkehrsüberlastungen in den Spitzenstunden zu reduzieren.

4.4.7.3. Gesamteinschätzung der Wirkungskette

Das Verkehrsaufkommen in den Regionen der Landesflughäfen ist beachtlich. Die Auswirkungen der Landesflughäfen Zürich und Genf auf die landseitigen Infrastrukturen waren in der Vergangenheit deutlich: es wurden sowohl Anschlüsse ans nationale Bahnnetz als auch ans Autobahnnetz gebaut.

Kapazitätsreserven bestehen heute vor allem noch im öffentlichen Verkehr. Die Autobahnen, welche zu den Landesflughäfen führen, sind demgegenüber zeitweise überlastet. Die Landesflughäfen tragen als einzelne sehr grosse verkehrserzeugende Einrichtungen aufgrund ihrer Lage innerhalb der auch sonst dicht genutzten Agglomerationen deutlich zu den Engpässen im Strassennetz und somit auch zu allfälligen Ausbauvorhaben zur Beseitigung dieser Engpässe bei: im Jahr 2004 täglich ca. 50'000 MIV-Fahrten der Flughafen Zürich, knapp 36'000 der Flughafen Genf. Diese flughafeninduzierten Aufkommen werden mit dem Passagierwachstum weiter zunehmen. Gebremst wird diese Zunahme durch Bestrebungen zur Verbesserung des Modal Split der Landesflughäfen. Bestehende und zusätzlich geplante Angebote im öffentlichen Verkehr erlauben, zusätzliche Anteile des vorhandenen oder des künftigen motorisierten Individualverkehrs zu verlagern. Im öffentlichen Verkehr bestehen mit den vorhandenen und geplanten Angeboten (Durchmesserlinie, Glattalbahn, Ausbauten der Angebote im Raum Genf und Basel) noch deutliche Kapazitätsreserven, insbesondere ausserhalb der Hauptverkehrszeiten.

Trotz der hohen Verkehrserzeugung macht der flughafeninduzierte Anteil des Verkehrs auf den Autobahnen zu den Flughäfen nicht einmal die Hälfte des Verkehrs aus. Der grössere Anteil des Verkehrs ist sonstiger Agglomerationsverkehr. Inwiefern der Anteil des Verkehrs, der mit dem Luftverkehr in Verbindung gebracht werden kann, in Zukunft ab- oder zunehmen wird, hängt auch davon ab, inwiefern die angestrebte Verbesserung des Modal Split erreicht werden kann. Ohne Verbesserung des Modal Split würde der Anteil des flughafeninduzierten Verkehrs eher zunehmen, da die Wachstumsprognosen für die Anzahl Flugpassagiere über den Prognosen für das Strassenverkehrswachstum liegen.

Die Landesflughäfen tragen zum Verkehrswachstum in den Flughafenregionen und dadurch auch zum Druck für einen Ausbau der strassenseitigen Infrastrukturen ihren Teil bei. Welche Verkehrsüberlastung (und damit welche Verschlechterung der MIV-Erreichbarkeit der Flughäfen) als akzeptabel betrachtet wird, bleibt dabei aber ein politischer Entscheid.

4.5. ZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.5.1. NACHHALTIGKEITSZIELE LUFTFAHRT UND RAUMENTWICKLUNG

Die Luftfahrt muss einerseits aktiv einen Beitrag an die Nachhaltigkeitsziele der Schweiz liefern und andererseits dort, wo sie im Gegensatz zu Nachhaltigkeitszielen steht, ihre Folgen minimieren.

Bei Fragen der Raumentwicklung ist immer zu unterscheiden, auf welche geografische Einheit Bezug genommen wird. Raumentwicklung auf nationaler, regionaler/kantonaler oder lokaler Ebene folgt unterschiedlichen Zielen. Auch die Wirkungsketten, über die der Luftverkehr auf die Erreichung dieser Ziele hinwirkt sind unterschiedlich. Aus nationaler Sicht sehr positive Auswirkungen des Luftverkehrs können lokal vollkommen untragbar sein und vice versa.

Ziele auf nationaler Ebene:

- › Wirtschaftliche Entwicklung insgesamt. Übertragen auf die Luftfahrt heisst das, dass die Erreichbarkeit der Schweiz im internationalen Rahmen gewährleistet oder verbessert werden soll
- › Keine strukturellen Brüche
- › Verteilung der wirtschaftlichen Entwicklung nach Raumordnungszielen des Bundes
- › Stärkung des Städtensetzes ohne zu starken Konzentrationstendenzen → multipolare Schweiz. Übertragen auf die Luftfahrt: diejenigen Zentren und Aktivitäten, die auf die Luftfahrt angewiesen sind, sollen mit dem Luftverkehr gut erreichbar sein
- › Sicherstellung der landesweiten Grundversorgung: ohne Bedeutung für den Luftverkehr⁵⁰
- › Schutz von Umweltgütern von nationalem Interesse.

Ziele auf regionaler resp. kantonaler Ebene:

- › Wirtschaftliche Entwicklung der eigenen Region. Übertragen auf den Luftverkehr: einerseits ist sie selbst ein Wirtschaftsfaktor, andererseits sind die Erreichbarkeiten des Flugplatzes ein innerregionaler Standortfaktor, der räumlich strukturierend wirkt

⁵⁰ Zwar wird der Begriff „Grundversorgung“ gelegentlich im Zusammenhang mit dem Luftverkehr verwendet. Damit wird aber nicht eine Grundversorgung im raumordnungspolitischen Sinne eines minimalen Angebots aller Landesteile mit einer bestimmten Dienstleistung verstanden, sondern man meint die Sicherstellung der Erreichbarkeit der Schweiz als Ganze durch ein minimales Flugangebot. Dieses Ziel wird mit dem Kriterium „Erreichbarkeit als Teil der Standortgunst verbessern“ erfasst.

- › Minimale Einschränkungen in den räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Übertragen auf die Luftfahrt: negative Folgen der Luftfahrt dürfen nicht eine Region als Ganze fühlbar beeinträchtigen

Ziele auf lokaler Ebene:

- › Wirtschaftliche Entwicklung der eigenen Gemeinde. Übertragen auf den Luftverkehr: maximale Standortvorteile aus guter Luftverkehrserreichbarkeit und gleichzeitig sollte der Luftverkehr die erwünschten wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten nicht beeinträchtigen
- › Minimale Einschränkungen in den räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Übertragen auf den Luftverkehr: die Wohn- und Lebensqualität für die ortsansässige Bevölkerung sowie die Entwicklungsmöglichkeiten für Arbeitsplatzgebiete dürfen nicht beeinträchtigt werden

4.5.2. BEURTEILUNGSKRITERIEN

Aus diesen Zielsetzungen sind die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Nachhaltigkeitsziele abgeleitet, welche im Zusammenhang Luftfahrt und Raumentwicklung berücksichtigt werden sollen. Diese lehnen sich an die Vorschläge von ECOPLAN (2004) an, welche mit weiteren als sinnvoll eingeschätzten Kriterien ergänzt wurden.

ÜBERSICHT ÜBER DIE BEURTEILUNGSKRITERIEN			
Nachhaltigkeitsziel	Kriterium	Bezug zu Auswirkungsindikatoren	Beurteilung
Bereich Wirtschaft			
Indirekte wirtschaftliche Effekte optimieren	Erreichbarkeit als Teil der Standortgunst verbessern	Erreichbarkeit auf allen Ebenen	Wichtigster Indikator für die Beurteilung der positiven Standorteffekte der Luftfahrt
	Unterstützung einer regional ausgeglichenen wirtsch. Entwicklung	Standortauswirkungen interregional, Erreichbarkeit der Landesflughäfen aus den Regionen	Unterschiede in Erschliessungsindizes zw. Regionen, Lärm in touristischen Regionen wirkt Attraktivitätsmindernd.
Bereich Umwelt			
Lärmbelastung minimieren	Negative räumliche Auswirkungen der Lärmbelastung minimieren	Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen, Lärm als Standortnachteil	Zusammen mit Nutzungseinschränkungen wichtigster Indikator für Beurteilung der negativen Standorteffekte der Luftfahrt, Schlüsselrolle der Betriebsreglemente (Zeiten, Routen)
Flächenverbrauch minimieren	Haushälterischer Umgang mit Boden	Flächenbedarf und Flächenproduktivität der Flugplätze	Flächenproduktivität als guter Hilfsindikator für Abwägung zwischen Nutzen durch Flugplatz und Flächenbedarf
Bereich Gesellschaft			
Grundversorgung sicherstellen	Landesweite Grundversorgung sicherstellen		Bisher galt der Flugverkehr nicht als Grundversorgung. Auf eine Berücksichtigung wird in Übereinstimmung mit der Empfehlung von Ecoplan (2004) verzichtet.
Gesellsch. Solidarität fördern	Kosten und Nutzen fair verteilen	V.a. Vergleich Standortvorteile durch Erreichbarkeit und -nachteile durch Lärmbelastung	Als Beurteilungskriterium wichtig, aber schwer zu fassen, qualitative Aussagen sind möglich

Tabelle 28

4.6. BEURTEILUNG NACH DEN EINZELNEN KRITERIEN

Erreichbarkeit als Teil der Standortgunst verbessern

Eine gute Erreichbarkeit der Schweiz im Luftverkehr ist ein wichtiger Beitrag an eine nachhaltige Entwicklung der Schweiz. Die Erreichbarkeit der Schweiz ist im europäischen Vergleich überdurchschnittlich. Dies ist einerseits Folge der zentralen Lage in Europa, andererseits vor allem aber auch wegen der überdurchschnittlich guten Luftverkehrsverbindungen. Zürich liegt in den Top Ten von 73 europäischen Metropolitanregionen und auch die Regionen Basel und Genf sind überdurchschnittlich gut erreichbar.

Für die restlichen Regionen gilt, dass die Erreichbarkeit im Luftverkehr zwar mit zunehmender Distanz zu den Landesflughäfen abnimmt, wegen der guten ÖV- und MIV-Erschliessung aber zumindest im Mittelland überall als gut bezeichnet werden kann. Aus allen Zentren des Mittellandes ist ein Landesflughafen in maximal 1½ h Bahnreisezeit erreichbar.

Für die Zukunft kann festgehalten werden, dass sich mit den steigenden Flugbewegungszahlen die Erreichbarkeit weiter erhöht. Dabei kann die Schweiz ihre im europäischen Vergleich überdurchschnittliche Erreichbarkeit bewahren. Der für die wirtschaftliche Entwicklung wichtige Standortfaktor wird also auch in Zukunft erhalten bleiben.

Eine deutliche Verschlechterung der Erreichbarkeit wäre vor allem im Falle eines Wegfalls des Hubs Zürich gepaart mit einer drastischen Abnahme der Anzahl Flugbewegungen zu befürchten.

Unterstützung einer regional ausgeglichenen wirtschaftlichen Entwicklung

Zwei Effekte sind zu nennen:

- › Einerseits ist der Luftverkehr generell eine wichtige Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung der ganzen Schweiz. Dies betrifft insbesondere auch die alpinen Tourismusregionen. Deren positive Entwicklung ist für einen Ausgleich zwischen den Schweizer Regionen wichtig und erwünscht.
- › Andererseits stärken die Landesflughäfen insbesondere auch die Standortmetropolen Zürich, Genf und Basel. Vor allem Arbeitsplätze des hochproduktiven Dienstleistungssektors sowie Niederlassungen ausländischer Unternehmen finden sich überdurchschnittlich in diesen Regionen. Inwiefern diese Stärkung dieser Metropolitanräume aus räumlicher Sicht erwünscht ist, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Lange Zeit galt unter dem Stichwort „Abbau der Disparitäten“ der Ausgleich zwischen Zentren und Peripherie als wichtiges Ziel der Schweizer Raumordnungspolitik. Es herrschte die Ansicht vor, dass dieses Ziel mit einer Politik der Förderung der Peripherie verbunden mit einer verlangsamten Entwicklung der Grosszentren am besten zu erreichen sei. In den letzten Jahren scheint sich die Diskussion eher in Richtung der Ansicht zu verlagern, dass das wirtschaftliche Prosperieren dieser drei Metropolen für die ganze Schweiz von Vorteil ist. Dieser Paradigmenwechsel äussert sich in der Politik des Erhalts und der Stärkung des schweizerischen Städtetetzes wie sie im Raumentwicklungsbericht 2005 des Bundes zum Ausdruck kommt. Bezüglich der Luftfahrt kann dies als Aufforderung dazu verstanden werden, dass gute (v.a. ÖV-) Verbindungen aus den Schweizer Mittelzentren und wichtigsten Tourismusregi-

onen zu den Landesflughäfen von grosser Bedeutung sind, nicht zuletzt um eine zu starke Konzentration auf die drei Flughafenmetropolen zu verhindern.

Negative räumliche Auswirkungen der Lärmbelastung minimieren

Fluglärm ist der wichtigste negative Nebeneffekt der Luftfahrt und er betrifft zahlreiche Personen und grosse Flächen.

Zwei Effekte sind zu nennen:

- › Lärmgrenzwertüberschreitungen schränken die Nutzungsmöglichkeiten und damit auch die Entwicklungsperspektiven der betroffenen Gemeinden ein. Zentral sind dabei die Agglomerationsgebiete vor allem um Zürich und um Genf.
- › Daneben ist der Lärm auch in Gebieten, in denen die Grenzwerte nicht oder nur in unmittelbarer Umgebung der Flugplätze überschritten werden, ein negativer Standortfaktor. Hier sind neben den Agglomerationsgebieten auch die Tourismusregionen zu nennen, wo Lärmbelastungen stärker empfunden werden.

Abgesehen von der Zahl der Flugbewegungen sind für die Lärmbelastungen die betrieblichen Anordnungen für den Flugverkehr von erheblicher Bedeutung (Flugrouten, Betriebszeiten).

Haushälterischer Umgang mit Boden

Die Anlagen des Luftverkehrs beanspruchen in der Schweiz gut 4500 ha. Flugplätze sind die grössten einzelnen flächenbeanspruchenden Objekte. Vor allem die Landesflughäfen sind sehr gross, sehr prägend - insbesondere, wenn noch die Lärmperimeter in Betracht gezogen werden.

Verglichen mit den Flächen, welche für Strassen- resp. Schienenverkehr zur Verfügung gestellt werden, ist diese Fläche jedoch gering und im Falle der Landesflughäfen sehr produktiv genutzt. Regionalflugplätze mit und ohne Linien- und Charterverkehr bringen es auf eine vergleichsweise geringe Flächenproduktivität. Sie bringen deutlich weniger wirtschaftliche Impulse und nehmen relativ viel Flächen in z.T. hoch sensitiven Räumen in Anspruch.

Für die Militärflugplätze gilt ähnliches. Die in der Luftwaffe eingeleiteten Entwicklungen hinsichtlich Standortreduktion dienen einerseits einem nachhaltigeren Militärflugbetrieb in der Schweiz. Mit bspw. der Aufgabe des Militärflugplatzes Dübendorf wird eine Fläche von 270 ha für interessante Nutzungen, räumliche Ausgleichsflächen oder Verdichtungsmöglichkeiten frei.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung ist in diesem Zusammenhang die kritische Frage diejenige nach einer Erweiterung der Pisten- und Rollwege, welche aufgrund der zu erwartenden Zunahme der Anzahl Flugbewegungen allenfalls notwendig werden könnte.

Kosten und Nutzen fair verteilen

Wichtigstes Kriterium ist, ob sich die Nutzen aus räumlichen Standortvorteilen durch eine gute Luftverkehrserreichbarkeit und die mit dem Fluglärm verbundenen Lärmbelastungen und Einschränkungen in den Entwicklungsmöglichkeiten die Waagschale halten. Dies ist je nach Flugplatz unterschiedlich.

Insgesamt stellten Güller Güller (SIAA 2003d) für den Flughafen Zürich fest, dass **Gewinner und Verlierer zwar nicht vollständig verschieden sind, aber auch nicht vollständig deckungsgleich sind. Diese Aussage lässt sich auf die ganze Schweiz ausdehnen.** Für die Standortgemeinden der Flughäfen sowie die Gemeinden in den Anflug- und Abflugschneisen dürften die Nutzen die Kosten kaum aufwiegen. Dies gilt auch bei **Regional-** und vor allem auch **Militärflugplätzen**, wo der geringe wirtschaftliche Nutzen in einem ungünstigen Verhältnis zu den negativen Lärmauswirkungen und Flächenbeanspruchungen steht. Die **Landesflughäfen** stellen demgegenüber einen erheblichen Eingriff in die räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten dar und auch die Lärmproblematik ist um Grössenordnungen aktueller, sind doch sehr grosse Flächen und sehr viele Personen davon betroffen. Gleichzeitig ist jedoch auch der Nutzen durch die wirtschaftliche Entwicklung viel höher. Für die direkt vom Lärm und von den Nutzungseinschränkungen betroffenen Gebiete, dürfte die Bilanz aber kaum positiv ausfallen. Gewinner sind die von Erreichbarkeitsvorteilen profitierenden aber vom Lärm verschonten Gebiete.

Grob lässt sich folgende Einteilung der Gemeinden machen: (in Anlehnung an Güller Güller in SIAA 2003d).

› **Gemeinden mit Vorteilen aus Luftverkehrserreichbarkeit und kaum Fluglärm:**

Dazu gehören **weite Teile des Mittellandes** sowie die **Tourismusregionen** in der ganzen Schweiz. Dort bestehen die Nutzen durch die Landesflughäfen in hohem Masse, selbst haben diese Gebiete aber wenig oder keinen Fluglärm zu tragen. Gute Beispiele sind der Kanton Zug, weite Teile der Kantone Aargau und Thurgau, der Kanton Graubünden oder in der Westschweiz die Kantone Waadt und Wallis.

› **Gemeinden mit Vorteilen aus der Luftverkehrserreichbarkeit und Fluglärm nur in**

Teilen der Gemeinde. Solche Gemeinden besitzen zumindest teilweise die Möglichkeit zur

Kompensation innerhalb der Gemeinde und zur Ausrichtung der Entwicklung in lärm­mäs­sig weniger belastete Gebiete. Dies ist der Fall bei den meisten **Regionalflugplätzen**. Für den Landesflughafen Zürich gilt dies z.B. für Beispiele Kloten, die Stadt Winterthur oder Rümlang, das trotz starker Belärmung relativ attraktiven Wohnraum im Grünen nahe der Stadt Zürich anbieten kann.

› **Gemeinden mit Vorteilen aus Luftverkehrserreichbarkeit und markantem Fluglärm:**

Diese Gemeinden leiden einerseits stark unter dem Fluglärm, profitieren andererseits aber auch von der Dynamik, welcher die Nähe zum Landesflughafen nach sich zieht. Folge ist ein weitgehender Strukturwandel: mit der enormen Dynamik im Arbeitsplatzbereich geht ein gleichzeitiger starker Strukturwandel bei der Zusammensetzung der Einwohner einher – bis hin zu einer Abnahme der Einwohnerzahlen. Aufgrund der sinkenden Immobilien- und Mietpreise in den stark fluglärmbelasteten Gebieten besteht die Tendenz zu Konzentrationen von einkommensschwacher sowie ausländischer Wohnbevölkerung, verbunden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für unausgewogene Sozialstrukturen und soziale Spannungen.

Immerhin kann festgestellt werden, dass es im Falle der Landesflughäfen nur sehr wenige Gemeinden gibt, die keine Erreichbarkeitsvorteile haben, aber dennoch unter Fluglärmproblemen leiden.

5. UMWELT

5.1. WIRKUNGSKETTEN

Die Umweltwirkungen des Luftverkehrs lassen sich grob in fünf Gruppen einteilen:

› Der starke Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur (im 20. Jahrhundert um 0.6°C) ist mit grosser Wahrscheinlichkeit zur Hauptsache Treibhausgasen zuzuschreiben, die der Mensch in die Atmosphäre bringt und welche den natürlichen Treibhauseffekt verstärken. Durch den Verbrauch von fossilen Energieträgern und den damit unmittelbar verbundenen Emissionen von CO₂ und Luftschadstoffen (in grossen Höhen) trägt der Luftverkehr zu dieser **globalen Veränderung des Klimas** bei. Deshalb sollen klimarelevante Emissionen und der Treibstoffverbrauch durch den Luftverkehr analysiert werden.

› Direkte Auswirkung auf die **regionale Umweltqualität** (Emissionen und Immissionen von Luftschadstoffen) spielt vor allem bei den Landesflughäfen und dem induzierten Landverkehr eine wichtige Rolle. Die bestehende Luftschadstoffbelastung hat Einflüsse auf die Gesundheit (z.B. Atemwegserkrankungen) und Lebensqualität der Anwohner.

Die Wirkungskette stellt sich folgendermassen dar: Emissionen, die als Abgase aus Verbrennungsmotoren oder als Abluft aus anderen Prozessen in die Umgebung abgegeben werden, wandeln sich während ihrer Verteilung und weiteren Verdünnung mit der Umgebungsluft zu Immissionen um, die als Belastung auf einen bestimmten Ort einwirken. Aus den emittierten Luftschadstoffen entstehen durch Umwandlungsprozesse zudem sekundäre Luftschadstoffe wie bodennahes Ozon oder Salzaerosole. Die am Flughafen am Boden emittierten Abgase werden lokal nur geringfügig transportiert und fallen zu einem grossen Teil als Belastung am Flughafen selber an. Die Emissionen des Flugbetriebes werden aus atmosphärenphysikalischen Gründen nur bis zu einer Höhe von etwa 300 m über Grund in der Region des Flughafens immissionswirksam. Sie sind deshalb von besonderer Bedeutung. Die übrigen Emissionen des LTO-Zyklus werden grossräumig verteilt und verdünnt, sodass sie kaum mehr signifikant messbar zur Luftbelastung in der Region beitragen.

› Direkte und indirekte Auswirkungen auf **Landschaften und Lebensräume**: Der Luftverkehr kann zu einer Beeinträchtigung von natürlichen Lebensräumen führen. Vor allem Wildtiere und Vögel können durch optische und akustische Einflüsse gestört werden. Negative Folgen hat der Luftverkehr auch indirekt, indem Erholungsräume gestört werden und der Erholungswert von Landschaften vermindert wird. Zu Störungen von Landschaften und Lebensräumen führen vor allem Flugbewegungen auf Heliports, Gebirgslandeplätzen,

usw. aber auch die allgemeine Luftfahrt (v.a. Kleinaviatik) in sensiblen Gebieten mit besonderem Ruhebedürfnissen.

- › Direkte Auswirkung auf die **lokale Umweltqualität**, innerhalb der Flugplatzareale oder in deren direkten Nähe (Bodenverschmutzung und -versiegelung, Belastung von Oberflächengewässern, Grundwasser und Biotopen, Erschütterungen, nicht ionisierende Strahlung, Vogelschlag, usw.): Diese Probleme konnten in den letzten Jahren dank effizientem Umweltmanagement und der Umsetzung neuer Umweltschutzmassnahmen deutlich reduziert werden. Die erwähnten lokalen Umweltbelastungen haben daher eine eher geringe Relevanz. Es sind aber auch in Zukunft noch weitere Anstrengungen nötig (z.B. im Bereich Gewässerbelastung durch Enteiserabwässer).
- › **Umweltrisiken**, einerseits durch Absturzrisiken und andererseits durch die Lagerung und den Transport von gefährlichen Stoffen.

5.2. INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Indikatoren zur Bestimmung der Umweltwirkungen. Sie stellt diese in Bezug zu den oben beschriebenen Wirkungsketten und macht Aussagen zur Quantifizierbarkeit sowie Operationalisierbarkeit der Indikatoren.

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Lokale, nationale und grenzüberschreitende Umweltbelastungen				
Luftschadstoffe				
Emissionen Flugbetrieb				
NO _x , HC (VOC), CO	Lokale und regionale Effekte (nationale Flughäfen)	Sehr gut für Linien- und Charterverkehr, Mittel für restliche Aviatik (Emissionsrechnungen BAZL).	Direkter Einfluss auf Immissionen, deshalb wichtig für Beurteilung Nachhaltigkeit.	Emissionsrechnungen BAZL mit LTO-Zyklen und Flugbewegungen. Prognose anhand Flugbewegungen und zukünftigen Emissionsfaktoren.
PM10 (PM2.5)	Lokale Effekte	Mittel für Linien- und Charterverkehr. Schlecht für restliche Aviatik.	Zusammenhang zwischen Emissionen und Immissionen.	Emissionsrechnungen BAZL mit LTO-Zyklen und Flugbewegungen. Prognose anhand Flugbewegungen und zukünftigen Emissionsfaktoren.
SO ₂ , Pb → keine Quantifizierung	Lokale Effekte	Gut für Linien- und Charterverkehr und für restliche Aviatik.	kein Umweltproblem mehr	Nicht quantifiziert.
Nicht flugbedingte Emissionen der Luftfahrt				
NO _x , HC (VOC), CO, PM10 durch induzierten Landverkehr und Flughafenbetrieb	Regionale Effekte	Ziemlich gut, z.B. via Modalsplit-Angaben, Pax-Befragungen, etc.	hoch	gut
Immissionen Luftfahrt				
NO _x (NO ₂ und NO)	Lokale Effekte	Messstationen auf und neben den Flughäfen (Zürich, Genf), Immissionsmodell Flughafen Zürich.	Mässig (Beziehung zur Distanz zu Flughäfen), Gesamtmissionen inkl. Hintergrund sind nicht nur Luftfahrt bedingte Immissionen.	Schlecht, wenn nur die Luftfahrt bedingten Immissionen gezeigt werden sollen. Für Gesamtbelastung existieren Immissionskarten.
		Simulationen (UVP Flughafen Zürich und Genf)	theoretisch, wie Lärmbelastungskataster, gut brauchbar für Flächen	nur für die nationalen Flughäfen
PM10	Lokale Effekte	Auf den Flughäfen selbst (Zürich, Genf)	Gesamtmissionen inkl. Hintergrund sind nicht nur Luftfahrt bedingte Immissionen.	Schlecht, wenn nur die Luftfahrt bedingten Immissionen gezeigt werden sollen.

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Bodennahes Ozon	Regionale und nationale Effekte	Nationales Messnetz NABEL für Gesamtbelastung.	Sehr schlecht, Bildung von überregionaler Belastung, vorwiegend im Sommer, überlagert mit lokalen Emissionen und komplizierten chem. Prozessen.	Schlecht, wenn nur die Luftfahrt bedingten Immissionen gezeigt werden sollen. Trend ev. mit NO _x - und VOC-Emissionen abschätzbar
Nicht ionisierende Strahlung (NIS)	Lokale Effekte	Sehr gut, mit Standortdatenblätter über NIS-emittierende Anlagen	Wirkung von tiefen Dosen auf Mensch und Umwelt noch weitgehend unbekannt.	Anzahl Anlagen mit Grenzwertüberschreitungen.
Bodenbelastung				
Bodenversiegelung	Lokale Effekte	sehr gut	Bodenversiegelung wird sich in Zukunft nicht sehr stark verändern	gut
Bodenverschmutzung durch Schwermetalle (Cu, Zn, Cd, etc.) und organische Schadstoffe (PAK, PCB)	Lokale Effekte	Mittel bis gut, abhängig von Probenahme, Daten v.a. für Landesflughäfen verfügbar	Keine grosse Umweltgefährdung	schlecht, sehr kostenaufwändig
Altlasten	Lokale Effekte	gut, Kataster der belasteten Standorte	Ist-Zustand, wird von den verschiedenen Szenarien nicht beeinflusst	gut
Störfälle mit Umweltwirkungen ⁵¹	Lokale Effekte	Gut, z.B. Anzahl Fuel Dumpings	Keine wesentliche Umweltgefährdung	gut
Landschaften und Lebensräume				
Störung von Erholungsräumen, Verminderung Erholungswert von Landschaften	Lokale und regionale Effekte	schwierig quantifizierbar, indirekte Quantifizierung via Aktivitätsindikator (# Flugbewegungen)	Wichtiges Problem, wird in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen	mittelmässig

51 Der in diesem Bericht verwendete Begriff ‚Störfälle‘ ist nicht vollständig deckungsgleich mit jenem in der Störfallverordnung. Unter Störfällen werden in diesem Bericht Zwischenfälle mit Auswirkungen auf die Umwelt verstanden.

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Störung von Fauna durch optische und akustische Einflüsse	Lokale und regionale Effekte	schwierig quantifizierbar, z.B. Anzahl Flugbewegungen in geschützten Gebieten (BLN-Objekte), # Helikopterflüge, Anz. Beweg. unterhalb kritischer Höhe	Relevantes Problem, v.a. in sensiblen Gebieten	mittelmässig, Anzahl Bewegungen unterhalb kritischer Höhe in sensiblen Gebieten schwierig quantifizierbar
Vogelschlag → keine Quantifizierung	Lokale Effekte	gut	Nicht wichtig, v.a. Problem der Flugsicherheit	gut
Flächennutzung und Biodiversität → keine Quantifiz.	Lokale Effekte	gut, Inventare	Nicht wichtig, die Biodiversität kann erhalten werden	gut
Gewässerbelastung				
Qualitative Beeinflussung von Fliessgewässern	Lokale Effekte	Diverse Parameter, z.B. gesamter Kohlenstoffeintrag, Konzent. von gelöstem Kohlenstoff (DOC) in Vorfluter, Verbrauch an Enteisungsmittel, etc.	Eher wenig relevant, kann punktuell für Fliessgewässer ein Problem sein (Stossbelastung durch Enteiseraabwässer auf Landesflughäfen)	mittelmässig Kein Gesamtindikator verfügbar
Quantitative Beeinflussung von Fliessgewässern → keine Quantifizierung	Lokale Effekte	Quantifizierung schwierig, ist v.a. auch abhängig von Bodenversiegelung	Kein relevantes Problem, kann durch Infiltrations- und Retentionsmassnahmen kontrolliert werden	mittelmässig
Atmosphärische Umweltbelastung				
Klima				
Ausstoss von Treibhausgasen (THG) wie CO ₂ , N ₂ O, Wasserdampf, usw.	Globale Effekte, Klima	Sehr gut für CO ₂ (für restl. THG schlecht), Systemabgrenzung wichtig Zeitreihe nach Absatzprinzip Prognose als Annäherung an Absatzprinzip.	Anteil der CH-Luftfahrt an der CO ₂ -Belastung. Klimadiskussion.	Emissionsrechnungen BAZL mit Cruise und LTO-Zyklen sowie Flugbewegungen. Prognose anhand Flugbewegungen und Effizienzsteigerungen.

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
NO_x-Emissionen auf Reise Flughöhe (Ozonabbau in der Stratosphäre)				
Ausstoss von NO _x oberhalb der Tropopause	Globale Effekte, Klima, Spektrum der Sonnenstrahlung	Emissionen von NO _x während Cruise-Phase.	Wirkung von NO _x in Tropopause noch nicht vollständig verstanden (durch Jets erfolgt Ozonproduktion in grosser Höhe in der Stratosphäre erfolgt Abbau)	NO _x -Emissionsrechnungen BAZL (nur Cruise).
Ressourcen schonen				
Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger				
Kerosinverbrauch	Globale Effekte, Klima	Sehr gut, Systemabgrenzung wichtig Zeitreihe nach Absatzprinzip; Prognose als Annäherung an Absatzprinzip.	Anteil der CH-Luftfahrt am fossilen Treibstoffverbrauch.	Verbrauchsberechnung BAZL mit Cruise und LTO-Zyklen sowie Flugbewegungen. Prognose anhand Flugbewegungen und Effizienzsteigerungen.

Tabelle 29

5.3. ZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN

5.3.1. NACHHALTIGKEITSZIELE LUFTFAHRT UND UMWELT

Ziele auf globaler Ebene:

Die Senkung der atmosphärischen Umweltbelastung ist ein sehr wichtiges Nachhaltigkeitsziel. Die Beeinträchtigung des Klimas durch Treibhausgase zu reduzieren und die Ozonschicht zu erhalten sind sehr wichtige internationale Ziele, die in direktem Konflikt mit dem angestrebten Wachstum des Luftverkehrs stehen. Technologien zur Verbesserung der Treibstoffeffizienz werden zwar laufend entwickelt, helfen hier aber weniger als in anderen Umweltbereichen.

Ziele auf regionaler Ebene:

Die Senkung von Luftschadstoffen und Lärmbelastung (vgl. Kapitel Lärm) sind wichtige Ziele im Luftverkehr. Die Umweltbelastungen der drei Landesflughäfen sind quantitativ das mit Abstand grösste Problem. Die technologische Entwicklung hat geholfen, Ziele in Richtung Nachhaltigkeit zu erreichen, auch bei starker Auslastung der Flughäfen. Durch weitere

technische Fortschritte können in der Zukunft noch weitere Reduktionen erwartet werden. Trotz guter Erschliessung der Flughäfen an das öffentliche Verkehrsnetz (Bahn, Bus) bleibt die indirekte Umweltbelastung durch den induzierten Strassenverkehr hoch (gute Parkierungsmöglichkeiten für Passagiere und Personal, gute Erreichbarkeit über die Strasse, Taxis bis ins Stadtzentrum).

Die Belastung von Landschaften und Lebensräumen durch die General Aviation (insbesondere Kleinaviatik) hat eine gewisse Relevanz in Bezug auf deren Einfluss auf die Fauna, den generellen Erholungswert für den Menschen sowie den Tourismus. Speziell betroffen sind dabei insbesondere Berggebiete sowie andere Gebiete, die von Menschen als stille Erholungsräume sowie von Wildtieren und Avifauna als Lebensräume genutzt werden. Die Reduktion der Belastung von Landschaften und Lebensräumen ist ein wichtiges Ziel im Bereich der regionalen Umweltbelastung des Luftverkehrs.

Ziele auf lokaler Ebene:

Die weiteren Umweltprobleme wie Gewässerbelastungen (v.a. durch Flugzeug- und Flächenenteisung, Tankstellen, Meteorwasser, usw.), Bodenbelastungen, nicht ionisierende Strahlung (NIS) oder Energieverbrauch der Gebäude können durch ein effizientes Umweltmanagement und technische Umweltmassnahmen in Zukunft weiter reduziert werden. Die Umweltbelastungen auf lokaler Ebene sind also weniger bedeutsam, sodass diese Ziele mit geringerer Priorität einzustufen sind.

5.3.2. BEURTEILUNGSKRITERIEN

In der folgenden Tabelle werden aus den drei beschriebenen Nachhaltigkeitszielen (gemäss Ecoplan 2004) des Bereichs Umwelt Kriterien abgeleitet, mit denen die entsprechenden Ziele beurteilt werden können. Die im vorigen Kapitel erwähnten Indikatoren werden zudem den jeweiligen Nachhaltigkeitszielen und Kriterien zugeordnet.

ÜBERSICHT ÜBER DIE BEURTEILUNGSKRITERIEN				
Nachhaltigkeitsziel	Kriterium	Bezug zu Auswirkungsindikatoren	Beurteilung	Kommentar
Bereich Umwelt				
Lokale, nationale und grenzüberschreitende Umweltbelastungen auf ein langfristig unbedenkliches Niveau senken	Luftschadstoffe unter Grenzwerte senken	NO _x -, VOC-, PM10-Emissionen für Flugbetrieb und nicht flugbedingte Aktivitäten (auch Landverkehr)	Wichtige Indikatoren	CO, SO ₂ , Pb nicht mehr so wichtig, PM2.5 keine Daten NIS; Grenzwerte sind eingehalten
	Lärmbelastung senken	Siehe Kapitel 3 Lärm		
	Bodenbelastung minimieren	Bodenverschmutzung, Bodenversiegelung, Altlasten, Störfälle	Eher wenig relevant	Ist-Parameter, kaum zeitliche Veränderung
	Belastung von Landschaften und Lebensräumen reduzieren	Störung von Erholungsräumen sowie Fauna durch optische und akustische Einflüsse.	Wichtig, aber direkte Quantifizierung schwierig	Messung mittels indirekten Indikatoren
	Gewässerbelastung minimieren	Quantitative und qualitative Beeinflussung von Gewässern	Eher wenig relevant	Spezialthema Einteisugsmittelabwässer
Atmosphärische Umweltbelastungen senken	Beeinträchtigung des Klimas senken, keine verbindlichen Ziele definiert.	Ausstoss von Treibhausgasen	Wichtiger Indikator	Systemabgrenzung gemäss Treibhausgasinventar (GHG-Inventory)
	Ozonschicht erhalten	Ausstoss von NO _x oberhalb der Tropopause	Wichtiger Indikator, geringer Wissensstand	Systemabgrenzung: Cruise Phase
Ressourcen schonen	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger senken (vgl. CO ₂ -Emissionen)	Kerosinverbrauch	Wichtiger Indikator	Systemabgrenzung gemäss GHG-Inventory; wird im Rahmen der CO ₂ -Emissionen abgehandelt.
	Abbau natürlicher Ressourcen vermeiden	Kein Indikator		

Tabelle 30

5.4. QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS

5.4.1. LOKALE/REGIONALE LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN DURCH DEN FLUGBETRIEB

Definition und Einbettung des Indikators

Für die Bestimmung der Umweltbelastung im lokalen, nationalen und grenzüberschreitenden Kontext ist der Umfang der Luftschadstoffemissionen durch den Luftverkehr entscheidend. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist es das Ziel die Emissionen von Luftschadstoffen in die Atmosphäre möglichst gering zu halten.

Datengrundlage

Das BAZL berechnet im Rahmen des Green House Gas Inventory die Schadstoffemissionen und den Treibstoffverbrauch für den gesamten zivilen Flugverkehr, welcher in der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland operiert (Absatzprinzip). Der gesamte Treibstoffverbrauch entspricht der in der Schweiz abgesetzten Menge an Flugtreibstoff. Darin enthalten sind der Linien- und Charterverkehr und die General Aviation. Die Berechnung nach dem Absatzprinzip gliedert sich in zwei Teile: Die Berechnung der Emissionen bei Start und Landung bis in eine Höhe von 900 m über Grund (LTO-Zyklus) und im Steigflug über 900 m über Grund, im Reiseflug und Sinkflug bis zur Landephase bei der Destination (Cruise). Neben der retrospektiven Betrachtung konnten mit Hilfe von zukünftigen Emissionsfaktoren (BAZL 2006) und den prognostizierten Flugbewegungen die zukünftigen Luftschadstoffemissionen auf den Schweizerischen Landesflughäfen für die Jahre 2010, 2020 und 2030 abgeschätzt werden.

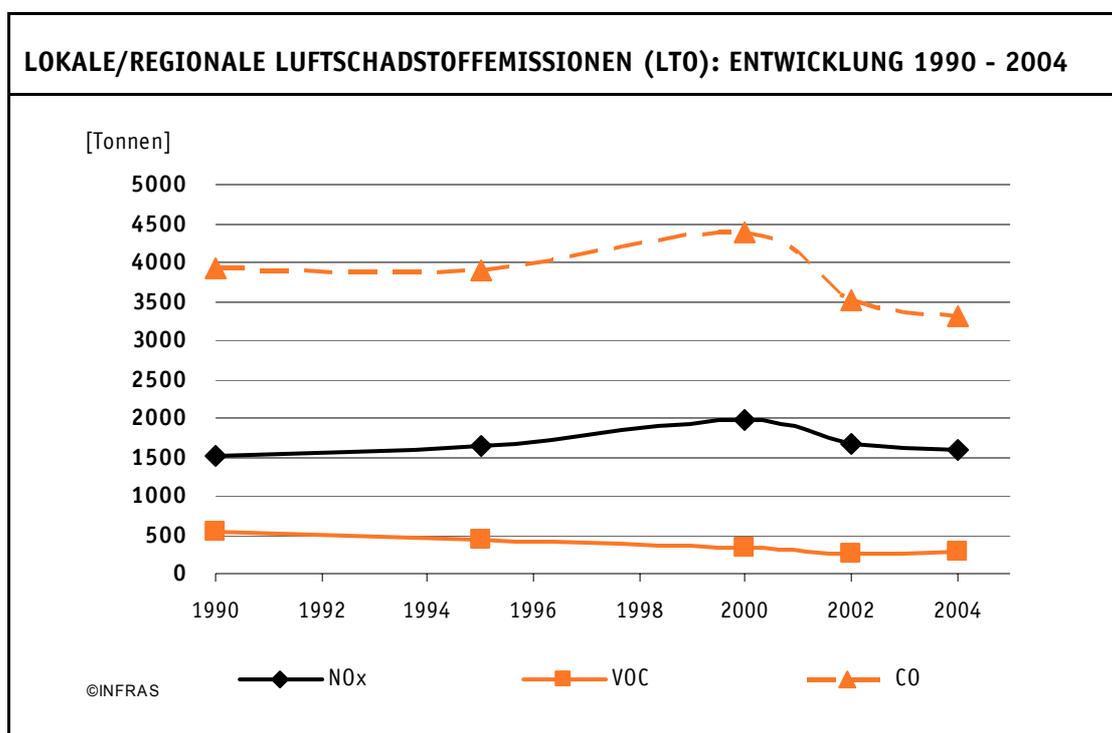
Daten für den militärischen Flugverkehr sind direkt aus dem Green House Gas Inventory erhältlich. Schadstoffemissionen der Luftwaffe liegen jedoch nur in aggregierter Form vor und sind nicht nach LTO und Cruise aufgeschlüsselt. Sie werden deshalb getrennt von den Schadstoffemissionen der zivilen Luftfahrt dargestellt. Auf Basis der Bedarfsplanung der Luftwaffe wurden die Schadstoffemissionen für den militärischen Luftverkehr bis ins Jahr 2009 abgeschätzt.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Die Zeitreihen der LTO-Emissionen von NO_x , VOC und CO für den zivilen Luftverkehr in der Schweiz (ohne Basel-Mulhouse) sind in Figur 32 dargestellt. Generell folgen die Kurven v.a.

der Anzahl Flugbewegungen in der Schweiz, die einen Peak im Jahr 2000 beim Linien- und Charterverkehr wie auch bei der General Aviation aufweisen.

Der grösste Ausstoss kann beim Kohlenmonoxid beobachtet werden, danach folgt NO_x und VOC. Die VOC-Emissionen fallen mengenmässig geringer aus. Sie entstehen jedoch rund zur Hälfte beim Start der Triebwerke und Motoren (gemäss Auskunft BAZL) und können deshalb zur Bildung von bodennahem Ozon beitragen.



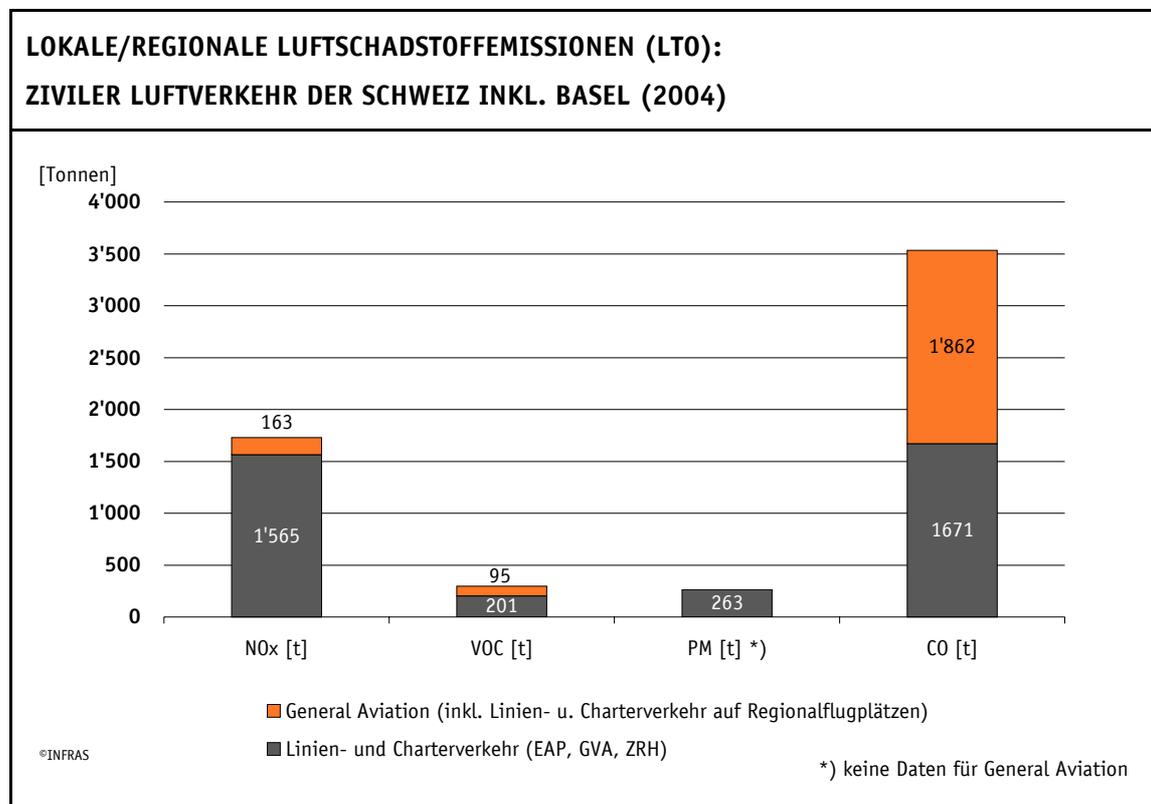
Figur 32 Lokale/regionale Luftschadstoffemissionen der zivilen Luftfahrt in der Schweiz für alle Flugplätze (ohne Flughafen Basel-Mulhouse) für LTO gemäss Absatzprinzip. Quelle: BAZL 2006

Die Luftschadstoffemissionen des Linien- und Charterverkehrs und der General Aviation (inkl. EAP) für das Jahr 2004 wird in Figur 33 dargestellt. Unter Einbezug der LTO-Emissionen des Flughafens Basel-Mulhouse sind die Werte selbstverständlich leicht höher als in Figur 32.

NO_x -Emissionen (LTO) sind dominiert durch die Starts und Landungen der Jets im Linien- und Charterverkehr. Nur rund 9% sind auf die General Aviation⁵² auf den schweizerischen Flughäfen zurück zu führen. Deutlich stärker fallen die VOC-Emissionen (LTO) des

⁵² Inkl. Linien- u. Charterverkehr auf Regionalflugplätzen.

allgemeinen Luftverkehrs ins Gewicht. Sie machen rund einen Drittel der gesamten VOC-Emissionen (LTO) aus. Die CO-Emissionen (LTO) der allgemeinen Luftfahrt verursachen rund 53% an den gesamten CO-Emissionen (LTO) der zivilen Fliegerei. PM10-Emissionsdaten sind nur für den Linien- und Charterverkehr auf den Landesflughäfen vorhanden. Wegen fehlender Datengrundlagen, werden sie hier ohne Abrieb und Aufwirbelung ausgewiesen. Im Vergleich dazu verursacht der Strassenverkehr in der Schweiz jährlich mehr als 5-Mal mehr Partikel-Emissionen⁵³ (BUWAL 2004) als der Linien- und Charterverkehr auf den Landesflughäfen.

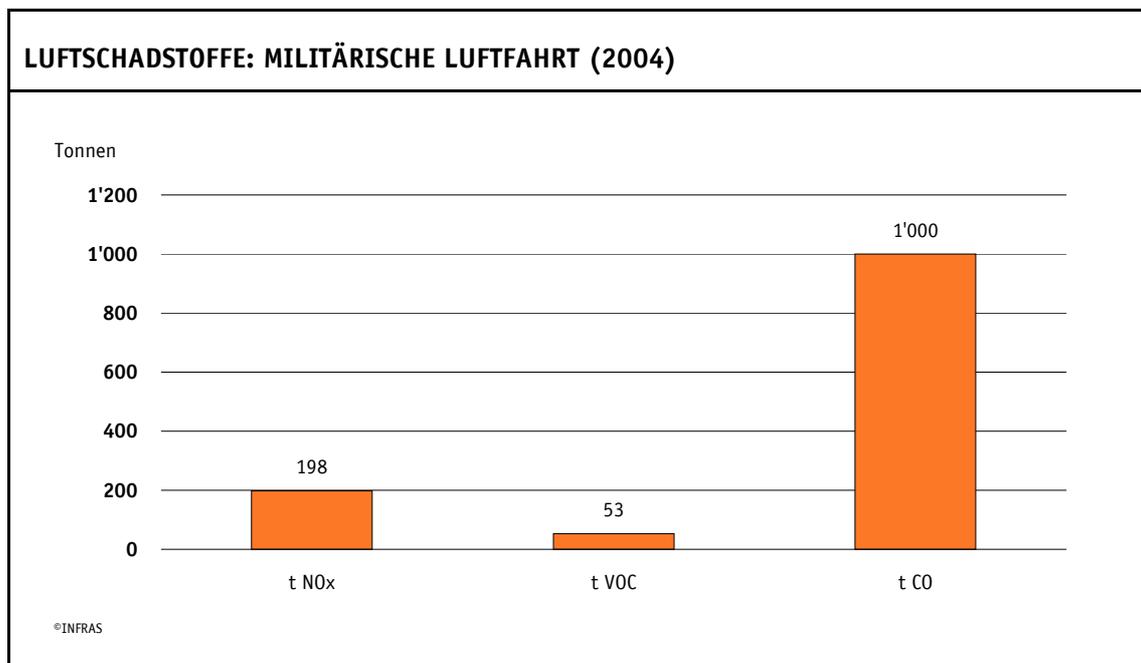


Figur 33 Quelle: BAZL 2006

Die Luftschadstoffemissionen, die durch den Luftverkehr der Schweizer Luftwaffe verursacht wurden, sind in Figur 34 dargestellt. Es handelt sich um Gesamtemissionen, d.h. Cruise und LTO zusammen. Die NO_x-Emissionen aus den Flugbewegungen der Schweizer Luft-

53 PM 10-Emissionsfracht aus Motorenabgasen ohne Abrieb und Aufwirbelung.

waffe betragen im Jahr 2004 rund 198 Tonnen, die VOC-Emissionen rund 53 Tonnen und die Kohlenmonoxid-Emission betragen rund 1'000 Tonnen.



Figur 34 Quelle: Green House Gas Inventory for Switzerland (2004)

Die Daten werden deshalb mit den Luftschadstoffemissionen aus LTO- und Cruise-Phase der zivilen Luftfahrt verglichen. Die Emissionen der Luftwaffe leisten beim Kohlenmonoxid einen beachtlichen Beitrag an die gesamten Luftschadstoffemissionen aus dem Luftverkehr in der Schweiz. NO_x- und VOC-Emissionen der Schweizer Luftwaffe sind im Vergleich zur zivilen Luftfahrt vernachlässigbar gering. In Tabelle 31 sind die Luftschadstoffemissionen aus dem Luftverkehr der zivilen Luftfahrt sowie der militärische Luftverkehr für LTO und Cruise-Phase zusammenfassend dargestellt.

ÜBERSICHT LUFTSCHADSTOFFE DURCH DEN SCHWEIZER LUFTVERKEHR GEMÄSS ABSATZPRINZIP (2004)				
	NO_x [t]	VOC [t]	PM [t]	CO [t]
Total zivile Luftfahrt (LTO + Cruise)	14'616	744	keine Daten	6'623
Luftwaffe Schweiz (LTO + Cruise)	198	53	keine Daten	1'000

Table 31 Linien- und Charterverkehr (inkl. Basel-Mulhouse) und General Aviation zusammen mit Linien- und Charterverkehr auf Regionalflughäfen (BAZL 2006). Daten der Luftwaffe Schweiz inkl. Trainingseinsätze im Ausland.

5.4.2. NICHT FLUGBEDINGTE LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN

Nebst den in quantitativer Hinsicht mit Abstand wichtigsten Emissionen aus dem Flugbetrieb führt der Luftverkehr zu weiteren Luftschadstoffemissionen, die aus nicht flugbedingten Aktivitäten stammen. Dazu gehören vor allem Schadstoffemissionen aus dem induzierten Landverkehr sowie die Emissionen aus dem Flughafenbetrieb (Infrastruktur und Abfertigung, jedoch ohne Flugbetrieb).

Gesamtschweizerische Zahlen zu den Emissionen aus dem induzierten Landverkehr sowie dem Flughafenbetrieb sind keine verfügbar. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die beiden Fallbeispiele Genf und Zürich genauer betrachtet.

Induzierter Landverkehr

Induzierter Landverkehr entsteht in erster Linie durch die Lokalpassagiere, die von einem Flughafen aus starten bzw. an einem Flughafen landen. Im Weiteren erzeugt auch das auf dem Flughafenareal arbeitende Personal Verkehr, sowie die Besucher, die für Einkäufe, einen Restaurantbesuch oder einen Besuch der Zuschauerterrasse zum Flughafen gelangen. Überdies erzeugt der Flughafen Anlieferungs- und Frachtverkehr auf Strasse und Schiene, für die Anlieferung bzw. den Wegtransport von Luftfracht.

Für den Flughafen Genf liegen Zahlen über den induzierten Verkehr vor. Die folgenden beiden Tabellen zeigen die landseitigen Verkehrsmengen, die durch den Flughafen Genf verursacht werden.

INDUZIERTER VERKEHR AUF DEM FLUGHAFEN GENF 1998					
	Flugpassagiere (Lokalpassagiere)	Angestellte	Besucher	Fracht	Total
Anzahl Personenbewegungen/Jahr	5'896'000	2'922'000	1'490'000	130'000*	10'438'000
Modalsplit					
Individualverkehr	53% Privatautos: 44% Mietautos: 7% Cars: 2%	79%	57%		k.A.
Taxi	21%	-	-	-	k.A.
Öffentl. Verkehr	26%	18%	26%	-	k.A.
Langsamverkehr	-	3%	9%	-	k.A.
Weitere	-	-	8%	100% (LKW)	k.A.

Tabelle 32 Quelle: AIG 2000. *: Auch bei der Fracht sind die Anzahl Personenbewegungen/Jahr angegeben. Aussagekräftiger sind beim Frachtverkehr allerdings die Anzahl Fahrten pro Tag. Diese sind in der folgenden Tabelle angegeben.

INDUZIERTER STRASSENVERKEHR AUF DEM FLUGHAFEN GENF 1998					
	Lokalpassagiere	Angestellte	Besucher	Fracht	Total
Strassenverkehr: Anzahl Personen/Tag	15'500 MIV: 12'100 Taxi: 3'400	6'250	2'300	350	24'400
Strassenverkehr: Anzahl Fahrten/Tag (DTV)	10'200 MIV: 7'600 Taxi: 2'600	5'500	1'300	350	17'400

Tabelle 33 Quelle: AIG 2000 sowie eigene Berechnungen auf Basis der Daten aus AIG 2000 sowie ARE 2001⁵⁴. DTV: Durchschnittlicher Tagesverkehr.

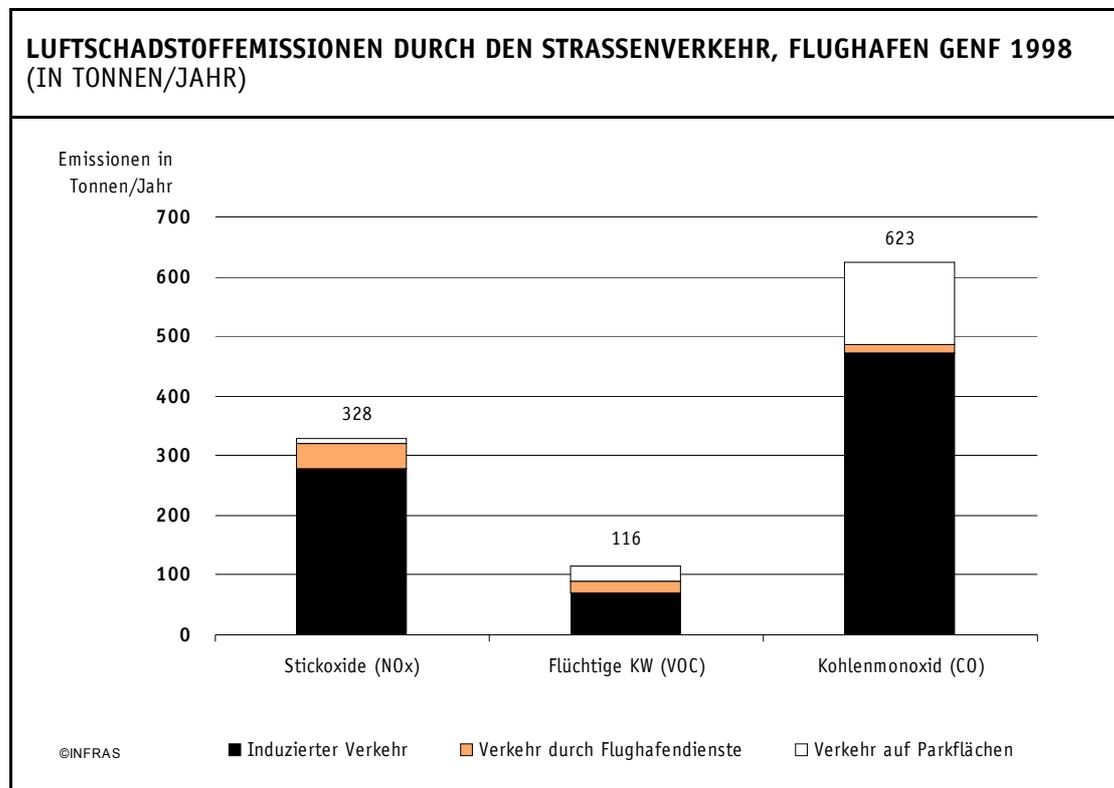
Am Flughafen Genf kam es 1998 zu rund 10.4 Mio. Personenbewegungen. 56% davon wurde durch die Flugpassagiere verursacht, 28% durch Angestellte und 14% durch Besucher. Der Anteil von öffentlichem Verkehr und Langsamverkehr betrug 1998 bei den Flugpassagieren 26%, bei den Angestellten 21% und bei den weiteren Besuchern 35%. Insgesamt wird durch den Flughafen Genf auf der Strasse täglich eine Verkehrsmenge von gut 17'000 Fahrzeugen generiert.

Auf dem Flughafen Zürich werden pro Tag auf der Strasse rund 31'000 Fahrten generiert: 28'600 Fahrten von PW und Taxi, 1'500 Fahrten von Kleinbussen und Lieferwagen sowie 1'100 LKW- und Busfahrten (UNIQUE 2005). Der ÖV-Anteil lag auf dem Flughafen Zürich im Jahr 2004 bei insgesamt 43%. Bei den Flugpassagieren betrug der Modalsplit gar 59%, bei den Angestellten lediglich 28% (UNIQUE 2005).

Die Situationen an den Flughäfen Genf und Zürich sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Viel stärker als in Genf ist in Zürich die Flughafenautobahn zusätzlich von Durchgangsverkehr belastet, der nicht durch den Flughafen verursacht wird. Der durch den Flughafen induzierte Verkehr macht also auf der flughafennahen Autobahn in Genf relativ gesehen einen grösseren Anteil aus als in Zürich.

Die durch den Strassenverkehr verursachten Emissionen auf dem Flughafen Genf 1998 sind in der nächsten Figur dargestellt.

⁵⁴ Durchschnittlicher Besetzungsgrad von Personenwagen nach Fahrzweck: Arbeit 1.14, Einkauf 1.69, Freizeit 1.92. geschäftliche Tätigkeit 1.26, Dienstfahrt 1.29, Durchschnitt alle Fahrzwecke 1.59 (ARE 2001).



Figur 35 Angaben in Tonnen pro Jahr. KW: Kohlenwasserstoffe. Quelle: AIG 2000.

Der überwiegende Teil der Strassenverkehrsemissionen stammt aus dem induzierten Verkehr sowie dem Verkehr auf den Parkflächen. Der Verkehr durch Flughafendienste macht je nach Schadstoffart nur 2-15% der Emissionen aus.

Für den Flughafen Zürich liegen aus dem Umweltbericht von Unique ebenfalls Daten zu den Emissionen des landseitigen Verkehrs vor. Allerdings decken diese Daten nicht den gesamten induzierten Verkehr des Flughafens Zürich ab, sondern lediglich den landseitigen Strassenverkehr in den Bereichen Zufahrt und Parking auf dem Flughafenareal (was nur einem kleinen Teil des gesamten induzierten Verkehrs entspricht).⁵⁵

Gemäss den Angaben von Unique war im Jahr 2004 der landseitige Verkehr des Flughafens Zürich in den Bereichen Zufahrt und Parking für folgende Emissionen verantwortlich (UNIQUE 2005):

- › Stickoxide (NO_x): 42 t/a
- › Flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC): 23 t/a
- › Kohlenmonoxid (CO): 247 t/a

⁵⁵ Daten zum gesamten induzierten Verkehr des Flughafens Zürich sollen gemäss Unique in Zukunft erhoben werden.

› Kohlendioxid (CO₂): 16'010 t/a.

Daten zu den Emissionen von Feinstaubpartikeln (PM10) sind für den landseitigen Verkehr des Flughafens Zürich leider keine verfügbar.

Trotz guter Erschliessung der Flughäfen an das öffentliche Verkehrsnetz ist die Belastung des Strassennetzes durch den induzierten Verkehr in der nahen Umgebung der Landesflughäfen sehr hoch. Gründe dafür sind die guten Parkierungsmöglichkeiten für Passagiere und Personal, die gute Erreichbarkeit über die Strasse sowie die verfügbaren Taxis bis ins Stadtzentrum. Die Umweltbelastungen (v.a. durch Luftschadstoffe, aber auch Lärm) sind in den flughafennahen Gebieten sehr hoch; Grenzwertüberschreitungen sind häufig. Aufgrund der Flughafenstandorte im Agglomerationsgebiet (v.a. Zürich) überlagern sich die Emissionen aus dem induzierten Landverkehr mit einer hohen Grundbelastung.

Induzierten Landverkehr gibt es selbstverständlich nicht nur bei den Landesflughäfen, sondern auch den Regionalflugplätzen und Flugfeldern. Absolut gesehen ist bei diesen Flugplätzen der induzierte Landverkehr weit weniger bedeutend, alleine wegen der viel geringeren Passagierzahlen. Allerdings sind die Regionalflugplätze und Flugfelder in der Regel viel schlechter an das öffentliche Verkehrsnetz angebunden als die drei grossen Landesflughäfen, sodass der Modalsplit bei diesen Flugplätzen deutlich tiefer sein dürfte, d.h. der MIV-Anteil ist klar höher. Vor allem bei kleineren Flugplätzen reisen Passagiere, Angestellte sowie (Privat-)Piloten fast ausschliesslich mit dem MIV an.

Flughafenbetrieb (ohne Flugbetrieb)

Für den Flughafen Zürich liegen Daten zu den Emissionsmengen von Luftschadstoffen aus dem Flughafenbetrieb vor. Die folgende Tabelle fasst die entsprechenden Daten zusammen.

LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN DURCH DEN FLUGHAFENBETRIEB IN ZÜRICH 2004 (IN TONNEN/JAHR)				
Quelle	Stickoxide (NO_x)	Flüchtige KW (VOC)	Kohlenmonoxid (CO)	Kohlendioxid (CO₂)
Abfertigung	136	135	90	26'228
Infrastruktur	61	77	11	43'828
Total	197	212	101	70'056

Tabelle 34 Alle Angaben in Tonnen pro Jahr. KW: Kohlenwasserstoffe. Quelle: UNIQUE 2005.

In den letzten drei Jahren waren die Emissionen durch den Flughafenbetrieb bei allen vier Schadstoffen rückläufig.

5.4.3. IMMISSIONEN: LUFTSCHADSTOFFE

Definition und Einbettung des Indikators

Mit einer Luftschadstoff-Messanlage kann die Luftbelastung am Flughafen für Stickoxide (NO , NO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Ozon und Feinstaub (PM_{10}) kontinuierlich gemessen werden. Zuständig für die Überwachung der Luftqualität in der Schweiz sind die Kantonalen Ämter. Anschliessend eine kurze Beschreibung der zurzeit wichtigsten Luftschadstoffe:

- › **Stickoxide:** Unter dem Begriff Stickoxid (NO_x) werden Stickstoffdioxid (NO_2) und Stickstoffmonoxid (NO) zusammengefasst. Sie führen zu Atemwegserkrankungen und schädigen die Schleimhautfunktionen. NO_x wirkt zudem als Vorläufersubstanz zur Bildung von Ozon.
- › **Ozon:** Bodennahes Ozon ist ein Sekundärschadstoff und entsteht in der Troposphäre unter der Einwirkung von Vorläufersubstanzen (Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen VOC (Bsp. Benzol)) und Sonneneinstrahlung. Ozon führt zu Atemwegserkrankungen oder Atemnot und reizt die Augen und die Schleimhäute. Zudem führt Ozon zu Wachstumshemmungen bei Pflanzen und Ernteeinbussen in der Landwirtschaft. Eine Abnahme des bodennahen Ozons kann nur erfolgen, wenn die Vorläufersubstanzen (Stickoxide und VOC) reduziert werden.
- › **Feinstaub (PM₁₀):** Kleine Partikel des Gesamtstaubes mit Teilchengrössen kleiner als 10 Mikrometer. Neben dem von uns Menschen verursachten Feinstaub gibt es auch natürliche Quellen. Der Feinstaub gelangt bis in die feinsten Lungenverästelungen (Bronchien, Alveolen) und kann zu einer eingeschränkten Lungenfunktion oder Asthma und Bronchitis führen. Die im Feinstaub enthaltenen polyaromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) und Schwermetalle (Pb, Cd, Zn) haben eine toxische Wirkung. PM_{10} kann direkt aus der Verbrennung von Energieträgern (z.B. Diesel, Holz usw.) oder durch die Bildung von Sekundärschadstoffen (Salzaerosole aus NO_x) entstehen.

Da es sich bei Flughäfen im Sinne des Gesetzes um Anlagen (wie z.B. Autobahnen oder Industrieanlagen) handelt, gelten die gesetzlichen Immissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe auf dem Areal selber nicht. Es müssen die vorgeschriebenen maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) eingehalten werden. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist es jedoch trotzdem sinnvoll und wünschenswert die Belastung des Menschen durch Luftschadstoffe unterhalb der geltenden Grenzwerte zu halten.

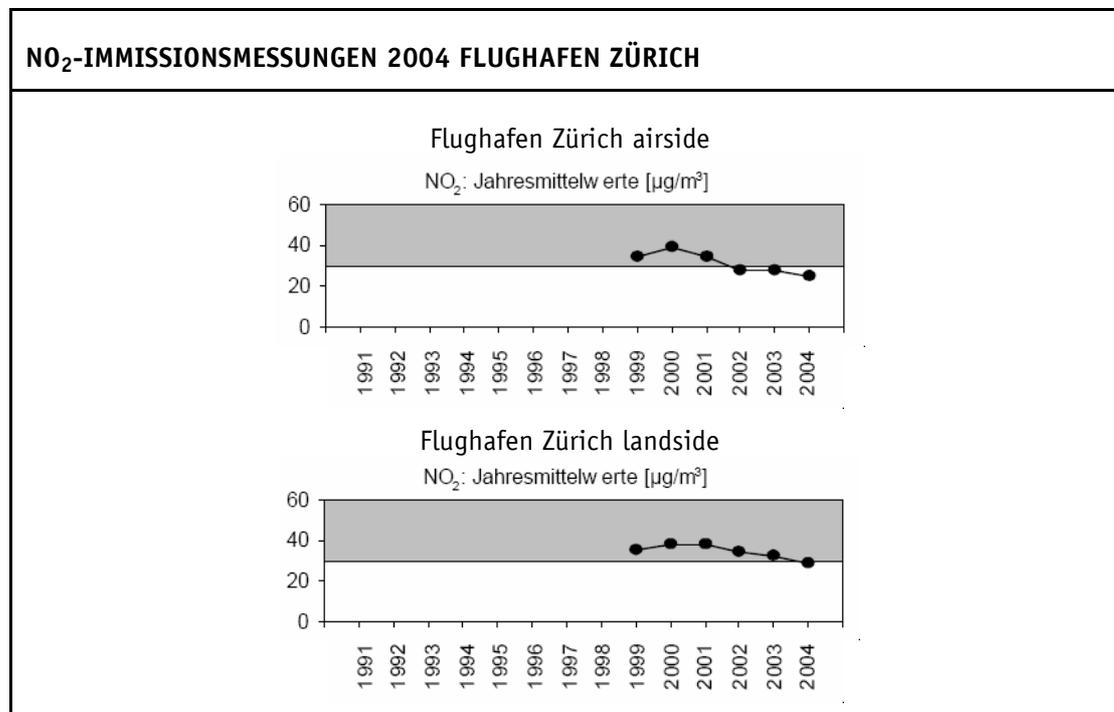
Datengrundlage

- › Messdaten von nationalen, kantonalen und kommunalen Messstationen für Luftschadstoffe, zusammengestellt durch die Schweizerische Gesellschaft der Lufthygieniker (Cercl'Air) und das BAFU, liegen auf der Website des BAFU vor.
- › Im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts Ostluft wird die Luftqualität in der Ostschweiz und im Fürstentum Liechtenstein seit 2001 gemeinsam überwacht. Jährlich wird ein Bericht mit den Immissionsentwicklungen aller Messstationen publiziert (vgl. Ostluft 2005).
- › Immissionskarten der gesamten Schweiz sind für Stickstoffdioxid und Partikel für die Jahre 2000 und 2010 auf der BAFU-Website abrufbar. Sie basieren auf einem 2-dimensionalen Modell und geben eine Idee wie sich die Immissionen zwischen 2000 und 2010 in der Flughafenumgebung entwickeln könnten.
- › Der Kanton Zürich (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich - AWEL) besitzt zusätzliche Immissionskarten für NO₂ für die Jahre 2000, 2005 und 2010. Sie basieren auf Messungen des AWEL und Immissionsmodellierungen resp. Emissionsberechnungen von Unique (Unique 2003) und haben eine höhere Auflösung als die Karten des BAFU. Sie werden vom AWEL in das zürcherische Gesamtmodell integriert. Der Beitrag des Flughafens an die Immissionen wurde explizit für das Jahr 2000 (mit einem 3D-Modell) berechnet. Ozon-Belastungen in der Luft stehen für alle Messstationen im Kanton Zürich in Zeitreihen zu Verfügung.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Stickstoffdioxid (NO₂)

Aus dem Umweltbericht des Flughafens Zürich (Unique 2005) ist zu entnehmen, dass die Stickstoffdioxid-Belastung in der Flughafen-Region für das Jahr 2004 gegenüber 2003 an allen Messstellen um 5 bis 15% abgenommen hat. Während in der Region die Abnahme zwischen 1.3 und 4.1 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel lag, betrug sie am Flughafen selbst zwischen 3.0 und 6.0 µg/m³ NO₂. Mit 25 µg/m³ NO₂ lag das Jahresmittel am Flughafen (airside) deutlich unter dem Grenzwert von 30 µg/m³ (vgl. Figur 36). Landside lag das Jahresmittel mit 29 µg/m³ nur knapp unter dem Grenzwert und übertraf zudem an 2 Tagen den Tagesgrenzwert von 80 µg/m³.



Figur 36 Quelle: Ostluft 2005

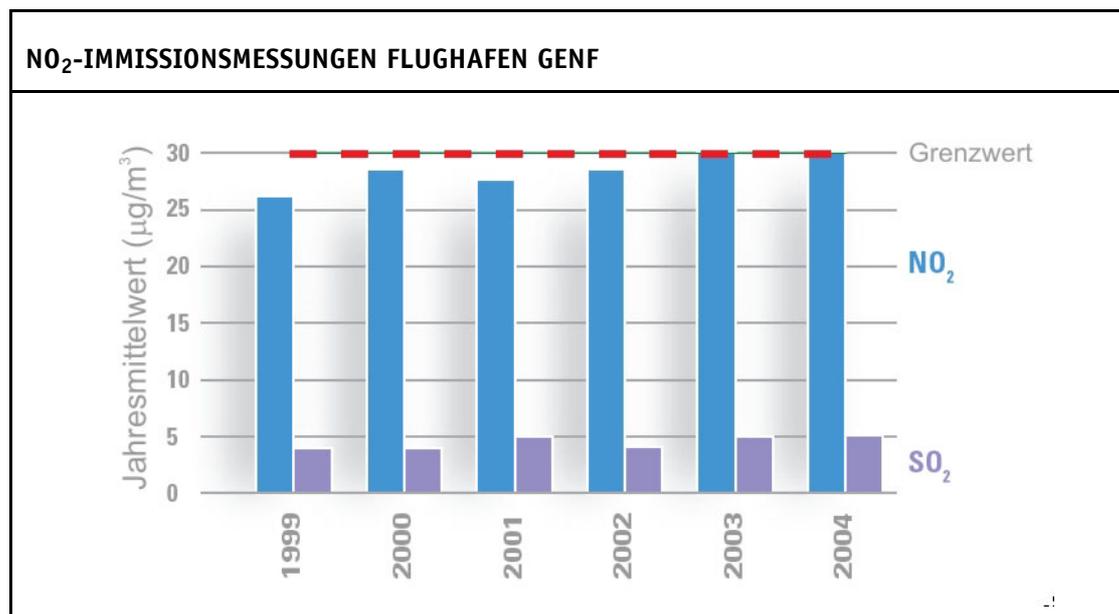
Die Abnahmen der Immissionen beim Flughafen Zürich kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden:

- › Günstige Witterung mit wenig austauscharmen Wetterperioden sorgten v.a. im Jahr 2004 für tiefere Werte als im Jahr 2003. Die Flugbewegungen blieben hingegen in den Jahren 2003 und 2004 praktisch konstant (-1%).
- › Veränderungen im Flottenmix hin zu schadstoffärmeren Flugzeugen und Helikoptern.
- › Die generelle Entwicklung des Luftverkehrs (Peak Flugbewegungen im Jahr 2000).
- › Sinkenden Emissionen bei den Abfertigungsaktivitäten (Bodenverkehr auf dem Flughafen).
- › Leichter Rückgang der Hintergrundbelastung aus Verkehr, Haushalt und Industrie.

Im Gegensatz zum Flughafen Zürich stiegen die gemessenen NO₂-Immissionen (airside) auf dem Flughafen Genf zwischen 1999 und 2004 um rund 15% an (mit einer kurzfristigen Abnahme im Jahr 2001). Folgende Gründe können für diese Entwicklung in Frage kommen:

- › Ein leichter Anstieg der Flugbewegungen insgesamt (+1%) und den damit verursachten Abfertigungsaktivitäten.

- › Ein veränderter Flottenmix mit einem Anstieg um rund 14% (1999 und 2004) der Flugbewegungen mit Flugzeugen über 100 Sitzplätze, die höhere NO_x -Emissionen pro Flugbewegungen ausweisen. Damit zusammenhängend stieg auch der Abfertigungsverkehr und landseitige Verkehr durch eine Zunahme der transportierten Passagiere zwischen 1999 und 2004 um +25% an.

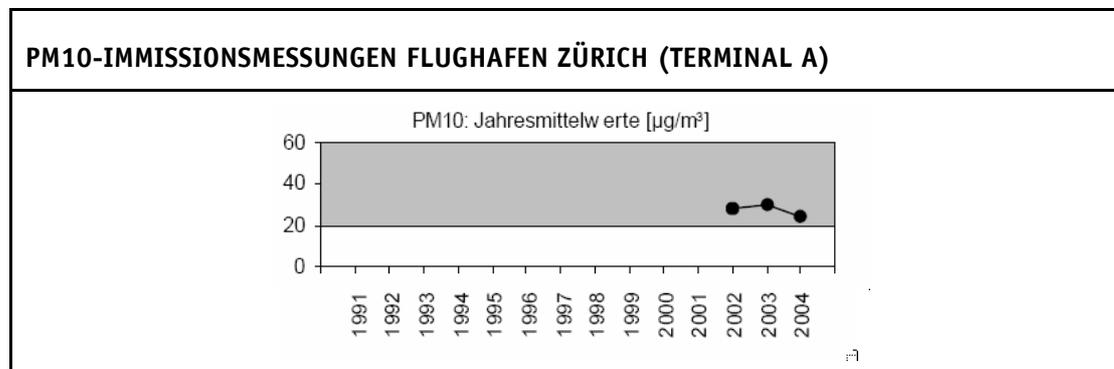


Figur 37 Quelle: AIG 2005

PM₁₀

Die PM₁₀-Immissionen auf dem Flughafen Zürich sind in den Jahren von 2002 bis 2004 gesunken. Die Jahresmittel lagen nach wie vor über den Grenzwerten und es kam im Jahr 2004 an 14 Tagen zu Überschreitungen des Tagesmittelwerts. Wie gross der Beitrag des Flughafens an der dargestellten Gesamtbelastung von PM₁₀ ist, bleibt unbekannt. Einen Beitrag zu den flughafenseitigen Immissionen leisten folgende Faktoren:

- › Heizungen Gebäude Flughafen
- › Verkehr zur Abfertigung der Flugzeuge
- › Aufwirbelung und Abrieb durch Flugzeuge
- › Landseitiger Verkehr
- › Flugzeug-Triebwerke (ultra-feinste Partikel und Aerosole)



Figur 38 Quelle: Ostluft 2005

5.4.4. IMMISSIONEN: NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

Definition und Einbettung des Indikators

Mobilfunkanlagen, Hochspannungsleitungen und elektrische Geräte erzeugen elektromagnetische Strahlung. Diese wird in der Fachsprache „nichtionisierende Strahlung“, Abkürzung NIS, genannt. Als Elektromog wird die elektromagnetische Strahlung bezeichnet, wenn es um deren unerwünschten Einfluss auf den Menschen geht. Der Bund hat die rechtlichen Grundlagen mit Grenzwerten in der NIS-Verordnung (NISV) definiert, um die Schweizer Bevölkerung vor übermässigem Elektromog zu schützen. Bei den Anlagen für Flugsicherung und Flugverkehrskommunikation handelt es sich um Anlagen mit Hochfrequenzstrahlung. Es gelten die in der NISV vorgeschriebenen Grenzwerte.

Datengrundlage

Übersicht über die Standortdatenblätter des zivilen Flugverkehrs sowie Umweltbericht Unique 2005.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Im Rahmen der Arbeiten zum Umweltverträglichkeitsbericht zum vorläufigen Betriebsreglement für den Flughafen Zürich waren im Jahr 2003 die Anlagen untersucht worden, die nicht-ionisierende Strahlungen abgeben. Die für die Flugsicherungsanlagen zuständige Skyguide hat dabei alle rund fünfzig Anlagen untersucht und die Strahlung entsprechend den behördlichen Vorschriften berechnet. Es konnte gezeigt werden, dass alle Anlagen, auch diejenigen ausserhalb des Flughafens Zürich, die geltenden Grenzwerte nicht nur einhalten, sondern in den meisten Fällen auch deutlich unterschreiten (Unique Umweltbericht 2005). Die vorliegenden Standortdatenblätter zeigen, dass keine Anlage der zivilen Luftfahrt in der

Schweiz NIS-Grenzwerte überschreitet, wobei bei einem grossen Teil der Anlagen vorsorgliche Emissionsbegrenzungen eingeführt sind. Bei 23 Anlagen (Standorte: Agno, Altenrhein, Belpberg, Belp, Carona Medel, Miglieglia, und Rubigen) liegen noch keine Standortdatenblätter vor.

Trotz der eingehaltenen Vorschriften weisen verschiedene Studien der letzten Jahre auf biologische Auswirkungen hin, die durch Strahlung mit einer Intensität unterhalb der internationalen Grenzwerte ausgelöst werden können. Solche nicht-thermische Wirkungen hochfrequenter Strahlung sind aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen unbestritten. Wie diese Effekte entstehen, ist jedoch noch nicht geklärt. Ebenso wenig lässt sich beim aktuellen Stand der Erkenntnis sagen, ob und unter welchen Bedingungen die biologischen Auswirkungen zu einem Gesundheitsrisiko werden können.

5.4.5. BODENBELASTUNG

Der Luftverkehr wirkt auf unterschiedliche Weise auf den Boden ein. Zum einen gibt es negative Wirkungen durch die Versiegelung sowie die mechanische Beanspruchung von Böden. Zum anderen können Emissionen des Luftverkehrs zu einem erhöhten Schadstoffeintrag in Böden führen. Dieser Schadstoffeintrag kann im Normalbetrieb geschehen oder eine Folge von Stör- bzw. Unfällen sein.

Die Beschreibung des heutigen Zustands lässt sich beim Umweltbereich Boden nur teilweise mit Hilfe quantifizierbarer Indikatoren vornehmen. Deshalb beschränkt sich die Beschreibung des aktuellen Zustands bei einzelnen Aspekten auf qualitative Aussagen.

Bodenversiegelung

Auf Flugplätzen führen Flugpisten und Rollwege sowie Gebäude zu Bodenversiegelungen. Versiegelte Flächen bedeuten einen Bodenverlust und führen damit zu Habitatsverlusten für Pflanzen und Tiere sowie zu Trenneffekten für die Fauna.

Der gesamte Flächenverbrauch der Schweizer Flugplätze beträgt 45.2 km² (siehe Tabelle 35). Die drei Landesflughäfen alleine machen 43% dieser Fläche aus (19.5 km²), die Militärflugplätze rund einen Drittel. Von dieser Gesamtfläche besteht allerdings ein beträchtlicher Teil aus nicht versiegelten Flächen, wie Wiesen, Moore, Gewässer sowie bestockte Flächen (Busch- und Waldgebiete). Diese nicht versiegelten Flächen stellen oft interessante Habitate für Fauna und Flora dar. Problematisch betreffend Bodenversiegelung sind nur die verbauten Flächen. Auf dem Flughafen Zürich beispielsweise sind 3.7 km² (also rund 42% des gesamten Flughafenareals) versiegelt. Auf allen drei Landesflughäfen zusammen sind rund 8.5

km² versiegelt (d.h. gut 40% der Fläche). Der prozentuale Anteil an versiegelter Fläche ist auf kleineren Flugplätzen und Flugfeldern kleiner als auf den grossen Landesflughäfen, u.a. weil viele kleinere Flugplätze keine asphaltierten Flugpisten haben. Daten zur gesamten versiegelten Fläche auf allen Schweizer Flugplätzen sind nicht vollständig verfügbar. Gemäss eigener Schätzung auf der Basis von verfügbaren Werten dürfte die versiegelte Fläche insgesamt etwa 13 km² betragen. Damit ist die wegen des Flugverkehrs versiegelte Bodenfläche in der Schweiz insgesamt als relativ gering zu bezeichnen.

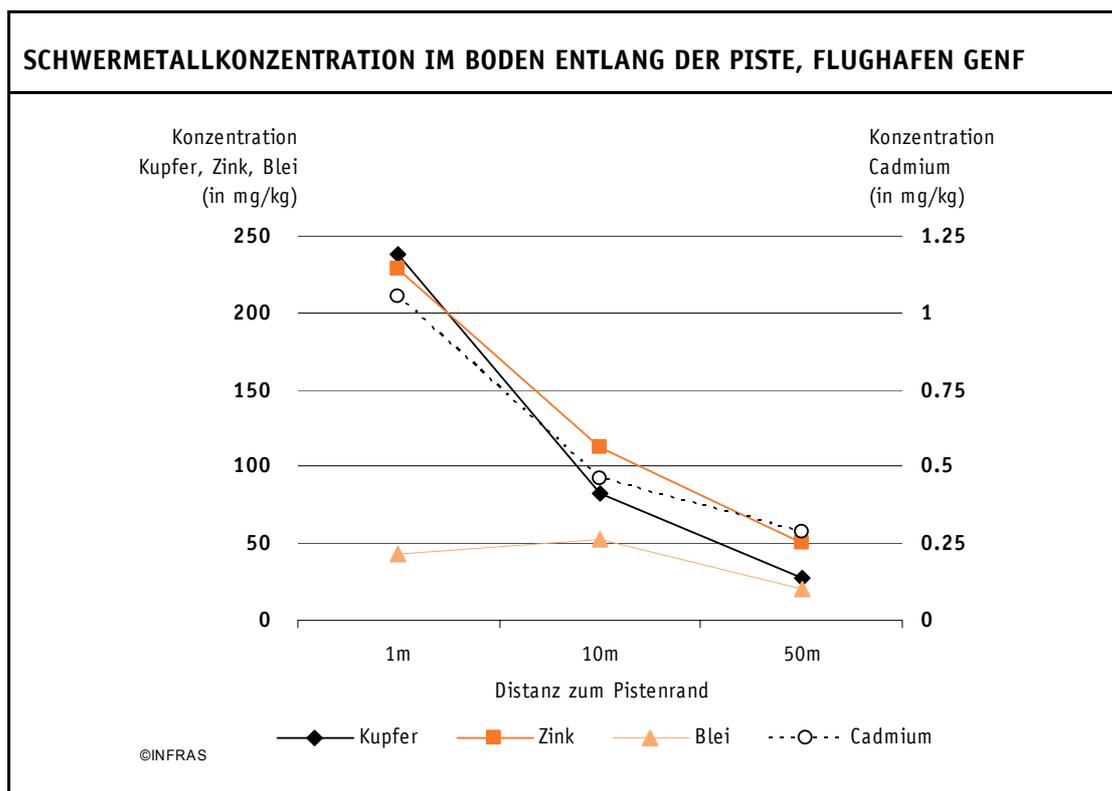
FLÄCHENVERBRAUCH DER SCHWEIZER FLUGPLÄTZE		
	Gesamtfläche (in km²)	Versiegelte Fläche (in km²)
Landesflughäfen	19.5	8.5
- Zürich	8.9	3.7
- Genf	3.0	1.4
- Basel	7.6	3.4*
Regionalflugplätze mit Linienverkehr (inkl. Sion)	3.0	0.5
Militärflugplätze (inkl. zivil genutzte, ohne Sion)	14.8	k.A.
Weitere Flugplätze, Flugfelder, Heliports, etc.	7.9	k.A.
Gesamttotal	45.2	Ca. 12-14*

Tabelle 35 Quellen: BAZL/BFS 2002, Luftwaffe, Unique, Aerosuisse 2005. *: Schätzung. k.A.: keine Angaben verfügbar.

Bodenverschmutzung

Emissionen von Schwermetallen und organischen Schadstoffen beim Start und der Landung von Flugzeugen können entlang der Pisten auf Flughäfen zu einer Bodenbelastung führen. Auf den grösseren Flughäfen mit vielen Flugbewegungen (d.h. vor allem auf den Landesflughäfen sowie den Regionalflugplätzen mit Linien- und Charterverkehr) weisen Böden in Pistennähe erhöhte Konzentrationen an Schwermetallen auf. Erhöhte Gehalte werden beim Kupfer, Blei, Zink und Cadmium gemessen. Diese Stoffe stammen hauptsächlich aus dem Abrieb von Bremsbelägen und Pneus. Am Flughafen Genf beispielsweise lag die Konzentration dieser vier Schwermetalle an mehreren Standorten in Pistennähe über den Grenzwerten gemäss Bodenschutzverordnung (AIG 2000, AIG 2005a). Erhöhte Konzentrationen über dem Grenzwert wurden überdies vereinzelt auch für PCB (polychlorierte Biphenyle) nachgewiesen. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dagegen wurden entlang der Pisten nicht in erhöhten Konzentrationen gefunden. Bei den vier Schwermetallen sowie dem PCB nimmt die Konzentration im Boden mit zunehmender Distanz zur Piste deutlich ab. Bei einer Distanz von zehn bis fünfzig Metern zur Piste sind die Schadstoffkonzentrationen nicht mehr signifikant höher als in der Umgebung (siehe Figur 39).

Besonders stark belastet sind die Böden in Pistennähe vor allem mit Kupfer. Dieses gelangt hauptsächlich durch den Abrieb von kupferhaltigen Bremsbelägen in die Umwelt. An einer Messstelle wurde auf dem Flughafen Genf gar eine Konzentration gemessen, die über dem Sanierungswert von 1000 mg/kg lag (AIG 2000).



Figur 39 Die Figur zeigt die Schwermetallkonzentrationen im Boden an einer Messstelle am Pistenrand (Messungen aus dem Jahr 2000). Die Richtwerte gemäss Bodenverordnung betragen für Kupfer 40 mg/kg, für Blei 50 mg/kg, für Zink 150mg/kg und für Cadmium 0.8 mg/kg. Quelle: AIG 2000, VBBo 2000.

Für die Umwelt stellen die gemessenen Konzentrationen keine akute Gefährdung dar. Gemäss den Messungen am Flughafen Genf werden bereits ab einer Distanz von 10 Metern zur Flugpiste keine Prüfwerte mehr überschritten. Allerdings weisen Böden in unmittelbarer Pistennähe mit Schwermetallkonzentrationen über dem Prüfwert eine eingeschränkte Bodenfruchtbarkeit auf und stellen eine potenzielle Gefährdung für Pflanzen und Tiere dar. Bei der heute üblichen Nutzung des Landes entlang der Piste (d.h. kein Anbau von Nutzpflanzen und keine Nutzung von Gras/Heu als Viehfutter in unmittelbarer Pistennähe) stellen diese Schadstoffbelastungen im Moment allerdings keine Gefahr für Menschen und Tiere dar. Zumindest die hohen Kupfergehalte sind jedoch nicht vernachlässigbar und müssen genau beobachtet werden. Dies ist unter anderem wichtig für die Bestimmung der Breite des

Abschnitts, welcher nicht landwirtschaftlich genutzt werden darf. Zu beachten ist überdies, dass Bodenaushub aus dem belasteten Abschnitt entlang von Pisten gemäss Wegleitung Bodenaushub des BAFU nicht mehr oder nur sehr beschränkt weiterverwendet werden kann (BUWAL 2001).

Störfälle⁵⁶

Bodenbelastungen entstehen im Luftverkehr vor allem durch Störfälle. Mögliche Störfälle sind zum einen Unfälle auf dem Flughafenareal, bei denen beispielsweise Treibstoffe in die Umwelt gelangen. Auf diesen Aspekt wird im folgenden Kapitel (Altlasten) eingegangen. Zum anderen gibt es auch Störfälle in der Luft, indem Flugzeuge während eines Fluges Treibstoff aus dem Tank ablassen müssen. Dieser Treibstoffschnellablass (so genanntes ‚Fuel Dumping‘) ist ein Notverfahren und wird dann nötig, wenn ein Grossraumflugzeug unmittelbar nach dem Start wieder landen muss. Da ein voll getanktes Flugzeug für eine sichere Landung zu schwer ist, wird zur Gewichtsreduktion durch Öffnungen an den Flügeln Treibstoff abgelassen. Die Bedingungen, unter welchen ein Treibstoffschnellablass erlaubt ist, sind strikte geregelt.

Der Treibstoffschnellablass erfolgt in der Regel über verkehrsfreiem Gebiet auf einer Höhe von 5000 bis 6000 Metern über Grund. Das Kerosin wird beim Austritt zu feinsten Tröpfchen zerstäubt. Diese Aerosole schweben in der Luft oder sinken sehr langsam ab und verdampfen. Gemäss Modellrechnungen erreicht bei Windstille und einer Ablasshöhe von 2'400 Metern über Grund nur rund ein Promille des abgelassenen Kerosins den Boden in Form von Aerosolen (BAZL 2004). Bei Wind liegt dieser Wert noch deutlich tiefer. Einzig bei sehr geringer Ablasshöhe und Niederschlägen ist damit zu rechnen, dass effektiv feine Treibstofftröpfchen den Boden erreichen. Bis jetzt konnte allerdings noch nie eine Bodenkontamination infolge Treibstoffschnellablass nachgewiesen werden (BAZL 2004).

Aus dem Fuel Dumping entsteht also keine Belastung oder Gefährdung für den Boden. Durch das schnelle Verdampfen des Kerosins wird dafür die Luft mit flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (VOC) belastet. Verglichen mit den VOC-Emissionen aus dem regulären Flugbetrieb sind die durch Fuel Dumping emittierten Mengen jedoch relativ gering.

⁵⁶ Der in diesem Bericht verwendete Begriff ‚Störfälle‘ ist nicht vollständig deckungsgleich mit jenem in der Störfallverordnung. Unter Störfällen werden an dieser Stelle Zwischenfälle mit Auswirkungen auf die Umwelt verstanden. Diesen Begriff verwendet u.a. auch Unique so und fasst darunter auch das Fuel Dumping.

Gemäss Angaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) gab es in der Schweiz zwischen 1990 und 2003 jährlich im Durchschnitt 5 Fälle von Treibstoffschnellablass. Die durchschnittliche Menge abgelassenes Kerosin betrug 26 Tonnen pro Vorfall (BAZL 2004). Im Umfeld des Flughafens Zürich (Flugsicherungsbereich Zürich) kam es in den letzten Jahren zu 2 bis 12 Fällen von Fuel Dumping pro Jahr. Im Jahr 2004 gab es 6 Fälle von Treibstoffschnellablass mit insgesamt 216 Tonnen Kerosinablass (UNIQUE 2005).

TREIBSTOFFSCHNELLABLASS (FUEL DUMPING)		
	Anzahl Fälle von Fuel Dumping	Abgelassener Treibstoff (in t/a)
Flughafen Zürich 2002	5	133
Flughafen Zürich 2003	2	82
Flughafen Zürich 2004	6	216
Gesamtschweiz (Durchschnitt 1990-2003)	5	130 (26t pro Vorfall)

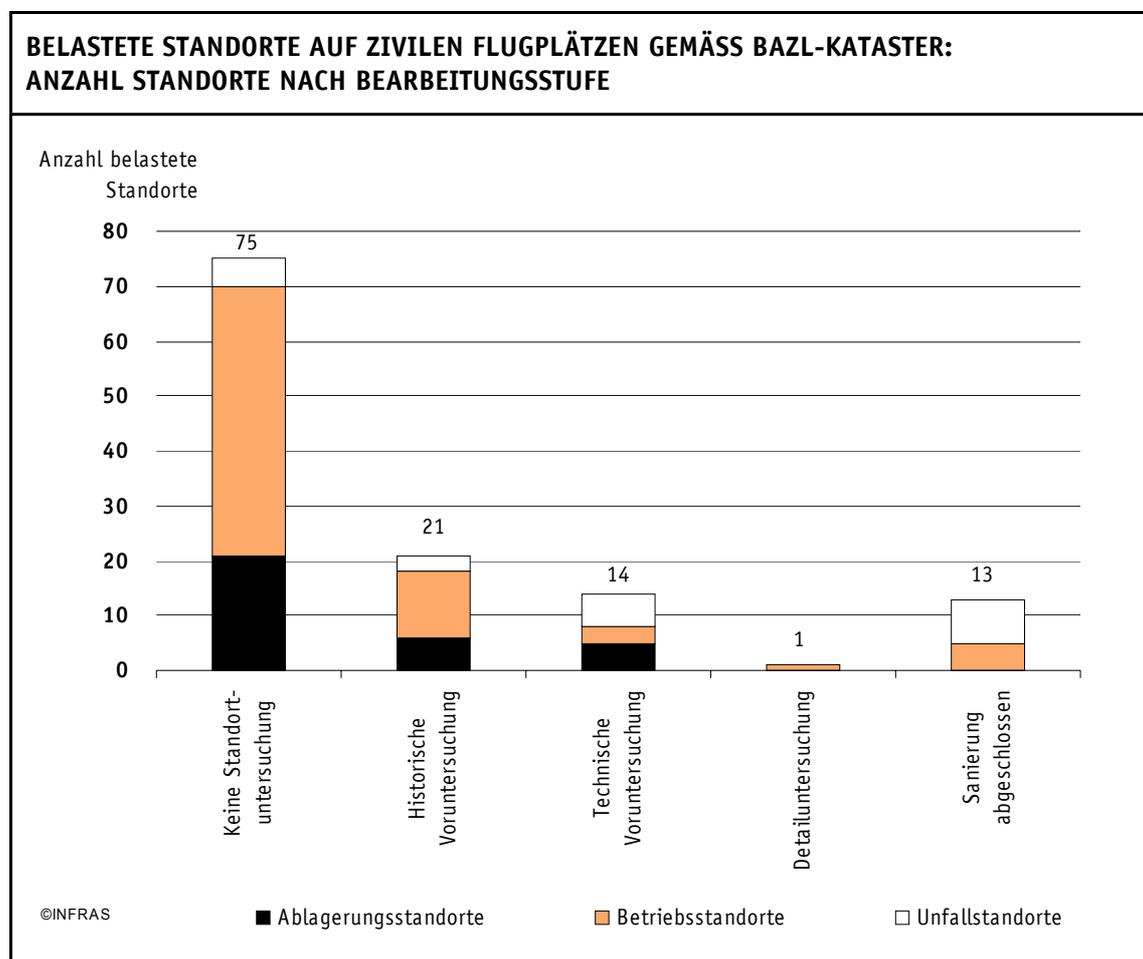
Tabelle 36 Quellen: UNIQUE 2005 (Zahlen für Zürich), BAZL 2004 (Zahlen Gesamtschweiz).

Altlasten und belastete Standort

Durch Abfallablagerung, Unfälle oder regulären Betrieb können auf dem Gelände von Flughäfen Böden übermässig mit Abfällen im Sinne des Umweltschutzgesetzes belastet werden. Ist die Belastung an diesen Standorten so hoch, dass sie zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen auf die Umwelt führen, müssen diese Standorte saniert werden. Solche sanierungsbedürftige belastete Standorte werden ‚Altlasten‘ genannt.

Belastete Standorte gibt es vor allem auf grösseren Flughäfen, beispielsweise an Standorten früherer Deponien, an Betriebsstandorten mit Bodenverschmutzungen durch Kerosin (Betankungsstandorte, Werkstätten) und vor allem an ehemaligen Unfallstandorten. Belastete Standorte stellen oft sowohl für Böden als auch Gewässer (meist Grundwasser) eine Gefährdung dar. Als Altlasten werden diejenigen Standorte bezeichnet, deren Belastung zu einer unzulässigen Gefährdung der Umwelt führt.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt führt einen Kataster der belasteten Standorte auf den für die Zivilluftfahrt benutzten Flugplätzen der Schweiz. Der Kataster enthält möglichst alle Standorte, bei denen mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Belastung durch Abfälle zu erwarten ist oder deren Belastung bereits feststeht. Insgesamt wurden bisher rund 840 Standorte erhoben, die möglicherweise belastet sind. Davon sind zurzeit 124 als belastete Standorte im Kataster erfasst. Die folgende Figur zeigt auf, welche Bearbeitungsstufe die einzelnen Standorte aufweisen.



Figur 40 Quelle: BAZL 2006. Im Kataster nicht enthalten sind die Militärflugplätze, die in die Zuständigkeit des VBS fallen.

Von den 124 Standorten sind 32 Ablagerungsstandorte (Deponiestandorte), 70 Betriebs- und 22 Unfallstandorte. Beim grössten Teil der belasteten Standorte hat bis jetzt keine Standortuntersuchung stattgefunden (75 Standorte) oder nur eine historische Voruntersuchung (21 Standorte). Allerdings sind bei 87 dieser 96 Standorte keine schädlichen Einwirkungen zu erwarten, sodass bei diesen Standorten kein weiterer Untersuchungsbedarf besteht. Eine technische Untersuchung oder gar Sanierung fand bisher bei insgesamt 28 Standorten statt, weiterer Untersuchungsbedarf besteht zurzeit nur bei 9 zusätzlichen Standorten (siehe Tabelle 37).

Die Tabelle 37 zeigt, auf wie vielen Standorten zurzeit ein zusätzlicher Untersuchungsbedarf bzw. nach erfolgter Voruntersuchung gar ein Sanierungsbedarf herrscht. Ein Untersuchungsbedarf gibt es aktuell wie erwähnt bei 9 Standorten, einen Sanierungsbedarf wurde

nach einer Voruntersuchung bei 2 von 15 Standorten ausgemacht. 13 Standorte wurden bereits saniert, wobei 2 dieser Standorte weiterhin überwacht werden müssen.

ANZAHL BELASTETE STANDORTE MIT UNTERSUCHUNGS-/ SANIERUNGSBEDARF	
Befund / Status	Anzahl Standorte
kein Untersuchungsbedarf	87
Untersuchungsbedarf	9
Techn. Voruntersuchung: kein Sanierungsbedarf	13
Techn. Voruntersuchung: Sanierungsbedarf	2
Sanierung abgeschlossen: keine Überwachung nötig	9
Sanierung abgeschlossen: Nachkontrolle	2
Sanierung abgeschlossen: Überwachung	2
Total	124

Tabelle 37 Quelle: BAZL 2006. Im Kataster nicht enthalten sind die Militärflugplätze, die in die Zuständigkeit des VBS fallen.

5.4.6. EINFLUSS AUF LANDSCHAFTEN UND LEBENSÄUME

Die Luftfahrt kann auf verschiedene Weise negativ auf Landschaften und Lebensräume einwirken. Einerseits kann der Flugverkehr negative Folgen für den Wert einer Landschaft haben, andererseits sind Störungen von natürlichen Lebensräumen – das heisst eine Beeinträchtigung von Fauna und Flora – möglich.

Im Einzelnen ergeben sich folgende Auswirkungen auf Landschaften und Lebensräume:

- › Störung von Erholungsräumen und damit Verminderung des Erholungswerts von Landschaften
- › Negative Einwirkungen auf die Fauna durch optische und akustische Einflüsse
- › Vogelschlag bei Kollision von Vögeln mit Flugzeugen
- › Negative Folgen für Fauna und Flora infolge der Emission von Schadstoffen
- › Flächennutzung für den Luftverkehr

Im Folgenden wird auf diese Aspekte einzeln eingegangen. Der heutige Zustand lässt sich allerdings nicht vollständig mittels quantifizierbarer Indikatoren beschreiben. Deshalb beschränkt sich die Beschreibung des aktuellen Zustands teilweise auf qualitative Aussagen.

Störung von Erholungsräumen und damit Verminderung des Erholungswerts von Landschaften

Flugbewegungen über Gebieten mit besonderem Erholungswert können zu einer Beeinträchtigung dieser Landschaften führen. Die Störung kann durch akustische und/oder optische

Einwirkungen erfolgen, die von Menschen negativ wahrgenommen werden und damit den Wert eines Erholungsraums mindern. Die Störung von Erholungsräumen hat nicht nur eine negative Wirkung auf die Wohnbevölkerung in betroffenen Gebieten, sondern ist vor allem auch mit negativen Einflüssen auf den Tourismus verbunden. Als besonders sensibel gelten in der Schweiz Landschaften und Erholungsräume in den Alpen.

Als Indikator für die Störung von Erholungsräumen durch den Luftverkehr werden die folgenden Grössen verwendet:

- › Anzahl Gebirgslandeplätze (und Anzahl Winterflugfelder)
- › Anzahl Flugbewegungen auf den Gebirgslandeplätzen bzw. Winterflugfeldern: Helikopter/total
- › Evtl. kann auch die Gesamtzahl Flugbewegungen von Helikoptern und Segelflugzeugen (Kleinaviatik) in der Schweiz als Indikator verwendet werden. Dieser Indikator wird allerdings bereits im folgenden Unterkapitel (Negative Wirkungen auf die Fauna) verwendet.

GEBIRGSLANDEPLÄTZE UND WINTERFLUGFELDER: ANZAHL LANDEPLÄTZE UND FLUGBEWEGUNGEN 2004				
	Anzahl Landeplätze	Flugbewegungen 2004		
		Helikopter	Flächenflugzg.	Total
Gebirgslandeplätze	42	14'761	1'100	15'861
Winterflugfelder	4	504	140	644
Total: Gebirgslandeplätze und Winterflugfelder	46	15'265	1'240	16'505

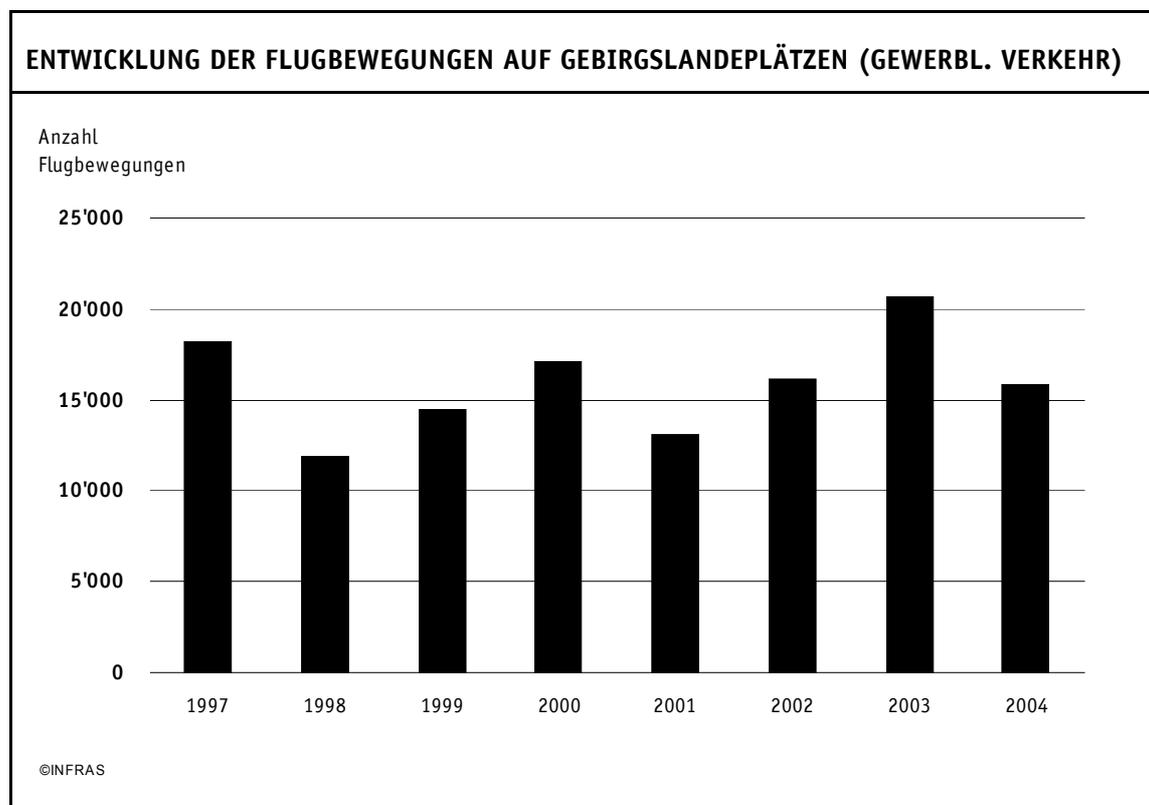
Tabelle 38 Quelle: BAZL/BFS 2005, UVEK 2003. Erfasst sind nur die gewerblichen Flugbewegungen.

Als Gebirgslandeplätze gelten Landstellen (Flugplätze und Heliports) auf einer Höhe über 1'100 Meter über Meer. Insgesamt gibt es in der Schweiz 42 Gebirgslandeplätze (BAZL/BFS 2005). Dazu kommen noch 4 Winterflugfelder, die grösstenteils ebenfalls in Bergregionen liegen. Von diesen 46 Flug- und Landeplätzen sind 26 auch für die Landung von Flächenflugzeugen geeignet.

Auf allen Gebirgslandeplätzen und Winterflugfeldern fanden im Jahr 2004 rund 16'500 gewerbsmässige Flugbewegungen statt. Rund 92% davon waren Helikopterflüge, die restlichen Flüge erfolgten mit Flächenflugzeugen. Bemerkenswert ist die geografische Verteilung der Gebirgslandeplätze und Flugbewegungen. Knapp 50% der Landeplätze liegt im Kanton Wallis und sogar rund zwei Drittel aller Flugbewegungen fanden 2004 im Wallis statt. Auf die Kantone Bern und Graubünden fielen rund 15% bzw. 13% der Flugbewegungen.

Nebst den erwähnten Gebirgslandeplätzen und Winterflugfeldern befinden sich auch der Heilport in Zermatt mit jährlich 8'800 Flugbewegungen sowie der Winterheliport in St. Moritz mit gut 500 Bewegungen pro Jahr in Berggebieten oberhalb 1'100 Metern über Meer. Beide Landplätze befinden sich nicht im Gebirge sondern in Dorfnähe, allerdings in touristischen Gebieten, die als Erholungsräume gelten.

Sämtliche bisher erwähnten Zahlen zu den Flugbewegungen auf Gebirgslandeplätzen umfassen nur den gewerblichen Verkehr. Die nicht gewerbsmässigen Flugbewegungen auf Gebirgslandeplätzen werden vom BAZL nicht systematisch erfasst. Zum nicht gewerblichen Verkehr gehören unter anderem Schulungs- und Ausbildungsflüge. Gemäss einer Befragung aus dem Jahr 2001/02 liegt der nicht gewerbliche Verkehr auf Gebirgslandeplätzen in der Grössenordnung von jährlich 20'000-30'000 Flugbewegungen durch Flächenflugzeuge sowie 5'000-10'000 Bewegungen durch Helikopter (Quelle: Auskunft BAZL). Damit ergeben sich insgesamt auf Gebirgslandeplätzen 20'000-25'000 Flugbewegungen durch Helikopter sowie 20'000-30'000 durch Flächenflugzeuge.



Figur 41 Quelle: BAZL/BFS 2005. Erfasst ist nur den gewerblichen Verkehr. Daten umfassen nur die Gebirgslandeplätze (ohne Winterflugfelder).

Die jährliche Anzahl Flugbewegungen durch gewerblichen Verkehr auf den Gebirgslandplätzen (ohne Winterflugfelder) schwankte in den letzten acht Jahren zwischen 12'000 und 21'000. Ein klarer Trend ist nicht auszumachen.

Negative Einwirkungen auf die Fauna durch optische und akustische Einflüsse

Luftfahrzeuge können durch die von ihnen ausgehenden Lärmbelastungen sowie optischen Wirkungen einen negativen Einfluss auf Wildtiere haben. Betroffen sind sowohl Tiere, die auf der Erde leben, als auch die Avifauna. Bekannt sind negative Wirkungen auf Wildtiere in den Bergen, z.B. auf Gämse, Steinböcke, Hirsche oder Rauhfusshühner (Birkhuhn, Auerhuhn, Haselhuhn, Schneehuhn), die durch niedrig fliegende Luftfahrzeuge erschreckt werden und mit erhöhtem Stress sowie Flucht reagieren. Besonders heikel sind nicht nur tief fliegende Helikopter und Flächenflugzeuge (v.a. wegen ihrer Lärmwirkung), sondern auch fast lautlose Luftfahrzeuge wie Hängegleiter oder Deltasegler. Gerade weil diese Luftfahrzeuge keinen Lärm verursachen, überraschen und erschrecken sie Wildtiere umso mehr (INFRAS/ECOSCAN 2004). Hinzu kommt, dass man mit Hängegleitern oder Deltaseglern über völlig abgelegene, ruhige Gebiete fliegen kann und dies erst noch in sehr niedriger Höhe.

Einen bedeutenden Einfluss übt der Flugverkehr zudem auf die Avifauna aus⁵⁷. Diese Einflüsse auf die Avifauna sind in einer Studie der Schweizerischen Vogelwarte Sempach genauer untersucht worden (BUWAL 2005). Die Reaktion der Vögel auf den Flugverkehr ist stark abhängig von der Vogelart, der Art des Luftfahrzeuges, der Jahres- und Tageszeit sowie dem Gewöhnungsgrad der Vögel. Je niedriger die Überflugshöhe, desto grösser ist tendenziell das Störpotenzial. Helikopter haben überdies eine grössere Störwirkung als Kleinflugzeuge, diese wiederum haben eine stärkere Wirkung als Militärjets sowie Grossflugzeuge. Auch Luftschiffe und Heissluftballone wirken bei tiefer Flughöhe störend auf die Avifauna. Insgesamt scheinen sich Vögel an regelmässigen Flugverkehr zu gewöhnen, während ungewohnte Luftfahrzeuge erhebliche Störungen verursachen können. Sichtbare Störungen von Vögeln werden bei Überflügen von weniger als 450 Metern (bei Helikoptern) bzw. 300 Metern über Grund (bei Kleinflugzeugen) beobachtet (BUWAL 2005). Speziell betroffen sind dabei vor allem Vogelschutzgebiete und andere sensible Gebiete, wie z.B. Nistgebiete in Gewässernähe.

Ähnlich wie Hängegleiter, Deltasegler oder Heissluftballone sind auch Ultraleichtflugzeuge für die Wildfauna (v.a. die Avifauna) problematisch. In der Schweiz sind Ultraleicht-

⁵⁷ Die Einflüsse auf das Wild sind vor allem im Gebirge, die Einflüsse auf die Avifauna eher im Mittelland ein Thema.

Flugzeuge jedoch verboten. Einzig die Klasse der so genannten Ecolight-Flugzeuge wurde vor kurzem zugelassen. Ecolight-Flugzeuge ist eine neue Kategorie von modernen, ein- oder zweiplätzigen Flugzeugen, die dank ihrer extrem leichten Bauweise und Motoren einen niedrigeren Treibstoffverbrauch und geringere Emissionen als herkömmliche Kleinflugzeuge haben. Mit der Zulassung von Ecolight-Flugzeugen erhofft sich der Bund eine Substitution von herkömmlichen Kleinflugzeugen. Wenn dies gelingt und kein zusätzlicher Mehrverkehr entsteht, ist die Zulassung der Ecolight-Flugzeuge aus ökologischer Sicht positiv zu beurteilen.

Als Indikatoren für die Störungen der Fauna durch den Luftverkehr werden folgende Größen verwendet:

- › Anzahl Gebirgslandeplätze total sowie Anzahl Gebirgslandeplätze in BLN-Objekten⁵⁸
- › Anzahl Flugbewegungen auf den Gebirgslandeplätzen in BLN-Objekten
- › Anzahl Gebirgslandeplätze, bei denen der Flugbetrieb aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes problematisch erscheint
- › Gesamte Anzahl Flugbewegungen von Helikoptern und Segelflugzeugen in der Schweiz
- › Ein sehr guter Indikator für die Störung der (Avi-)Fauna wären zudem die Anzahl Flugbewegungen mit Heissluftballonen, Gleitschirmen und Deltasegler. Dazu sind allerdings keine Zahlen vorhanden.

GEBIRGSLANDEPLÄTZE IN BLN-OBJEKTEN				
	Anzahl Landeplätze	Flugbewegungen 2004		
		Helikopter	Flächenflugzg.	Total
Gebirgslandeplätze: Total	42	14'761	1'100	15'861
Gebirgslandeplätze: in BLN-Objekten	16	5'889	876	6'765

Tabelle 39 Quelle: BAZL/BFS 2005, UVEK 2003. Erfasst sind nur die gewerblichen Flugbewegungen.

Von den 42 Gebirgslandeplätzen befinden sich 16 innerhalb eines BLN-Objekts und ein Landplatz innerhalb einer Moorlandschaft von nationaler Bedeutung (MLI). Mehr als 40% aller Flugbewegungen auf Gebirgslandeplätzen fanden 2004 auf Landeplätzen in BLN-Objekten statt. Dieser Indikator (Landeplätze und Flugbewegungen in BLN-Objekten) zeigt den Einfluss des Flugverkehrs auf gefährdete bzw. schützenswerte Lebensräume in den Alpen.

⁵⁸ BLN: Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung.

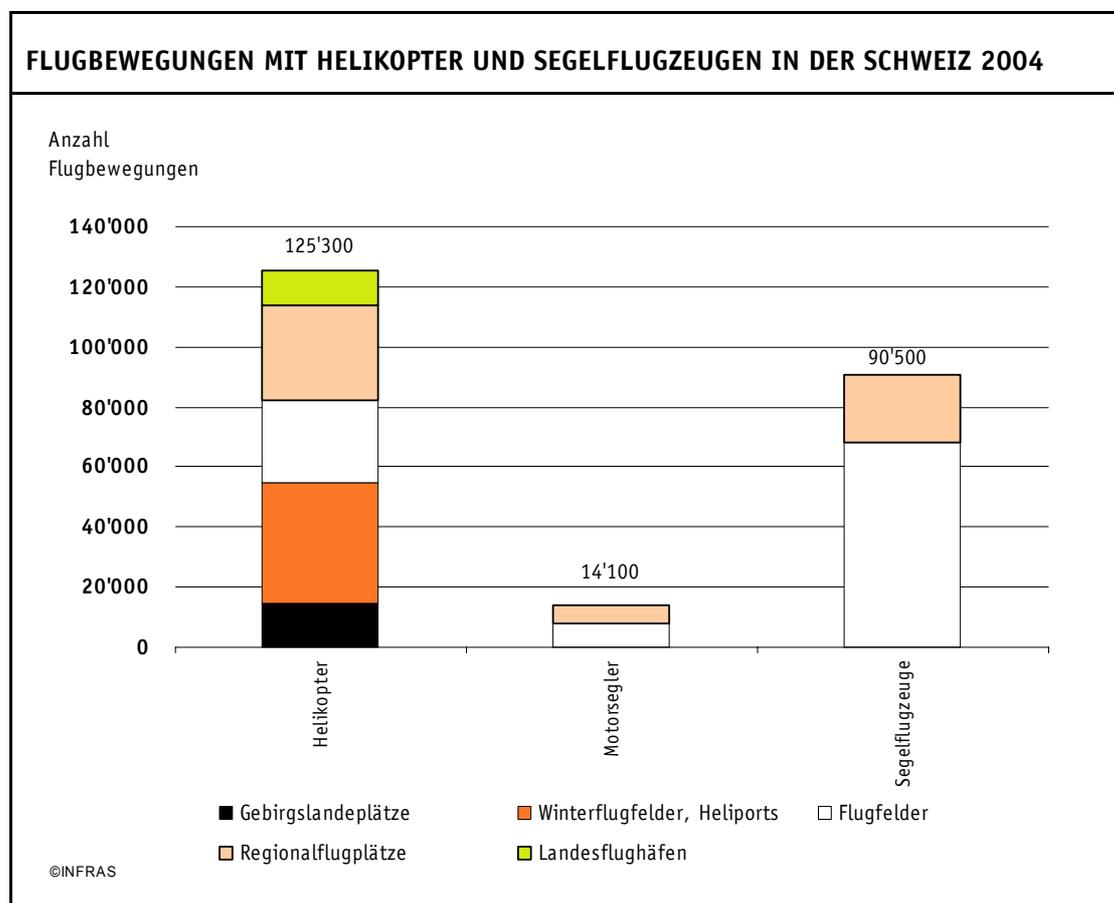
Von den 44 Gebirgslandeplätzen sind 36 für Heliskiing geeignet. Da Wildtiere und Vögel besonders bei Helikopterüberflügen besonders starke Reaktionen zeigen, wirkt sich diese rein touristische Nutzung in sensiblen Gebieten in besonderem Masse aus und muss aus rein ökologischer Sicht als fragwürdig bezeichnet werden. Allerdings muss einschränkend ergänzt werden, dass Heliskiing-Landstellen z.T. in Höhen liegen, in denen sich in der touristisch interessanten Zeit kaum Wild aufhält, das gestört werden könnte. Umweltverbände fordern dennoch ein Verzicht oder zumindest eine Einschränkung des Heliskiings, z.B. durch Festlegung von restriktiveren Mindestflughöhen oder Beschränkung der Anzahl Gebirgslandeplätze (Mountain Wilderness 2003). In anderen Ländern (z.B. Frankreich, Deutschland) ist Heliskiing verboten. Bei einer Gesamtbeurteilung des Heliskiings sind allerdings nebst den ökologischen auch die ökonomischen Aspekte für eine Region zu berücksichtigen. Zurzeit erfolgt im Rahmen des SIL eine Überprüfung der Gebirgslandeplätze.

FLUGBETRIEB AUS SICHT NATUR- UND LANDSCHAFTSSCHUTZ (N+L)			
	Flugbetrieb erscheint aus Sicht N+L		
	problematisch (Anzahl Landeplätze)	teil-/möglicherweise problematisch (Anzahl Landeplätze)	wenig problematisch (Anz. Landeplätze)
Gebirgslandeplätze: in BLN-Objekten	14	3	0
Gebirgslandeplätze: Total	22	18	2

Tabelle 40 Alle Angaben in Anzahl Landeplätzen. Quelle: BAZL/BFS 2005, UVEK 2003.

Gemäss den Konfliktblättern für die Gebirgslandeplätze des UVEK gelten 22 Landeplätze aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes als problematisch. Bei diesen Landeplätzen wird eine detaillierte Prüfung als nötig erachtet. Lediglich zwei Gebirgslandeplätze gelten als wenig problematisch. Die restlichen 18 Landeplätze werden unter dem Aspekt des Natur- und Landschaftsschutzes als teilweise oder möglicherweise problematisch erachtet. Eine Überprüfung ist bei diesen Landeplätzen nicht prioritär (UVEK 2003).

Während in den Berggebieten vor allem die Bewegungen auf Gebirgslandeplätzen sowie auf Landeplätzen in BLN-Objekten zentrale Indikatoren für die Störung der Fauna sind, werden für die Belastung der Avifauna in der restlichen Schweiz die gesamte Anzahl Flugbewegungen der Kleinaviatik (auf allen Flugplätzen) als Indikator benutzt. Da für die Störung der Fauna (v.a. der Vögel) die Helikopter und Kleinflugzeuge besonders problematisch sind, kann die gesamte Anzahl Flugbewegungen dieser Luftfahrzeuge in der Schweiz als Indikator für die Belastung herangezogen werden (siehe folgende Figur).



Figur 42 Quelle: BAZL/BFS 2005. Erfasst sind der gewerbliche und der nicht gewerbliche Verkehr, soweit verfügbar.

Insgesamt gab es im Jahr 2004 gut 125'000 Helikopterstarts und -landungen. Zwei Drittel dieser Bewegungen erfolgte auf kleinen Landeplätzen (d.h. auf Flugfeldern, Heliports, Gebirgslandeplätzen und Winterflugfeldern). Segelflugzeuge waren 2004 für gut 90'000 Bewegungen verantwortlich, Motorsegler für 14'000. Insgesamt ergeben sich damit 230'000 Flugbewegungen durch Helikopter, Motorsegler oder Segelflugzeuge. Nebst den Bewegungen auf Flugplätzen gibt es noch eine wesentlich grössere Anzahl von Helikopter-Bewegungen ausserhalb von Flugplätzen (rund 500'000 bis 1 Mio. Bewegungen, Grobschätzung BAZL). Dabei handelt es sich vor allem um Arbeits- und Rettungsflüge (Hüttenversorgung, Lawinenverbauungen, Forstwirtschaft, Rega, etc.).

Auswirkungen auf Natur und Landschaft sind allerdings auch bei grösseren Flächenflugzeugen möglich, beispielsweise durch tiefe Überflüge von Schutzgebieten. Diese Problematik ergibt sich beispielsweise beim Euroairport Basel-Mulhouse als Folge des neuen Anflugverfahrens mit dem Instrumentenlandesystem ILS.

Weitere Indikatoren für die Bestimmung der Störwirkung auf die Avifauna wären die Anzahl Flugbewegungen mit Heissluftballonen, Hängegleitern, Deltaseglern oder Luftschiffen⁵⁹. Solche Daten sind für die Schweiz jedoch bis jetzt keine verfügbar.

Ein sehr sinnvoller Indikator für die Belastung der Fauna wäre überdies die Anzahl Flugbewegungen unterhalb einer kritischen Höhe (z.B. 300m für Flächenflugzeuge und 450 m für Helikopter) in sensiblen Gebieten. Auch dieser Indikator lässt sich leider nicht quantifizieren.

Vogelschlag bei Kollision mit Flugzeugen

Kollisionen zwischen Vögeln und Flugzeugen geschehen vor allem bei Starts und Landungen von Flugzeugen in naher Umgebung von Flughäfen. Allerdings stellen diese Kollisionen hauptsächlich eine Gefahr für die Flugzeuge dar, während sie aus rein ökologischer Sicht irrelevant sind. Zwar sind solche Kollisionen für Vögel tödlich, aber aufgrund der relativ geringen Zahl an Zwischenfällen ist der Einfluss auf die Vogelpopulation nicht relevant. Weltweit schätzt die ICAO, dass es in der Zivilluftfahrt jährlich rund 34'000 Kollisionen zwischen Vögeln und Flugzeugen gibt (AIG 2005b). Davon wird allerdings nur etwa ein Viertel an die ICAO gemeldet. Am Flughafen Genf gab es in den letzten zehn Jahren jährlich rund 20 bis 50 Vogelschläge (AIG 2005b).

Negative Auswirkungen auf die Vögel können dagegen die Schutzmassnahmen haben, die auf grösseren Flughäfen zur Vermeidung von Vogelschlag ergriffen werden. Zum einen wird auf den Wiesen im Pistenumfeld vermehrt extensive Langgrasbewirtschaftung betrieben. Durch den selteneren Grasschnitt gestaltet sich die Nahrungssuche für Vögel schwieriger als bei einer Acker- und Kurzgrasbewirtschaftung. Überdies werden teilweise für Vögel attraktive Büsche und Bäume oder Kleinstgewässer in Pistennähe entfernt. Durch alle diese Massnahmen nimmt die Zahl der Vögel in Pistennähe ab, was aus sicherheitstechnischer Sicht erwünscht ist. Allerdings verlieren Vögel auf diese Weise wertvolle Habitate. Dafür werden dank der Langgrasbewirtschaftung für andere Tier- und auch Pflanzenarten neue Lebensräume geschaffen. Nebst den passiven Massnahmen durch die Bewirtschaftung werden Vögel auch mit diversen akustischen Hilfsmitteln (Pfeif-, Knallpatronen, gasbetriebene Schallerzeuger, Lautsprecher, etc.) von den Pisten fern gehalten. Mit diesen Methoden wer-

⁵⁹ Idealerweise wird nicht die Anzahl Flugbewegungen mit Heissluftballonen, Hängegleitern, etc. als Indikator verwendet, sondern die Anzahl Flüge unterhalb einer kritischen Höhe. Allerdings sind solche Zahlen nicht verfügbar, sodass die gesamte Bewegungszahl ein erster Hilfsindikator bilden könnte.

den Vögel nur kurzfristig verscheucht. Allerdings können negative Folgen infolge Stresssymptomen nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund der geringen ökologischen Relevanz wird in diesem Bereich auf einen Indikator verzichtet. Allenfalls könnte die Anzahl gemeldeter Vogelschläge pro Jahr auf den drei Landesflughäfen als Indikator herangezogen werden.

Negative Folgen für Fauna und Flora infolge der Emission von Schadstoffen

Die Emission von Schadstoffen durch den Flugverkehr kann negative Wirkungen auf Lebewesen haben. Diese Schädigungen geschehen durch Verschmutzungen von Luft, Böden oder Gewässer. Auf die Verschmutzung dieser Umweltkompartimente wird in dieser Studie in den jeweiligen Kapiteln eingegangen (siehe Kapitel Luftschadstoffemissionen und -immissionen, Bodenbelastung und Gewässerbelastung).

Flächennutzung für den Luftverkehr

Der Luftverkehr beansprucht Flächen in verschiedenartigen Gebieten (Landwirtschaftsgebiete, Agglomerationsgebiete, Gebirge, Umweltschutzgebiete, etc.). Auf das Thema ‚Flächenbedarf‘ wird im Kapitel Raumentwicklung näher eingegangen.

5.4.7. GEWÄSSERBELASTUNG

Folgende Aspekte sind bezüglich Gewässerbelastung durch die Luftfahrt relevant:

› **Enteiserabwässer aus der Flächenenteisung sowie der Flugzeugenteisung:**

In den Wintermonaten werden Flugzeuge sowie Flugbetriebsflächen (Pisten, Rollwege, etc.) aus Sicherheitsgründen von Schnee und Eis befreit („de-icing“) oder präventiv mit Enteisungsmittel behandelt („anti-icing“). Die dabei anfallenden Abwässer sind stark mit Alkoholen belastet.

› **Abwasser von Verkehrsflächen (Meteorwasser):**

Wenn Regenwasser auf die Verkehrsflächen (Pisten, Rollwege, Standplätze, etc.) fällt, wird es durch Abrieb von Strassenbelag, Reifen und Bremsbelägen sowie durch abgesetzte Schadstoffe (z.B. Russpartikel) verschmutzt. Deshalb darf das Meteorwasser von stark frequentierten Pisten und Rollwegen nicht ohne Behandlung in ein Gewässer eingeleitet werden. Weil es zu stark verschmutzt ist, muss es zuerst gereinigt werden.

› **Abwasser aus dem Flughafenbetrieb (häusliches Abwasser und spezielle Schmutzwässer):**

Auf dem Flughafengelände entstehen in Bürogebäuden, Werkstätten, Restaurants, dem

Flughafengebäude selbst sowie an weiteren Standorten häusliches Abwasser (Toiletten, Lavabos, Küchen, etc.) sowie spezielle Schmutzabwässer (z.B. Entleerung von Flugzeugtoiletten, in Werkstätten, etc.). Diese Abwässer unterscheiden sich nicht wesentlich von normalem Haus- und Industrieabwasser und sind damit kein spezifisches Problem des Luftverkehrs.

› **Potenzielle Wasserverschmutzungen durch belastete Standorte:**

Durch Unfälle sowie an Ablagerungs- oder Betriebsstandorten können Böden und Untergrund mit Schadstoffen belastet werden. Diese belasteten Standorte stellen oft eine Gefährdung für Grundwasser oder Oberflächengewässer dar. Belastete Standorte und Altlasten sind Thema des vorangegangenen Kapitels 5.4.5.

Verbrauch an Enteisungsmittel

Für die Enteisung von Flugzeugen kommt hauptsächlich der Alkohol Propylenglykol zum Einsatz. Dabei wird dieser Alkohol in einem Gemisch mit Wasser an das Flugzeug gesprüht. Die Flugbetriebsflächen werden nebst mechanischer Reinigung und dem Einsatz von Streusalz vor allem auch mit anderen chemischen Mitteln enteist. Dazu werden unverdünnte Alkohole (v.a. Depatinol: Mischung aus Ethylenglykol und Isopropanol) sowie Urea (technischer Harnstoff, fest) eingesetzt. In jüngster Zeit werden überdies bei der Flächenenteisung vermehrt Kaliumacetat (flüssig, als Ersatz von Depatinol) und Natriumformiat (fest, als Ersatz von Urea) angewandt, die als weniger Umwelt schädigend gelten.

Ein beträchtlicher Teil der Einteisungsmittel gelangt auf die befestigten Flächen (Enteisungsplätze, Rollwege, Pisten, Standplätze) sowie das Wiesland in der nahen Umgebung. Vor allem das Meteorwasser von Flugbetriebsflächen ist somit in den Wintermonaten auf den entsprechenden Flugplätzen sehr stark mit Enteisungsmittel belastet. Die mit Enteisungsmittel belasteten Abwässer würden unbehandelt zu grossen Stossbelastungen und zu erhöhtem Bakterienwachstum, Schlammablagerungen sowie Sauerstoffzehrung im Vorfluter führen, obwohl die eingesetzten Enteisungsmittel grundsätzlich gut abbaubar sind.

Aus diesem Grund müssen die mit Enteisungsmittel belasteten Abwässer aus den Enteisungsanlagen sowie den Verkehrsflächen zumindest in der Winterzeit vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer behandelt werden. Überdies ist ein möglichst minimaler Einsatz von Enteisungsmittel anzustreben, soweit dies aus Sicherheitsgründen möglich ist.

Ein Indikator im Bereich der Enteiserabwässer ist die eingesetzte Menge an Enteisungsmittel für die Flugzeug- sowie die Flächenenteisung. In der Tabelle 41 sind Angaben dazu für die beiden Landesflughäfen Genf und Zürich zu finden. Allerdings ist anzumerken, dass

dieser Indikator auch stark von den Wetterbedingungen abhängig ist und in einem kälteren Winter mit mehr Schneefall höher liegt als in milderer Wintern.

Enteiserabwässer sind hauptsächlich auf den Landesflughäfen und Militärflugplätzen, sowie mit Einschränkungen auf den Regionalflugplätzen mit Linienverkehr ein Problem. Auf Flughäfen dagegen findet kein Einsatz von Enteisungsmitteln statt.

JÄHRLICHER VERBRAUCH AN ENTEISUNGSMITTEL AUF DEN FLUGHÄFEN GENÈV UND ZÜRICH				
	2002	2003	2004	Durchschnitt der letzten 3 Jahre
Flughafen Genève				
Flugzeugenteisung: Alkohole (in m ³ /a)	320	350	640	440
Flächenenteisung flüssig (in m ³ /a)	8	34	39	27
Flächenenteisung fest (in t/a)	20	12	44	25
Flughafen Zürich				
Flugzeugenteisung: Alkohole (in m ³ /a)	1'066	1'275	1'367	1'236
Flächenenteisung flüssig (in m ³ /a)	401	656	828	628
Flächenenteisung fest (in t/a)	5	1	0	2

Tabelle 41 Quelle: AIG 2005a, UNIQUE 2005.

Der jährliche Verbrauch an Enteisungsmitteln ist sehr stark abhängig von den Witterungsbedingungen in den Wintermonaten. Deshalb können aus den Verbrauchsmengen einzelner Jahre keine generellen Folgerungen gezogen werden, wie schonend oder nicht der Einsatz dieser Mittel erfolgt ist. Dennoch ist die jährliche Verbrauchsmenge ein guter Indikator für die Belastung der Umwelt mit organischen Enteisungsmitteln.

In Bezug auf die Belastung der Gewässer ist nebst der eingesetzten Menge an Enteisungsmitteln auch der Umgang mit den entsprechenden Abwässern von entscheidender Bedeutung. In der Regel gelangen die Rückstände der Enteisungsmittel über das Meteorwasser der Flugbetriebsflächen in das Abwasser und anschliessend in die Oberflächengewässer, die dadurch stossweise stark belastet werden.

Um die Belastung des Vorfluters (Glatt) mit Enteiserabwässern zu reduzieren, ist auf dem Flughafen Zürich eine Verregnungsanlage in Betrieb genommen worden (vorläufig als Pilotbetrieb). Dabei werden die Enteiserabwässer gesammelt, die auf den Enteisungsplätzen sowie den Standplätzen anfallen. Anschliessend wird dieses Abwasser mit Hilfe einer Verregnungsanlage (Sprinkler) auf Grünflächen im Flughafenareal versprüht. Das Abwasser versickert dann im Boden und wird während dieser Bodenpassage auf natürliche Weise durch Mikroorganismen gereinigt. In der Folge wird das gereinigte Abwasser mittels Drainage-

gesystem gesammelt und in die Glatt eingeleitet. Gemäss Messergebnissen aus dem Pilotbetrieb wurde in der Verregnungsanlage 98% des organischen Kohlenstoffs abgebaut, d.h. nur 2% gelangte ins Drainagesystem. Allerdings gelangt weiterhin ein beträchtlicher Teil der Enteiserabwässer über Pisten und Rollwege direkt ins Abwasser bzw. die Umwelt, ohne die Verregnungsanlage zu passieren. Dennoch dürfte diese Verregnungsanlage für andere Flughäfen Vorbildcharakter haben. Die Verregnungsanlage ist nicht nur aus ökologischer Sicht positiv zu werten, sondern ist auch wirtschaftlich interessant, weil sie kostengünstiger ist als die herkömmliche Reinigung der Enteiserabwässer.

5.4.8. TREIBHAUSGASEMISSIONEN UND VERBRAUCH VON FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Definition und Einbettung des Indikators

Für die Bestimmung der Klimabelastung durch den Luftverkehr in der Schweiz und im Rahmen der internationalen Bemühungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen ist die Menge der CO₂-Emissionen eine zentrale Grösse. Wenn man die Summe der menschlichen Aktivitäten weltweit betrachtet, so ist der CO₂-Ausstoss die Hauptursache für den anthropogenen Treibhauseffekt. Es gibt jedoch noch weitere Treibhausgase, deren Erwärmungswirkung zum Teil höher ausfällt, wenn sie in mehreren Kilometern Höhe ausgestossen werden. Berücksichtigt man neben dem CO₂ auch die anderen Treibhausgaswirkungen des Flugverkehrs wie z.B. durch Wasserdampf, Stickoxide und Kondensstreifen, so ergibt sich für die Flugverkehrsemissionen im Durchschnitt eine rund 2.5 mal so grosse Erwärmungswirkung wie die des CO₂-Anteils alleine (die Wirkung auf die Erderwärmung wird mit dem "Radiative Forcing Index", kurz RFI, gemessen).

Auf Grund des direkten Zusammenhangs zwischen fossilen Energieträgern und CO₂-Emissionen soll an dieser Stelle auch der Treibstoffverbrauch untersucht werden. Aus Sicht der Nachhaltigkeit soll der Verbrauch von nicht-erneuerbaren Treibstoffen möglichst gering gehalten werden.

Datengrundlage

Das BAZL berechnet im Rahmen des Green House Gas Inventory die Schadstoffemissionen und den Treibstoffverbrauch für den gesamten zivilen Flugverkehr, welcher in der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland operiert (Absatzprinzip). Der gesamte Treibstoffverbrauch entspricht der in der Schweiz abgesetzten Menge an Flugtreibstoff. Darin enthalten sind der Linien- und Charterverkehr und die General Aviation auf Basis der Flugbewegungen inner-

halb der Schweizer Grenzen (d.h. ohne den Flughafen Basel-Mulhouse). Für das Jahr 2004 wurden deshalb vom BAZL die CO₂-Emissionen und der Treibstoffverbrauch auch inklusive des Flughafen Basel-Mulhouse berechnet. Die Berechnung nach dem Absatzprinzip gliedert sich in zwei Teile: Die Berechnung der Emissionen bei Start und Landung bis in eine Höhe von 900 m über Grund (LTO-Zyklus) und bei Steigflug über 900 m über Grund, Reiseflug und Sinkflug zur Destination (Cruise).⁶⁰

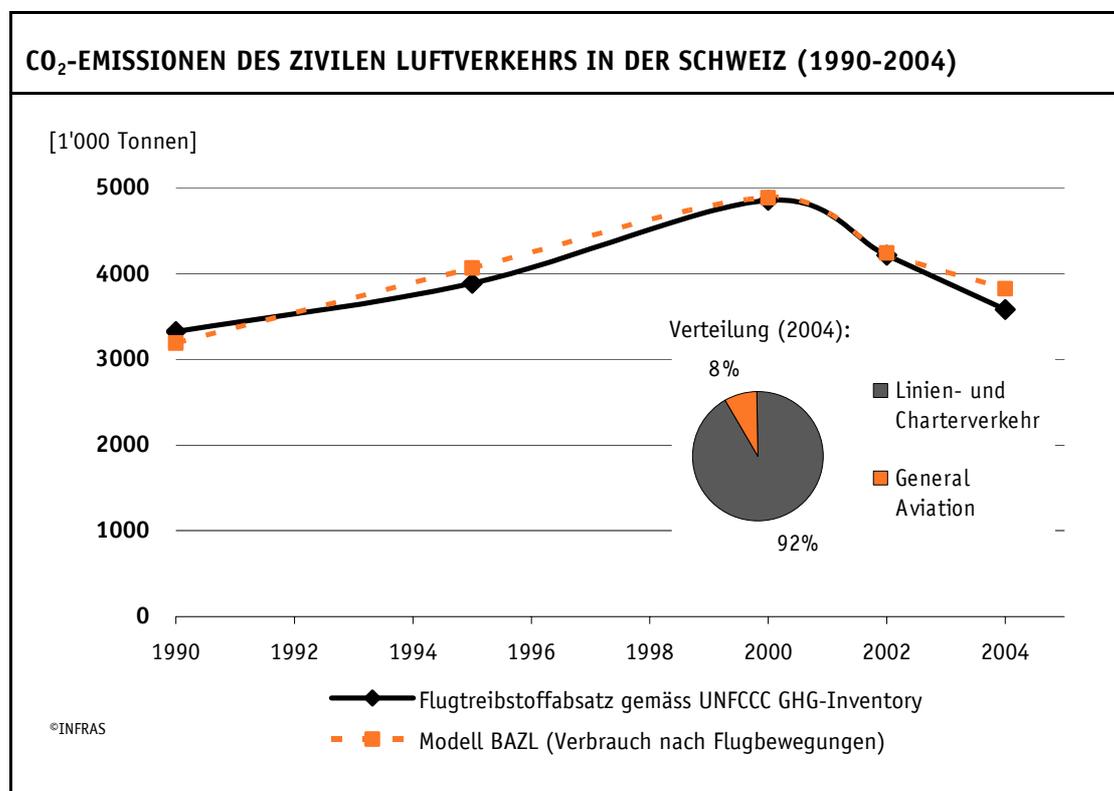
Neben der retrospektiven Betrachtung konnten mit Hilfe der zukünftigen Entwicklung des Treibstoffverbrauchs (BAZL 2006) und den Szenarien für die Flugbewegungen die zukünftigen CO₂-Emissionen für den Linien- und Charterverkehr auf den Schweizerischen Landesflughäfen abgeschätzt werden. Es handelt sich um eine Annäherung an das Absatzprinzip, da die verflogene Menge Treibstoff (und CO₂-Emissionen) und nicht die abgesetzte Menge geschätzt wird.

Daten für den militärischen Flugverkehr sind direkt aus dem Green House Gas Inventory erhältlich. Auf Basis der Bedarfsplanung der Luftwaffe konnten die zukünftigen CO₂-Emissionen aus der Militärfliegerei bis ins Jahr 2010 abgeschätzt werden.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Die zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen (ohne Flughafen Basel-Mulhouse) folgt sehr stark der Anzahl Flugbewegungen im Linien- und Charterverkehr, weil diese den Treibstoffverbrauch und somit die CO₂-Emissionen prägen. Rund 92% der CO₂-Emissionen werden im Jahr 2004 durch den Linien- und Charterverkehr verursacht, der Rest durch die General Aviation. Die beiden Zeitreihen in Figur 43 zeigen, dass die Modellrechnung des BAZL und die Rechnung nach Absatzprinzip gemäss UNFCCC Treibhausgas-Inventar (GHG-Inventar) sich kaum unterscheiden. Die Differenzen ergeben sich u.a. wegen Betankungsstrategien der Airlines oder unvorhersehbaren Ereignissen, wie das abgebrannte Tanklager auf dem Flughafen London Heathrow, wodurch die Flugzeuge beim Hinflug mit grösseren Mengen Kerosin betankt werden müssen.

⁶⁰ Die abgesetzte Menge Treibstoff ist stark vom Flugplan abhängig, d.h. von den angeflogenen Destinationen: Eine bestimmte Zahl von Flügen ins benachbarte Ausland bringt einen bedeutend kleineren Absatz mit sich als die gleiche Anzahl von Flügen nach Destinationen in Übersee.



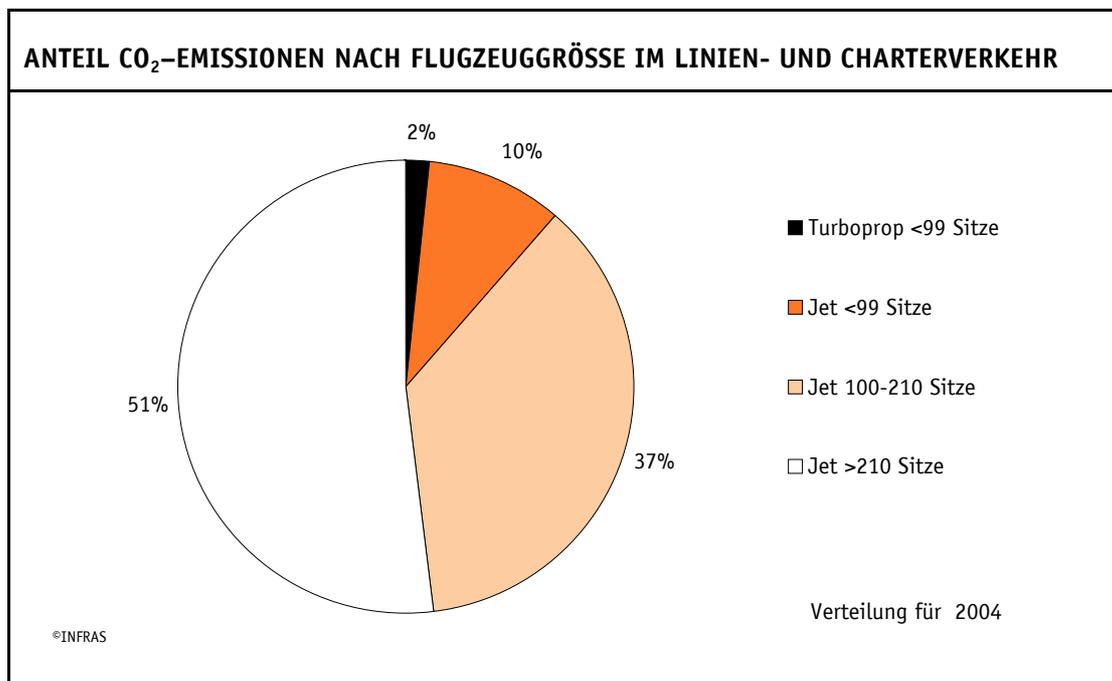
Figur 43 CO₂-Emissionen (LTO und Cruise) des zivilen Luftverkehrs in der Schweiz nach Absatzprinzip (ohne Basel-Mulhouse) und den Modellrechnungen BAZL auf Basis der Flugbewegungen. Quelle: BAZL (2006) gemäss UNFCCC GHG-Reporting.

Wird auch der Flughafen Basel-Mulhouse in die Betrachtung miteinbezogen, verursachte der Linien- und Charterverkehr im Jahr 2004 auf den drei Landesflughäfen (Basel-Mulhouse, Genf und Zürich) rund 3.74 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen, was fast 1.2 Mio. Tonnen Treibstoff entspricht. Die CO₂-Emissionen der allgemeinen Luftfahrt in der Schweiz (inkl. Flughafen Basel-Mulhouse) betrug im Jahr 2004 rund 0.34 Mio. Tonnen (oder rund 106'600 Tonnen Treibstoff). D.h. gesamthaft werden die CO₂-Emissionen der zivilen Luftfahrt in der Schweiz (inkl. Flughafen Basel-Mulhouse) im Jahr 2004 auf rund 4.07 Mio. Tonnen geschätzt.

Die emittierten CO₂-Äquivalente aus dem zivilen Luftverkehr der Schweiz (inkl. General Aviation) werden auf Basis der CO₂-Emissionen in der Cruise-Phase (rund 3.33 Mio. Tonnen) multipliziert mit dem Faktor 2.5 für radiative Forcing und den CO₂-Emissionen im LTO-Zyklus (0.74 Mio. Tonnen) abgeschätzt. Für den zivilen Luftverkehr in der Schweiz ergeben sich 9.07 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

Wie zu erwarten ist, werden mehr als die Hälfte der CO₂-Emissionen im Linien- und Charterverkehr durch Jetflugzeuge mit über 210 Sitzplätzen verursacht. Das liegt einerseits an den längeren Flugdistanzen und andererseits am grösseren Gewicht der Jets. Die Treib-

stoffeffizienz pro Sitzplatz und Flug-km kann durchaus um den Faktor 5-10 besser sein als bei kleineren Fliegern.



Figur 44 Quelle: BAZL (2006)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Linien- und Charterverkehr den weitaus grössten Anteil am Verbrauch von nicht erneuerbaren fossilen Energien und an den CO₂-Emissionen hat. Der weitaus grösste Anteil der CO₂-Emissionen geht zu Lasten der grossen Jets mit über 210 Sitzplätzen. General Aviation und die Militärfliegerei machen zusammen rund einen Zehntel des gesamten Treibstoffverbrauchs aus. Davon entfallen rund 3% auf die Schweizer Luftwaffe.

Anmerkung zur Kleinaviatik

Aufgrund der extrem leichten Bauweise und des Antriebes durch Motoren mit niedrigem Treibstoffverbrauch (über 50% geringerer Verbrauch gegenüber herkömmlichen Kleinflugzeugen) und geringen Emissionen bilden Ecolight-Flugzeuge eine ökologische und ökonomische Alternative zu den herkömmlichen Kleinflugzeugen (NZZ 2005). Eine Studie des UVEK prognostiziert, dass die Ecolight-Flugzeuge dank ihrer Wirtschaftlichkeit und Umweltvorteile ca. 27% des konventionellen Leichtflugzeugbestandes in der Schweiz, resp. 40% der Flugbewegungen mit konventionellen Flugzeugen ersetzen würden. Unerwünschter Mehr-

verkehr soll durch flankierende Massnahmen möglichst verhindert werden. Daher besteht grundsätzlich ein Potenzial in Zukunft die Luftschadstoffemissionen der allgemeinen Luftfahrt mit einer Substitution von konventionellen Kleinflugzeugen durch Ecolight-Flugzeuge zu vermindern. Auf der anderen Seite besteht aber die Gefahr, dass Mehrverkehr (aufgrund des tieferen Anschaffungspreises und einfacheren Handhabung der Ecolight-Flugzeuge) entsteht und die Reduktionspotenziale mehr oder weniger stark vermindert. Der Erfolg der Substitution und die nachhaltige Entwicklung in der Kleinaviatik hängen also entscheidend von den flankierenden Massnahmen des Bundes ab.

5.4.9. NO_x-EMISSIONEN AUF REISEFLUGHÖHE

Definition und Einbettung des Indikators

An dieser Stelle sollen die NO_x-Emissionen in der Reiseflughöhe der Flugzeuge ausgewiesen werden, die durch den schweizerischen Flugverkehr verursacht werden. Stickoxide sind in den Ozonab- und aufbauprozessen der oberen atmosphären Schichten eingebunden. Die obere Troposphäre ist ein Gebiet mit Netto-Ozonproduktion. Die Produktion ist NO_x limitiert und wird durch die Erhöhung primärer HO_x-Quellen aus NMVOCs um ca. 20-25% verstärkt. In der untersten Stratosphäre hingegen findet unter gegenwärtigen Bedingungen nur wenig Ozonproduktion oder sogar Netto-Ozonabbau statt. Im ganzen Gebiet nahe der Tropopause jedoch führt eine Erhöhung der NO_x-Konzentration zu verstärkter Ozonproduktion. Am ausgeprägtesten geschieht dies in der oberen Troposphäre im Frühling, während die unterste Stratosphäre im Herbst am unempfindlichsten ist. Höhere Ozonkonzentrationen in der Troposphäre haben wiederum einen Einfluss auf die Erderwärmung.

Flugverkehr, natürliche NO_x-Quellen und Verfrachtungen aus bodennahen anthropogenen NO_x-Emissionen sind die Hauptquellen für Stickoxide in der Tropopausregion. Der anthropogene Hauptanteil beruht auf der Verbrennung von fossilen Energieträgern, deren Emissionen sich während der letzten zwei Jahrzehnte global stabilisiert haben und in Zukunft wahrscheinlich nur geringfügig wachsen werden. Dies gilt nicht für den Flugverkehr. Es ist die einzige NO_x-Quelle, bei welcher in Zukunft mit einer Erhöhung der Emissionsmenge zu rechnen ist. Die Veränderung bewirkt eine Netto- Ozonproduktion, die jedoch immer noch NO_x-limitiert sein wird.

Datengrundlage

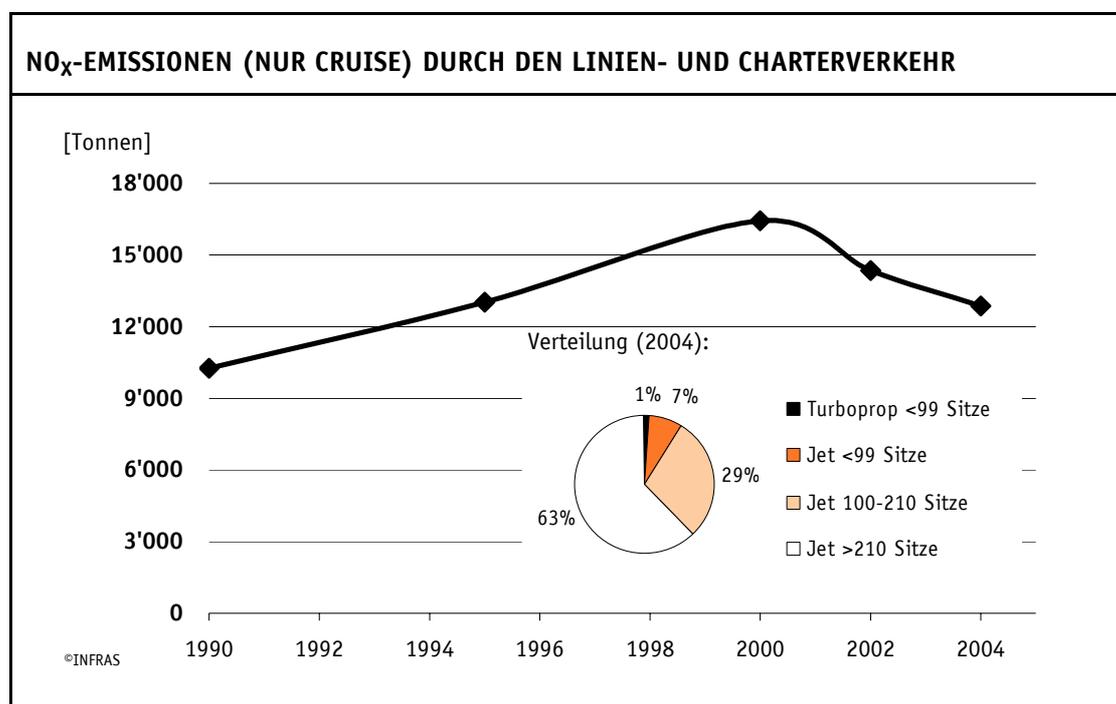
Das BAZL berechnet im Rahmen des Green House Gas Inventory für den zivilen Flugverkehr in der Schweiz die NO_x-Emissionen während der Cruise-Phase (ohne Flughafen Basel-

Mulhouse). Für die vorliegende Studie wurden die NO_x-Emissionen im Jahr 2004 des Linien- und Charterverkehrs auf dem Flughafen Basel-Mulhouse zusätzlich berechnet.

Neben der retrospektiven Betrachtung konnten mit Hilfe der zukünftigen Entwicklung der Emissionsfaktoren (BAZL 2006) und den Szenarien für die Flugbewegungen die zukünftigen NO_x-Emissionen (Cruise) durch den schweizerischen Linien- und Charterverkehr abgeschätzt werden. Es handelt sich um eine Annäherung an das Absatzprinzip, da die verfliegene Menge Treibstoff und nicht die abgesetzte Menge geschätzt wird.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Mit den steigenden Flugbewegungen des Linien- und Charterverkehrs der Schweiz in den Jahren 1990 bis 2004 stiegen auch die NO_x-Emissionen während der Cruise-Phase (vgl. Figur 45). Der weitaus grösste Anteil der NO_x-Emissionen geht zu Lasten der grossen Jets mit über 210 Sitzplätzen. Durch die Flughöhe dieser Flugzeuge werden die Emissionen direkt in den sensiblen Zonen der Tropopause⁶¹ verursacht.



Figur 45 NO_x-Emissionen der zivilen Luftfahrt in der Schweiz für alle Flugplätze (ohne Flughafen Basel) für die Cruise-Phase gemäss Absatzprinzip. Quelle: BAZL 2006

61 Die Tropopause liegt in einer Höhe von rund 8 bis 17 km.

5.5. EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG

5.5.1. LUFTSCHADSTOFFE

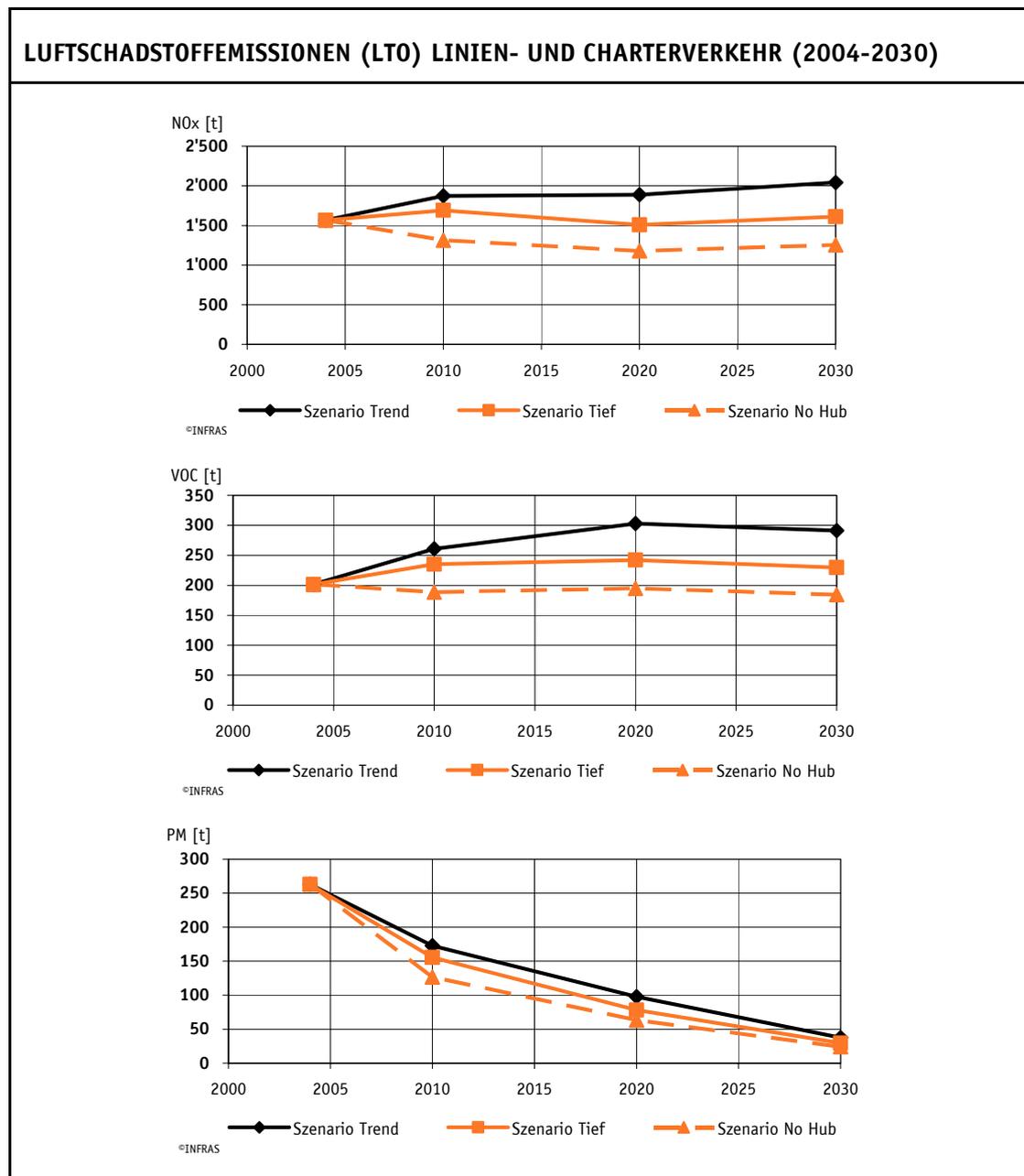
Figur 46 zeigt die möglichen zukünftigen LTO-Emissionen der drei Luftschadstoffe NO_x, VOC und PM10 zwischen 2004 und 2030 für die drei Szenarien „Trend“, „Tief“ und „No Hub“. Alle Kurven sind selbstverständlich geprägt von den unterstellten Flugbewegungen in den jeweiligen Szenarien.

Die NO_x-Emissionen steigen für die beiden Szenarien „Trend“ und „Tief“ bis ins Jahr 2010 an. Zwischen 2010 und 2020 bleiben die Werte konstant oder sinken sogar wieder etwas. Das lässt sich mit Verbesserungen in der Düsentriebwerktechnologie in Bezug auf NO_x-Emissionen erklären.⁶² Ab 2020 steigen alle Kurven wieder an, es werden dann keine wesentlichen technischen Verbesserungen bei den Triebwerken mehr erwartet.

Die VOC-Emissionen steigen für die Szenarien „Trend“ und „Tief“ an, bis sie im Jahr 2020 ihren höchsten Punkt erreicht haben. Danach kann ein leichtes Absinken der VOC-Emissionen erwartet werden. Die VOC-Emissionen für das Szenario „No Hub“ bleiben zwischen 2004 und 2030 praktisch konstant.

Für PM10 wird eine starke Verbesserung hinsichtlich der triebwerkseitig ausgestossenen Emissionen erwartet. Die PM10-Emissionen sollen sich bis im Jahr 2030 um bis zu 90% reduzieren. Wichtig: PM10-Emissionen die durch Abrieb und Aufwirbelung entstehen sind in dieser Abschätzung nicht enthalten. Sie machen erfahrungsgemäss einen mindestens so grossen Anteil, wie die durch die Verbrennung entstehenden PM10-Emissionen.

⁶² Die Abschätzung der zukünftigen durchschnittlichen Emissionsfaktoren basieren auf BAZL LEUW Technologieabschätzung, EU FP6: CONSAVE (Quantification of Constrained Scenarios on Aviation and Emissions), Rolls-Royce (BAZL interne Dokumente).



Figur 46 Luftschadstoffemissionen (LTO) des Linien- und Charterverkehrs auf den drei Landesflughäfen (EAP, GVA, ZRH).
Quelle: eigene Berechnungen auf Basis Emissionsfaktoren BAZL (2006).

Eine Prognose für die Entwicklung der Luftschadstoffemissionen der General Aviation liegt nicht vor. Für die beiden relevanten Luftschadstoffe der General Aviation VOC und CO ist das technische Potential sicher noch nicht ausgeschöpft. Je nach Szenario des allgemeinen Luftverkehrs „Wachstum“ oder „konstante Entwicklung“ (vgl. RappTrans 2005) können die

Luftschadstoffemissionen ansteigen oder sogar im Masse der technischen Verbesserungen absinken.

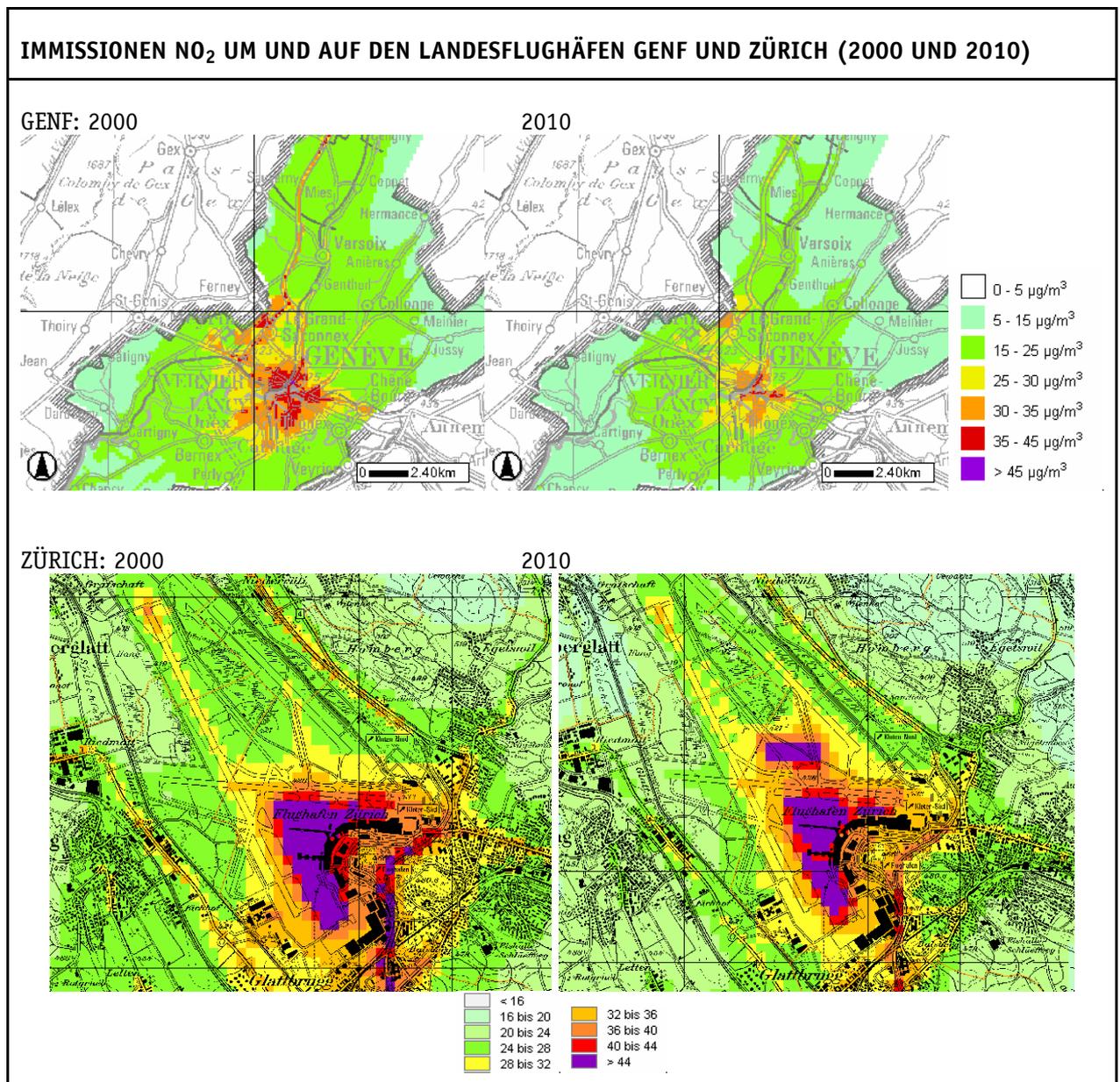
Luftschadstoffemissionen aus der Militärfliegerei sanken zwischen 1990 und 2004 für NO_x um rund 41%, für NMVOC um rund 29% und für CO um rund ein Viertel. Auf Basis der Bedarfsplanung bis 2009 setzen sich diese Trends nicht mehr fort, weil angenommen wird, dass die Flugaktivitäten relativ konstant bleiben und sich die Emissionsfaktoren nicht weiter senken lassen. Für den Zeitraum nach 2010 liegen keine Daten vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die Flugaktivitäten – bei gleichen Aufgaben der Luftwaffe – kaum mehr vermindern und die Technik von Kampfflugzeugen und –helikoptern nicht hinsichtlich Luftschadstoffen optimiert werden. So kann angenommen werden, dass die zukünftigen Luftschadstoffemissionen in diesem Bereich konstant bleiben.

5.5.2. IMMISSIONEN

NO₂-Immissionen

Die NO₂-Immissionskarten in Figur 47 zeigen die Entwicklungen der Flughafenregionen von Genf und Zürich. Es kann folgende qualitative Analyse gemacht werden:

- › Airside Flughafen Zürich: Die Luftbelastung durch NO₂ vermindert sich im Jahr 2010 (bei 350'000 Flugbewegungen) im Vergleich zum Jahr 2000 kaum. Die Luftschadstoffbelastung vor den Docks A und B sinken zwar, werden aber durch das Dock Midfield (violett gefärbt im Norden des Flughafens) wieder kompensiert (qualitative Abschätzung INFRAS). Die NO₂-Belastung auf den Start-, Lande- und Rollbahnen nimmt etwas ab, dies vermutlich wegen geringeren Hintergrundemissionen (v.a. Strassenverkehr) im Jahr 2010.
- › Flughafen Genf: Durch die grobe Auflösung ist eine Unterscheidung zwischen airside und landside nicht möglich. Die NO₂-Belastung auf dem Flughafen Genf nimmt im am stärksten belasteten Sektor auf unter 36 µg pro m³ ab (rot auf orange). Diese Abnahme kann auf die verminderten Emissionen im Flugbetrieb (emissionsärmere Flugzeuge) und die ebenfalls geringere Hintergrundemissionen durch den Strassenverkehr auf der nahen Autobahn zurückgeführt werden.
- › Landside Flughafen Zürich: Durch die Einführung von schärferen Abgasnormen im Strassenverkehr geht man davon aus (vgl. BAFU 2004), dass die NO_x-Emissionen und damit die NO₂-Immissionen sinken werden. Dies ist auf den Karten von Genf und Zürich in der Umgebung der Flughäfen und Zufahrtsautobahnen deutlich erkennbar.



Figur 47 Quelle: www.umwelt-schweiz.ch (2006) und www.luft.zh.ch (2006)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Gesamtbelastung mit NO₂ in der Schweiz abnehmen wird. Der Beitrag der Flughäfen ist stark abhängig von den Szenarien:

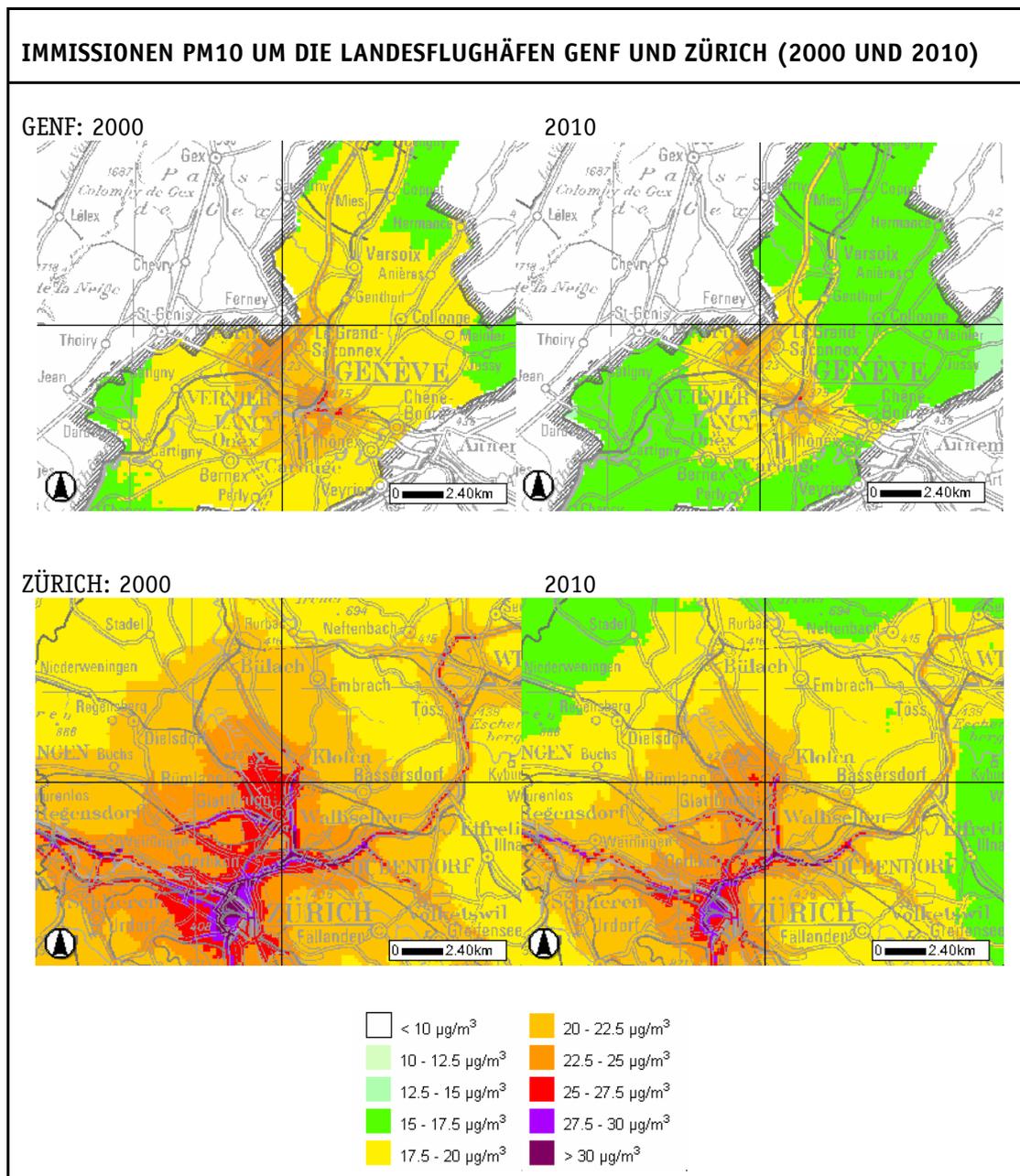
- › Das Szenario Trend (Intraplan) verursacht am meisten NO_x-Emissionen und somit auch die meisten immissionsseitigen Folgeprodukte (NO₂, bodennahes Ozon, Aerosole). Der Anteil des Flugverkehrs an der gesamten NO₂-Belastung in den Flughafenregionen wird voraussichtlich durch die Abnahme der Emissionen aus dem Strassenverkehr zunehmen.

- › Im Szenario tief wird der Beitrag des Flugverkehrs zu den NO₂-Immissionen ungefähr gleich bleiben.
- › Am besten schneidet das Szenario No Hub ab, wo insbesondere in Zürich die NO₂-Immissionen tiefer liegen werden.

PM10-Immissionen

Wie schon für NO₂-Immissionen existieren auch Immissionskarten für PM10-Immissionen (vgl. Figur 48). Eine detaillierte Analyse ist jedoch auf Grund der groben Auflösung schwierig. Folgende Erkenntnisse können aus der Entwicklung trotzdem abgeleitet werden:

- › Die PM10-Emissionen der Flugzeug-Triebwerke und des Abfertigungsverkehrs nehmen stark ab. Der Beitrag der Flughäfen an der gesamten PM10-Belastung vermindert sich deshalb. Unklar bleiben jedoch die Beiträge von Abrieb und Aufwirbelung an den PM10-Emissionen bei Flugzeugen. Es ist durchaus möglich, dass sie einen weitaus grösseren Anteil haben als die direkten Triebwerk-Emissionen.
- › Die Abnahme der PM10-Belastung beruht im Wesentlichen auf den schärferen Abgasnormen im Strassenverkehr (v.a. Güterverkehr). Die dargestellte Abnahme sollte jedoch nicht überbewertet werden, die Abstufungen in der Karte sind sehr fein. Z.B. ist die Verbesserung der PM10-Immissionen von rot auf orange gering (weniger als -10%).

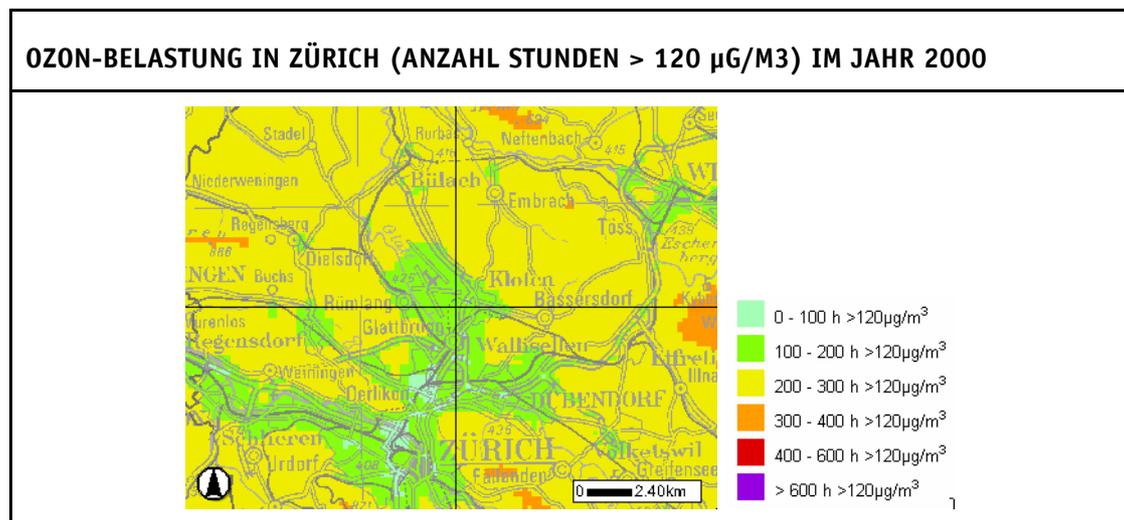


Figur 48 Quelle: www.umwelt-schweiz.ch (2006). Für das Jahr 2010 wurde das Szenario Trend gewählt.

Ozon

Geht man vom Szenario Trend aus, werden die Flughäfen steigende VOC- und NO_x-Emissionen ausweisen. Die Belastung durch bodennahe Ozon wird dadurch in Gebieten der Schadstofffahne der Flughäfen tendenziell stärker belastet werden als bisher. Die komple-

nen Prozesse bei Entstehung und beim Abbau von bodennahem Ozon lassen keine weiteren gesicherten Aussagen zu.



Figur 49 Quelle: www.umwelt-schweiz.ch (2006)

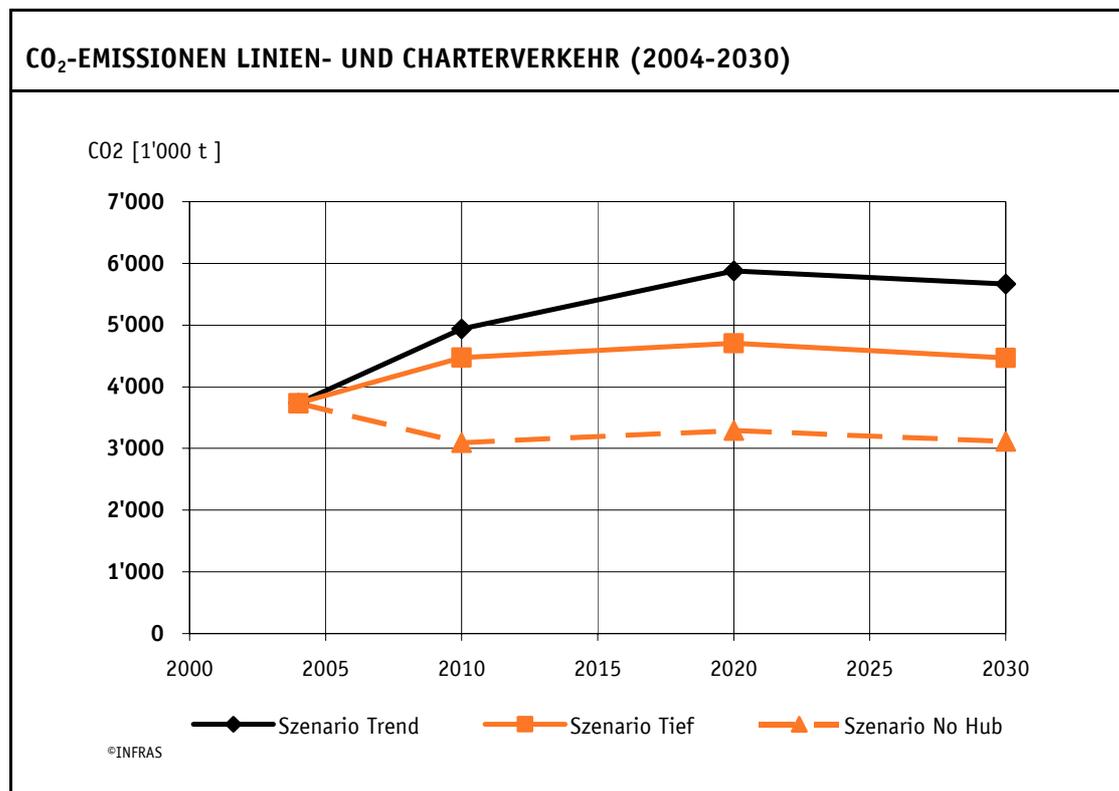
5.5.3. TREIBHAUSGASEMISSIONEN UND VERBRAUCH VON FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

In Figur 50 ist für die drei Szenarien (Trend, Tief und No Hub) ausgehend vom Jahr 2004 die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 dargestellt. Die Kurven der Szenarien „Trend“ und „Tief“ zeigen, dass das Wachstum der Flugbewegungen bis zum Jahr 2020 und damit die Nachfrage nach Treibstoff grösser ist als die Zunahme der Energieeffizienz.⁶³ Mit den unterstellten Annahmen sinken die CO₂-Emissionen erst ab dem Jahr 2020 leicht ab. Nur das Szenario „No Hub“ sinkt im Jahr 2010 auf ein etwas tieferes Niveau und bleibt danach praktisch konstant. Dies kann einerseits auf die verminderte Anzahl Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich und andererseits auf einen anderen Flottenmix (weniger grosse Jets) zurückgeführt werden.

Die CO₂-Emissionen der General Aviation werden sich vermutlich etwas unterhalb der Flugbewegungen entwickeln. Anhand der Treibstoffeffizienzverbesserungen bei den Linien-

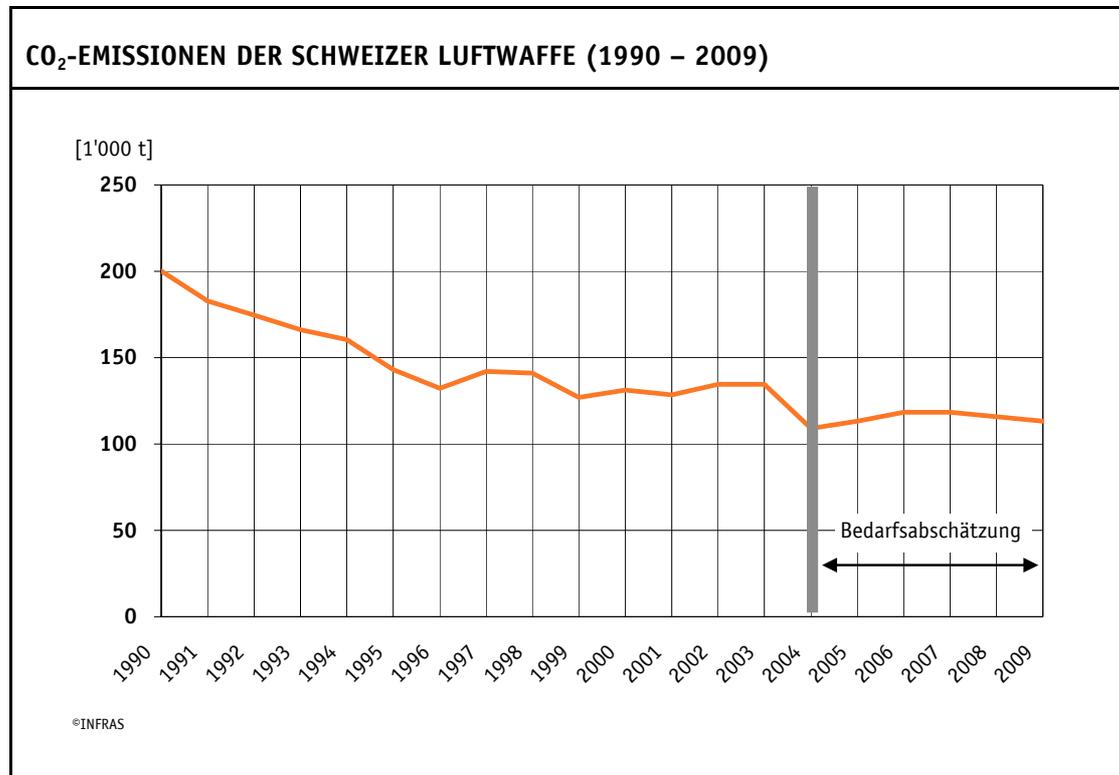
⁶³ Die Abschätzung der zukünftigen durchschnittlichen Emissionsfaktoren basiert auf BAZL LEUW Technologieabschätzung, EU FP6: CONSAVE (Quantification of Constrained Scenarios on Aviation and Emissions), Rolls-Royce (BAZL interne Dokumente). In den zukünftigen Emissionsfaktoren sind Trade-Off-Effekte zwischen NO_x- und CO₂-Emissionen berücksichtigt.

flugzeugen von 11% bis im Jahr 2030, kann angenommen werden, dass sich die Treibstoffeffizienz bei der General Aviation in ähnlichem Masse verbessert.



Figur 50 CO₂-Emissionen des Linien- und Charterverkehrs auf den drei Landesflughäfen (EAP, GVA, ZRH). Quelle: eigene Berechnungen auf Basis Emissionsfaktoren BAZL (2006).

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen der Schweizer Luftwaffe sank zwischen 1990 und 2004 um rund 90'000 Tonnen CO₂ bzw. 46%. Gemäss der Bedarfsplanung der Luftwaffe wird sich dieser Trend nicht weiter fortsetzen. In den nächsten 5 Jahren wird ein praktisch konstanter Treibstoffverbrauch erwartet (vgl. Figur 51).



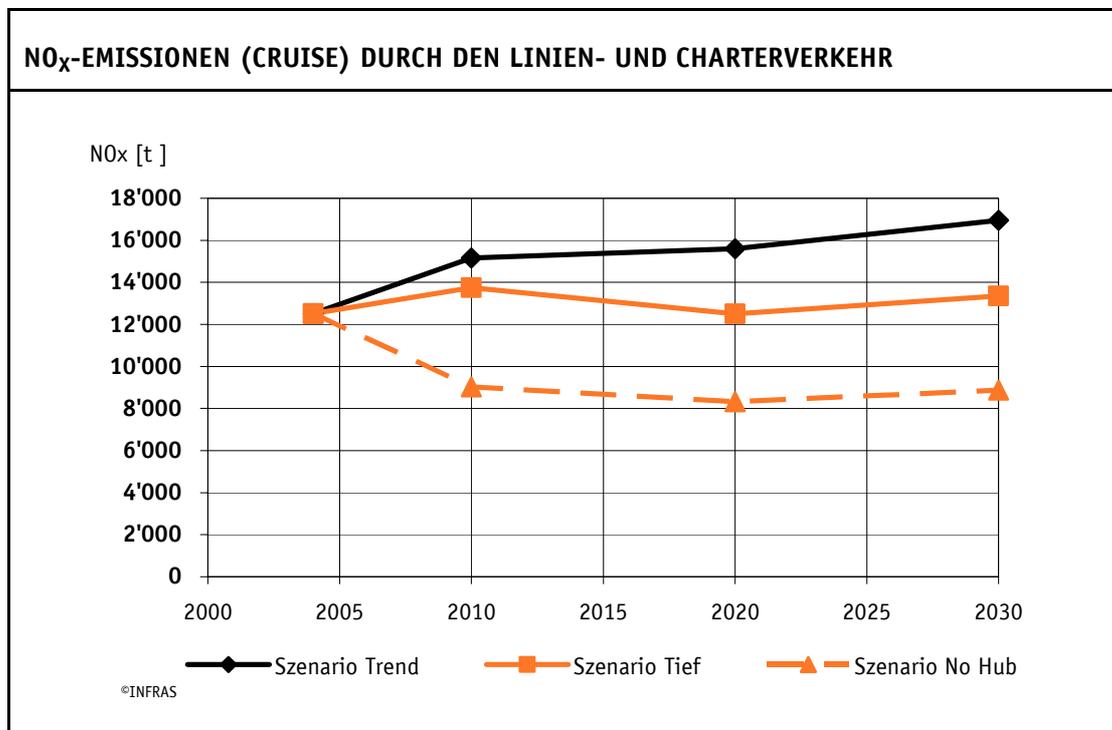
Figur 51 Quelle: Schweizer Luftwaffe (2006).

5.5.4. NO_x-EMISSIONEN AUF REISEFLUGHÖHE

Figur 52 zeigt deutlich die Problematik der grossen Jetflugzeuge in Bezug auf die NO_x-Emissionen in grossen Höhen. Während die NO_x-Emissionen (Cruise-Phase) für die Szenarien „Trend“ und „Tief“ bis zum Jahr 2010 um rund 21% resp. 10% ansteigen, sinken sie für das Szenario „No Hub“ um rund 28% ab. Dies ist auf die starke Reduktion der grossen Jetflugzeuge im Szenario „No Hub“ zurückzuführen.

Durch die technische Entwicklung (Triebwerktechnologie)⁶⁴ werden die NO_x-Emissionen bei allen drei Szenarien zwischen den Jahren 2010 bis 2020 gebremst oder sogar reduziert. Sie beginnen danach jedoch wieder zu steigen.

⁶⁴ Die Abschätzung der zukünftigen durchschnittlichen Emissionsfaktoren basiert auf BAZL LEUW Technologieabschätzung, EU FP6: CONSAVE (Quantification of Constrained Scenarios on Aviation and Emissions), Rolls-Royce (BAZL interne Dokumente).



Figur 52 NO_x-Emissionen des Linien- und Charterverkehrs auf den drei Landesflughäfen (EAP, GVA, ZRH). Quelle: eigene Berechnungen auf Basis Emissionsfaktoren BAZL (2006).

5.5.5. LANDSCHAFTEN UND LEBENSÄRÄUME, BODEN UND GEWÄSSER

Eine quantitative Darstellung der zukünftigen Entwicklung in den Bereichen Landschaften und Lebensräume sowie Boden- und Gewässerverschmutzung ist nicht möglich.

In den beiden Umweltkompartimenten Boden und Gewässer wird die Belastung durch den Flugverkehr in Zukunft auch bei steigenden Bewegungszahlen tendenziell zurückgehen. Dafür verantwortlich sind der technische Fortschritt (z.B. effizientere Sammlung und Reinigung der Enteiserabwässer (siehe Flughafen Zürich), Einsatz von weniger umweltschädlichen Enteisungsmitteln, Treibstoffen, evtl. Ersatz von kupferhaltigen Bremsen an Flugzeugen durch Karbon-Bremsen, etc.) sowie ein verbessertes Umweltmonitoring (z.B. bei der Bodenverschmutzung oder im Bereich der Altlasten, wo nebst dem Monitoring auch die Umsetzung von Massnahmen zu einem Rückgang der Belastung führt).

Das Ausmass der Bodenversiegelung wird sich in Zukunft nicht wesentlich ändern, es sei denn es müssten neue Pisten gebaut werden. Dies dürfte jedoch, allein schon aufgrund der langen Verfahrensdauer, in den nächsten 10 Jahren noch nicht der Fall sein. Bei sehr starkem Wachstum des Flugverkehrs würden dann allerdings neue Pisten auf den Landesflughäfen nötig. Durch die bereits beschlossene Aufhebung einer ganzen Reihe von Militär-

flugplätzen könnte sich in naher Zukunft die versiegelte Fläche im Luftverkehr möglicherweise sogar verringern. Entscheidend ist allerdings, was mit den Flugplätzen geschieht, wenn keine militärische Nutzung mehr stattfindet. Werden die Flugplätze weiterhin zivilaviatisch genutzt, verändert sich nichts. Findet aber auf Teilen von Flugplätzen oder gar gesamten Flugplätzen eine Umnutzung statt (wäre z.B. Dübendorf möglich), verringert sich die versiegelte Fläche bzw. diese ist dann nicht mehr dem Luftverkehr anzulasten.

In Zukunft nicht abnehmen werden dagegen die Probleme im Bereich Natur und Landschaft, weil die Flugbewegungen insgesamt zunehmen und die Bewegungen in den Bereichen Kleinaviatik und Helikopter zumindest konstant bleiben werden. Vor allem aber wird sich die zunehmende Sensibilität der Menschen auf Störungen von Natur- und Erholungsräumen noch verstärken und das Bedürfnis nach ungestörten Erholungsräumen erhöhen.

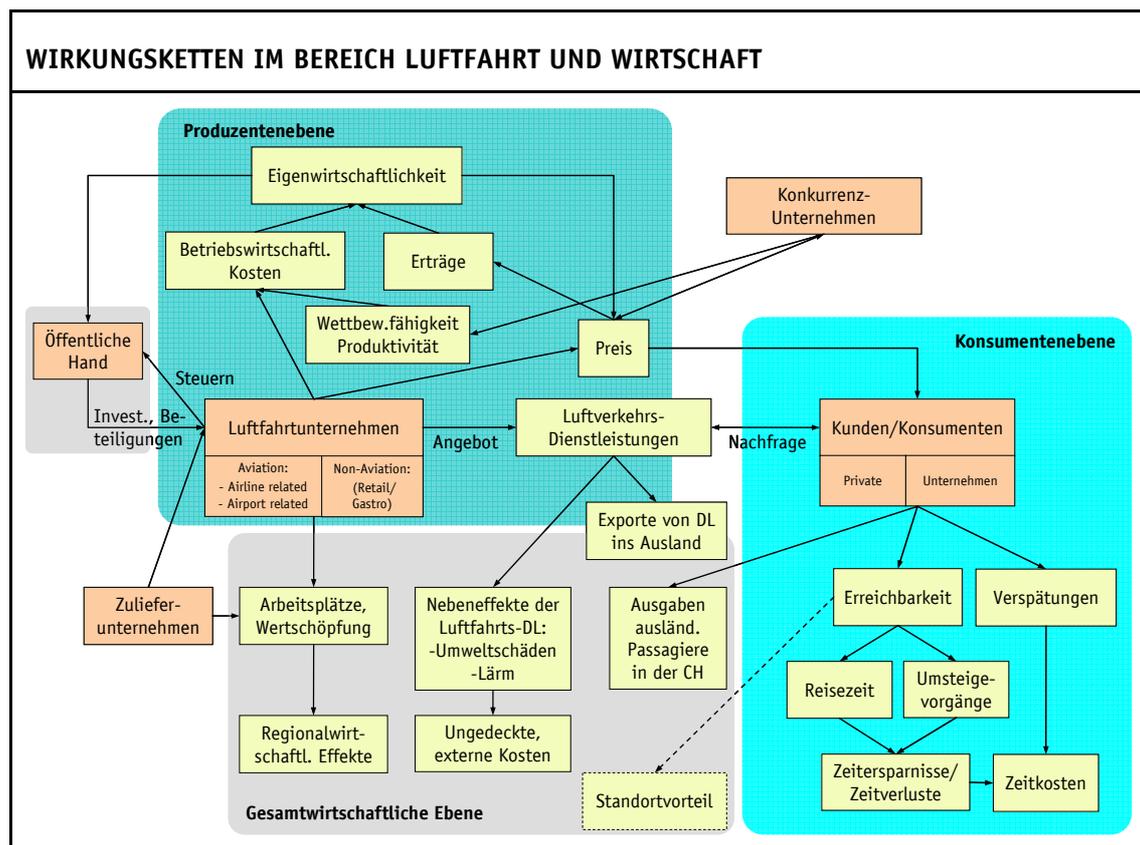
Eine wichtige Rolle kommt dabei denjenigen Landeplätzen zu, die sich in sensiblen Räumen befinden. Dies trifft auf einen Grossteil der Gebirgslandeplätze zu. Zu beachten sind aber auch die Aussenlandeplätze für Helikopterflüge.

6. WIRTSCHAFT

6.1. WIRKUNGSKETTEN

Aus wirtschaftlicher Sicht besteht das System „Schweizer Luftfahrt“ hauptsächlich aus zwei Akteurebenen: der Produzentenebene mit den in der Luftfahrt tätigen Unternehmen sowie der Konsumentenebene mit den Kunden, welche die angebotenen Luftverkehrs-Dienstleistungen nutzen. Weitere relevante Akteure sind die öffentliche Hand (Bund, Kantone, Gemeinden) sowie auf Produzentenseite die Zulieferunternehmen.

Im Folgenden werden die wichtigsten ökonomischen Wirkungszusammenhänge des Luftfahrtsystems in der Schweiz dargelegt. Eine Übersicht über die Wirkungsketten im Bereich Luftfahrt und Wirtschaft gibt überdies Figur 53.



Figur 53 Die Akteure sind rot dargestellt, die weiteren Systemelemente gelb. Der graue, dunkelgrüne und hellgrüne Hintergrund grenzen die 3 wichtigsten Wirkungsebenen ab (Konsumenten, Produzenten, Gesamtwirtschaft). Die Pfeile symbolisieren Einflüsse zwischen verschiedenen Systemfaktoren.

Konsumentenebene

Luftverkehrsleistungen sind ein wirtschaftliches Gut (Dienstleistung), welches von Konsumenten nachgefragt wird um ihre Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Konsumenten von Luftverkehrs-Dienstleistungen sind Privatpersonen und Unternehmen, die sowohl Passagierverkehrs- als auch Güterverkehrsleistungen nachfragen.

Konsumenten von Luftverkehrsleistungen befriedigen nicht nur ihre Mobilitätsbedürfnisse, sondern erfahren dank verkürzten Reisezeiten bzw. weniger Umsteigevorgängen infolge (besserer) Luftverkehrsangebote Zeitersparnisse und damit einen Nutzengewinn (geringere Zeitkosten) gegenüber anderen Mobilitätsangeboten. Generell hat das Angebot von Flugverkehrsleistungen eine bessere Erreichbarkeit (für Privatbevölkerung und Unternehmen) und damit einen Standortvorteil der entsprechenden Region zur Folge. Auf die Erreichbarkeit als Standortvorteil wurde bereits im Kapitel „Raumentwicklung“ eingegangen. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass eine angemessene Luftverkehrsinfrastruktur eine von mehreren wichtigen Bedingungen darstellt, sich an einem bestimmten Standort anzusiedeln. Unregelmässigkeiten im Flugbetrieb (z.B. Verspätungen) können bei den Kunden zu höheren Zeitkosten und damit die Nutzengewinne schmälern.

Produzentenebene

Zu den Luftfahrtunternehmen gehören primär jene Firmen, welche Luftverkehr (Fluggesellschaften) und Luftfahrtinfrastruktur (Flughäfen) anbieten. Zusätzlich gehören auch Dienstleistungen aus dem flugnahen Bereich (z.B. Catering, Technik, Bodenabfertigung) sowie weitere Dienstleistungsunternehmen auf dem Flughafen (Flugsicherung, Zoll, Polizei) zu den Unternehmen im Luftfahrtbereich. Nebst den direkt in der Luftfahrt tätigen Unternehmen haben aus wirtschaftlicher Sicht auch die vielen Zulieferunternehmen und wiederum deren Zulieferer eine grosse Bedeutung. Sie stellen für Luftfahrtunternehmen Vorleistungen her und sind deshalb ein wichtiges Glied im Luftfahrtsystem. Zudem sind in der Schweiz Flugzeugbauer und Komponentenhersteller der Luftfahrt (Luftfahrtindustrie) angesiedelt, welche ebenfalls einen Beitrag zur Wertschöpfung leisten. Eine weitere wichtige Rolle spielen luftfahrtsfremde Unternehmen, die auf den Flughäfen bzw. Flugplätzen tätig sind; sie werden unter dem „Bereich Non-Aviation“ zusammengefasst. Dazu gehören vor allem Unternehmen aus dem Gastronomie- und Retail-Bereich, die von der Zentralität und Attraktivität eines Flughafens profitieren.

Bei der Analyse der Wirkungsketten stehen die Fluggesellschaften sowie die Flughafenbetreiber im Zentrum. Sie bieten Luftfahrtsdienstleistungen an, die von den Endkonsumenten

ten (Kunden) nachgefragt und direkt bezahlt werden (über Flugticket sowie Flughafengebühren). Die Fluggesellschaften und die Flughafenbetreiber wiederum beziehen Vorleistungen von airline-nahen (airline related) und flughafen-nahen (airport related) Unternehmen sowie weiteren Zulieferfirmen aus anderen Bereichen.

Firmen, die Luftverkehrs-Dienstleistungen anbieten, weisen für die Erstellung ihrer Leistungen eine bestimmte Produktionsstruktur, die sich in den Kosten (betriebswirtschaftliche Kosten) niederschlagen. Diese setzen sich zusammen aus den Arbeits- und Kapitalkosten sowie den Ausgaben für Vorleistungen. Die Luftfahrtunternehmen legen aufgrund ihrer Kosten sowie der Marktsituation (Nachfrage, Konkurrenz) die Preise für ihre Leistungen fest. Die resultierenden Erträge sowie die anfallenden Kosten bestimmen den betriebswirtschaftlichen Erfolg der Unternehmen (als Indikator z.B. Eigenwirtschaftlichkeit). Konkurrenz und Wettbewerbsdruck haben nicht nur einen Einfluss auf die Preisgestaltung der Unternehmen sondern beeinflussen auch deren Wettbewerbsfähigkeit bzw. Produktivität.

Gesamtwirtschaftliche Ebene

Neben der Produzenten- und der Konsumentenebene gibt es noch die gesamtwirtschaftliche Dimension der Luftfahrt. Dabei spielen für die Volkswirtschaft vor allem die durch die Luftfahrtunternehmen sowie deren Zulieferfirmen generierten Arbeitsplätze und die damit zusammenhängende Wertschöpfung eine wichtige Rolle. Regionalwirtschaftlich kann dies bedeutsam sein, wenn die Luftfahrtindustrie in gewissen Gebieten ein wichtiger Arbeitgeber ist. Die Generierung von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung durch die Luftfahrtsunternehmen ist grundsätzlich positiv zu werten. Da die Luftverkehrsbranche aber vor allem in den letzten Jahren sehr volatil war, sind damit auch Gefahren verbunden: Eine Instabilität der Luftfahrtbranche kann eine regionale Wirtschaft in Mitleidenschaft ziehen, wenn diese z.B. stark von dieser abhängt oder wenn andere Branchen stark auf die Luftfahrtbranche als Kunden angewiesen sind.

Volkswirtschaftlich von Bedeutung ist zudem, dass ausländische Kunden (Flugpassagiere) dank des Flugverkehrs in die Schweiz kommen können und hier als Touristen oder Geschäftsleute Ausgaben tätigen. Damit bringen sie Kapital ins Land und führen zu katalytischen Wertschöpfungs- und damit Nutzeneffekten.

Die Existenz eines intakten Heimmarktes in der Luftverkehrsbranche hat ausserdem einen wichtigen Einfluss auf die Möglichkeit, Luftverkehrsdienstleistungen zu exportieren. Dies spielt neben den Airlines auch für die flughafennahen Betriebe wie der Flugzeugwartung, dem Catering oder der Flugsicherung eine bedeutende Rolle. Die Exporttätigkeit dieser

Branchen ist zum Teil beträchtlich und hängt unter anderem auch von einem aktiven Heimmarkt ab, der für die Entwicklung des nötigen Know-Hows wichtig ist.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht bedeutsam sind im Weiteren die unerwünschten Nebeneffekte, die sich aus dem Luftverkehr ergeben. Solche unerwünschte Nebeneffekte umfassen vor allem die verschiedenen Arten von Umweltschäden (Luftverschmutzung, Klimaschäden, Schäden an Natur und Landschaft, etc.) sowie die Lärmwirkungen. Volkswirtschaftlich sind diese Effekte deshalb relevant, weil sie zu ungedeckten externen Kosten für die Allgemeinheit führen.

Schliesslich hat der Luftverkehr auch Wirkungen auf die Finanzen der öffentlichen Hand. Zum einen ist die öffentliche Hand (v.a. Bund und Kantone) auf verschiedenen Arten finanziell an Luftfahrtunternehmen beteiligt. Hauptsächlich trifft dies auf die Infrastrukturunternehmen (Flugplätze, Flugsicherung) zu. Die finanzielle Beteiligung/Hilfe des Bundes bei der Gründung der Swiss zeigt jedoch, dass auch Luftverkehrsunternehmen eine Rolle spielen können. Die Beteiligung an Luftfahrtunternehmen ist auf der einen Seite mit Kosten für die öffentliche Hand verbunden, zum anderen hat sie auch positive Effekte, indem diese Unternehmen Steuern bezahlen und teilweise der Gewinn von Flughäfen (Genf) in die Staatskasse fliesst.

Mögliche Differenzierungen und Bezug zur Systemabgrenzung:

- › Gewerblicher Flugverkehr/nicht gewerblicher Flugverkehr: Auf der Produzenten- und Konsumentenebene (Endkonsum) ist nur der gewerbliche Verkehr relevant. Beim nicht gewerblichen Verkehr inklusive der Militärluftfahrt sind vor allem die gesamtwirtschaftlich bedeutenden Aspekte relevant (z.B. Arbeitsplätze der Vorleister, externe Kosten).⁶⁵
- › Passagiere/Fracht: Der Hauptfokus liegt beim Passagierverkehr. Beim gewerblichen Flugverkehr wird aber auch der Frachtverkehr berücksichtigt.
- › Lokal-regionale/nationale/internationale Effekte: Bei den wirtschaftlichen Aspekten interessieren in der vorliegenden Studie vor allem die nationalen sowie die lokal-regionalen wirtschaftlichen Effekte. Die internationale Ebene interessiert nur indirekt.

⁶⁵ Zu erwähnen sind auch die wirtschaftlichen Nutzen von Versorgungsflügen (z.B. Helikopterflüge im Berggebiet).

6.2. INDIKATOREN FÜR DIE BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN

An die Analyse der ökonomischen Wirkungszusammenhänge im Luftfahrtsystem schliesst die Frage an, mit welchen Indikatoren die beschriebenen ökonomischen Wirkungen beschrieben bzw. gemessen werden können. Die Ermittlung möglicher Indikatoren basiert einerseits auf obiger Auslegung der Wirkungsketten, andererseits auf Vorschlägen zu möglichen Nachhaltigkeitsindikatoren in der Luftfahrt, die in der Vorstudie ‚Nachhaltiger Luftverkehr‘ (INFRAS/ECOSCAN 2004) sowie dem Bericht von Ecoplan betreffend eines Kriteriensystems für Nachhaltigkeit in der Luftfahrt (ECOPLAN 2004) eingebracht wurden.

Auf der **Konsumentenebene** spielen das Angebot und der Preis für Flugverkehrsdienstleistungen eine wichtige Rolle. Dabei interessiert aus Nachhaltigkeitssicht neben der absoluten Höhe der Preise vor allem die Stabilität bzw. Volatilität der Flugverkehrspreise. Weitere Indikatoren auf Konsumentenebene umfassen Aspekte der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Flugverkehrsdienstleistungen, z.B. Verspätungen, durchschnittliche Reisezeiten oder Anzahl Direktflüge.

Für die **Produzenten** von Flugverkehrsleistungen ist der betriebswirtschaftliche Kostendeckungsgrad der Unternehmen ein wichtiger Indikator. Die Produktivität der Branche und deren zeitliche Entwicklung sowie die Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt sind weitere wichtige Indikatoren der Branche. Letztere zeigt wie eigenwirtschaftlich die Branche arbeitet.

Auf **gesamtwirtschaftlicher** Ebene gibt es eine ganze Reihe möglicher Indikatoren zur Nachhaltigkeit.

- › Eine gut verfügbare Messgrösse sind die Wertschöpfung und Beschäftigung der Luftfahrtbranche selbst. Diese Grössen sind in absoluten Zahlen ein Indikator für die Bedeutung einer Branche innerhalb einer Volkswirtschaft, sollen aber durch Indikatoren für die Flexibilität und Stabilität der Luftfahrt als Wirtschaftsbranche ergänzt werden, beispielsweise die Schwankungen (Veränderungsraten) von Wertschöpfung und Beschäftigung.
- › Ein wichtiger Indikator sind Beschäftigung und Wertschöpfung, die durch Vorleistungen der Zulieferunternehmen sowie deren Zulieferer, etc. generiert werden.
- › Eine kausal weiter von der eigentlichen Luftfahrt entfernte aber doch erwähnenswerte Grösse ist der induzierte Effekt. Alle im Luftverkehr und bei seinen Vorleistern wertgeschöpften Einkommen werden zu einem grossen Teil wieder in der Schweiz verwendet und führen zu einer Nachfrage bei Herstellern der verschiedensten Branchen (Nahrungsmittel,

Mieten, Kino, etc.), die selbst wieder Vorleistungen für die Produktion dieser Güter (Waren und Dienstleistungen) brauchen.

- › Ein weiterer Indikator für die Messung der nachgelagerten volkswirtschaftlichen Wirkung der Luftverkehrsbranche ist der passagierseitig-katalytische Effekt (Ausgaben von ausländischen Touristen, die mit dem Flugzeug angereist sind) bzw. die dadurch generierte Wertschöpfung.
- › Der unternehmensseitig-katalytische Effekt (Wirkung von Flugverkehrsangebot auf Unternehmen) kann kaum quantifiziert aber qualitativ beschrieben werden.
- › Als Indikator für das in der Schweiz vorhandene Know-How sowie die Stärke der gesamten Wertschöpfungskette in der Luftfahrt eignet sich die Anzahl Arbeitsplätze in der Schweizer Luftfahrttechnologie-Industrie.
- › Aus regionalwirtschaftlicher Sicht spielt überdies die regionale Verteilung der Wertschöpfung bzw. Beschäftigten eine Rolle.
- › Die Summe der nicht internalisierten externen Kosten ist ein volkswirtschaftlicher Indikator für die Messung der unerwünschten Nebeneffekte einer Tätigkeit.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den erwähnten Indikatoren, stellt diese in Bezug zu den oben beschriebenen Wirkungsketten und macht Aussagen zur Quantifizierbarkeit sowie Operationalisierbarkeit der Indikatoren.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
KONSUMENTENEBENE				
Konsumentenpreise im Flugverkehr (Höhe, Entwicklung und Volatilität)	Preishöhe beeinflusst Nachfrage und hat Einfluss auf Möglichkeit, Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Flugpreise sind stark abhängig von Wettbewerbssituation, schwankenden Kosten und Preis für nicht erneuerbare Ressourcen (Kerosin).	Gut quantifizierbar: einerseits die Flugpreisveränderung relativ zur durchschnittlichen Änderung der Konsumentenpreise (LIK); andererseits die jährliche prozent. Änderung der Flugpreise.	Für privaten und geschäftlichen Kunden ist tiefes Preisniveau von Nutzen und wünschenswert. Grosse Volatilität der Preise ist wenig wünschenswert (Hohe Suchkosten der Konsumenten).	Das BFS erhebt im Rahmen der Erfassung des LIK (Landesindex der Konsumentenpreise) seit 2000 einen Preisindex für Flugverkehrsleistungen.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Verspätungen	Verspätungen haben Einfluss auf den Nutzen des Konsumenten sowie dessen Nachfrage.	Für grössere Flughäfen machbar, wenn Verspätungsstatistik vorhanden.	Zeigt Zuverlässigkeit der Luftfahrt-Branche, die Auslastung der Infrastruktur sowie die vom Konsumenten getragenen Kosten.	Prozentualer Anteil der Flüge mit >15 Min. Verspätung oder Summe der Verspätungsminuten pro Jahr.
Kosten infolge zusätzlicher Umsteigevorgänge	Unterschiedl. Anzahl Direktverbindungen bzw. Unterschiedliche Reisedauer führen zu verschiedenen hohen Zeitkosten.	Quantifizierbar sind z.B. Zeitkosten, die sich aus zusätzlichen Umsteigevorgängen ergeben. Diese sind ableitbar aus der Anzahl Direktflüge ab einem Flughafen.	Zeigt Verfügbarkeit der Luftfahrt-Branche sowie die vom Konsumenten getragenen Kosten. -> Querbezug zum Bereich Raumentwicklung, wo die Erreichbarkeit behandelt wird.	Über die Anzahl Direktflüge sowie die Zahlungsbereitschaft für einen Direktflug (bekannt) können Zeitkosten errechnet werden.
PRODUZENTENEBENE				
Betriebswirtschaftl. Kostendeckungsgrad (bei Unternehmen der Luftfahrtinfrastruktur bzw. des Luftverkehrs)	Zeigt Eigenwirtschaftlichkeit und wird von Betriebskosten sowie Erträgen bestimmt. Konkurrenz und Preisniveau haben wichtigen Einfluss.	Grundsätzlich gut quantifizierbar, als Kostendeckungsgrad in %.	Zeigt Konkurrenzfähigkeit und langfristige Existenzmöglichkeit der Luftfahrt-Branche.	Verhältnis zwischen betriebswirtschaftlichen Kosten (Ausgaben) und Einnahmen.
Produktivität: Wertschöpfung/VZÄ	Für eine effiziente Erstellung der Dienstleistungen ist steigende (hohe) Produktivität positiv. Höhere Produktivität führt auch zu höherer Konkurrenzfähigkeit.	Gut quantifizierbar. Werte in CHF Wertschöpfung pro Beschäftigtem (in VZÄ).	Zeigt Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Luftfahrt-Branche.	Auf Basis der Daten zur Wertschöpfung und Beschäftigung der Luftfahrt-Branche.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt	Zeigt Einfluss auf öffentliche Hand und wird von Eigenwirtschaftlichkeit der Branche sowie dem polit. Willen beeinflusst.	Flächendeckende Quantifizierung nicht einfach. Gesamtbeteiligungen und Darlehen in CHF als Indikator benutzen. Daneben gibt es aber auch Einnahmen der öffentlichen Hand (Steuern, Gewinne (nur beim Flughafen Genf)). Vergleich mit anderen Flughäfen.	Zeigt Eigenwirtschaftlichkeit der Branche sowie deren langfristige Existenzmöglichkeit. Allerdings sind bei der Infrastruktur gewisse öffentl. Ausgaben erwünscht (Luftinfrastruktur als teil-meritor. Gut).	Z.B. Aktienanteil bzw. Umfang der Beteiligungen der öff. Hand. Zusätzlich: Darlehen bzw. Investitionen in Luftverkehr bzw. Luftinfrastruktur. Vergleich mit anderen Flughäfen.
GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EBENE				
Beschäftigte (VZÄ) bzw. Wertschöpfung in der Luftfahrt (direkter Effekt) und durch Vorleistungen für die Luftfahrt-Branche in der Schweiz (indirekter Effekt; Aviation & Non-aviation)	Die Luftverkehrsunternehmen erwirtschaften einen Teil des BIP mit einer bestimmten Anzahl Angestellten. Die Zulieferer für die Luftfahrtunternehmen führen ebenfalls zu Wertschöpfung- und Beschäftigungswirkung.	Gut quantifizierbar. Werte in CHF pro Jahr (Wertschöpfung) bzw. Anzahl Beschäftigte (VZÄ).	Der Indikator gibt einen Hinweis über die direkten und indirekten volkswirtschaftlichen Wirkungen der Branche in absoluten Werten. Braucht Ergänzung durch Veränderungsmass (vgl. unten).	Mittels Finanzdaten der Unternehmen sowie Angaben zu den Beschäftigten.
Veränderung der Wertschöpfung und Beschäftigung aus dem direkten und indirekten Effekt		Gut quantifizierbar. Werte in Veränderung in % pro Jahr (Wertschöpfung und Beschäftigte (VZÄ)).	Der Indikator die Kontinuität und Stabilität der direkten Produktion im Luftverkehr und dessen Nachfrage nach Vorleistungen.	Mittels Finanzdaten der Unternehmen sowie Angaben und Abschätzungen zu den Beschäftigten.
Unternehmensseitig-Katalytischer Effekt	Unterschiedliche Anzahl Direktverbindungen. bzw. unterschiedliche Reisedauern beeinflussen Güte des Angebots und damit auch Firmenansiedlungen und Investitionen	Kaum quantifizierbar, qualitative Betrachtung nötig.	Zeigt Verfügbarkeit des Luftfahrtsangebots und die Wirkung auf Unternehmensverhalten, Marktpotentiale, etc.	Basis bilden qualitative Grundsatzaussagen sowie Aussagen von Unternehmen.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Arbeitslose (AL) im Luftfahrt-Sektor und Zahl der offenen Stellen in dem Sektor → Ist ergänzende Information zu der Zahl der Beschäftigten: Veränderung der Beschäftigung bzw. Wertschöpfung	Sinkende Eigenwirtschaftlichkeit (aus verschiedenen Gründen) der Luftfahrtbetriebe kann Wegfall von Arbeitsplätzen bedeuten. Zahl der offenen Stellen zeigt Arbeitsnachfrage der Unternehmen.	Arbeitslosenzahl aus Luftfahrt-Branche nicht direkt quantifizierbar. Als Hilfsgrösse kann jährliche (prozentuale) Veränderung der Wertschöpfung bzw. Beschäftigung verwendet werden. Zahl der offenen Stellen in der Luftfahrt nicht direkt verfügbar.	Gibt Hinweis zu Stabilität der Luftfahrt-Branche. Gewisse Veränderung der Beschäftigung kann auch positives Zeichen für Anpassungsfähigkeit der Branche sein. Viele offene Stellen und gleichzeitig viele AL zeigt, dass AL nicht dem Profil der freien Stellen entsprechen.	Auf Basis der Daten zur Wertschöpfung und Beschäftigung der Luftfahrt-Branche (siehe oben). Zahl der offenen Stellen in der Luftfahrt nicht vorhanden, lediglich für alle Verkehrsbranchen in der Summe.
Induzierter Effekt	Verwendung der Einkommen und damit verbundene Wertschöpfung in anderen Branchen.	Grob quantifizierbar	Kausal nicht direkt mit Flugverkehr verbunden. Induzierten Effekt gibt es bei jedem Einkommen. Vervollständigt aber Bild, was alles mit Flugverkehr (auch kausal entfernter) verbunden ist.	Wird nicht quantitativ umgesetzt, qualitativ erwähnt.
Passagierseitig-katalytischer Effekt	Ausländische Fluggäste tätigen in der Schweiz Ausgaben (z.B. als Touristen), die hier Wertschöpfung erzeugen.	Quantifizierbar, z.B. in Ausgaben ausl. Passagiere pro Jahr oder Wertschöpfung pro Jahr die durch diese Ausgaben entsteht.	Zeigt die indirekten bzw. katalytischen volkswirtschaftlichen Wirkungen der Luftfahrt-Branche, v.a. für den Tourismus.	Basis bilden die Anzahl ausl. Passagiere/Jahr sowie bekannte Werte zu den Ausgaben pro ausl. Passagier in der Schweiz.
Nicht internalisierte Unfall- und Umweltkosten	Externe Unfall- und Umweltkosten ergeben sich aus nicht erwünschten Nebeneffekten der Erstellung von Luftverkehrsleistungen (Unfälle, Lärm und Umwelt).	Flächendeckende Quantifizierung schwierig. Detaillierte Daten zu Umweltschäden und Lärm müssen vorhanden sein. Quantifizierung in Kosten (CHF) pro Jahr.	Geben Hinweis zu den ungedeckten volkswirtschaftlichen Kosten. Zeigen überdies an, wie stark verursachergerecht die Preise sind.	Auf Basis von bekannten Expositions-Wirkungs-Beziehungen, Kostensätzen und Schadensausmass können externe Kosten berechnet werden.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Weitere Marktverzerrungen (v.a. zwischen Verkehrsträgern)	Folgende z.T. von politischer Seite verursachte Umstände können zu Marktverzerrungen führen. Relevant sind v.a.: - Subventionen an grosse Flugzeughersteller - staatliche Finanzhilfen an Luftverkehrs-Infrastrukturen oder Flugbetriebe in der Vergangenheit. ⁶⁶	Keine genaue Quantifizierung möglich. Es werden qualitative Aussagen mit quantitativen Beispielen gemacht.	Aus ökonomischer (& ökolog. & sozialer) Sicht sind die nicht steuerbedingten Marktverzerrungen möglichst klein zu halten. Marktverzerrungen verhindern verursachergerechte Preise und eine effiziente Allokation der Ressourcen.	Aufzählung von Beispielen von Marktverzerrungen gegenüber anderen Verkehrsträgern.
Beschäftigte in der Schweizer Luftfahrttechnologie-Industrie (Flugzeugherstellung und -wartung)	Um möglichst viele Elemente der Wertschöpfungskette im Bereich Luftfahrt im Inland zu haben, spielt die Luftfahrttechnologie mit ihrem spezif. Know-How eine wichtige Rolle. Diese Industrie führt v.a. durch ihre Exporttätigkeit zu Wertschöpfung und Beschäftigung in der Schweiz.	Quantifizierung möglich, über die Anzahl Beschäftigte (VZÄ) in der Luftfahrttechnologie (Bau von Flugzeugen und Flugzeugteilen sowie Wartung von Flugzeugen).	Zeigt die indirekten volkswirtschaftlichen Wirkungen der Luftfahrt-Branche sowie die Stärke der gesamten Wertschöpfungskette in der Luftfahrt.	Auf Basis von Zahlen zur Beschäftigung in den relevanten Unternehmen der Luftfahrt-Technologie. Ev. spezifische Erhebung nötig.

⁶⁶ Nicht direkt Markt verzerrend wirken hingegen unterschiedliche Besteuerungen zwischen den Verkehrsträgern, vor allem deshalb weil dabei fiskalische Argumente (Besteuerung Inland-Ausland) und unterschiedliche Ausgangslagen für die Abgeltung von Infrastrukturkosten (z.B. Mineralölsteuer für die Abgeltung der Infrastrukturkosten der Strasse) eine Rolle spielen. Gemäss aktueller Entscheidung des EUGH (April 2006) ist die Befreiung des internationalen Luftverkehrs von der Kerosinsteuer nicht diskriminierend. Dennoch können unterschiedliche Detailregelungen (z.B. MWST-Steuersätze, Duty-Free-Regelungen, Abzugsmöglichkeiten im internationalen Verkehr) zu Verzerrungen zwischen den Verkehrsträgern im internationalen Verkehr führen. Diese stellen aber keine Diskriminierungen dar.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE AUSWIRKUNGSINDIKATOREN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Indikator	Bezug zur Wirkungskette	Quantifizierbarkeit	Aussagekraft	Operationalisierbarkeit
Regionale Verteilung der Beschäftigten	Je nach Stärke der einzelnen Flughäfen sowie dem Ausmass der Konzentration des Flugverkehrs ist die Beschäftigungswirkung (bzw. Wertschöpfung) mehr oder weniger gleichmässig auf die Regionen verteilt.	Grundsätzlich gut quantifizierbar, z.B. in Beschäftigte oder Wertschöpfung pro Kanton bzw. Grossregion. Ev. auch Vergleich der zeitl. Entwicklung der Regionen. Umsetzung schwierig, da kantonalisierte Daten nicht leicht verfügbar.	Zeigt wirtschaftliche Verteilungseffekte zwischen den Regionen.	Auf Basis der Daten zur Wertschöpfung und Beschäftigung der Luftfahrt-Branche (siehe oben) sowie Angaben zur kantonalen Verteilung.

Tabelle 42

Ein weiterer wichtiger Indikator, der in dieser Studie jedoch nicht vertieft behandelt wird, betrifft die Sicherheit. Sie befindet sich an der Schnittstelle zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen Wirtschaft und Gesellschaft. Als Indikator liesse sich das Unfallrisiko quantifizieren, welches sowohl gesellschaftliche als auch wirtschaftliche Folgen hat. Dieser Bereich wird zum Teil aber mit dem Indikator ‚nicht internalisierte externe Kosten‘ abgedeckt, der auch die externen Unfallkosten berücksichtigt. Eine umfassende Sicherheitsbetrachtung wird im Rahmen dieser Studie allerdings nicht durchgeführt.

6.3. NACHHALTIGKEITZIELE UND BEURTEILUNGSKRITERIEN

Nach der Zusammenstellung möglicher Indikatoren für die Erfassung der Nachhaltigkeit des Luftverkehrs im Bereich Wirtschaft sollen diese Indikatoren nun in ein Ziel- und Kriteriensystem eingebettet werden. Die Definition dieser Nachhaltigkeitsziele im Bereich Wirtschaft lehnt sich an das Ziel- und Indikatorensystem Nachhaltiger Verkehr (ZINV) des UVEK sowie den in der Ecoplan-Studie (Kriteriensystem für Nachhaltigkeit in der Luftfahrt, ECOPLAN 2004) vorgeschlagenen Zielen an.

Im Bereich Wirtschaft und Luftfahrt werden folgende **Nachhaltigkeitsziele** vorgeschlagen:

› **Konsumentenebene**

Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis und gute Erreichbarkeiten für Luftverkehrskonsumenten: Private und Unternehmen sollen ihre wirtschaftlichen Bedürfnisse, insbesondere ihre Mobilitätsbedürfnisse unter möglichst optimalen Bedingungen befriedigen können.

› **Produzentenebene**

Effiziente Bereitstellung des Verkehrssystems: Die Erreichung bzw. Optimierung der Eigenwirtschaftlichkeit, die Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit und Produktivität sowie die Minimierung der Kosten für die öffentliche Hand sind Teilziele, welche insgesamt zu einer effizienteren Nutzung des Verkehrssystems Luftfahrt führen.

› **Gesamtwirtschaftliche Ebene**

Direkte und indirekte **wirtschaftliche Effekte optimieren:** Ziel ist die Optimierung der direkten und der diversen indirekten Wirkungen der Luftfahrt auf die gesamte Volkswirtschaft sowie die regionalen Wirtschaftsräume. Beim direkten Effekt ist die Stabilität und die absolute Höhe von Wertschöpfung und Beschäftigung und deren Entwicklung über die Zeit ein relevanter Indikator (wichtige Infrastruktur des Landes). Zur Optimierung der indirekten Effekte gehört eine gute Erreichbarkeit für Wirtschaft, die Minimierung von Preisverzerrungen z.B. durch ungedeckte externe Kosten oder eine stabilisierende Wirkung des Luftfahrtsektors auf die restliche Wirtschaft.

In der folgenden Tabelle werden aus diesen drei beschriebenen Nachhaltigkeitszielen des Bereichs Wirtschaft Kriterien abgeleitet, anhand derer die entsprechenden Ziele beurteilt werden können. Überdies werden die im vorigen Kapitel erwähnten Indikatoren den jeweiligen Nachhaltigkeitszielen sowie Kriterien zugeordnet.

ÜBERSICHT ÜBER DIE BEURTEILUNGSKRITERIEN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Nachhaltigkeitsziel	Kriterium	Bezug zu Auswirkungsindikatoren	Beurteilung	Kommentar
KONSUMENTENEBENE				
Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis für Luftverkehrskonsumenten (Private und Unternehmen)	Preisgünstige Flugverkehrsleistungen und preisliche Kontinuität	- Konsumentenpreise im Flugverkehr (Höhe, Entwicklung und Volatilität)	Ziel sind möglichst kostengünstige Luftverkehrsdienstleistungen. Geringe Preisschwankungen sind zudem Indikator für Stabilität der Branche. Preisschwankungen können aber auch Ausdruck für Anpassungsfähigkeit der Branchen an den Markt sein.	Entwicklung der Flugpreise allein nicht so aussagekräftig. Vergleich mit durchschnitt. Preisentwicklung wäre hilfreich. Vergleich mit anderen Verkehrsträgern möglich.
	Hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit	- Verspätungen - Kosten infolge zusätzlicher Umsteigevorgänge	Reisezeiten und Anzahl Direktverbindungen sind Gütemass für Verfügbarkeit von Flugverkehrsdienstleistungen; Verspätungen zeigen Grad der Zuverlässigkeit.	Nebst den direkten Kosten (Preise) können mit diesem Kriterium auch Nutzen sowie indirekte Kosten für Konsumenten gezeigt werden.
PRODUZENTENEBENE				
Effiziente Nutzung des Verkehrssystems (Optimierung Eigenwirtschaftlichkeit)	Eigenwirtschaftlichkeit erreichen bzw. erhöhen	- Betriebswirtschaftl. Kostendeckungsgrad (bei Unternehmen der Luftfahrtinfrastruktur bzw. des Luftverkehrs)	In einer stabilen und nachhaltigen Branche muss Eigenwirtschaftlichkeit möglich sein.	
	Hohe Konkurrenzfähigkeit der Luftfahrtbranche	- Produktivität: Wertschöpfung je VZÄ - Fähigkeit sich an Marktveränderungen anzupassen	Eine hohe bzw. steigende Produktivität deutet auf hohe Effizienz und damit Konkurrenzfähigkeit der Branche.	Absolute Produktivität sagt nicht so viel aus. Besser ist rel. Entwicklung oder vgl. mit anderen Branchen.
	Minimierung von Ausgaben für die öffentliche Hand	- Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt	Der Luftverkehr wird (bis jetzt) nicht als Service Public verstanden (nur Luftinfrastruktur). Daher soll öff. Hand mögl. wenig Kosten tragen.	Tiefe Ausgaben der öff. Hand zeugen von höherer Eigenwirtschaftlichkeit. Bei Infrastruktur als meritorisches Gut sind gew. Ausgaben jedoch zu rechtfertigen.

ÜBERSICHT ÜBER DIE BEURTEILUNGSKRITERIEN IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Nachhaltigkeitsziel	Kriterium	Bezug zu Auswirkungsindikatoren	Beurteilung	Kommentar
GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EBENE				
Direkte und Indirekte wirtschaftliche Effekte optimieren	Hohe Stabilität und hohes Niveau des Wirtschaftssektors Luftfahrt (Bruttoeffekt bei Wertschöpfung und Beschäftigung)	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau und Veränderung der Beschäftigung bzw. Wertschöpfung im Luftfahrt-Sektor - Stabilisierende Wirkung auf Volkswirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Stabilität und hohes Niveau der Branche in kompetitivem Umfeld ist für Volks- und Regionalwirtschaft wünschenswert. - Antizyklische Entwicklung einer Branche stabilisiert in Konjunkturtälern. 	- Vergleich mit anderen Verkehrsträgern möglich.
	Möglichst hohe indirekte volkswirtschaftliche Wirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Beschäftigte bzw. Wertschöpfung durch Vorleistungen für die Luftfahrt-Branche in der Schweiz - Passagierseitig-katalytischer Effekt 	Eine möglichst hohe indirekte volkswirtschaftliche Wirkung des Luftverkehrs (z.B. durch Tourismus oder Zulieferunternehmen) ist wünschenswert.	Vergleich mit anderen Verkehrsträgern eventuell möglich.
	Verursachergerechte Preise	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht internalisierte externe Kosten - Weitere Marktverzerrungen 	Eine ökonomisch effiziente Verkehrspolitik erfordert Kostenwahrheit und effiziente Preisgestaltung (d.h. verursachergerechte Preise). Preisverzerrungen führen zu ineffizienten Allokationen.	Vergleich mit anderen Verkehrsträgern und Ausland möglich.
	Spezifisches Luftfahrt-Know-How aufbauen und erhalten; Stärkung der gesamten Wertschöpfungskette in der Luftfahrt	<ul style="list-style-type: none"> - Beschäftigte in der Schweizer Luftfahrttechnologie-Industrie (Flugzeugherstellung und -wartung) 	Eine starke Technologieindustrie und deren Exporttätigkeit stärkt die gesamte Wertschöpfungskette in der Luftfahrt. Das spezif. Know-How ist stark an inländ. Fachkräfte gebunden & erhöht Stabilität der Branche.	
	Regional ausgeglichene wirtschaftliche Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Verteilung der Beschäftigten 	Entwicklung auch der peripheren Regionen.	Genaueres Ziel schwierig festzulegen.

Tabelle 43

6.4. QUANTIFIZIERUNG DES AUSGANGSZUSTANDS

6.4.1. KONSUMENTENPREISE IM FLUGVERKEHR

Definition und Einbettung des Indikators

Für die Konsumenten spielen die Preise der Flugverkehrsleistungen eine wichtige Rolle. Aus ihrer Sicht sind möglichst kostengünstige Verkehrsleistungen wünschenswert. Entscheidend ist dabei zum einen das absolute Preisniveau – im Vergleich zur Vergangenheit, zu anderen Verkehrsdienstleistungen, zu anderen Preisen im Inland oder zu Flugverkehrsleistungen ab nahe gelegenen Flughäfen im Ausland.

Neben dem Preisniveau werden zum anderen auch die Preisschwankungen betrachtet. Aus Sicht der Konsumenten ist es erwünscht, geringe Suchkosten zu haben. Das heisst, ein stark schwankender Preis in einem unübersichtlichen Markt von wechselnden Anbietern und Qualitätsschwankungen erschwert es den Kunden, das für sie geeignete Angebot zu finden, erhöht die Suchkosten und verringert die Voraussehbarkeit und Verlässlichkeit der Preise. Preisschwankungen innerhalb einer bestimmten Bandbreite (saisonal, abhängig vom Buchungstermin, etc.) sind jedoch nicht schlecht, sondern können im Gegenteil ein Zeichen dafür sein, dass die entsprechende Branche flexibel auf Markt- und Nachfrageänderungen reagiert, Wettbewerbsdruck herrscht und Preissenkungen auch weitergegeben werden.

Datengrundlage

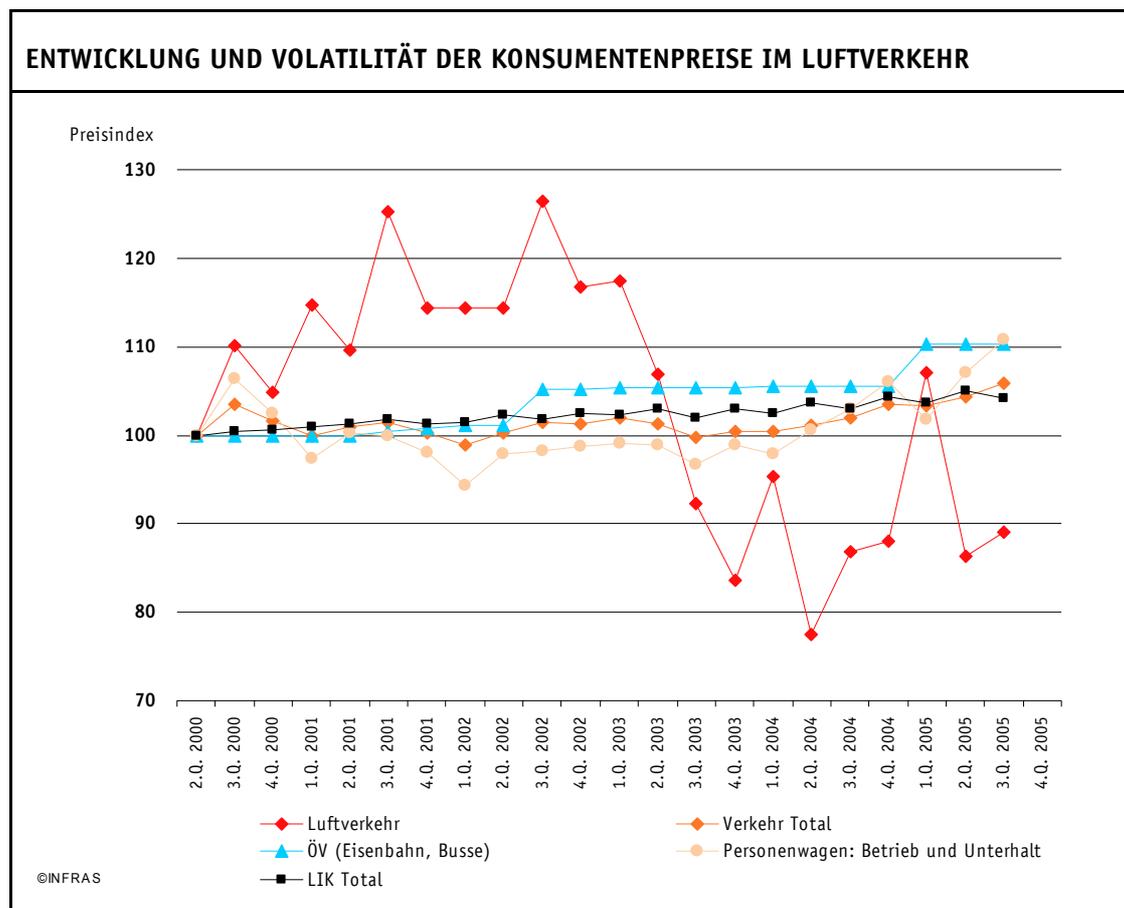
Als Datengrundlage dient der Luftverkehrs-Preisindex des Bundesamtes für Statistik (BFS 2005c), welcher als Teil des Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) seit Mai 2000 vierteljährlich erhoben wird. Der Luftverkehrs-Preisindex ist ein Teil des Verkehrs-Preisindex, wobei er ein Gewicht von knapp 3% am Gesamtverkehrsindex und von rund 0.3% am gesamten Landesindex hat.

Der Luftverkehrs-Preisindex umfasst die Kosten für ein Flugticket inklusive den Taxen (Flughafen, Sicherheit, etc.). Der Index basiert auf der Erfassung von Flugpreisen an 17 ausgewählte Destinationen ab der Schweiz (Hin- und Rückflug, erwachsene Person, Economy Class).

Quantifizierung und Einschätzung des heutigen Zustands

Die Figur 54 zeigt die Entwicklung sowie die Volatilität der Luftverkehrspreise im LIK von 2000 bis heute. Zudem ist auch die gleichzeitige Entwicklung der Preise im Gesamtverkehr sowie im gesamten Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) dargestellt. Sehr auffällig ist

die hohe Volatilität des Luftverkehrspreisindex. Während die Preise im Gesamtverkehr sowie dem gesamten Warenkorb seit 2000 relativ kontinuierlich leicht anstiegen, schwankten die Preise im Luftverkehr in dieser Zeit sehr stark. Dies ist nur zum Teil auf saisonale Muster zurückzuführen (meist 1. und 3. Quartal höher). Zwischen 2000 und 2003 stiegen die Luftverkehrspreise stark überdurchschnittlich (zeitweise um über 25% gegenüber Mai 2000) und sanken anschliessend wieder deutlich (bis maximal -22%). Im 3. Quartal 2005 lag der Luftverkehrs-Preisindex bei 89.1 Punkten gegenüber Mai 2000 (Index 100) und damit um rund 15% tiefer als der Verkehrspreisindex (105.9) bzw. der gesamte Konsumentenpreisindex (104.1). Es wird deutlich, dass der Flugverkehr im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern seit 2003 deutlich günstiger geworden ist und entsprechend preislich auch attraktiver. Das momentan tiefe Preisniveau ist aus Konsumentensicht positiv zu werten. Allerdings zeigt ein Blick auf die Preisentwicklung in den vergangenen fünf Jahren, dass weiterhin mit einer volatilen Entwicklung zu rechnen ist.



Figur 54 Quelle: BFS 2005c (Landesindex der Konsumentenpreise). Basis Mai 2000 (= 100). LIK: Landesindex der Konsumentenpreise. Der Preisindex für den Luftverkehr wird erst seit dem Mai 2000 erhoben.

Die relativ grosse Volatilität der Luftverkehrspreise zeigt sich auch in der Tabelle 44, in der die durchschnittliche jährliche Preisänderung angegeben ist. Im Luftverkehr gab es seit 2000 Preisänderungen von einem Jahr zum anderen von +10% bis -15%. Die durchschnittliche jährliche, betragsmässige Änderung betrug 9% (= Volatilität). Im gesamten Verkehr gab es jährliche Änderungsraten von -1% und +3%, die Volatilität betrug gut 1%. Beim gesamten Konsumentenpreisindex (LIK) gab es gar nur Preisschwankungen von +0.3% bis +0.9% pro Jahr und eine Volatilität von 0.7%. Grundsätzlich ist aber beim LIK die Volatilität umso geringer je höher die betrachtete Produktaggregationsebene ist. Im Verkehr haben wir es in anderen Bereichen (z.B. beim ÖV) oft mit administrierten Preisen zu tun, die per Definition eher stabil und höchstens jährlich eine Anpassung erfahren. Deshalb erachten wir die Preisvolatilität im Luftverkehr primär als Zeichen, dass auf dem Markt zwar starke Veränderungen ablaufen und die Branche anpassungsfähig ist. Erst sekundär ist die hohe Volatilität auch teilweise als Zeichen fehlender Nachhaltigkeit zu deuten.

JÄHRLICHE ÄNDERUNG DER KONSUMENTENPREISE IM LUFTVERKEHR (IN % GEG. VORJAHR)							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Volatilität* 2000-2005
Preisindex Luftverkehr	+5.0%	+10.5%	+1.8%	-15.2%	-13.1%	+8.3%	9.0%
Preisindex Verkehr Total	+1.7%	-1.0%	-0.2%	+0.3%	+0.9%	+2.7%	1.1%
LIK Total	+0.3%	+0.9%	+0.7%	+0.5%	+0.8%	+0.9%	0.7%

Tabelle 44 *: Die Volatilität beschreibt hier die durchschnittliche, jährliche, betragsmässige Änderung des Preisindex.

Ein Blick auf die Vorleistungsstruktur des Luftverkehrs zeigt, dass einer der wichtigen Inputs für den Luftverkehr das Kerosin ist und die Konsumentenpreise im Luftverkehr ebenfalls merklich auf Veränderungen des Ölpreises reagieren. Erdöl ist eine nicht erneuerbare Energiequelle, deren Verfügbarkeit nicht unbegrenzt gesichert ist. Aufgrund der hohen Energieintensität und der geringeren Substitutionsmöglichkeiten ist deshalb die Luftfahrtindustrie (im Unterschied etwa zum Strassenverkehr) diesbezüglich stärker exponiert. Die in Zukunft knapper werdenden Erdölvorräte können starke Preissteigerungen für die Airlines und somit die Flugpassagiere bedeuten. Dieses Risiko bei den Konsumentenpreisen ist durch die wichtige Bedeutung des Erdöls in der Produktionsstruktur des Luftverkehrs bedingt. Diese Produktionsstruktur scheint mittelfristig nicht nachhaltig, da sie einen schlecht substituierbaren und knapper werdenden Input benötigt.

6.4.2. UNTERNEHMENSSEITIG-KATALYTISCHER EFFEKT

Definition und Einbettung des Indikators

Unter den unternehmensseitig-katalytischen Effekten versteht man alle Wirkungen eines Flugverkehrsangebots (erreichbare Destinationen, mit Direktflug erreichbare Destinationen, Frequenz, Auslastung, Preise etc.) auf das Verhalten und die Standortgunst der Unternehmen in einem Land. Es geht hier somit nicht um die Flugverkehr herstellenden Unternehmen oder deren Vorleister sondern um die Flugverkehr nachfragenden Unternehmen (Passagiere und Fracht).

Mögliche unternehmensseitig-katalytische Effekte sind z.B. (SIAA 2003; MB 2):

- › Bessere Erreichbarkeit und somit Vergrößerung von Märkten dank Zeitersparnissen bei Distanzüberwindung. Dies gibt bessere Möglichkeit zu breiterem internationalem Handel. Die Erreichbarkeit ist einer unter mehreren wichtigen Standortfaktoren.
- › Erhöhte Nutzungsmöglichkeit von Grössenvorteilen (‘economies of scale und scope’). Wenn qualifiziertes Personal und Technologie rascher reisen können, dann können Grössenvorteile bei Herstellung und Vertrieb besser genutzt werden.
- › Wegen dem engen Zusammenrücken der Räume dank (Luft-)Verkehr kommt es zur grösseren Ballung von Nachfragern, die für ein Unternehmen erreichbar sind (economies of density). Dichtevorteile treten insbesondere in solchen Branchen auf, in denen der Versorgungsweg eine grosse Rolle in der Kostenstruktur spielt.
- › Grösserer Arbeitsmarkt bei der Mitarbeiterakquisition. Dies macht es möglich, Spezialisten aus aller Welt bei Bedarf in die Schweiz zu holen, so dass innovative Leistungen auch möglich sind, wenn in der Schweiz selbst entsprechende Fachkräfte in einem Spezialgebiet fehlen.
- › Erhöhter Wettbewerbsgrad und Standortwettbewerb. Luftverkehr erlaubt es mehr Firmen Produkte in der Schweiz anzubieten oder hier zu produzieren. Dieser Wettbewerbsdruck, und sei er auch nur potentiell, zwingt inländische Anbieter zu effizienterem und innovativem Angebot. Weil Forschung und Entwicklung oft im Ausland stattfinden, wirkt in der Schweiz v.a. die Zunahme des Wettbewerbsdrucks.
- › Skalenerträge bei Forschung und Entwicklung über engere internationale Zusammenarbeit aber auch über Spillover-Effekte des Wissens. Investitionen in Humankapital gelten gemäss der neuen Wachstumstheorie als wesentlicher Bestimmungsfaktor des Wachstums. Der Luftverkehr fördert tendenziell den Austausch von Forschungsmethoden, -erkenntnissen und Forschenden.

› Zunehmende Möglichkeiten von Direktinvestitionen im Ausland und in der Schweiz dank weit verzweigtem Netz von Verkehrsverbindungen. Internationaler Handel ist für das Wirtschaftswachstum generell förderlich⁶⁷. Direktinvestitionen in der Schweiz sind z.B. für die Schweizer Industrie von grosser Bedeutung.

Diese Wirkungen sind alle nicht (oder nur sehr aufwändig) wirklich quantifizierbar, spielen aber für die Standortattraktivität, das Wachstumspotential und die Beschäftigungsdynamik eine wichtige Rolle. Der unternehmensseitig-katalytische Effekt ist deshalb bei dynamischen Betrachtungen bedeutend (von Auswirkungen verschiedener Szenarien z.B.). Er wird unter den Indikatoren geführt und qualitativ beschrieben.

6.4.3. VERSPÄTUNGEN

Definition und Einbettung des Indikators

Die Verspätungen von Flügen sind ein Indikator für die Zuverlässigkeit von Luftverkehrsdienstleistungen. Häufige Verspätungen sind ein Indiz für vorhandene Kapazitätsengpässe des Verkehrsträgers. Für den Konsumenten ist eine möglichst hohe Verlässlichkeit – und damit Pünktlichkeit – wünschenswert. Verspätungen haben einen negativen Einfluss auf den Nutzen des Konsumenten und führen zu zusätzlichen Zeitkosten. Die Frage der Erreichbarkeit verschiedener Destinationen, die auch mit zeitlichen Verzögerungen bis zur Zielankunft verbunden sind, werden im Indikator Zeitkosten sowie im Kapitel ‚Raumentwicklung‘ betrachtet. Wenn ein Flughafen jedoch keine Verspätungen aufweist, weil die Kapazitäten zu schlecht ausgelastet sind (Überkapazitäten), ist dies aus wirtschaftlicher Sicht ebenfalls nicht nachhaltig.

Datengrundlage

Die Grundlage für den Indikator ‚Verspätungen‘ bildet die Verspätungsstatistik des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL 2005a). Das BAZL erhebt in Zusammenarbeit mit den Schweizer Flughäfen jährlich detaillierte Daten zu den Verspätungen im Flugverkehr in der Schweiz. Dabei werden sowohl die Anzahl verspäteter Flüge (ATM) als auch die Anzahl verspäteter Passagiere erhoben. Als verspätet gilt ein Flug, wenn der Start oder die Landung eines Flugs mit mehr als 15 Minuten Verspätung erfolgt. In der Verspätungsstatistik des BAZL werden überdies die verspäteten Flüge nach Verspätungszeit kategorisiert und die

⁶⁷ Verschiedene empirische Studien belegen das fundamentale Resultat der Aussenhandlestheorie. Siehe bspw. Franke/Romer (1999), „Does trade cause growth?“.

durchschnittliche Verspätungszeit angeben. Damit können – unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Zeitkostensätze der Passagiere und ihrer unterschiedlichen Reisezwecke (geschäftlich, privat) – die durch die Verspätungen anfallenden Zeitkosten der Passagiere berechnet werden. Da ein Teil der Verspätungen „übernommen“ wird, wird wenn möglich auch untersucht, inwiefern an einem Ort ein Verspätungsauf- oder -abbau stattfindet.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

In der Tabelle 45 ist der prozentuale Anteil der Flüge (Starts und Landungen) mit Verspätungen im Jahr 2004 an den drei Landesflughäfen dargestellt. Dabei ist deutlich zu sehen, dass es auf dem Flughafen Zürich prozentual am meisten Verspätungen gibt: 59% aller Flüge haben eine Verspätung von mehr als 15 Minuten, 24% der Flüge sind gar über 30 Minuten verspätet. In Genf und Basel liegen diese Werte etwas tiefer, was unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass diese beiden Flughäfen im Gegensatz zu Zürich keinen Hub betreiben.

Generell liegt der Anteil der verspäteten Flüge bei den Starts viel höher als bei den Landungen. Über alle drei Landesflughäfen betrachtet starten mehr als die Hälfte aller Flüge (52%) mit einer Verspätung von über einer Viertelstunde, während nur 16% der Flüge mit einer gleichen Verspätung landen. Insgesamt sind auf den Landesflughäfen also rund ein Drittel (34%) der Flugbewegungen 15 Minuten oder mehr verspätet.

ANTEIL DER FLÜGE MIT VERSPÄTUNG IM JAHR 2004: VERGLEICH DER FLUGHÄFEN				
	Zürich	Genf	Basel	Total
Anteil Flüge mit Verspätungen > 15 Minuten				
Start	59%	44%	35%	52%
Landung	17%	16%	14%	16%
Total	38%	30%	24%	34%
Anteil Flüge mit Verspätungen > 30 Minuten				
Start	24%	16%	11%	20%
Landung	8%	8%	7%	8%
Total	16%	12%	9%	14%

Tabelle 45 Quelle: Verspätungsstatistik des BAZL (BAZL 2005a). Die Daten beziehen sich auf Linien- und Charterflüge.

Die zeitliche Entwicklung der Verspätungen ist in der Tabelle 46 dargestellt. Es ist sehr deutlich zu sehen, dass der Anteil der verspäteten Flüge seit 2000 deutlich gesunken ist. Beispielsweise ist der Anteil der verspäteten Starts von 75% im Jahr 2000 auf 52% im vergangenen Jahr gesunken. Allerdings ist schwierig zu sagen, was die Gründe für diese Verbesserungen sind. Eine wichtige Rolle dürfte die Verbesserung im Air Traffic Management

sowie der starke Rückgang der Flugbewegungen nach dem Jahr 2000 gespielt haben, da sich bei einer Abnahme der Flugbewegungen der Flugplan leichter einhalten lässt und damit die Pünktlichkeit steigt.

ANTEIL DER FLÜGE MIT VERSPÄTUNG > 15 MIN.: ZEITLICHE ENTWICKLUNG			
	2000	2002	2004
Start	75%	58%	52%
Landung	28%	14%	16%
Total	51%	36%	34%

Tabelle 46 Werte entsprechen dem Total aller drei Landesflughäfen (Zürich, Genf und Basel). Quelle: Verspätungsstatistik des BAZL (BAZL 2005a). Die Daten beziehen sich auf Linien- und Charterflüge.

Mit Hilfe der Daten zur Anzahl verspäteter Passagiere sowie der durchschnittlichen Verspätungszeit können die durch Verspätungen entstehenden Zeitkosten der Passagiere berechnet werden. Dabei wird mit einem Zeitkostensatz von 30 CHF/h für Geschäftsreisende und 10 CHF/h für Touristen gerechnet (entspricht den empfohlenen Zeitkostenansätzen im Personenverkehr für Nutzfahrten bzw. touristische Fahrten im öffentl. Verkehr; Quelle: König et al. 2004).

In der Tabelle 47 sind die Zeitkosten dargestellt, die aus den Verspätungen bei den Starts und Landungen entstehen. Auf den drei Landesflughäfen ergaben sich demnach im Jahr 2004 Zeitkosten infolge Verspätungen von insgesamt 109 Mio. CHF. Rund zwei Drittel dieser Kosten fallen auf den Flughafen Zürich. Im Jahr 2000 lagen die Verspätungskosten noch deutlich höher (207 Mio. CHF).

ZEITKOSTEN DURCH VERSPÄTUNGEN (IN MIO. CHF/A)			
	2000	2002	2004
Zürich	145	77	73
Genf	40	27	29
Basel	22	11	7
Total	207	116	109

Tabelle 47 Zeitkosten durch Verspätungen bei Starts und Landungen. Die Daten beziehen sich auf Linien- und Charterflüge.

Um diese Daten bezüglich Verspätungen einordnen zu können, lohnt sich ein Vergleich mit ausländischen Flughäfen. Einen solchen Vergleich liefert die Pünktlichkeitsstatistik der AEA (Association of European Airlines), welche 27 der wichtigsten europäischen Flughäfen (u.a. Zürich und Genf) bezüglich Pünktlichkeit vergleicht und eine Rangliste erstellt. Diese Rang-

liste basiert auf dem prozentualen Anteil der Starts mit einer Verspätung von mehr als 15 Minuten. Allerdings werden im Gegensatz zur Statistik des BAZL nicht sämtliche Linienflüge berücksichtigt, sondern nur die Flüge der europäischen Mitgliedsgesellschaften der AEA. Damit sind interkontinentale und nationale Flüge in der Statistik unterproportional dargestellt.

Tabelle 48 zeigt, dass Zürich in den Jahren 2003 und 2004 in der europäischen Pünktlichkeitsstatistik ganz am Ende lag, während Genf auf Rang 7 (2003) bzw. 8 (2004) und damit im ersten Viertel der bewerteten Flughäfen lag. Die neusten Ergebnisse des Jahres 2005 zeigen jedoch, dass sich der Flughafen Zürich bezüglich Pünktlichkeit deutlich verbessert hat und 2005 auf Rang 13 lag. Gemäss AEA-Statistik lag der Anteil der Starts mit einer Verspätung von mehr als 15 Minuten in Zürich im Jahr 2003 noch bei 29.9%, im Jahr 2005 dagegen nur noch bei 21.3%. Es bleibt abzuwarten, ob dieser Trend anhält und sich der Flughafen Zürich im internationalen Vergleich auch längerfristig verbessern kann. Genf lag auch im Jahr 2005 in der gleichen Region der Pünktlichkeitsrangliste wie in den vorherigen beiden Jahren (Rang 7) und konnte damit seinen verhältnismässig hohen Standard bezüglich Pünktlichkeit bestätigen.

PÜNKTLICHKEITSSTATISTIK EUROPÄISCHER FLUGHÄFEN GEMÄSS AEA (RANG DER SCHWEIZER FLUGHÄFEN UNTER TOTAL 27 FLUGHÄFEN)				
	2003	2004	2005	
Zürich	27.	26.	13.	
Genf	7.	8.	7.	

Tabelle 48 Quelle: Association of European Airlines (AEA), www.aea.be. Bewertet werden in der Statistik 27 europäische Flughäfen. Die Rangliste wird auf Basis des prozentualen Anteils der Starts mit einer Verspätung von mehr als 15 Minuten erstellt. Berücksichtigt werden dabei allerdings im Unterschied zur umfassenden Statistik des BAZL nur die Flüge von europäischen Airlines, die Mitglied der AEA sind.

6.4.4. KOSTEN INFOLGE ZUSÄTZLICHER UMSTEIGEVORGÄNGE

Definition und Einbettung des Indikators

Für die Konsumenten sind möglichst viele direkte Flugverbindungen nach vielen Destinationen wünschenswert. Die Anzahl Direktflüge kann als Indikator für die Verfügbarkeit von Luftverkehrsdienstleistungen betrachtet werden. Aus Konsumentensicht ist eine möglichst hohe Verfügbarkeit positiv. Weniger bzw. fehlende Direktverbindungen an bestimmte Destinationen bedeuten für den Konsumenten zusätzliche Umsteigevorgänge sowie damit verbunden Zeitverluste und Einbussen beim Komfort. Insgesamt führt ein Rückgang an direk-

ten Flugverbindungen demnach zu Zusatzkosten für den Konsumenten, eine Zunahme von Direktflügen dagegen zu einem Zusatznutzen.

Eine Ausdünnung der Anzahl Flüge an eine Destination hat damit – im Unterschied zur Erreichbarkeit – auch einen negativen Einfluss auf die Zeitkosten. Damit ist die Gesamtzahl Flüge von Bedeutung und nicht nur die Anzahl Destinationen (wie bei der Erreichbarkeit).

Datengrundlage

Die Zeitkosten aufgrund zusätzlicher Umsteigevorgänge lassen sich auf der Basis der zusätzlichen Direktflüge sowie der Zahlungsbereitschaft für einen Direktflug berechnen. Die Anzahl Direktflüge (unterteilt nach Kontinenten) ab den Schweizer Landesflughäfen sind aus der Statistik des Bundesamtes für Zivilluftfahrt bekannt (Auszug aus der Flugverkehrs-Datenbank des BAZL, BAZL 2005b). Aus der gleichen Statistik sind die Anzahl abfliegender Passagiere pro Kontinent und Jahr sowie der Anteil der Transferpassagiere bekannt. Die Transferpassagiere werden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt, schliesslich bringen zusätzliche Direktflüge nur den Lokalpassagieren einen Zusatznutzen.

Für die Berechnung des monetären Nutzens bzw. der Kosten für die Passagiere infolge zusätzlicher bzw. weniger Direktverbindungen muss schliesslich die Zahlungsbereitschaft eines Passagiers für einen Direktflug bekannt sein. Diese Zahlungsbereitschaft wurde im Rahmen einer früheren Studie (SIAA 2003c) mittels Passagierbefragung am Flughafen Zürich erhoben. Dabei wurde ein Wert von 178 CHF pro Person für eine Interkontinentalverbindung und 132 CHF pro Person für einen Europaflug ermittelt.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Die Anzahl Direktflüge⁶⁸ (nur Abflüge) ab den drei grossen Landesflughäfen hat insgesamt seit 2001 kontinuierlich abgenommen (siehe Tabelle 49). Der überwiegende Teil des Rückgangs betrifft die Kontinentalverbindungen. Den grössten Abbau an Direktverbindungen fand in den Jahren 2000 bis 2003 statt. Im Jahr 2004 nahm die Anzahl Direktverbindungen im Vergleich zum Jahr 2003 zwar immer noch ab, aber abgeschwächt. Für das Jahr 2005 kann nach bisherigen Informationen erstmals nach vier Jahren wieder von einer Zunahme der Flugbewegungen und damit auch der Anzahl Direktverbindungen ausgegangen werden.

⁶⁸ Mit der Anzahl Direktflüge ist die Summe aller fahrplanmässigen Flüge gemeint (und nicht die Anzahl Destinationen!). D.h. wenn eine Destination viermal täglich angefliegen wird, ergibt dies vier Direktflüge pro Tag. Für die Berechnung der Zeitkosten infolge zusätzlicher Umsteigevorgänge ist nämlich die Gesamtzahl Flüge von Bedeutung und nicht nur die Anzahl angeflogener Destinationen.

Die Abnahme der Direktflüge in den letzten Jahren verteilt sich unterschiedlich auf die drei Landesflughäfen. Im Jahr 2002 konzentrierte sich der Abbau vor allem auf Zürich, in den folgenden beiden Jahren wurden in Basel am meisten Direktverbindungen reduziert.

ZU-/ABNAHME DER DIREKTFLÜGE (NUR ABFLÜGE) VERGLICHEN MIT VORJAHR (IN ATM/A)				
	2001	2002	2003	2004
Zürich	-8'405	-13'169	-6'569	-1'830
Genf	-2'791	1'051	-98	-1'205
Basel	-2'566	-5'587	-11'703	-3'136
Total	-13'762	-17'705	-18'370	-6'171

Tabelle 49 Die Daten beziehen sich auf Linien- und Charterflüge.

Die aus dem Rückgang an Direktverbindungen resultierenden Zeitkosten bzw. Zeitgewinne im Vergleich zum Vorjahr sind in der Tabelle 50 dargestellt. In den Jahren 2001 bis 2003 vergrösserten sich auf den drei Landesflughäfen die Zeitkosten infolge weniger Direktverbindungen jedes Jahr um rund 80 bis 115 Mio. CHF. Im vergangenen Jahr nahmen die Zeitkosten erstmals etwas weniger stark zu, stiegen aber dennoch nochmals um knapp 50 Mio. CHF. Einen Nutzensgewinn gegenüber dem Vorjahr resultierte auf den drei Landesflughäfen einzig in den Jahren 2002 und 2003 in Genf: Im Jahr 2002 nahm die Gesamtzahl an Direktverbindungen in Genf vor allem dank zusätzlicher Europaflüge zu. Im Jahr 2003 sank zwar die Zahl der Direktflüge insgesamt leicht, bei den (zeitintensiveren) Interkontinentalflügen dagegen waren eine Zunahme der Direktflüge und damit ein Nutzensgewinn zu verzeichnen.

ZUSÄTZLICHE ZEITKOSTEN BZW. ZEITNUTZEN INFOLGE WENIGER/MEHR DIREKTFLÜGEN VERGLICHEN MIT 2000 (IN MIO. CHF/A)				
	2001	2002	2003	2004
Zürich	-45.9	-143.9	-192.6	-210.9
Genf	-24.0	-15.7	-12.7	-23.2
Basel	-12.9	-37.9	-95.7	-112.9
Total	-82.7	-197.5	-301.0	-347.0

Tabelle 50 Ohne Transferpassagiere, nur abfliegende Passagiere. Die Daten beziehen sich auf Linien- und Charterflüge.

Nach einem starken Anstieg der Direktverbindungen in den neunziger Jahren war in den letzten fünf Jahren eine starke Reduktion der Direktflüge ab den Schweizer Landesflughäfen zu beobachten. Das Jahr 2005 scheint gemäss ersten Daten allerdings eine Trendwende einzuleiten: die Anzahl Direktflüge hat im Jahr 2005 gegenüber dem Vorjahr auf allen drei Landesflughäfen leicht zugenommen oder war zumindest stabil.

6.4.5. BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHER KOSTENDECKUNGSGRAD

Definition und Einbettung des Indikators

Der betriebswirtschaftliche Kostendeckungsgrad von Firmen aus der Luftfahrtbranche ist ein Indikator für die Eigenwirtschaftlichkeit der Firmen bzw. der gesamten Branche. In einer stabilen und gesunden Wirtschaftsbranche muss Eigenwirtschaftlichkeit erreichbar und damit ein möglichst hoher Kostendeckungsgrad das Ziel sein. Für gesunde Unternehmen ist ein möglichst hoher Kostendeckungsgrad wünschenswert.

Datengrundlage

Für die Luftfahrtinfrastruktur sind Daten zu den betriebswirtschaftlichen Kostendeckungsgraden von Flughafen- und Flugsicherungsunternehmen in der Pilotrechnung ‚Infrastrukturkosten Luftverkehr‘ des Bundes (ARE/BAZL 2003) erhoben worden.

Im Flugverkehrsbereich können Informationen zum Kostendeckungsgrad von Unternehmen den Finanzberichten der entsprechenden Luftverkehrsunternehmen entnommen werden. Allerdings gibt es in der Schweiz nur wenige Luftverkehrsunternehmen, die börsenkotiert sind und damit ihre Finanzen offen legen.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

a. Luftverkehr

Die Tabelle 51 zeigt beispielhaft die Kostendeckungsgrade von zwei Schweizer Luftverkehrsunternehmen in den Jahren 2003 und 2004. Die SR Technics erreichte in beiden Jahren einen Kostendeckungsgrad von beinahe 100%.

Die grösste Schweizer Fluggesellschaft Swiss hat auch in ihrem zweiten und dritten Betriebsjahr einen Verlust eingeflogen. Der Verlust von 687 Mio. CHF ging im Jahr 2003 auf 140 Mio. CHF im Jahr 2004 zurück. Damit stieg auch der Kostendeckungsgrad von 86% auf 96%. Allerdings ist die Swiss bis heute nicht verlustfrei: In den ersten neun Monaten des Jahres 2005 betrug der Verlust 81 Mio. CHF, der Kostendeckungsgrad lag bei 97%. Mit der Unterstützung der Lufthansa und deren Netzwerk sollte in Zukunft für die redimensionierte Swiss ein kostendeckender Betrieb allerdings möglich sein.

KOSTENDECKUNGSRADE ZWEI AUSGEWÄHLTER LUFTVERKEHRSUNTERNEHMEN (IN %)		
Unternehmen	2003	2004
Swiss	86%	96%
SR Technics	99.6%	99.8%

Tabelle 51 Die Zahlen von SR Technics beziehen sich auf den Gesamtkonzern, d.h. die SR Technics Holding, die nebst der SR Technics Schweiz auch die SR Technics Irland und UK beinhaltet. Quellen: Swiss 2005, SR Technics 2005.

b. Luftinfrastruktur

Die Kostendeckungsgrade der Flughäfen und Flugsicherung (Skyguide) im Jahr 2000 sind in Tabelle 52 und Tabelle 53 dargestellt. Dabei sind die Daten unterschieden nach Landesflughäfen (Zürich, Genf, Basel) und Regionalflugplätzen (Bern, Lugano, St. Gallen, Sion).

KOSTENDECKUNGSRADE DER FLUGHÄFEN IM JAHR 2000 (IN %)			
	Landesflughäfen	Regionalflugplätze	Total
Aviation	93%	97%	93%
Non Aviation	197%	95%	193%
Total	123%	97%	122%

Tabelle 52 Landesflughäfen: Flughäfen Zürich, Genf und Basel. Regionalflugplätze: Bern, Lugano, St. Gallen, Sion. Quelle: ARE/BAZL 2003. Lesebeispiel: Der (betriebswirtschaftliche) Kostendeckungsgrad für den Aviation Bereich beträgt 93%.

Bei den Flughäfen ist der Bereich Aviation bei den Landesflughäfen aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht kostendeckend (93%). Der Bereich Non-Aviation der Flughafenbetreiber dagegen weist eine sehr hohe Kostendeckung von knapp 200% aus. Der Bereich Non-Aviation querfinanziert den Bereich Aviation bei den Landesflughäfen im Ausmass von 35 Mio. CHF oder 7% der Kosten des Bereichs Aviation.

Bei den Regionalflugplätzen sind zwischen Aviation und Non-Aviation kaum Unterschiede festzustellen. Es findet bei diesen Flughäfen keine Quersubventionierung zwischen den Bereichen Non-Aviation und Aviation statt. Insgesamt liegt der betriebswirtschaftliche Kostendeckungsgrad bei den Regionalflugplätzen klar unter jenem der Landesflughäfen. Vergleicht man jedoch nur je den Bereich Aviation, so schneiden die Regionalflugplätzen in Bezug auf den Kostendeckungsgrad leicht besser ab.

Auf die Flughäfen insgesamt bezogen liegt der betriebswirtschaftliche Kostendeckungsgrad bei 122% – und damit über 100%. Das heisst, dass die Flughäfen insgesamt kostendeckend arbeiten. Allerdings sind bei allen oben angegebenen Werten zum betriebswirtschaftlichen Kostendeckungsgrad die Beiträge der öffentlichen Hand ebenfalls berücksichtigt.

KOSTENDECKUNGSGRADE FLUGSICHERUNG (SKYGUIDE) IM JAHR (IN %)			
	Landesflughäfen	Regionalflugplätze	Total
Total Instrumentenflug (IFR)	109%	27%	107%
Total Sichtflug (VFR)	41%	13%	30%
Total	106%	20%	101%

Tabelle 53 Quelle: ARE/BAZL 2003.

Insgesamt ist die Flugsicherung kostendeckend. Aber zwischen den einzelnen Nachfragern von Flugsicherung sind ebenfalls Quersubventionierungen festzustellen:

- › Der Instrumentenflug (IFR) subventioniert den Sichtflug (VFR).
- › Die Landesflughäfen subventionieren die Regionalflughäfen, genauer gesagt die Gebühren am Flughafen Zürich subventionieren die übrigen Flughäfen.
- › Und - in der Tabelle nicht ersichtlich - die Grossaviatik (Charter- und Linienverkehr) subventioniert die General Aviation, die zum Grossteil der Leichtaviatik zuzuordnen ist.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) hat sich eingehend mit der Frage beschäftigt ob und wie diese Quersubventionierung aufgehoben werden kann (BAZL 2005a). Dabei wurden 5 mögliche Szenarien zur Behebung der Quersubventionierung und deren Folgen untersucht. Die VFR-Fliegerei ist auf Grund europaweit vereinheitlichter Regelungen gebührenbefreit, muss die Flugsicherungsdienste im Luftraum aber trotzdem nutzen, da VFR-IFR-gemischter Verkehr einer Flugsicherung bedarf. Dies trägt zu einer erhöhten Sicherheit bei, weshalb ein Abbau bei der Flugsicherung beim gemischten Verkehr nicht in Betracht gezogen wird. Ebenso wenig ist in der aktuellen Lage eine Übernahme der Subventionierung des VFR-Verkehrs durch den Bund vorgesehen. Das BAZL kommt zum Schluss, dass die Elimination der Quersubventionierungen in vielen Fällen mehr Kosten als Erträge generiert. Zudem hätte die Elimination in wesentlichen Bereichen einen absolut negativen Einfluss auf die Sicherheit und würde nicht wünschenswerte Folgen für Flugschulen, Unterhalts- und Zulieferbetriebe bewirken. Deshalb strebt das BAZL an, einzig die künftige Verrechnung der Kosten für den Flugwetterdienst an die VFR-Fliegerei weiter zu verfolgen. Diese Massnahme würde zu einer signifikanten Verteuerung der Anfluggebühren beim VFR führen und eine leichten Entlastung des IFR-Verkehrs bewirken. Dies würde die Quersubventionierung verringern ohne die Sicherheit negativ zu tangieren.

6.4.6. PRODUKTIVITÄT

Definition und Einbettung des Indikators

Für eine effiziente Erstellung von Flugverkehrsdienstleistungen ist eine steigende Produktivität nützlich. Eine hohe (steigende) Produktivität deutet auf eine hohe (steigende) Effizienz und ist damit ein Indikator für die Wettbewerbsfähigkeit der Branche. Relevant ist dabei der Vergleich mit anderen Branchen.

Datengrundlage

Die Daten zur Produktivität der Luftfahrtbranche in der Schweiz stammen aus den zwei Projekten ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen‘ (SIAA 2003) sowie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien‘ (AFV 2005). Zum Teil wurden die entsprechenden Daten aus diesen Studien aufdatiert, vor allem für die beiden Flughäfen Genf und Basel.

Die Produktivität ist hier definiert als Quotient aus Bruttowertschöpfung (BWS) geteilt durch die Anzahl Beschäftigter (in Vollzeitäquivalenten, VZÄ).

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Tabelle 54 zeigt die zeitliche Entwicklung der Produktivität in der Schweizer Luftfahrtbranche, sowohl in absoluten Zahlen als auch die relative Entwicklung.

PRODUKTIVITÄT IM LUFTVERKEHR			
	2000	2002	2004
Absolute Werte (CHF/VZÄ)			
Zürich	159'700	148'600	185'500
Genf	132'600	130'400	133'700
Basel	113'300	113'300	107'100
Total	146'700	139'300	159'400
Relative Entwicklung (Jahr 2000 als Basiswert)			
Zürich	100.0%	93.1%	116.2%
Genf	100.0%	98.4%	100.9%
Basel	100.0%	100.0%	94.5%
Total	100.0%	94.9%	108.6%

Tabelle 54 Die Daten umfassen alle Firmen im Bereich Airline related (= Airline-nahe Unternehmen: Fluggesellschaften, Technikfirmen, Bodenabfertigungsfirmen, Cateringunternehmen, etc.) und Airport related (Flughafen-nahe Unternehmen: Flughafenbetreiber, Flugsicherheit, Zoll, Polizei, etc.) auf dem Gebiet der Flughäfen. VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: SIAA 2003, AFV 2005 sowie zusätzliche eigene Berechnungen.

Nach einem Rückgang zwischen 2000 und 2002 (Ausnahme: Basel) ist die Produktivität in der Luftfahrtbranche von 2002 bis 2004 wieder deutlich gestiegen. Der Rückgang bis 2002 ist v.a. auf das Grounding der Swissair sowie die allgemeine Krise in der Luftfahrt nach dem 11. 9. 2001 und mit SARS zurückzuführen. Gleichzeitig wurden in der Schweiz auch weniger Investitionen in der Branche getätigt, was die Wertschöpfung und damit die Produktivität tendenziell weiter verringerte. Im Zuge der Restrukturierungsmassnahmen und dem Stellenabbau bei der Swiss sowie deren Zulieferunternehmen ist die Produktivität in der Folge wieder angestiegen.

Ein Vergleich mit anderen Dienstleistungsbranchen zeigt, dass die Produktivität im Luftverkehr in der Schweiz über der durchschnittlichen Produktivität der Verkehrsbranchen (NOGA 60-64) liegt (Tabelle 55). Allerdings liegen andere Dienstleistungsbranchen – vor allem der Banken- und Versicherungssektor sowie die öffentliche Verwaltung – bezüglich Produktivität deutlich über dem Luftverkehr.

PRODUKTIVITÄT IN ANDEREN DIENSTLEISTUNGSBRANCHEN DER SCHWEIZ IM JAHR 2003		
Branche	NOGA-Code	Produktivität (CHF/VZÄ)
Verkehr, Nachrichtenübermittlung	60-64	128'000
Banken/Kreditgewerbe	65	358'100
Versicherungen	66	454'700
Immobilien, Unternehmensbezogene Dienstleistungen, Informatik, Vermietung, Forschung	70-74	125'200
Gesamte Wirtschaft	1-97	141'900
Luftfahrt	Teil von 60-64	140'000 (2002) bis 160'000 (2004)

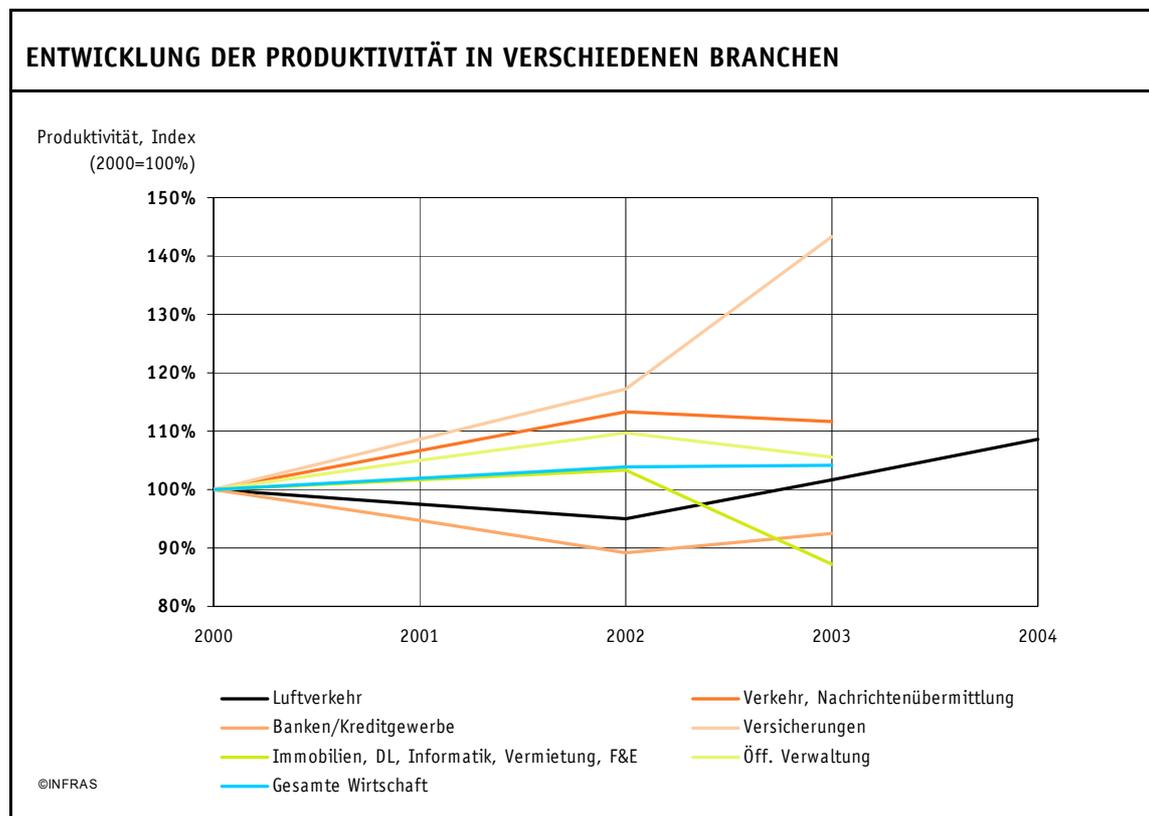
Tabelle 55 VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: BFS Produktionskonto 2003 (BFS 2005a) und Beschäftigungsstatistik 2003 (BFS 2004). Luftfahrt: Quelle siehe Tabelle 54.

Die Figur 55 zeigt den Wachstumspfad der Produktivität ausgewählter Wirtschaftsbranchen im Vergleich zur Luftfahrtbranche. Insgesamt verläuft die Entwicklung des Luftverkehrs verglichen mit anderen Branchen durchschnittlich. Nach dem Einbruch zu Beginn des neuen Jahrtausends hat sich die Luftverkehrsbranche erholt und steigt mittlerweile wieder deutlich an. Im Vergleich zur mittleren Produktivität in der gesamten Verkehrsbranche liegt der Luftverkehr etwas über dem Durchschnitt. Die Produktivität der Luftverkehrsbranche liegt überdies auch höher als im öffentlichen Verkehr, wo im Jahr 2001 folgende Produktivitäten errechnet wurden (Quelle: SBB/VÖV/BAV/BLS 2004):

PRODUKTIVITÄT IN ANDEREN VERKEHRSSBRANCHEN DER SCHWEIZ IM JAHR 2001		
Branche	NOGA-Code	Produktivität (CHF/VZÄ)
Eisenbahnen	Teil von 60-64	133'000
Busse und Nahverkehr	Teil von 60-64	117'000
Personenschiffahrt	Teil von 60-64	105'000
Spezialbahnen	Teil von 60-64	76'000
Öffentlicher Verkehr total	Teil von 60-64	122'500

Tabelle 56

Einzig die Eisenbahnunternehmen weisen annähernd eine ähnlich hohe Produktivität auf wie die Luftfahrtbranche. Alle anderen Verkehrsbranchen haben geringere Produktivitäten.



Figur 55 Quelle: BFS Produktionskonto 2000-2003 (BFS 2005a) und Beschäftigungsstatistik 2000-2003 (BFS 2004). Für die restlichen Branchen (mit Ausnahme des Luftverkehrs) sind (noch) keine Daten für das Jahr 2004 verfügbar.

Das absolute Niveau von Wertschöpfung und Beschäftigung selbst gibt zwar einen guten Hinweis auf die Grösse einer Branche und deren Bedeutung für die Gesamtwirtschaft. Er darf jedoch nicht als alleiniger Indikator für wirtschaftliche Nachhaltigkeit betrachtet werden, da es nicht per se das Ziel ist, möglichst viele Beschäftigte in einem bestimmten Sektor zu

haben, sondern vielmehr einen wettbewerbsfähigen und produktiven Sektor von optimaler Grösse (ohne Über- bzw. Unterkapazitäten) und Stabilität im Vergleich zur Nachfrage und zu den Produktionsmöglichkeiten zu erreichen. Nebst der Produktivität sagt auch die Veränderung der Beschäftigtenzahlen etwas über das Erreichen dieser Ziele aus (siehe Kapitel 6.4.9).

6.4.7. AUSGABEN DER ÖFFENTLICHEN HAND

Definition und Einbettung des Indikators

Die Ausgaben der öffentlichen Hand für den Flugverkehr sind ein Indikator für die Eigenwirtschaftlichkeit der Branche. Grundsätzlich ist eine Minimierung der Kosten für die öffentliche Hand das Ziel. Allerdings gilt dieses Ziel für die Luftfahrtinfrastruktur, d.h. die Flughäfen etwas eingeschränkt. Wenn man davon ausgeht, dass die Luftfahrtinfrastruktur (Flughäfen) Eigenschaften eines meritorischen Gutes besitzt (suboptimale Infrastrukturerstellung unter rein privaten Akteuren), lautet das Ziel nicht unbedingt die Minimierung der öffentlichen Ausgaben für Flughafeninfrastruktur, sondern eine der meritorischen Funktion angemessene (d.h. nicht zu hohe und nicht zu tiefe) Beteiligung der öffentlichen Hand an den Kosten.

Meritorische Güter zeichnen sich dadurch aus, dass sie (a) die volkswirtschaftliche Leistungsfähigkeit beeinflussen, (b) aus humanitären und sozialpolitischen Gründen allen Gesellschaftsmitgliedern zur Verfügung stehen sollten oder c) von gesamtgesellschaftlicher und strategischer Bedeutung sind oder (d) die nationale Sicherheit eines Landes von deren Bereitstellung abhängen kann und daher nicht vollständig dem privaten Sektor überlassen, sondern von staatlicher Seite gefördert werden sollten. Entscheidet nur der private Sektor über die Infrastrukturen von Flughäfen kann eine zu geringe Ausstattung resultieren.

Flughafeninfrastruktur (und Flugsicherheit) wird heute als Gut mit zumindest teilweise meritorischem Charakter betrachtet. Deshalb wird auch eine finanzielle Beteiligung der öffentlichen Hand an den Flughäfen als sinnvoll erachtet.

Im Gegensatz zur Infrastruktur sind Luftverkehrsdienstleistungen (Fluggesellschaften, Bodendienste, technische Betriebe, etc.) keine meritorischen Güter. Deshalb sind im Verkehrsbereich die Ausgaben der öffentlichen Hand möglichst klein zu halten.

Die öffentliche Hand hat natürlich auch Einnahmen aus dem Luftverkehr. Der Grossteil machen dabei wie in den meisten anderen Branchen die Steuereinnahmen aus. Speziell zu erwähnen ist der Flughafen Genf, der auf Grund seiner Rechtsform weiterhin den Gewinn in die Kantonskasse abliefern.

Datengrundlage

Im Bereich Luftverkehr bildet das einmalige Engagement der öffentlichen Hand nach dem Zusammenbruch der Swissair die Grundlage für die Ausgaben der öffentlichen Hand. Eine Übersicht dazu gibt die Botschaft des Bundesrates über die Finanzierung des Redimensionierungskonzepts für die nationale Luftfahrt (7. November 2001, SR 01.067).

Die Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrtinfrastruktur stammen primär aus der Pilotrechnung ‚Infrastrukturkosten Luftverkehr‘ des Bundes (ARE/BAZL 2003).

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

a. Luftverkehr

Im Flugverkehr gibt es grundsätzlich keine finanziellen Unterstützungen von Unternehmen durch den Staat (und auch keinen Leistungsauftrag). Allerdings war dies in der Schweiz in den vergangenen Jahren mit der Krise in der Luftfahrt sowie dem Zusammenbruch der Swissair anders. In den Jahren 2001 und 2002 flossen beträchtliche Beträge der öffentlichen Hand in den Luftverkehr, insbesondere in die Fluggesellschaft Swissair bzw. deren Nachfolgesellschaft Swiss.

Die Beiträge/Beteiligungen der öffentlichen Hand beliefen sich im Zusammenhang mit dem Zusammenbruch der Swissair und dem Aufbau der neuen Fluggesellschaft Swiss auf über 2.5 Mia. CHF (rund 0.6% des BIP/a). Der überwiegende Teil (2.05 Mia. CHF) davon trug der Bund, der Rest die Kantone und Gemeinden, insbesondere die Standortkantone (Zürich, Basel, Genf) sowie die Stadt Zürich.

BEITRÄGE DER ÖFFENTLICHEN HAND ALS FOLGE DES ZUSAMMENBRUCHS DER SWISSAIR BZW. DEM AUFBAU DER SWISS		
Institution	Zahlungszweck	Höhe der Ausgaben
Bund	Zinsfreies Darlehen für Aufrechterhaltung des Flugbetriebs im Oktober 2001	450 Mio. CHF
	Zinsfreies Darlehen für Finanzierung des reduzierten Winterflugplans 2001/2002 bis Ende März 2002	1'000 Mio. CHF
	Beteiligung an der neuen Fluggesellschaft (Kapitalerhöhung Crossair)	600 Mio. CHF
Kanton Zürich	Dito	300 Mio. CHF
Kantone Basel-Stadt und Basel-Land	Dito	31 Mio. CHF
Übrige Kantone	Dito	70 Mio. CHF
Stadt Zürich	Dito	50 Mio. CHF
Standortkantone, Flughafenbetreiber (zusammen mit Banken)	Überrückungsfinanzierung der vitalen flugnahen Betriebe (SR Technics, Atraxis, etc.)	150 Mio. CHF
Total Ausgaben Bund		2'050 Mio. CHF
Total Ausgaben öffentliche Hand		2'651 Mio. CHF

Tabelle 57 Quelle: Botschaft über die Finanzierung des Redimensionierungskonzepts für die nationale Luftfahrt (7. November 2001, SR 01.067).

Diese hohen Ausgaben der öffentlichen Hand für den Flugverkehr haben sich nicht wiederholt. Bund und Kantone haben sich gegen weitergehende Zuschüsse an die neue Fluggesellschaft Swiss gewehrt. Mit der Zustimmung zum Verkauf der Swiss an die deutsche Lufthansa hat der Bund seinen Aktienanteil an der Swiss abgegeben und damit die restrukturierte Swiss ganz dem Markt überlassen. Damit hat der Bund seine Haltung bekräftigt, dass das finanzielle Engagement der öffentlichen Hand für die Swiss eine einmalige Aktion in einer aussergewöhnlichen Situation war und in Zukunft keine weitere finanzielle Unterstützung von Luftverkehrsbetrieben erfolgen soll.

Aus wettbewerbsökonomischer Sicht sind diese Ausgaben der öffentlichen Hand zugunsten von Unternehmen des Luftverkehrs in den Jahren 2001/2002 negativ zu werten. Allerdings musste zu jenem Zeitpunkt befürchtet werden, dass durch das Verschwinden von Tausenden von Arbeitsplätzen bei der nationalen Fluggesellschaft und einer ganzen Reihe von flugnahen Betrieben und Zulieferunternehmen sowie der massiv verschlechterten internationalen Erreichbarkeit des Schweizer Wirtschaftsraumes die volkswirtschaftlichen Folgekosten viel höher wären, als eine Beteiligung am Wiederaufbau der Swiss. Mit diesen Befürchtungen wurden die finanziellen Beiträge der öffentlichen Hand begründet.

b. Luftinfrastruktur

Die finanziellen Beteiligungen der öffentlichen Hand an der Luftfahrtinfrastruktur betreffen zum einen Darlehen (z.B. der Standortkantone) an die Flughafenbetreiber, zum anderen Aktienbeteiligungen an den Flughäfen.

Der Kanton Zürich hat beispielsweise der Flughafenbetreibergesellschaft Unique eine Kreditfazilität von über 826 Mio. CHF gewährt, wobei bis Ende 2004 rund 300 Mio. CHF beansprucht worden sind.

Die gesamten jährlichen Beiträge der öffentlichen Hand an die drei Landesflughäfen beliefen sich gemäss Pilotrechnung ‚Infrastrukturkosten Luftverkehr‘ (ARE/BAZL 2003) im Jahr 2000 auf 117 Mio. CHF (hauptsächlich entgangene Zinskosten durch Kapitalbeteiligungen, u.a. für Infrastrukturausbauten); dies entspricht einem Anteil von rund 0.1% an den Ausgaben der öffentlichen Hand (Bund, Kantone, Gemeinden) im Jahr 2000. Dieser Wert alleine lässt allerdings noch keine Bewertung zu. Dazu müsste abschätzbar sein, in welchem Ausmass die Luftfahrtinfrastruktur ein meritorisches Gut ist und ob der Betrag reicht, die angestrebte, volkswirtschaftlich optimale Infrastrukturausstattung zu erreichen.

6.4.8. BESCHÄFTIGTE UND WERTSCHÖPFUNG DER LUFTFAHRTBRANCHE SOWIE DEREN VORLEISTERN

Definition und Einbettung des Indikators

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sind möglichst hohe indirekte (sich über Vorleistungsbestellungen ergebende) volkswirtschaftliche Wirkungen wünschenswert. Indikatoren für die Wirkung sind unter anderem die Anzahl Beschäftigten oder die Wertschöpfung durch Vorleistungen für die Luftfahrtbranche in der Schweiz. Berücksichtigt werden nicht nur die direkten Zulieferunternehmen der Luftfahrtbranche sondern auch wiederum die Zulieferer der direkten Zulieferer, usw. Das Ziel ist dabei eine möglichst hohe inländische Beschäftigung oder Wertschöpfung über die Produktion der Vorleistungen für Luftfahrtbranche. Für die Schweizer Volkswirtschaft ist ein möglichst hoher inländischer Vorleistungsanteil entsprechend positiv zu werten.

Nebst den indirekten Effekten durch Vorleistungen sind auch die direkte Wertschöpfung und Beschäftigung der Luftfahrtbranche selbst wichtige Indikatoren. Diese Grössen sind in absoluten Zahlen ein Indikator für die Bedeutung einer Branche innerhalb einer Volkswirtschaft, sollen aber durch Indikatoren für die Flexibilität und Stabilität der Luftfahrt als Wirtschaftsbranche ergänzt werden, beispielsweise die Schwankungen (Veränderungsraten) von Wertschöpfung und Beschäftigung (siehe folgendes Kapitel 6.4.9).

Datengrundlage

Die Anzahl Beschäftigte der Luftfahrtbranche und deren Vorleistern im Inland sowie die dadurch generierte inländische Wertschöpfung wurden für die Schweizer Landesflughäfen in den beiden Projekten ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen‘ (SIAA 2003) sowie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien‘ (AFV 2005) erarbeitet. Zum Teil wurden die entsprechenden Daten aus diesen Studien für die vorliegende Arbeit noch aufdatiert, vor allem für die beiden Flughäfen Genf und Basel. Dabei werden nur die Vorleistungen von ausserhalb des Flughafens („off-airport“) mit gerechnet. Alle Aktivitäten von Airline-nahen oder Flughafen-nahen Betrieben auf dem Areal des Flughafens werden direkt als Teil der Luftfahrtbranche betrachtet und nicht zu den Vorleistungen gerechnet.

Die Daten für 1995 und 1998 wurden nicht gleich detailliert erhoben wie für die Jahre 2000 bis 2004, sondern nur durch eine grobe Rückwärts-Extrapolation berechnet. Die Extrapolation geschah auf Basis der Anzahl Vollzeitbeschäftigten der NOGA-Gruppen 62.10 (Linienflugverkehr), 62.20 (Gelegenheitsflugverkehr) und 63.23 (Sonstige Hilfstätigkeiten Luftfahrt) mit Daten aus der Beschäftigtenstatistik 1995 und 1998 des BFS (BFS 200b).

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Direkt waren im Jahr 2004 in der Luftfahrtbranche auf den drei Landesflughäfen knapp 30'000 Vollzeitbeschäftigte tätig. Die damit verbundene Wertschöpfung betrug rund 4.5 Mia. CHF (Tabelle 58). Durch Vorleistungen für Luftfahrtunternehmen auf den drei Landesflughäfen wurde im Jahr 2004 im Inland insgesamt eine Beschäftigungswirkung von 13'600 Vollzeitäquivalenten erzielt. Gleichzeitig resultierte daraus im Inland eine Wertschöpfung von insgesamt 1.7 Mia. CHF.

INLÄNDISCHE BESCHÄFTIGUNG UND WERTSCHÖPFUNG DER LUFTFAHRTBRANCHE 2004				
	Zürich	Genf	Basel	Total
Direkter Effekt (durch Luftfahrtbranche selbst)				
Beschäftigte (in VZÄ)	18'010	6'977	4'826	29'812
Wertschöpfung (in Mio. CHF/a)	3'081	924	513	4'519
Indirekter Effekt (durch Vorleistungen für Luftfahrtbranche)				
Beschäftigte (in VZÄ)	8'310	1'627	3'665	13'603
Wertschöpfung (in Mio. CHF/a)	1'055	207	465	1'728

Tabelle 58 VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: SIAA 2003, AFV 2005 sowie zusätzliche eigene Berechnungen.

In der zeitlichen Entwicklung ist erkennbar, dass die Beschäftigung (direkt und auch indirekt über Vorleistungen) in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre einigermassen kontinuierlich gestiegen ist. Nach dem Höhepunkt im Jahr 2000 ist die Beschäftigung dann aber um 18% (direkt in der Luftfahrtbranche) bzw. um über 25% (indirekt durch Vorleistungen) gesunken (Tabelle 59), hat sich aber zwischen 2002 und 2004 wieder stabilisiert.

INLÄNDISCHE BESCHÄFTIGUNG DER LUFTFAHRTBRANCHE: ZEITLICHE ENTWICKLUNG					
	1995*	1998*	2000	2002	2004
Direkter Effekt (durch Luftfahrtbranche selbst)					
Beschäftigte absolut (in VZÄ)	36'400	34'900	38'900	31'900	29'800
Beschäftigte relativ (vgl. mit 1995)	100%	96%	107%	88%	82%
Indirekter Effekt (durch Vorleistungen für Luftfahrtbranche)					
Beschäftigte absolut (in VZÄ)	17'100	16'400	18'300	13'500	13'600
Beschäftigte relativ (vgl. mit 1995)	100%	96%	107%	79%	80%

Tabelle 59 VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: SIAA 2003, AFV 2005 sowie zusätzliche eigene Berechnungen.

*: Die Daten für 1995 und 1998 wurden durch eine grobe Rückwärts-Extrapolation berechnet, auf Basis der Beschäftigtenstatistik des BFS (BFS 2005b).

Die Daten machen sehr deutlich, dass der Flughafen Zürich bezüglich Beschäftigungswirkung sowie generierter Wertschöpfung eine überragende Bedeutung hat. Für die volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich spielt unter anderem auch die Existenz des Hubs eine wichtige Rolle. Die direkte Wertschöpfung auf dem Flughafen Zürich wäre beispielsweise ohne Hub im Jahr 2004 rund 27% tiefer gewesen als im heutigen Zustand (AFV 2005).

6.4.9. VERÄNDERUNG DER BESCHÄFTIGTEN- UND WERTSCHÖPFUNGSZAHLEN

Definition und Einbettung des Indikators

Die Veränderung der Beschäftigtenzahlen ist ein Indikator für die Stabilität einer Branche. Je grösser die Abnahmen bei der Anzahl Beschäftigten, desto stärker ist eine Branche auf die Absorptionsfähigkeit der restlichen Wirtschaft bzw. anderen Branchen angewiesen und vice versa. Eine relativ stabile Beschäftigungszahl über die Zeit kann anzeigen, dass ein Sektor in einem stabilen Zustand ist, kann aber nicht per se als wünschenswert angestrebt werden. Im Zuge des laufenden Strukturwandels und den zunehmenden Anforderungen an die unternehmerische Flexibilität kann es auch nötig und volkswirtschaftlich sinnvoll sein, dass es einen Abbau an Arbeitsplätzen in einer Branche gibt. Andauernd stärkere Schwankungen gegen oben und unten sind jedoch aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht wün-

schenswert, weil dadurch die Absorptionsfähigkeit anderer Branchen strapaziert wird bzw. durch zusätzliche Arbeitslose Kosten für die Allgemeinheit entstehen.

Datengrundlage

Die Anzahl der Beschäftigten in der Luftfahrtbranche wurde für die Schweizer Landesflughäfen in den beiden Projekten ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen‘ (SIAA 2003) sowie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien‘ (AFV 2005) erarbeitet. Zum Teil wurden die entsprechenden Daten aus diesen Studien noch aufdatiert, vor allem für die beiden Flughäfen Genf und Basel. Die Beschäftigtenzahlen umfassen alle Beschäftigten auf dem Flughafenareal (,on airport), d.h. Beschäftigte von Airline-nahen Betrieben (Airlines, technische Betriebe, Bodendienste), Flughafen-nahen Firmen (Flughafenbetreiber, Zoll, Polizei, etc.) wie auch von Firmen im Detailhandel- und Gastronomiebereich.

Die Daten für 1995 und 1998 wurden nicht gleich detailliert erhoben wie für die Jahre 2000 bis 2004, sondern nur durch eine grobe Rückwärts-Extrapolation berechnet. Die Extrapolation geschah auf Basis der Anzahl Vollzeitbeschäftigten der NOGA-Gruppen 62.10 (Linienflugverkehr), 62.20 (Gelegenheitsflugverkehr) und 63.23 (Sonstige Hilfstätigkeiten Luftfahrt) mit Daten aus der Beschäftigtenstatistik 1995 und 1998 des BFS (BFS 2005b).

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Nach einem letzten Anstieg der Beschäftigtenzahl Ende der neunziger Jahre sank die Anzahl der Beschäftigten in der Schweizer Luftfahrtbranche seit dem Jahr 2000 kontinuierlich (Tabelle 60). Zwischen 2000 und 2002 sank sie auf den drei Schweizer Landesflughäfen um rund 18%, von 2002 bis 2004 ging die Zahl nochmals um knapp 7% zurück. Allerdings gilt es zu betonen, dass die Entwicklung auf allen drei Landesflughäfen unterschiedlich verlaufen ist. Während auf dem Flughafen Zürich zwischen 2000 und 2004 kontinuierlich Stellen verloren gegangen sind, nahm die Beschäftigtenzahl in Basel zwischen 2000 und 2002 als Folge der Verlagerung des Swiss-Hauptsitzes nach Basel zuerst zu, um anschliessend zwischen 2002 und 2004 wieder drastisch zu sinken (v.a. infolge Restrukturierungen bei der Swiss). In Genf dagegen ist eine Redimensionierung bereits Ende der neunziger Jahre geschehen. Zwischen 2000 und 2004 ist die Beschäftigtenzahl am Flughafen Genf dann bereits wieder gestiegen.

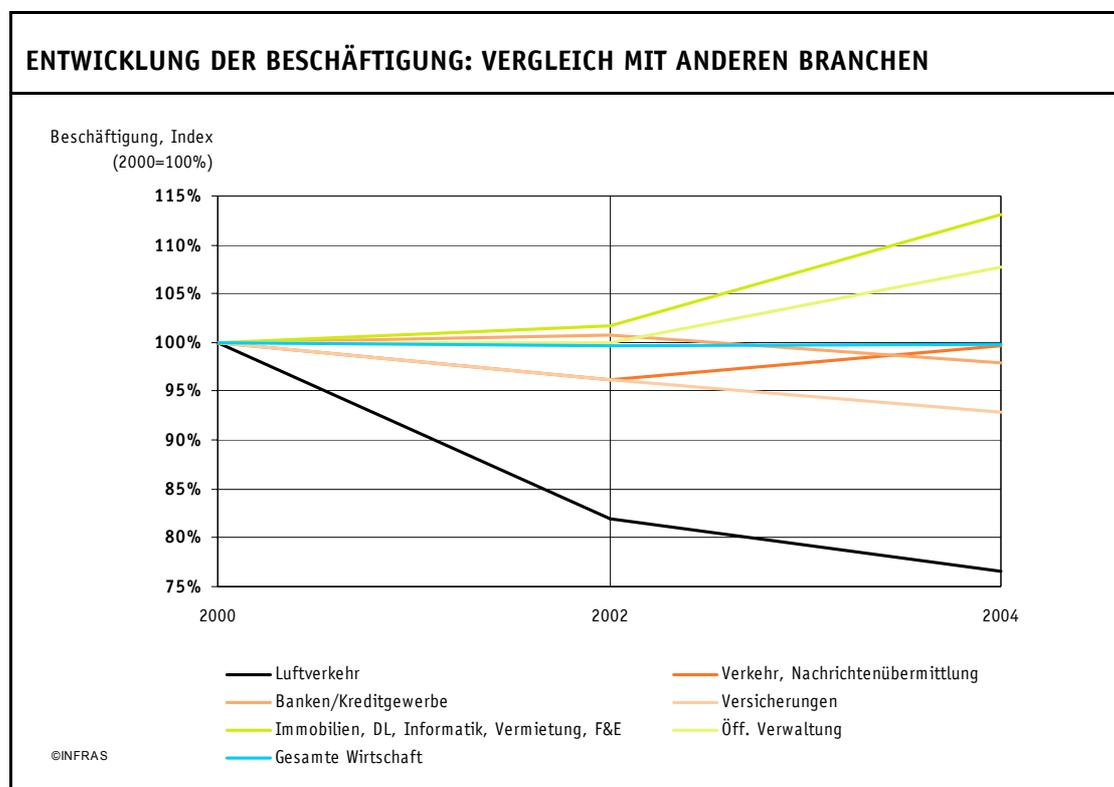
BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG IN DER LUFTFAHRTBRANCHE					
	1995*	1998*	2000	2002	2004
Beschäftigte absolut (in VZÄ)	40'600	34'900	38'900	31'900	29'800
Beschäftigte relativ (vgl. mit 1995)	100%	86%	96%	79%	73%

Tabelle 60 VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: SIAA 2003, AFV 2005 sowie zusätzliche eigene Berechnungen.

*: Die Daten für 1995 und 1998 wurden durch eine grobe Rückwärts-Extrapolation berechnet, auf Basis der Beschäftigtenstatistik des BFS (BFS 2005b).

Ein Vergleich mit der Beschäftigungsentwicklung in anderen Branchen zeigt, dass die Luftverkehrsbranche seit 2000 eine solch negative Entwicklung durchgemacht hat wie sonst keine vergleichbare Branche im Dienstleistungssektor (Figur 56). Während im Luftverkehr die Beschäftigung zwischen 2000 und 2004 um über 13% zurückging, blieb sie in der gesamten Wirtschaft in etwa stabil (-0.1%). Zwar verzeichneten auch andere Dienstleistungsbranchen – insbesondere die Finanzbranche – zwischen 2000 und 2004 Rückgänge bei den Beschäftigungszahlen. Allerdings waren diese Reduktionen deutlich kleiner (Versicherungen: -7%, Banken: -2%) als im Luftverkehr. Die gesamte Verkehrsbranche beschäftigte nach einem kleinen Einbruch im Jahr 2002 im Jahr 2004 in etwa gleich viele Personen wie im Jahr 2000.

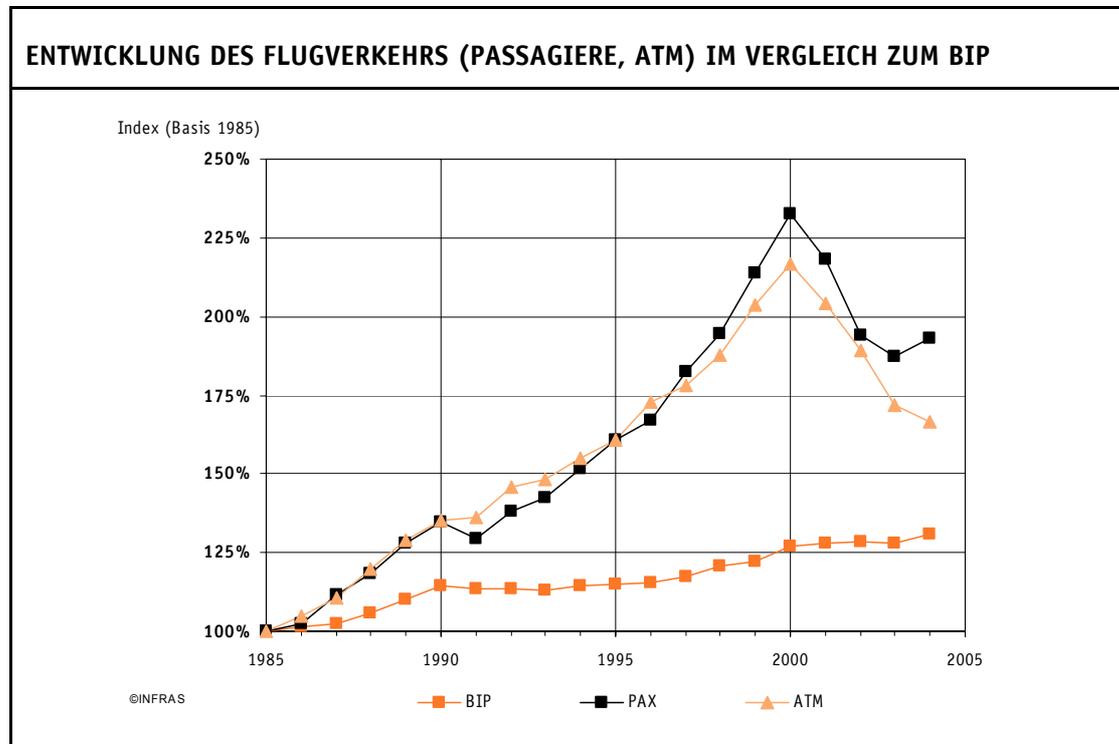
Die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen und der Wertschöpfung im Luftverkehr verläuft auf Grund der Natur des Luftverkehrs - steigende Nachfrage für Geschäftsverkehr bei guten Geschäftsgängen und steigende Nachfrage nach Freizeitverkehr bei positiver Entwicklung der verfügbaren Haushaltseinkommen - eher zyklisch zur restlichen Wirtschaft. Eine antizyklische Wirkung wäre aus Nachhaltigkeitssicht grundsätzlich positiv zu werten, weil dies die Konjunktorentwicklung stabilisiert und glättet. Allerdings weisen die meisten Wirtschaftsbranchen eher zyklischen Charakter auf.



Figur 56 Quellen: SIAA 2003, AFV 2005, eigene Berechnungen sowie Beschäftigungsstatistik 2000-2003 (BFS 2003b).

Ein Vergleich der Entwicklung der Flugbewegungen und Passagierzahlen auf den Schweizer Flughäfen bestätigt die Aussage, dass sich der Flugverkehr nicht antizyklisch zur allgemeinen Wirtschaftsentwicklung verhält. Die Entwicklung der Passagier- und Beschäftigtenzahlen im Flugverkehr zeigen im Vergleich zur BIP-Entwicklung stärkere Ausschläge als andere Branchen oder die gesamtwirtschaftlichen Aggregate. Die beiden Einbrüche im Luftverkehr zu Beginn der neunziger Jahre und zu Beginn des neuen Jahrtausends erfolgten nämlich als auch die gesamte Wirtschaft stagnierte bzw. die BIP-Entwicklung stagnierte oder gar sank.

Ob nun die Krise in der Luftfahrt die Stagnation der Gesamtwirtschaft verlängert hat oder ob umgekehrt die ungünstige Wirtschaftslage die Luftverkehrsbranche zusätzlich negativ beeinflusst hat, ist kaum schlüssig zu beantworten. Beides dürfte eine Rolle spielen. Sicher ist jedenfalls, dass die Luftfahrt keine stabilisierende Wirkung auf die Gesamtwirtschaft hat. Im Gegenteil: In den letzten Jahren erfolgten im Luftverkehr häufig starke, schockartige Änderungen der Beschäftigung, wodurch die Absorptionsfähigkeit von anderen Wirtschaftsbranchen stark beansprucht wurde.



Figur 57

6.4.10. INDUZIERTER EFFEKT

Definition und Einbettung des Indikators

Der induzierte Effekt beschreibt die kausal weitere Verflechtung des Luftverkehrs und seiner Vorleister mit der übrigen Wirtschaft. Der induzierte Effekt geht von den Einkommen, die bei den Luftverkehrsunternehmen direkt oder deren Vorleistern dank dem Luftverkehr an Einkommen entsteht. Dieses Einkommen wird zu einem grösseren Teil wieder in der Schweiz ausgegeben oder gespart. Diese ist mit weiterer Wertschöpfung in anderen Branchen und wiederum deren Vorleistern verbunden. Dies kann über einen Multiplikator berechnet werden, der mit den Einkommen direkt und indirekt aus der Luftfahrt multipliziert wird. Die errechnete Grösse zeigt aber nicht eine dank des Luftverkehrs entstandene wirtschaftliche Leistung, sondern gibt eine Information wie die Einkommen aus einer Branche mit der übrigen Wirtschaft verflochten sind. Würden alle Beschäftigten im Luftverkehr in einer anderen Branche arbeiten, würde der induzierte Effekt in praktisch unveränderter Weise fortbestehen, während der direkte Effekt bei der Luftfahrt ganz wegfallen und der indirekte Effekt eine stark veränderte Branchenstruktur aufweisen würde.

Der induzierte Effekt wird wegen der schwachen kausalen Verbindung nicht als Indikator im Bereich Wirtschaft quantifiziert. Seine Bedeutung verhält sich voll proportional zur Summe des direkten und indirekten Effekts.

6.4.11. PASSAGIERSEITIG-KATALYTISCHER EFFEKT

Definition und Einbettung des Indikators

Unter passagierseitig-katalytischen Effekten versteht man die Wertschöpfung und Beschäftigung, die durch die Ausgaben der ausländischen Flugpassagiere in der Schweiz generiert werden. Indem ausländische Flugpassagiere in der Schweiz Ausgaben tätigen (z.B. in der Tourismusbranche, dem Verkehr etc.), werden positive volkswirtschaftliche Effekte generiert, die mit dem Luftverkehr in gewissem Zusammenhang stehen.

Der passagierseitig-katalytische Effekt hängt von der Anzahl der die Schweiz einreisenden, ausländischen (Lokal-)Passagiere ab. Überdies ist er abhängig von den durchschnittlichen Ausgaben, die ein solcher Passagier in der Schweiz tätigt. Diese Ausgaben sind je nach Herkunft der Passagiere unterschiedlich gross. So konnte mittels einer Umfrage am Flughafen Zürich gezeigt werden, dass beispielsweise ein Passagier aus dem nahen oder mittleren Osten im Durchschnitt in der Schweiz fast doppelt so viel Geld ausgibt wie ein europäischer Passagier. Einen weiteren wichtigen Einfluss auf die Höhe des passagierseitig-katalytischen Effekts hat der inländische Wertschöpfungsanteil der von den ausländischen Passagieren nachgefragten Güter. Grundsätzlich stellt auf der anderen Seite ein Inländer, der ins Ausland fliegt und dort Ausgaben tätigt einen Mittelabfluss für die Schweiz dar. Bei der Bewertung der Zu- und Abflüsse ist entscheidend, ob angenommen wird, dass ohne ein Luftverkehrsangebot die jeweiligen Reisen trotzdem mit anderem Verkehrsmittel oder eben gar nicht mehr durchgeführt würden.

- › Beim Luftverkehr kann für die Inländer angenommen werden, dass bei Ferienreisen ein grosser Anteil auch ohne Luftverkehrsangebot die Ferien im Ausland verbringen würde, ev. einfach weniger weit weg.
- › Bei den ausländischen Touristen, die in die Schweiz kommen dagegen würde ein grösserer Teil nicht mit anderen Verkehrsmitteln in die Schweiz einreisen, sondern andere, besser erreichbare Ziele wählen. Deshalb wird beim passagierseitig-katalytischen Effekt meist nur der Effekt über die Ausgaben der ins Inland kommenden Touristen betrachtet.
- › Bei den Geschäftsreisen ist es tendenziell für die in- und ausländischen Passagiere (Incoming und Outgoing) so, dass ein grösserer Teil der Reisen in Europa auch ohne Luftver-

kehrangebot gemacht würden. Bei Überseeflügen ist es für In- und Ausländer schwierig diese zu substituieren.

Datengrundlage

Für die passagierseitig-katalytischen Effekte sind die Anzahl der ausländischen Lokalpassagiere (also Totalpassagiere minus Transfer- sowie Transitpassagiere) je Kontinent sowie deren durchschnittliche Ausgaben in der Schweiz entscheidend. Für die Studie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung der schweizerischen Landesflughäfen‘ (SIAA 2003a) wurden solche Daten verwendet und daraus der passagierseitig-katalytische Effekt für die Schweizer Flughäfen für die Jahre 2000 und 2002 berechnet. Die Angaben zu den Ausgaben von ausländischen Lokalpassagieren der einzelnen Kontinente stammen aus der Passagierbefragung am Flughafen Zürich (IHA-GfK 2003) im Zusammenhang mit der SIAA-Studie.

Für den Flughafen Zürich wurde im Rahmen der Studie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien‘ (AFV 2005) der katalytisch-passagierseitige Effekt für das Jahr 2004 aufdatiert. Für die anderen Flughäfen konnte bis jetzt kein solches Update vorgenommen werden.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Die über die Ausgaben der ausländischen Flugpassagiere generierte Wertschöpfung in der Schweiz betrug im Jahr 2002 insgesamt 6.2 Mia. Franken. Im Jahr 2000 hatte die Wertschöpfung noch rund 10% höher gelegen, nämlich bei knapp 6.9 Mia. CHF (siehe Tabelle 61). Der Rückgang ist auf die starke Reduktion des Passagierolumens zwischen 2000 und 2002 zurückzuführen. Allerdings ist der Rückgang der passagierseitig-katalytischen Wertschöpfung mit -10% deutlich geringer ausgefallen als der gesamte Passagierrückgang in dieser Zeit (-17%). Dies liegt daran, dass zwischen 2002 und 2000 vor allem die Transferpassagiere überproportional stark abgenommen haben, welche den Flughafen nicht verlassen, praktisch keine Ausgaben in der Schweiz tätigen und damit nur unwesentlich zum passagierseitig-katalytischen Effekt beitragen.

Interessant ist zudem die Verteilung nach Flughäfen, die in der Tabelle 61 zu sehen ist.

PASSAGIERSEITIG-KATALYTISCHER EFFEKT NACH FLUGHAFEN 2002 (BZW. 2000)								
	2002							2000
	Zürich	Genf	Basel	Bern	St. Gallen	Lugano	Total	Total
Ausgaben ausländischer Passagiere (in Mio. CHF/a)	1'158	1'565	398	32	5	10	3'168	3'565
Durch diese Ausgaben generierte Wertschöpfung (in Mio. CHF/a)	2'382	3'219	517	67	10	21	6'217	6'867

Tabelle 61 Quelle: SIAA 2003a.

Weil Zürich einen sehr hohen Anteil an Transferpassagieren hat, die über den katalytisch-passagierseitigen Effekt kaum Wertschöpfung in der Schweiz generieren, sind die katalytischen Effekte in Zürich im Verhältnis zum Passagiervolumen unterproportional. Dazu kommt ein unterproportionaler Anteil von ausländischen Passagieren. Genf dagegen hat einen hohen Anteil an ausländischen Passagieren, die als Touristen oder als Geschäftsleute in der Region und der gesamten Schweiz Geld ausgeben. Die Bedeutung von Basel beim katalytischen Effekt für die Schweiz ist – entsprechend seiner Rolle als trinationaler Flughafen mit grosser Bedeutung auch für das Elsass und Südbaden – relativ klein.

Für den Flughafen Zürich wurden im Rahmen einer Studie für den Kanton Zürich (AFV 2005) die passagierseitig-katalytischen Effekte für das Jahr 2004 aufdatiert. Nach dem Rückgang der Ausgaben der ausländischen Passagiere von gut 12% zwischen 2000 und 2002, stiegen die Ausgaben bis ins Jahr 2004 um über 10% an, obwohl die gesamte Passagierzahl zwischen 2002 und 2004 auf dem Flughafen Zürich nochmals um 4% zurück ging. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieser Passagierrückgang zwischen 2002 und 2004 auf eine starke Reduktion der Transferpassagiere zurückzuführen ist, während die Anzahl Lokalpassagiere wieder um über 10% zunahm.

ENTWICKLUNG DES PASSAGIERSEITIG-KATALYTISCHEN EFFEKTS AM FLUGHAFEN ZÜRICH			
	2000	2002	2004
Ausgaben ausländischer Passagiere (in Mio. CHF/a)	1'322	1'158	1'281
Durch diese Ausgaben generierte Wertschöpfung (in Mio. CHF/a) (in Klammern: Zunahme gegenüber Vorjahr)	2'719	2'382 (-12.4%)	2'636 (+10.6%)

Tabelle 62 Quelle: AFV 2005 und eigene Berechnungen.

Bei der Betrachtung des passagierseitig-katalytischen Effekts wird deutlich, dass die Transferpassagiere aus volkswirtschaftlicher Sicht auf den ersten Blick weniger bedeutend sind als die Lokalpassagiere, die hier in der Schweiz Geld ausgeben und Wertschöpfung generieren. Auf den zweiten Blick sind die Transferpassagiere aber doch wichtig, denn ohne sie wäre der Betrieb eines Hubkonzepts durch eine Airline in der Schweiz nicht möglich, weil die Flüge auf dem dichten Destinationennetz nicht allein mit Lokalpassagieren auszulasten sind.

Im Gegensatz zu anderen Indikatoren (z.B. Beschäftigung durch Vorleistungen) ist der passagierseitig-katalytische Effekt zwischen 2002 und 2004 bereits wieder angestiegen, weil die Zahl der Lokalpassagiere wieder angestiegen ist.

6.4.12. NICHT INTERNALISIERTE UNFALL- UND UMWELTKOSTEN

Definition und Einbettung des Indikators

Externe Kosten ergeben sich aus nicht erwünschten Nebeneffekten bei der Erstellung von Luftverkehrsdienstleistungen. Relevant sind vor allem die Umwelt- sowie die Unfallkosten. Die Umweltkosten entstehen aufgrund negativer Einflüsse des Luftverkehrs auf die Umwelt. Von Bedeutung sind dabei die Schäden durch Luftverschmutzung (Gesundheitsschäden, Gebäudeschäden), die negativen Wirkungen von Fluglärm (Gesundheitskosten und Mietzinsausfälle⁶⁹), die Schäden an Natur und Landschaft sowie Klimaschäden durch die Emission von Treibhausgasen.

Ungedeckte (oder nicht internalisierte) externe Effekte sind ein Indikator dafür, ob in einer Branche verursachergerechte Preise vorliegen. Je höher die nicht internalisierten externen Effekte sind, desto weniger verursachergerecht bzw. stärker verzerrt sind die Preise. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist die Internalisierung der externen Kosten in die Preise und damit Kostenwahrheit Voraussetzung für eine effiziente Allokation der Ressourcen und somit Ziel. Eine effiziente Preisgestaltung erfordert eine möglichst vollständige Internalisierung der externen Kosten.

Datengrundlage

Für die Schweiz liegen keine offiziellen Schätzungen der externen Kosten des Luftverkehrs vor. Wir greifen deshalb auf verschiedene Quellen zurück. Die Grundlage für die Bestimmung der externen Kosten des Luftverkehrs in der Schweiz (nur Linien- und Charterver-

⁶⁹ Vgl. Kapitel 3.4.8 Lärmkosten.

kehr) bilden unter anderem die europäische Studie ‚External Costs of Transport‘ (INFRAS/IWW 2004), das EU-Forschungsprojekt UNITE (UNITE 2002), die ARE-Studie zu dem Klimakosten des Strassen- und Schienenverkehrs (ARE/INFRAS 2006) sowie eigene Berechnungen auf Basis dieser Studien. Für den Flughafen Zürich sind überdies Daten vorhanden aus der Studie ‚Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien‘ (AFV 2005).

Die grösste Unsicherheit ergibt sich bei der Beurteilung der Klimaeffekte des Luftverkehrs. Ein konsolidierter unterer Wert für die Schätzungen ist gemäss nationalen und internationalen Forschungsarbeiten (UNITE 2002, ARE/INFRAS 2006) ein Wert von rund 20 Euro pro Tonne CO₂ (bzw. 35 CHF/t CO₂). Dieser Wert entspricht den durchschnittlichen Vermeidungskosten zur Erreichung der Kyoto-Ziele basierend auf internationalem Emissionshandel sowie den flexiblen Kyoto-Mechanismen. Im Weiteren wird eine Sensitivitätsrechnung mit einem Wert von 80 CHF/t CO₂ durchgeführt. Dieser Wert ergibt sich aus einer langfristigen Betrachtungsweise, bei der das Ziel die Erreichung einer atmosphärischen Treibhausgaskonzentration von 550 ppm CO₂-Äquivalenten ist. Bei dieser Treibhausgaskonzentration wird davon ausgegangen, dass die durchschnittliche globale Klimaerwärmung nicht über +2°C steigt, verglichen mit der vorindustriellen Zeit.

Für die Berechnung der Klimakosten wurden die Emissionen gemäss Absatzprinzip verwendet. Grundlage waren die CO₂-Emissionsdaten des BAZL (siehe Kapitel 5.4.8) zu den drei Landesflughäfen. Nebst dem Kohlendioxid tragen aber beim Flugverkehr noch weitere Faktoren zur Klimaerwärmung bei (Emission von Wasserdampf, Stickoxidemissionen in grossen Höhen, Kondensstreifen, Bildung von Cirruswolken, etc.). Berücksichtigt man die gesamte Treibhauswirkung des Flugverkehrs (d.h. auch diese weiteren wichtigen Klimaeffekte), müssen für die Berechnung der effektiven Klimawirkung die CO₂-Emissionen in grossen Höhen mit einem Faktor 2.5 multipliziert werden, weil die gesamte Erwärmungswirkung rund 2.5 mal so gross ist wie die des CO₂-Anteils alleine (IPCC 1999)⁷⁰.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Tabelle 63 zeigt die gesamten externen Kosten des Flugverkehrs in der Schweiz im Jahr 2000 (Linien- und Charterverkehr). Mit Ausnahme der Klimakosten wurden keine neue Kostenberechnungen durchgeführt, sondern Resultate bestehender, anerkannter Studien ver-

⁷⁰ Dieser Faktor ‚Radiative Forcing Index‘, RFI) wird nur für die CO₂-Emissionen in grossen Höhen (beim ‚cruising‘) angewandt, nicht aber für die Emissionen bei Start und Landung. Der verwendete Faktor von 2.5 ist ein eher konservativer Wert. In neueren Studien (z.B. dem EU-Forschungsprojekt TRADEOFF) wird der Faktor auf 3 bis 5 geschätzt.

wendet. Die externen Umweltkosten im Luftverkehr belaufen sich auf rund 392 Mio. CHF pro Jahr. Die sozialen Kosten belaufen sich auf 157 Mio. CHF pro Jahr, wobei 141 Mio. CHF davon durch Versicherungsbeiträge gedeckt sind. Damit verbleiben ungedeckte externe Unfallkosten von rund 17 Mio. CHF. Insgesamt resultieren damit **ungedeckte externe Kosten von gut 400 Mio. CHF** (Umwelt- und Unfallkosten). Mit Abstand am bedeutendsten sind die Klimakosten, die global zu betrachten sind. Im Vergleich zum Umsatz der drei internationalen Landesflughäfen in der Schweiz von 7.9 Mia. CHF im Jahr 2000 machen die externen Kosten des Flugverkehrs 5% aus.

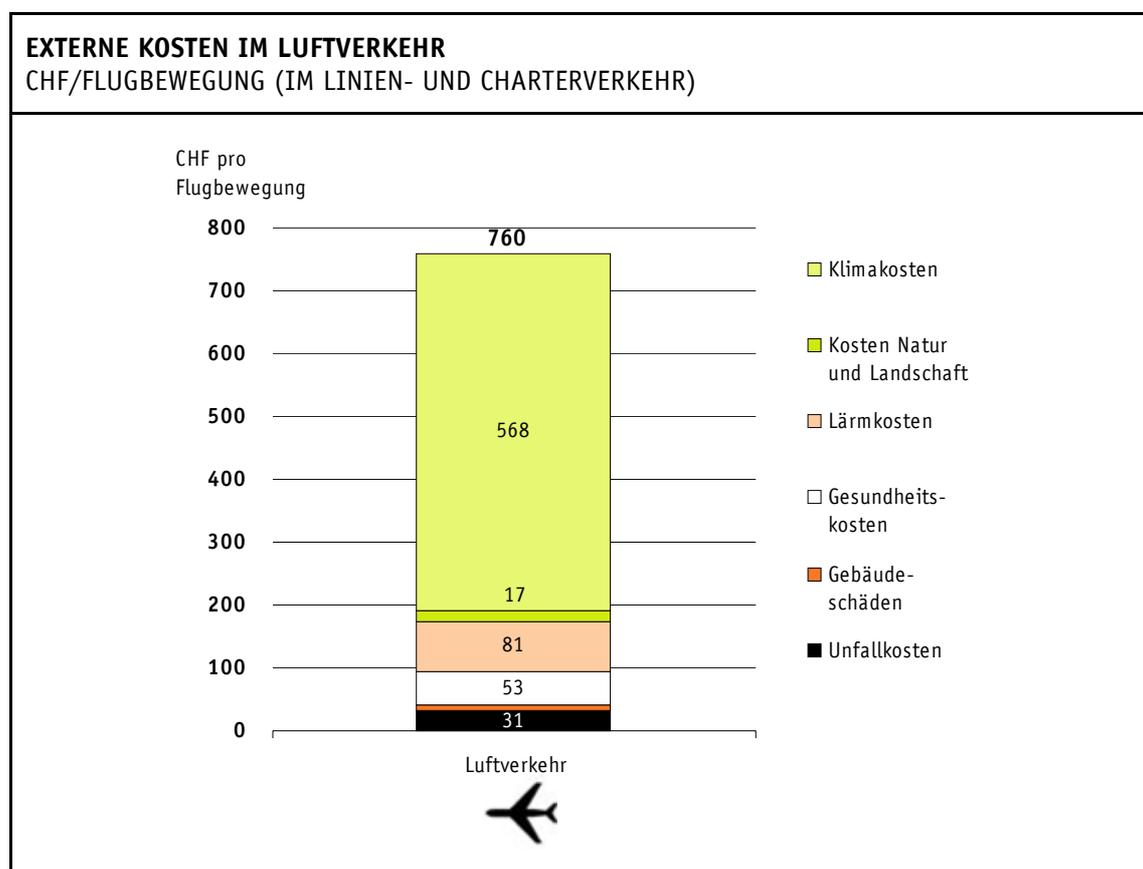
LUFTVERKEHR: UNGEDECKTE EXTERNE KOSTEN IM JAHR 2000 (LINIEN- UND CHARTERVERKEHR)			
Kategorie	Kosten	Bemerkungen/Annahmen	Datengrundlage
Umweltkosten			
Gebäudeschäden	5.3 Mio. CHF	Gebäudeschäden 2000, Anteil Luftverkehr	INFRAS/IWW 2004
Gesundheitskosten	28.5 Mio. CHF	Gesundheitskosten 2000, Anteil Luftfahrt	UNITE 2002
Lärmkosten	43.6 Mio. CHF	Lärmkosten 2000, Anteil Luftfahrt	UNITE 2002
Natur- und Landschaft	8.9 Mio. CHF	Natur- und Landschaftskosten 2000, Anteil Luftfahrt	UNITE 2002
Klimakosten	306 Mio. CHF (698 Mio. CHF)	Klimakosten Luftfahrt, Vermeidungskostenansatz: 35 CHF/t CO ₂ (kurzfristige Betrachtungsweise: Erreichung Kyoto-Ziel) Sensitivitätsanalyse: 80 CHF/t CO ₂ (langfristige Betrachtungsweise: Erreichung des Stabilitätsszenarios von 550ppm CO ₂ eq: max. 2°C durchschnittl. globale Erwärmung)	Eigene Berechnungen auf Basis von ARE/INFRAS 2006 sowie Emissionsdaten des BAZL (siehe Kapitel 5.4.8)
Total: Externe Umweltkosten	392 Mio. CHF		
Unfallkosten			
Soziale Kosten	157.3 Mio. CHF	davon 87.0 Mio. CHF VGR-relevant (Summe aus medizinischen Behandlungskosten, Wiederbesetzungskosten, Bruttoproduktionsausfall, Administrativkosten, Sachschäden sowie Polizei- und Rechtsfolgekosten)	UNITE 2002
Versicherungserträge	141 Mio. CHF	140.7 Mio. durch Verkehrsteilnehmer privat bezahlte Versicherungsbeiträge	UNITE 2002
Total: Externe Unfallkosten	16.6 Mio. CHF	Saldo aus Kosten und Erträgen	UNITE 2002

Tabelle 63 Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der erwähnten Datengrundlagen. Daten umfassen den Linien- und Charterverkehr.

Bei den Umweltkosten sind direkt die externen Kosten angegeben. Bei den Unfallkosten werden sie aus der Differenz zwischen den gesamten volkswirtschaftlichen (sozialen) Kosten

und den Beiträgen der Versicherungsteilnehmer über die Bezahlung der Versicherungsprämien hergeleitet. Infolge des hohen Versicherungsgrads sind die nicht gedeckten Unfallkosten vergleichsweise gering.

Pro Flugbewegung im Linien- und Charterverkehr ergeben sich damit ungedeckte externe Kosten von 760 CHF, wovon fast 75% Klimakosten und gut 10% Lärmkosten sind (siehe Figur 58).



Figur 58 Klimaschäden und externe Lärmkosten sind die wichtigsten externen Kostenkategorien im Luftverkehr. Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von UNITE 2002, INFRAS 2004 und ARE/INFRAS 2006.

Ein Vergleich der Durchschnittskosten pro Fahrleistung mit anderen Verkehrsmitteln des Personen- bzw. Güterverkehrs zeigt, dass der Luftverkehr im Personenverkehr mit gut 50 EUR pro 1000 Personenkilometer besser abschneidet als der PKW, aber schlechter als die Schiene. Beim Güterverkehr dagegen schneidet der Flugverkehr mit 275 EUR pro 1000 Tonnenkilometer (d.h. 27.5 Cent pro tkm) schlechter ab als der Strassen- und Schienengüterverkehr. Allerdings ist der Güterverkehr aufgrund der unterschiedlichen Güterstruktur und Wertedichte der Güter zwischen den Verkehrsträgern kaum vergleichbar.

6.4.13. WEITERE MARKTVERZERRUNGEN

Definition und Einbettung des Indikators

Bei den weiteren Marktverzerrungen unterscheiden wir grundsätzlich, ob es a) um Verzerrungen zwischen verschiedenen Verkehrsträgern geht, oder b) um Verzerrungen innerhalb der Luftfahrt zwischen einzelnen Staaten.

Bei den Verzerrungen zwischen Verkehrsträgern ist zwischen Einflüssen zu unterscheiden, die a1) auf den Vor-Steuer-Preis des Luftverkehrs wirken und solchen die a2) auf die Steuern, bzw. den Nach-Steuer-Preis des Luftverkehrs wirken. Auf der Vor-Steuer-Ebene (a1) sind neben den externen Unfall- und Umweltkosten (s.o.) v.a. zwei marktverzerrende Bereiche relevant:

- › Staatliche Subventionierung der grossen Flugzeughersteller: Dies führt dazu, dass die Flugzeugpreise für Airlines etwas tiefer ausfallen und die Flugpreise - über den Einfluss der Abschreibungen auf dem Fluggerät - ebenfalls etwas günstiger ausfallen. Auch bei den Automobil- und Eisenbahnherstellern gibt es im Ausland z.T. staatliche Unterstützung. Eine Rangierung der drei wichtigsten Verkehrsmittel nach der Schwere der Marktverzerrung ist deshalb nicht möglich.
- › Unterstützung der öffentlichen Hand in der Vergangenheit bei der Infrastrukturerstellung: In diesem Bereich stehen die Strasse sehr gut und die Luft mit relativ kleinen Beträgen in der Vergangenheit gut da, die Bahn dagegen schlecht.

Marktverzerrungen zwischen Luftverkehr und anderen Verkehrsträgern auf der Steuer- bzw. Nach-Steuer-Preis-Ebene (b2) betrachten wir an dieser Stelle nicht weiter, da sie gemäss einem neuen Urteil des EU Gerichtshofes als nicht diskriminierend in juristischer Sicht gelten, da die Steuern rein fiskalisch begründet seien. Dies gilt z.B. für die Steuerfreiheit beim Kerosin und z.B. auch für die Mehrwertsteuer oder Quersubventionierung beim Flughafen zwischen dem Aviation- und dem Non-Aviation-Bereich.

Ein Beispiel für Marktverzerrungen innerhalb der Luftfahrt (a) ist etwa, dass der Flughafen Zürich sämtliche Sicherheitskosten selbst bezahlen muss, während z.B. in Deutschland diese weitgehend von der öffentlichen Hand bezahlt werden. Entsprechend sind die Flughafengebühren in der Schweiz auf Grund dieses Umstands tendenziell höher, was eine gewisse Benachteiligung gegenüber dem Luftfahrtssystem anderer Länder bedeutet.

Bewertung des heutigen Zustands

Der Umstand, dass die grossen Flugzeughersteller staatlich in den Produktionsländern stark subventioniert werden, wirkt sich auch auf die Preise für die Flüge ab der Schweiz aus. Beim Bau heute bereits bestehender Infrastruktur war der Umfang an staatlicher Finanzierungsunterstützung dagegen eher gering. Summiert und verzinst man die Beiträge der öffentlichen Hand aus der Vergangenheit an den Luftverkehr, so ergeben sich volkswirtschaftliche Zusatzkosten von rund 115 Mio. CHF pro Jahr. Dies entspricht rund 15% (Jahr 2000) der betriebswirtschaftlich ausgewiesenen Kosten der Landesflughäfen und Regionalflugplätze (ARE/BAZL 2003).

Dadurch sind die Konsumentenpreise im Flugverkehr entsprechend etwas gegen unten verzerrt. Wie stark die relativen Preise des Luftverkehrs gegenüber anderen Verkehrsträgern verzerrt sind, die auf ihren Märkten ebenfalls Marktverzerrungen aufweisen, ist unklar. Für eine Bewertung aller Marktverzerrungen zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern müsste eine spezifische Gesamtanalyse zu diesem Thema vorgenommen werden.

6.4.14. BESCHÄFTIGTE IN DER SCHWEIZER LUFTFAHRTTECHNOLOGIE-INDUSTRIE

Definition und Einbettung des Indikators

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht der Schweiz ist es wünschenswert, dass möglichst viele Elemente der Wertschöpfungskette im Bereich Luftfahrt im Inland angesiedelt sind. Ein wichtiger Teil der Wertschöpfungskette stellt dabei die Luftfahrttechnologie-Industrie dar, d.h. die Hersteller- und Wartungsfirmen, die Luftfahrzeuge und Luftfahrzeugteile produzieren und reparieren. Damit das spezifische Luftfahrt-Knowhow über die gesamte Wertschöpfungskette erhalten bleibt, ist es für die ganze Luftfahrtbranche in der Schweiz wichtig, dass der Anteil dieser Luftfahrttechnologie-Unternehmen in der Schweiz möglichst gross ist. Ein grosser Anteil an inländischen Fachkräften mit entsprechendem Knowhow erhöht die Stabilität der Branche.

Als Indikator für die Stärke der Luftfahrttechnologie-Industrie wird deshalb die Anzahl Arbeitsplätze in dieser Sparte verwendet.

Datengrundlage

Eine Datengrundlage bildet die Beschäftigungsstatistik des Bundesamtes für Statistik BFS, welche für die NOGA-Branche 35.30 ‚Luft- und Raumfahrzeugbau‘ die zeitliche Entwicklung der Beschäftigungszahlen erfasst (BFS 2005b). Überdies wurden mittels Internetsuche punk-

tuell zusätzliche Daten zu den Beschäftigten in spezifischen Hersteller- und Wartungsfirmen ermittelt.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Zwischen 1995 und 2001 ist sowohl die Zahl der Arbeitsstätten als auch der Beschäftigten in der Branche ‚Luft- und Raumfahrzeugbau‘ sehr deutlich gestiegen (Tabelle 64). Ein Teil des enormen Anstiegs an Beschäftigten zwischen 1995 und 1998 ist jedoch darauf zurückzuführen, dass die SR Technics im Jahr 1997 ein selbständiges Unternehmen wurde und deshalb erst seit dann in der NOGA-Kategorie 35.30 aufgeführt wird (vorher wurden diese Beschäftigten zusammen mit der gesamten Swissair der NOGA-Branche 62 Luftfahrt zugerechnet). Damit stieg die Anzahl Beschäftigten in der Branche 35.30 auf einen Schlag um rund 3'000 VZÄ an. Dennoch bleibt selbst unter Berücksichtigung der Umlagerung von SR Technics ein Anstieg der Beschäftigten in der Branche ‚Luft- und Raumfahrzeugbau‘ von fast 3'000 VZÄ zwischen 1995 und 2001. Dies lässt darauf schliessen, dass die Luftfahrttechnologie-Industrie in der Schweiz eine stark wachsende Branche ist, die an Wichtigkeit gewinnt und ein stabiles Glied in der Wertschöpfungskette ‚Luftverkehr‘ ist. Leider sind bisher nur Beschäftigungsdaten bis zum Jahr 2001 vorhanden. Neuere Daten werden erst mit der Veröffentlichung der neusten Beschäftigungsstatistik des Bundesamtes für Statistik verfügbar sein. Es ist anzunehmen, dass seit 2001 die Beschäftigtenzahlen wieder etwas rückläufig waren, da als Folge der generellen Luftfahrtkrise und des Zusammenbruchs der Swissair auch im Bereich von Luftfahrzeugbau und -unterhalt Stellen verloren gegangen sind.

ENTWICKLUNG DER BRANCHE LUFT- UND RAUMFAHRZEUGBAU' (NOGA 35.30)			
	1995	1998	2001
Arbeitsstätten (Anzahl)	77	86	91
Beschäftigte (in VZÄ)	2'964	7'736	8'888

Tabelle 64 Quelle: BFS 2005b.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl Beschäftigte bei einigen ausgewählten Schweizer Unternehmen der Luftfahrttechnologie. Gemäss Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) gibt es zurzeit in der Schweiz zehn autorisierte Herstellerbetriebe für die Produktion von Luftfahrzeugen und Luftfahrzeugteilen. Dazu kommen noch rund 90 vom BAZL autorisierte Unterhaltsbetriebe. Die wichtigsten davon sind die SR Technics als wichtigster technischer Unterhaltsbetrieb sowie die RUAG Aerospace (als Teil der RUAG Holding), die in der zivilen und vor allem der militärischen Luftfahrttechnologie tätig ist.

Die wichtigsten Arbeitgeber in der Luftfahrttechnologie-Industrie sind die SR Technics und die RUAG Aerospace mit je rund 2'700 Beschäftigten in der Schweiz sowie die Pilatus Aircraft mit ca. 1'200 Arbeitsplätzen. Allerdings muss bei der RUAG Aerospace betont werden, dass nicht sämtliche Beschäftigten der Luftfahrttechnologie zugerechnet werden können, weil die RUAG Aerospace auch im Bereich der Verteidigung (z.B. Flugabwehrsysteme: Lenk- waffen- und Kanonensysteme, Bodenlenk Waffen, etc.) tätig ist.

BESCHÄFTIGTE BEI AUSGEWÄHLTEN LUFTFAHRTTECHNOLOGIE-UNTERNEHMEN	
Unternehmen	Anzahl Beschäftigte 2004/2005
Autorisierte Herstellerbetriebe für Produktion von Luftfahrzeugen/-teilen*	
Pilatus Aircraft Ltd.**	1'207
Mecaplex AG	80
Vibrometer SA	k.A.
Flight Components AG	k.A.
Aerolite Max Bucher AG	38
Sauter, Bachmann AG	k.A.
Bucher Leichtbau AG	>100
Revue Thommen AG	110
HTS AG	30
Farner AG	k.A.
Weitere relevante Unternehmen (Unterhaltsbetriebe, Militärluftfahrt)	
SR Technics***	2'700
RUAG Aerospace****	2'700

Tabelle 65 Datenquelle für Anzahl Beschäftigte: Geschäftsberichte bzw. Homepages der jeweiligen Unternehmen.

*: Vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) autorisierte Herstellerbetriebe für die Produktion von Luftfahrzeugen und Luftfahrzeugteilen.

** : Die Pilatus Aircraft Ltd. umfasst die Pilatus Flugzeugwerke AG in Stans, die Altenrhein Aviation AG sowie die TSA Transcairo SA in Genf.

***: Die Beschäftigtenzahl bezieht sich auf die Anzahl Angestellten in der Schweiz.

****: Die Beschäftigtenzahl bezieht sich auf die gesamte RUAG Aerospace, welche nebst der zivilen und militärischen Luftfahrt auch im Bereich der Verteidigung (Flugabwehr: Lenk Waffen- und Kanonensysteme, Bodenlenk Waffen, etc.) tätig ist.

6.4.15. REGIONALE VERTEILUNG DER BESCHÄFTIGTEN

Definition und Einbettung des Indikators

Aus regionalwirtschaftlicher Sicht ist es wünschenswert nicht nur in den Zentren, sondern auch in den Peripherien eine angemessen positive wirtschaftliche Entwicklung zu erzielen. Dabei gibt es Branchen, welche eine regional ausgeglichene Wirtschaftsentwicklung eher fördern und Branchen, die sich auf bestimmte Regionen konzentrieren und damit die regionalwirtschaftlichen Unterschiede vergrössern.

Damit die regionalen Unterschiede in der Schweiz nicht zu gross werden, ist ein gewisser Ausgleich zwischen den Regionen wünschenswert. Dies verhindert auch ein Anwachsen der Disparitäten zwischen Stadt und ländlicheren Gebieten. Wieweit dieser Ausgleich zwischen Zentren und Peripherie bzw. Regionen angestrebt wird, ist eine politische Frage und Gegenstand von Diskussionen⁷¹. Es kann nicht das Ziel sein, dass sich alle Regionen der Schweiz wirtschaftlich gleich schnell entwickeln. Aus regionalwirtschaftlicher Sicht ist es deshalb eher positiv zu werten, wenn eine Branche beispielsweise ihr Schwerpunkt in ländlichen Zentren hat und damit die dezentrale Konzentration fördert.

Der hier dargestellte Indikator ist kein rein wirtschaftlicher Indikator, sondern befindet sich an der Schnittstelle zum Nachhaltigkeitsbereich Gesellschaft, der aber in dieser Studie nicht separat behandelt wird.

Datengrundlage

Die Grundlage für die kantonale Verteilung der Beschäftigten bildet die Beschäftigungsstatistik des Bundesamtes für Statistik (BFS 2005b). Dabei wurde die Anzahl Vollzeitbeschäftigten der NOGA-Gruppen 62.10 (Linienflugverkehr), 62.20 (Gelegenheitsflugverkehr) und 63.23 (Sonstige Hilfstätigkeiten Luftfahrt) als Messgrösse verwendet.

Quantifizierung und Bewertung des heutigen Zustands

Tabelle 66 zeigt die kantonale Verteilung der Beschäftigten in der Luftfahrtbranche. Nebst dem absoluten Wert ist für jeden Kanton auch der relative Anteil der Beschäftigten aus der Luftfahrtbranche an der Gesamtbeschäftigung eines Kantons angegeben. Beim relativen Anteil der Beschäftigung (Beschäftigte in der Luftfahrt gemessen an der Gesamtbeschäftigung) wird deutlich, dass vor allem in den drei Kantonen Basel-Stadt, Genf und Zürich die Luftfahrtbranche eine überproportionale Bedeutung hat. In diesen Kantonen arbeiten mehr als 1.5% aller Beschäftigten im Luftverkehr. Dieser Umstand ist aufgrund der Lage der Landesflughäfen in diesen drei Kantonen wenig erstaunlich.

Grundsätzlich stärkt also die Luftverkehrsbranche vor allem die drei Zentren Zürich, Genf und Basel. Die drei Landesflughäfen haben auch einen starken Einfluss auf die Wirtschaft in diesen drei Regionen (siehe auch Indikator ‚Erreichbarkeit‘ im Kapitel Raumentwicklung). Die Randregionen werden durch den Luftverkehr also eher geschwächt. Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass dieses Urteil nicht ganz stimmt. Die einzigen drei

⁷¹ Vgl. die Arbeiten zur Neuen Regionalpolitik des Bundes.

Kantone, in den nebst Zürich, Genf und Basel ebenfalls mehr als 0.1% der Beschäftigten in der Luftfahrtbranche arbeiten, sind der Tessin, das Wallis und der Kanton Uri und somit wirtschaftlich eher schwache Kantone. In diesen Kantonen hat die Luftfahrt, vor allem dank kleineren Regionalflugplätzen, ebenfalls eine gewisse Bedeutung. Zwar liegt die relative Bedeutung rund zehnmal tiefer als in den drei Kantonen mit Landesflughäfen, aber dennoch hat die Luftfahrt – wenn auch nur in geringerem Mass – für gewisse Randregionen eine wichtige Bedeutung.

Dieser Umstand wird auch untermauert, wenn man die kantonale Verteilung der Beschäftigten der NOGA-Branche 35.30 ‚Luft- und Raumfahrzeugbau‘ betrachtet (letzte Spalte in Tabelle 66, siehe auch Kapitel 6.4.14). Nebst den drei Kantonen Zürich, Genf und Basel ist die relative Beschäftigungswirkung dieser Branche nämlich in den Kantonen Nidwalden (Pilatuswerke), Luzern und Obwalden von besonderer Bedeutung. Damit ist auch die Luftfahrttechnologie-Branche für gewisse ländliche Regionen von grosser Bedeutung.

REGIONALE VERTEILUNG DER BESCHÄFTIGUNG AUF DIE KANTONE (NACH ARBEITSORT)			
Kanton	Beschäftigung Luftverkehr 2001 (NOGA 62/63)	Anteil an Beschäftigung (Luftverkehr; in % aller Beschäftigten je Kanton)	Beschäftigte Luftfahrt- technologie-Industrie (NOGA 35.30)
Zürich	12'863	2.03%	4'341
Bern	249	0.06%	394
Luzern	4	0.00%	1'070
Uri	20	0.17%	0
Schwyz	42	0.09%	0
Obwalden	0	0.00%	84
Nidwalden	2	0.01%	1'224
Glarus	14	0.09%	0
Zug	17	0.03%	3
Freiburg	24	0.03%	21
Solothurn	13	0.01%	32
Basel-Stadt	2'162	1.64%	707
Basel-Landschaft	0	0.00%	7
Schaffhausen	0	0.00%	3
Appenzell Ausserrhoden	5	0.03%	0
Appenzell Innerrhoden	1	0.02%	0
St. Gallen	87	0.05%	61
Graubünden	66	0.08%	38
Aargau	20	0.01%	8
Thurgau	11	0.01%	13
Tessin	282	0.20%	170
Waadt	33	0.01%	4
Wallis	174	0.17%	10
Neuenburg	6	0.01%	10
Genf	3'286	1.58%	689
Jura	0	0.00%	0
Schweiz Total	19'381	0.62%	8'889

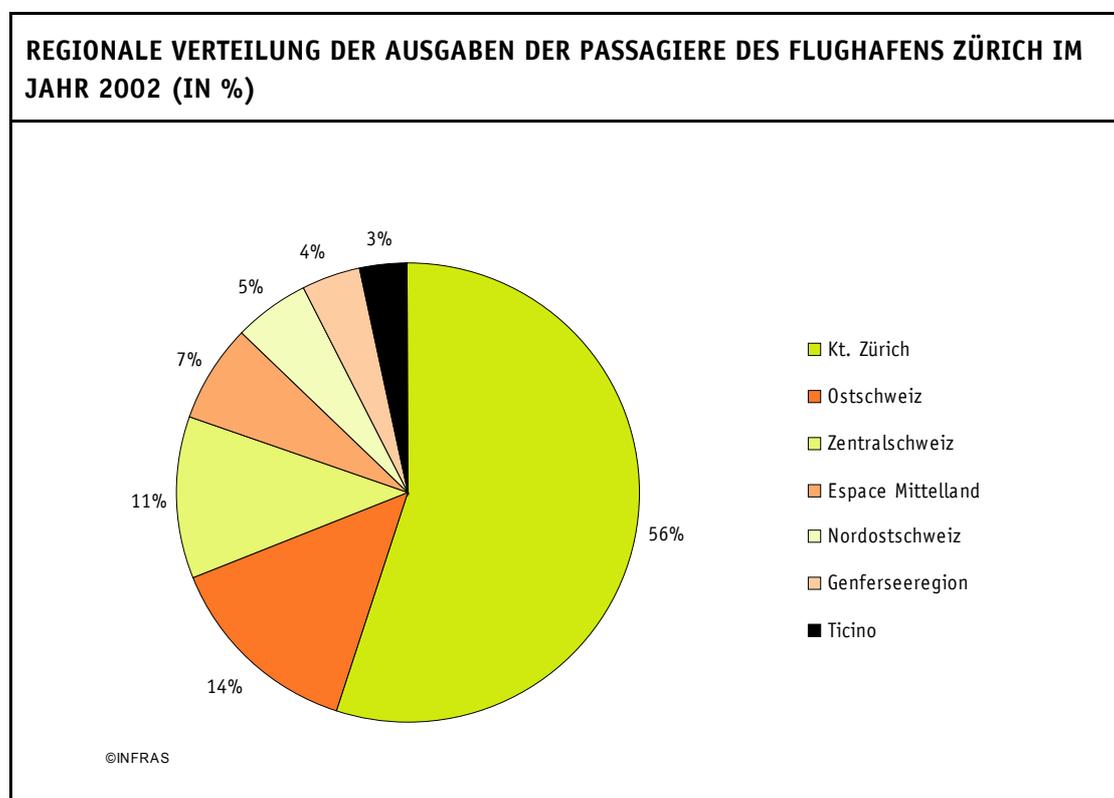
Tabelle 66 VZÄ: Vollzeitäquivalente. Quelle: Beschäftigtenstatistik 2001 des BFS (BFS 2005b). Die Beschäftigungsdaten beziehen sich beim Luftverkehr auf die NOGA-Gruppen 62.10 (Linienflugverkehr), 62.20 (Gelegenheitsflugverkehr) und 63.23 (Sonstige Hilfstätigkeiten Luftfahrt) sowie bei der Luftfahrttechnologie-Industrie auf die NOGA-Gruppe 35.30 (Luft- und Raumfahrzeugbau). Damit sind die Werte nicht mit den Zahlen aus dem Kapitel 6.4.9 vergleichbar.

Die bisherigen Betrachtungen beziehen sich auf den Arbeitsort der Beschäftigten. Für die regionale Verteilung wäre aber auch der Wohnort der Beschäftigten ein interessanter Indikator. Allerdings sind dazu nur für die Flughäfen Zürich und Basel Daten verfügbar.

Ein guter Indikator für die regionale Verteilungswirkung sind überdies die Ausgaben der ausländischen Passagiere (passagierseitig-katalytischer Effekt) und deren regionale Verteilung. Dazu gibt es aus der Studie des SIAA (SIAA 2003a) Zahlen für die Passagiere des Flug-

hafens Zürich. Figur 59 zeigt, in welchen Regionen der Schweiz Passagiere des Flughafens Zürich ihre Ausgaben tätigen.

Es zeigt sich, dass ausländische Fluggäste, die in Zürich aussteigen (also ohne Transferpassagiere) für touristische oder geschäftliche Aktivitäten rund 60% ihrer Gesamtausgaben im Kanton Zürich ausgeben. Knapp 20% der Ausgaben fließen in die Region Ostschweiz oder Nordostschweiz, der Rest in die übrigen, südlicher gelegenen Regionen. Insgesamt fließt also doch ein beträchtlicher Teil der Ausgaben in die touristischen Regionen, das heisst es findet eine Verteilungswirkung auf die Regionen statt.



Figur 59 Quelle: SIAA 2003a

6.5. EINSCHÄTZUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG

Ziel dieses Kapitels ist eine Grobeinschätzung der zu erwartenden Entwicklung der wirtschaftlichen Nachhaltigkeitsindikatoren unter drei verschiedenen Entwicklungsszenarien.

Die drei betrachteten Entwicklungsszenarien sind wiederum:

- › Szenario Trend (Intraplan),
- › Szenario Tief (RappTrans),
- › Szenario No-Hub (RappTrans).

Grundsätzlich sind die Indikatoren zu unterscheiden nach solchen die für die drei Szenarien quantifiziert und solchen die qualitativ beschrieben werden können.

6.5.1. QUANTITATIV ERFASSBARE INDIKATOREN FÜR SZENARIEN-ENTWICKLUNG

Quantifizierbar sind für die drei Szenarien das Niveau und die Veränderung von Wertschöpfung und Beschäftigung. Die folgende Tabelle weist die Eckwerte der drei Szenarien aus, die zur Abschätzung der Wertschöpfung und Beschäftigung in unterschiedlichen Zeitpunkten der Szenarien zentral sind.

GRUNDLAGEN DER VERSCHIEDENEN ENTWICKLUNGSSZENARIOS			
Eckwerte (für Linien und Charter)	Langfristig bis 2030		
	Trend (Intraplan)	Tief (RappTrans)	No Hub (RappTrans) (Wegfall Swiss 2010)
Wachstum ATM/a	3%/a	1.4%/a	1.4%/a, 2010 Bruch zu No-Hub
Niveau ATM*	2020: 641'000 ATM 2030: 716'000 ATM	2020: 512'000 ATM 2030: 565'000 ATM	2020: 437'000 ATM 2030: 481'000 ATM
Wachstum Pax/a	4%	Bis 2010 3.7%, bis 2020 2.3%, bis 2030 1.5%/a	Bis 2010 3.7%, 2010 Bruch bis 2020 2.3%, bis 2030 1.5%/a
Niveau Pax	2020: 52.7 Mio. 2030: 64.9 Mio.	2020: 44.9 Mio. 2030: 52.1 Mio	2020: 36.5 Mio. 2030: 42.4 Mio
Transferquote	35%	30%	3-5%
Unterstellte Wirtschaftsentwicklung	1.4% bis 2010, 1% bis 2020 und 0.5% bis 2030	1% bis 2020 und 0.5% bis 2030	1% bis 2020 und 0.5% bis 2030

Tabelle 67 *: ohne Regionalflugplätze.

Anhand dieser Angaben ist es möglich den Nachhaltigkeitsindikator der gesamtwirtschaftlichen Ebene „Beschäftigte und Wertschöpfung im direkten und indirekten Effekt“ für die drei Szenarien quantitativ für die Zeitpunkte 2020 und 2030 abzuschätzen. Die übrigen

Nachhaltigkeitsindikatoren aus dem Bereich Wirtschaft können basierend auf den verfügbaren Angaben für die einzelnen Entwicklungsszenarien nur qualitativ ausgewiesen werden.

Bei der Abschätzung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsauswirkungen der drei Szenarien stützen wir uns auf Erkenntnisse aus den Studien zur volkswirtschaftlichen Bedeutung der schweizerischen Landesflughäfen (SIAA 2003) sowie einer Studie zu den Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien auf dem Flughafen Zürich bis 2020 (AfV Kanton Zürich 2005). Aus diesen beiden Quellen kennen wir die gegenseitige Verflechtung der Unternehmen auf dem Flughafen sowie die Verflechtung mit deren Vorleistungslieferanten und die unterschiedlichen Wirkungsmechanismen von Veränderungen bei den Flugbewegungen, den Passagieren und dem Transferanteil auf die Struktur der drei zentralen Segmente der Airport-related Unternehmen (Infrastruktur), der Airline-Related Unternehmen (Flugverkehr) und der Retail-Related Unternehmen (Detailhandel, meist landside).

Basierend auf den Erkenntnissen dieser Studien schliessen wir von den Veränderungen der Passagier- oder Flugbewegungszahlen auf die Veränderung der Wertschöpfung und Beschäftigung im direkten Effekt (Summe der drei Bereiche airport, airline und retail related) sowie im indirekten Effekt.

Besonders wichtig sind dabei folgende Zusammenhänge aus SIAA 2003 und AfV 2005:

- › Wir schliessen grundsätzlich von der Veränderung der Flugbewegungszahlen auf die Veränderung der Wertschöpfungshöhe im direkten und indirekten Effekt. In AfV 2005 haben wir die Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien des Flughafens Zürich unterteilt nach den drei Segmenten von Unternehmen on airport berechnet (Bei airport-related ist Veränderung der Flugbewegungen bester Indikator für die Wertschöpfungsentwicklung, bei airline-related Unternehmen das Passagierwachstum und bei retail-related Unternehmen das Wachstum der Lokalpassagiere. Für die Summe der drei Segmente stellte sich das Passagierwachstum als geeigneter Indikator heraus, falls im selben Zeitraum keine deutliche Veränderung der Auslastung auftritt. Dies ist in den vorliegenden Szenarien aber der Fall, weshalb wir auf das Flugbewegungswachstum abstützen.
- › Bei der Abschätzung von Wertschöpfung und Beschäftigung beim Wegfall der Hubfunktion stützen wir uns dagegen auf die Veränderung des Passagierwachstums und verwenden für die Wachstumsphase nach dem Bruch zur Abschätzung der weiteren Wertschöpfungsentwicklung wie oben wiederum das Flugbewegungswachstum.
- › In Hub-Szenarien (Szenario Hoch und Szenario Tief) verändert sich die Beschäftigung in etwa proportional zur Wertschöpfung.

- › Im No-Hub Szenario verändert sich die Beschäftigung beim Bruch etwa 15% überproportional.

Für 2004 als Ausgangsjahr gehen wir von folgenden Eckwerten aus (AFV 2005):

- › 397'600 Flugbewegungen im Linien- und Charterverkehr
- › 28.2 Mio. Passagieren im Linien- und Charterverkehr
- › Wertschöpfung direkter Effekt von 4.5 Mia. CHF, indirekter Effekt von 1.7 Mia. Dies ergibt eine Wertschöpfungssumme (dir. und indir.) von 6.2 Mia. CHF.
- › Beschäftigung direkter Effekt von 29'800 Vollzeitäquivalente (VZÄ) und indirekter Effekt von 13'600 Beschäftigten verbunden. Das ergibt eine Beschäftigungstotal (dir. und indir.) von 43'400 VZÄ.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für die Abschätzung von Wertschöpfung und Beschäftigung für die drei Szenarien.

ENTWICKLUNG VON WERTSCHÖPFUNG UND BESCHÄFTIGUNG UNTER DEN DREI ENTWICKLUNGSSZENARIOEN						
Indikator	Trend (Intraplan)		Tief (RappTrans)		No Hub (RappTrans) (Wegfall Swiss 2010)	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Wertschöpfung (WS) in Mia. CHF						
Wertschöpfung direkter Effekt	7.3	8.1	5.8	6.4	4.5	4.9
Wertschöpfung indirekter Effekt	2.8	3.1	2.2	2.5	1.8	1.9
Wertschöpfung dir. und indir.	10.1	11.2	8.0	8.9	6.3	6.8
Veränderung Wertschöpfung pro Jahr	2004-2020: 3.1%	2020-2030: 1%	2004-2020: 1.6%	2020-2030: 1.1%	2004-2020: 0%	2020-2030: 0.8%
Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten						
Beschäftigung direkter Effekt	48'000	53'500	38'500	42'500	29'000	31'500
Beschäftigung indirekter Effekt	22'000	24'500	17'500	19'500	14'000	15'500
Beschäftigung dir. und indir.	70'000	78'000	56'000	62'000	43'000	47'000
Veränderung Beschäftigung pro Jahr	2004-2020: 3.0%	2020-2030: 1.1%	2004-2020: 1.6	2020-2030: 1%	2004-2020: 0%	2020-2030: 0.9%

Tabelle 68

Aus der Tabelle sind auch die Differenzen der drei Szenarien untereinander ablesbar.

Das Szenario No Hub ist im Jahr 2020 beispielsweise mit einer um 3.8 Mia. CHF tieferen Wertschöpfung über den direkten und indirekten Effekt verbunden als das Szenario Hoch. Das Szenario No-Hub liegt damit bei der Wertschöpfung gut einen Drittel tiefer als das Szenario Hoch. Dies geht einher mit 27'000 weniger Beschäftigten (VZÄ) gegenüber dem Szenario Hoch.

Im Szenario Tief liegt die Wertschöpfung 2.3 Mia. CHF (gut 20%) tiefer als im Szenario hoch. Bei der Beschäftigung macht die Differenz 16'000 Vollzeitstellen aus.

Im Szenario No-Hub ist unterstellt, dass im Jahr 2010 der Homecarrier in Zürich verschwindet. In diesem Jahr ergibt sich ein entsprechender Bruch mit starker Wertschöpfungs- und Beschäftigungsrückgang. Danach wachsen beide Kenngrössen wieder gleich an wie im Szenario Tief. Weil der Rückgang der Wertschöpfung und Beschäftigung so abrupt stattfindet ist es auch schwieriger die verlorene Wertschöpfung in anderen Branchen der Schweizer Wirtschaft rasch zu absorbieren.

Im Szenario Tief dagegen ist das Wachstum über eine längere Zeit tiefer als im Szenario Hoch. Das heisst die beispielsweise im Jahr 2020 ausgewiesene Differenz bei Wertschöpfung und Beschäftigung hat sich allmählich aufgebaut. In diesem Fall ist die Chance grösser (ausgenommen in wirtschaftlich stagnierende oder rezessive Phasen), dass in der übrigen Wirtschaft die Beschäftigung in anderen Branchen stärker wächst und somit gesamtwirtschaftlich mit grosser Wahrscheinlichkeit weniger Wirkungen zu verzeichnen sind als beim No Hub Szenario.

6.5.2. QUALITATIV ERFASSBARE INDIKATOREN FÜR SZENARIEN-ENTWICKLUNGEN

Die folgende Tabelle geht auf die Indikatoren ein, welche für die drei Szenarien qualitativ dargestellt werden können:

ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER INDIKATOREN JE SZENARIO			
Indikator	Langfristig bis 2030		
	Trend Intraplan	Tief	No Hub Zürich
Konsumentenebene			
Konsumentenpreise	➔ Volatilität auf umkämpften Markt weiter hoch, Tendenz zu Stabilität auf tiefem Niveau. Risiko steigender Kerosinpreis.	➔ Volatilität geringer, da Markt nicht so umkämpft, im Trend stabile Preise. Risiko steigender Kerosinpreis.	↗ Attraktivität ZH sinkt, kaum Umsteiger, Preise steigen, tieferes Verkehrsangebot. Risiko steigender Kerosinpreis.
Unternehmensseitig-katalytischer Effekt	↗ Bei deutlichem ATM-Wachstum Chance auf mehr Direktanbindungen und somit Verbesserung der Erreichbarkeit.	➔ Bei schwächerem ATM-Wachstum ab 2010 schlechtere Erreichbarkeit im Vergleich zu anderen Flughäfen und nur schwache Zunahme absolut gesehen. Wenig positive Impulse seitens Erreichbarkeitsverbesserung auf Unternehmen.	↘ Deutliche Abnahme der Anzahl Direktverbindungen. Allerdings bleiben die meisten Destinationen weiterhin erreichbar, aber weniger häufig oder mit Umsteigen. Erreichbarkeit für Unternehmen nimmt (v.a. auch relativ zu anderen Flughäfen) ab. Standortattraktivität leidet aber nicht stark.
Verspätungen	↗ ↘ Bei ansteigenden ATM wird Infrastruktur knapper. Verspätungsrisiko steigt eher. Befriedigung der Nachfrage setzt allerdings mittelfristig z.T. Kapazitätserweiterungen voraus. Dies senkt Verspätungen entsprechend wieder.	➔ Schwachere ATM-Wachstum führt zu wenig veränderten Verspätungen. Langfristig entstehen auch in diesem Szenario Kapazitätsprobleme wie mittelfristig beim Szenario „Trend Intraplan“.	↘ Ohne Hub-Funktion deutlich abnehmend, da Anschlüsse unwichtiger und Kapazitäten länger ausreichend sind.
Kosten Umsteigevorgänge	↘ Bei deutlichem ATM-Wachstum Chance auf mehr Direktanbindungen. Dies zeigt auch steigender Transferanteil in diesem Szenario.	➔ Bei schwächerem ATM-Wachstum eher stabile Umsteigevorgänge.	↑ Ohne Hubfunktion in ZH müssen Passagiere viel öfter Umsteigeflüge nehmen um an Bestimmungsort zu gelangen.
Produzentenebene			
Betriebswirtschaftlicher Kostendeckungsgrad (KDG)	↗ Dank Wachstum steigender KDG bei Verkehr und Infrastruktur-Unternehmen.	➔ Vor allem im Verkehr (Airlines) leicht steigend, da Passagierwachstum stärker als ATM-Wachstum und Auslastung somit eher besser wird. Infrastruktur (Flughäfen): Kostendeckung stabil.	↘ Beträchtlicher Rückgang vor allem bei Infrastruktur (Flughäfen), da massiver Rückgang der Transferpassagiere, das Passagiervolumen erheblich absinken lassen. Retail-Bereich ist weniger tangiert, da Lokalpassagierzahl weniger tangiert ist.

ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER INDIKATOREN JE SZENARIO			
Indikator	Langfristig bis 2030		
	Trend Intraplan	Tief	No Hub Zürich
Produktivität	↗ ↘ Bis zu Kapazitätserweiterung steigend, nach Erweiterung auf tieferem Niveau. Über gesamte Zeitperiode betrachtet etwa stabil zu heute.	↗ ↘ Bis zu Kapazitätserweiterung steigend, nach Erweiterung auf tieferem Niveau. Über gesamte Zeitperiode betrachtet etwa stabil zu heute.	↘ Im Aviation Bereich eher Zunahme, da hoher fixer Kapitalblock. Im Non-Aviation Bereich eher unterproportionaler Beschäftigungsrückgang, also leichte Produktivitätsabnahme.
Ausgaben öffentliche Hand	→ Keine	→ Keine	↗ Ohne Hub wird die Infrastruktur vorübergehend kaum selbsttragend sein. (Bis das Wachstum der Branche den Einbruch beim Hub-Verlust bei ATM und Pax nach Jahren aufgefangen hat).
Gesamtwirtschaftliche Ebene			
Beschäftigte und Wertschöpfung direkt und indirekt	↗ Anstieg dank gutem Wachstum der Pax und ATM.	↗ Zunahme dank stabilem Wachstum.	↘ Negative Folgen auf on Airport und Zulieferer. Da es sich um einen plötzlichen Bruch handelt sind die Absorbiermöglichkeiten der übrigen Wirtschaft auch geringer.
Volatilität Beschäftigungszahlen	→ Bei stärkerem ATM-Wachstum grundsätzlich steigend. Weiter aber eher volatil. Flugverkehr bleibt stark abhängig von globalen (Sonder-) Ereignissen; Risiko von Auf- und Abbaubewegungen bei Beschäftigung bleibt.	→ Bei schwächerem aber auch positivem ATM-Wachstum grundsätzlich leicht steigend, weiterhin eher volatil. (siehe bei „Hoch“).	↗ Bei Wegfall Hub steigende Volatilität bis Erreichen neue Basis. Danach eher stabiler, da Heimmarkt etwas stabiler und etwas weniger anfällig auf globale Ereignisse.
Passagierseitig-katalytischer Effekt	↗ Anstieg nicht viel stärker als bis 2010, weil v.a. auch Transfer-Pax steigen	↗ Anstieg dank zunehmenden Passagierzahlen.	↘ Sinkend, aber deutlich unterproportional zu Pax, weil v.a. Transfer-Pax wegfallen.
Nicht internalisierte externe Kosten	↗ Bei zunehmenden ATM deutlich steigend.	→ Bei schwachem ATM-Wachstum stabil bis leicht steigend.	↘ Bei sinkendem und stabilen ATM in der Tendenz abnehmend.
Weitere Marktverzerrungen	↗ Bei sinkenden Flugpreisen eher Zunahme der rel. Verzerrung zu Landverkehr.	→ Bei stabilen Preisen rel. Preisverzerrungen zu anderem Verkehr etwa stabil.	↘ Bei steigenden Flugpreisen eher Abnahme der rel. Verzerrung zu Landverkehr.

ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER INDIKATOREN JE SZENARIO			
Indikator	Langfristig bis 2030		
	Trend Intraplan	Tief	No Hub Zürich
Beschäftigte Luftfahrttechnologie-Industrie	↗ - Eher positive Folgen für SR Technics, etc. - Bereich Militärluftfahrt (RUAG) und Kleinaviatik (Pilatuswerke) nicht betroffen.	↗ - Eher positive Folgen für SR Technics, etc. - Bereich Militärluftfahrt (RUAG) und Kleinaviatik (Pilatuswerke) nicht betroffen.	→ - Negative Folgen für SR Technics, etc. - Bereich Militärluftfahrt (RUAG) und Kleinaviatik (Pilatuswerke) ist nicht betroffen
Regionale Verteilung der Beschäftigung	→ Kaum Einfluss auf die regionale Verteilung	→ Kaum Einfluss auf die regionale Verteilung	→ Kaum Einfluss auf die regionale Verteilung

Tabelle 69

6.5.3. FAZIT ZUM SZENARIENVERGLEICH

Die Szenarien ‚Tief‘ und ‚No Hub‘ weisen geringere Wertschöpfungspotenziale im Bereich von Milliarden Franken und Tausenden von Beschäftigten gegenüber dem Szenario ‚Trend‘ auf. Das Szenario No-Hub ist wirtschaftlich deutlich ungünstiger einzustufen als das Szenario Tief, weil beim Szenario No-Hub ein grosser Teil der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsunterschiede gegenüber dem Szenario Trend auf einen Schlag wegfallen, was einen wirtschaftlichen Bruch erzeugt. Das bedeutet, dass plötzlich Ressourcen (Arbeit und Kapital) frei werden, die nur in einer sehr starken konjunkturellen Phase relativ rasch durch andere Wirtschaftsbereiche in der Schweiz absorbiert werden können. In einer durchschnittlich guten Wachstumsphase dürfte es Jahre dauern, bis so ein Bruch in der Gesamtwirtschaft aufgefangen ist. Dieses Bild wird von den qualitativ beschriebenen Indikatoren aus Sicht Wirtschaft untermauert. Beim Szenario Tief ist die Lage nicht so offensichtlich. Zum einen täuscht der Titel etwas, denn es handelt sich um ein Wachstumsszenario, mit zwar relativ tiefen Passagierwachstumsraten, die aber immer noch deutlich über den unterstellten Wachstumsraten des BIP liegen. Insofern zeigen sowohl die quantitativen als auch die qualitativen Indikatoren der Szenarien Trend und Tief aus Wirtschaftssicht günstige Entwicklungen an. Der Unterschied liegt im Ausmass. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es kaum möglich zu sagen was zu präferieren ist, denn entscheidend ist die zeitgleiche Entwicklung der Gesamtwirtschaft. Falls die für die Wirtschaftsbranchen wichtige Luftverkehrsmobilität den Bedürfnissen entspricht und die Beschäftigung hoch ist und die Arbeitslosenzahl gering, dann ist das Szenario Tief wirtschaftlich gut. Sind mit dem stärkeren Wachstum der Lokalpassagiere ein überproportional starker Anstieg der touristischen Ausgaben von Inländern

im Ausland und somit eine Zunahme der Einkommensverwendung für Ferien im Ausland verbunden, so kann dies einen Kaufkraftabfluss aus der Volkswirtschaft Schweiz bedeuten, die mit einer geringeren inländischen Produktion gekoppelt ist. Ziel ist somit nicht ein möglichst grosser Luftverkehrssektor, sondern ein effizientes und angemessenes Luftverkehrsangebot. Würde sich zeigen, dass die Nachfrage der Lokalpassagiere nach Luftverkehrsverbindungen durch das Szenario Tief zu wenig bedient würde, wäre das Szenario Hoch (oder Vergleichbares) vorzuziehen. Dies verdeutlicht, dass die absolute Höhe der Wertschöpfung und Beschäftigung zwar ein wichtiger Indikator für die wirtschaftliche Bedeutung und die Stabilität ist, aber die absolute Höhe nicht direkt eine Rangierung zulässt.

Welches das effiziente Ausmass an Luftverkehrsangebot ist, kann

- › nur volkswirtschaftlich unter Einbezug aller drei Nachhaltigkeitsbereiche,
- › unter Berücksichtigung der relativen Preise zu Substituten (andere Verkehrsmittel, sowie im Vergleich andere Kommunikationsmöglichkeiten, andere Ferien, andere Konsumgüter, etc.), und
- › unter Berücksichtigung der relativen Preise zu direkten Konkurrenten (andere Flughäfen, andere Airlines) und
- › der spezifischen aber dynamischen Struktur einer Gesamtwirtschaft

beurteilt werden. Aus Nachhaltigkeitssicht ist in der Regel eine kontinuierliche Entwicklung als günstiger einzuschätzen als eine sprunghafte Veränderung.

7. GESAMTBEURTEILUNG

7.1. BEURTEILUNGSRASTER

Für die Gesamtbeurteilung der vier untersuchten Nachhaltigkeitsbereiche wird ein einfaches und transparentes Bewertungssystem eingesetzt. Die einzelnen Bereiche werden mit folgender Tabelle beschrieben. Sie orientiert sich entlang den für die Beurteilung beschriebenen Zielen und Indikatoren in den vorangehenden Kapiteln.

BEISPIELTABELLE BEURTEILUNG FÜR DIE EINZELNEN BEREICHE				
Indikator	Beurteilung heute	Entwicklung in Zukunft (Trend)	Gesamtbeurteilung	Chancen und Risiken
Ziel 1				
Indikator1				
Indikator 2				
Etc.				
Ziel 2				
Indikator 1				
Indikator 2				
Etc.				

Tabelle 70

Die Bewertung wird wie folgt vorgenommen:

- › Die **Beurteilung heute** erfolgt auf Basis von drei Stufen
 - › Nachhaltige Entwicklung (Weiss)
 - › Mittlere Nachhaltigkeitsdefizite (Grau)
 - › Grosse Nachhaltigkeitsdefizite (Schwarz)
- › Die **Entwicklung in Zukunft** orientiert sich zunächst an der Trendprognose und erfolgt auf Basis von drei Stufen;
 - › Verbesserung (+)
 - › Gleichbleibend (0)
 - › Verschlechterung (-)
- › Die **Gesamtbeurteilung** wird mit einer Viererskala vorgenommen. Sie bezieht sich in erster Linie auf das Trendszenario.

Attribut	Zielerreichung	Handlungsbedarf
Positiv	Auf Zielkurs oder Ziele erreicht	Kein Handlungsbedarf (bisherige Massnahmen genügen), Ziele sollen gehalten werden
Tendenziell positiv	Ziele zum grossen Teil erreicht Zielkurs schwierig zu halten	Geringer zusätzlicher Handlungsbedarf, Aktivitäten sollen weitergeführt werden
Tendenziell negativ	Ziele mehrheitlich nicht erreicht Indikator erst längerfristig auf Zielkurs	Handlungsbedarf: Aktivitäten müssen verstärkt werden
Negativ	Alle Ziele nicht erreicht Aktueller Kurs läuft vom Ziel weg	Hoher Handlungsbedarf: Neue Aktivitäten notwendig

- › Die **Chancen und Risiken** werden qualitativ dargelegt. Dabei werden insbesondere die verschiedenen Entwicklungsszenarien (Abweichungen zum Trendszenario) gewürdigt.

7.2. BEREICH LÄRM

Im Lärmbereich zeigt sich, dass Grenzwertüberschreitungen vor allem bei den drei grossen Landesflughäfen vorhanden sind. Die übrigen Flugplätze und Flugfelder sind demgegenüber nur sehr punktuell betroffen. Gleichzeitig ist festzustellen, dass die nicht objektiv messbaren Elemente der Lärmbelastung aufgrund verschiedener Faktoren an Bedeutung gewonnen haben:

- › die stärkere Belastung von Tagesrand- (6.00–7.00 und 21.00–22.00 Uhr) und Nachtzeiten (22.00–06.00 Uhr),
- › unerwartete Änderungen des Betriebsreglements,
- › die grundsätzliche Einstellung der Anwohner/innen zum Luftverkehr und zum Flughafen.

Die Abbildung der zukünftigen Entwicklung musste in diesem Bericht auf heterogenen Informationen aufbauen. Vor allem für den Flughafen Zürich wird die zukünftige Entwicklung im Rahmen des SIL-Prozesses momentan erarbeitet. Es muss in Zukunft die Aufgabe von Nachhaltigkeitsindikatoren sein, möglichst objektive und laufend erfassbare und vergleichbare Lärminformationen darzustellen. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Messung und Kompilation von objektiven Lärmindikatoren nicht vollständig vorhanden ist.

Dennoch lässt sich festhalten, dass die objektive Lärmbelastung durch den Flugverkehr in den letzten Jahren gesunken ist, die subjektive Lärmbelastung aber aufgrund von nicht

erwarteten Ereignissen (insbesondere im Raum Zürich: Änderung Betriebsreglement, Häufung von Negativmeldungen über die Swiss/Swissair, Vertrauensverlust infolge Privatisierung) und gesamthaft erhöhter Lärmbelastung gestiegen ist. Vor allem die lauten Einzelergebnisse (sog. Kapitel II-Flugzeuge) konnten stark reduziert werden. Gleichzeitig hat aber die Zahl der Flugbewegungen in den kritischen Tagesrandstunden zugenommen.

Mit der Trendentwicklung ist in Zukunft mit einer weiteren Zunahme der Lärmbelastung zu rechnen. Weil aber die Anflugregimes und die Tagesverläufe ebenfalls kritisch für die Beurteilung sind, ist eine Aussage über die zukünftige Lärmentwicklung ohne Modellrechnungen mit grossen Unsicherheiten behaftet. Es wird deshalb auf eine quantitative Prognose verzichtet.

Tabelle 71 fasst die wichtigsten Erkenntnisse anhand der Beurteilungstabelle zusammen: Allgemein zeigt sich, dass der Lärm auch in Zukunft eine kritische Grösse darstellen wird. Zu beachten ist aber gleichzeitig, dass die Lärmbelastung und -belästigung lokal (im Umfeld der Landesflughäfen) auftritt. Mit einer aktiven Schallschutzstrategie, optimierten Anflugverfahren, raumplanerischen Massnahmen und vertrauensbildenden Massnahmen kann diese in Zukunft verringert werden. Dies wird vor allem für den SIL-Prozess in Zürich eine der zentralen Herausforderungen sein.

GESAMTBEURTEILUNG BEREICH LÄRM				
Indikator	Beurteilung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbewertung¹⁾	Chancen und Risiken²⁾
Ziel 1: Belastung durch Fluglärm minimieren (Entwicklung der Einflussfaktoren)				
Technische Entwicklung der Flugzeugflotte		+	Positiv	Absenkungspfad kann stärker oder schwächer ausfallen.
Flugbewegungen zivile Luftfahrt		-	Tendenziell negativ	Abhängig von Entwicklung der Luftverkehrsbranche und Weltwirtschaft.
Bevölkerungsentwicklung um Flughäfen		0	Tendenziell positiv	Aktive Raumplanung kann Entwicklung beeinflussen, z.B. mittels Umnutzung von Wohnzonen in Gewerbezone in stark lärm-belasteten Gebieten.
Betriebsreglemente		+	Tendenziell positiv	Betriebsreglemente sind abhängig von Politik, Infrastruktur und Technik. Grosses Potenzial zur Minimierung der Fluglärmbe-lastung. Unklarer Einfluss auf Lärmbelästi-gung.
Militärische Flugbewe-gungen		0	Tendenziell positiv	Reduktion Kampffjets, Auslandtraining.
Entwicklung Leq Linien-Charterverkehr		0	Tendenziell negativ	Tiefere Belastung bei Szenario Tief und No Hub, stark abhängig von den Betriebsreg-lementen.
Entwicklung Leq GA		0	Tendenziell negativ	Probleme mit Gebirgsfliegerei bleiben; Entwicklung der Flugbewegungen unklar.
Ziel 2: Belästigungen durch Fluglärm minimieren				
Wahrnehmung der Beläs-tigung durch Fluglärm		0	Tendenziell negativ	Abhängig von allgemeiner Lärmbelastung, politischen Entscheiden, Informationspoli-tik und Planungssicherheit.
Ziel 3: Minimierung der negativen wirtschaftlichen Effekte				
Einmalige Lärmkosten: Schallschutzmassnahmen		+	Tendenziell positiv	Bessere und preisgünstigere Schallschutz-techniken für Gebäuden
Jährliche Lärmkosten		0	Tendenziell negativ	Abhängig von Anzahl lärm-betroffener Per-sonen
1) Auf Basis Szenario „Trend“ (Intraplan)				
2) Auf Basis Szenerio „Tief“ oder „No Hub“				

Tabelle 71

7.3. BEREICH RAUMENTWICKLUNG

Die Luftfahrt ist für die wirtschaftliche Entwicklung der Schweiz ein wichtiger Standortfaktor und sie wird diese Funktion auch in Zukunft wahrnehmen. Gleichzeitig besitzt die Luftfahrt mit dem Fluglärm sowie mit dem Flächenverbrauch auch erhebliche negative Nebeneffekte, welche nicht in allen Regionen und Gemeinden der Schweiz durch entsprechende Nutzen aufgewogen werden. Gewinner und Verlierer sind zwar nicht vollständig verschieden, aber auch nicht vollständig deckungsgleich.

Die **Landesflughäfen** stellen einerseits einen erheblichen Eingriff in die räumlichen Entwicklungsmöglichkeiten der Standortregion dar. Sie sind sehr gross, sehr prägend – insbesondere, wenn noch die Lärmperimeter in Betracht gezogen werden. Insofern stossen die Landesflughäfen an die Grenzen der Tragbarkeit für einen einzelnen Raum. Andererseits entwickeln sie eine hohe Produktivität und stellen eine intensive Flächennutzung dar – was einen relativ sparsamen Umgang mit Flächen (im Vergleich zu einer Aufspaltung des Verkehrs auf weitere Flughäfen) ermöglicht. Verbunden mit der hohen Produktivität sind positive Effekte, die sich zugunsten der Stellung der Schweiz in der internationalen Standortkonkurrenz auswirken und als solche für die gesamte Schweiz von Interesse sind. Bezüglich der zukünftigen Entwicklung fragt es sich vor allem, inwiefern die Grenznutzen von zusätzlichen Flugbewegungen die Grenzkosten überwiegen. Kritische Fragen sind in diesem Zusammenhang diejenigen nach der dadurch weiter zunehmenden Lärmbelastung und nach einer allenfalls notwendigen Erweiterung der Pisten und Rollwege, die die Nutzungspotenziale der Flughafenregion beeinträchtigen.

Regionalflugplätze mit und ohne Linien- und Charterverkehr, Flugfelder und Heliports bringen deutlich geringere wirtschaftliche Impulse. Sie besitzen neben ihrem eigenen Flächenbedarf nur geringe Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung. Ihr Nutzen liegt v.a. im Bereich von Schulungs-, Versorgungs- und Rettungsflügen, nicht zuletzt, um die Landesflughäfen zu entlasten.

Die **Militärflugplätze** bringen grundsätzlich wenig wirtschaftliche Impulse. Sie verursachen in den betroffenen Regionen jedoch überdurchschnittlichen Lärm. In Randregionen weist aber die erzeugte Wertschöpfung eine ausgleichende Wirkung auf. Die eingeleiteten Entwicklungen hinsichtlich Reduktion der Standortzahl bieten Chancen für einen nachhaltigen Militärflugbetrieb in der Schweiz. Mit bspw. dem Freiwerden von Dübendorf wird eine grosse Fläche in der Agglomeration für interessante Nutzungen, räumliche Ausgleichsflächen und

Verdichtungsmöglichkeiten frei. Andererseits liegen die verbleibenden Flugplätze meist in sensiblen Räumen mit einem gewissen Konfliktpotenzial zwischen den wirtschaftlichen und landschaftsschützerischen Zielen.

Generell gilt, dass die Betriebsreglemente (Flugrouten, Betriebszeiten) neben der Zahl der Flugbewegungen und den Lärmparametern der Fluggeräte ähnlich wie im Bereich Lärm einen erheblichen Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbeurteilung der Luftfahrt haben.

Die folgende Tabelle fasst die Beurteilung zu wichtigsten Indikatoren zusammen:

GESAMTBEURTEILUNG BEREICH RAUMENTWICKLUNG				
Indikator	Beurteilung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung¹⁾	Chancen und Risiken²⁾
Ziel 1: Erreichbarkeit als Teil der Standortgunst verbessern				
internationale Erreichbarkeit		absolut + relativ 0/-	positiv	Die Erreichbarkeit der Schweizer Metropolen bleibt absolut gut. Im relativen Vergleich mit anderen europäischen Metropolen ist ein Rangverlust möglich. Ein diesbezügliches Risiko besteht v.a. beim Szenario No Hub, verbunden mit einem markanten Rückgang der Anzahl Flugverbindungen.
interregionale Erreichbarkeit, Erreichbarkeit der Landesflughäfen aus den Regionen		ÖV 0 bis + MIV - bis 0	tendenziell positiv	Zunehmende Staus im Agglomerationsverkehr verschlechtern zu den Hauptverkehrszeiten die MIV-Erreichbarkeit der Landesflughäfen. Die Infrastrukturvorhaben und Angebotsverbesserungen verbessern die ÖV-Erreichbarkeit der Landesflughäfen.
Ziel 2: Unterstützung einer regional ausgeglichenen wirtschaftlichen Entwicklung				
Standortauswirkungen interregional			keine Beurteilung	Metropolen ZH, BS, GE als Wachstumsmotoren für die ganze Schweiz bedeutet auch Zunahme der Unterschiede zwischen den Regionen
Ziel 3: Negative räumliche Auswirkungen der Lärmbelastung minimieren				
Nutzungseinschränkungen durch Lärmgrenzwertüberschreitungen		0	tendenziell negativ	Bei Landesflughäfen und Militärflugplätzen von Bedeutung. Die tatsächlichen Einschränkungen in der Entwicklung waren in der Vergangenheit eher bescheiden
Lärm als Standortnachteil		-	negativ	V.a. bei Landesflughäfen und Militärflugplätzen von Bedeutung. Hängt stark

GESAMTBEURTEILUNG BEREICH RAUMENTWICKLUNG				
Indikator	Beurteilung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung ¹⁾	Chancen und Risiken ²⁾
				von An-/ Abflugregimes und Tagesverlauf der Flugbewegungen ab
Ziel 4: Haushälterischer Umgang mit dem Boden (Minimierung Flächenverbrauch)				
Flächenbedarf der Flugplätze		zivil: 0 oder falls Ausbauten: - militär.: +	tendenziell positiv (Regionalflugplätze: tendenziell negativ)	Wenige Objekte mit hoher Flächenproduktivität bei Landesflughäfen, aber einzeln stark flächenbeanspruchend und prägend für einen Raum. Allfälliger Ausbaubedarf zur Bewältigung der zusätzl. Flugbewegungen kann sich auf den Flächenbedarf negativ auswirken. Standortreduktion bei der Luftwaffe setzt Entwicklungsspielräume frei.
Flächenproduktivität der Flugplätze		0 bis + , unklar falls Ausbauten nötig	tendenziell positiv	Zunahme der Flugbewegungen erhöht Produktivität der Landesflughäfen, solange mit bestehenden Pisten und Rollwegen bewältigbar.
Ziel 5: Kosten und Nutzen fair verteilen				
Räumliche Verteilung von Standortvor- und -nachteilen		0	tendenziell positiv	Gewinner und Verlierer sind nicht vollständig verschieden, aber auch nicht vollständig deckungsgleich.
1) Auf Basis Szenario „Trend“ (Intraplan) 2) Auf Basis Szenario „Tief“ oder „No Hub“				

Tabelle 72

7.4. BEREICH UMWELT

Es können folgende Punkte für den Bereich Umwelt zusammengefasst werden:

- › Die drei nationalen Flughäfen tragen quantitativ mit Abstand am meisten zur Umweltbelastungen durch den Luftverkehr in der Schweiz bei.
- › Die technischen Fortschritte haben dazu geführt, dass die Umweltbelastungen durch Luftschadstoffe (NO_x, CO und VOC) zwischen 1990 und 2004 nicht in gleichem Ausmass wie die Flugbewegungen gewachsen sind. Bei den VOC-Emissionen sank die Belastung kontinuierlich ab. Die Entwicklungen für den Zeithorizont bis 2030 hängen stark von der Entwicklung der Flugbewegungen ab. NO_x- und VOC-Emissionen nehmen im Szenario „Intraplan“ wieder zu.

- › Die globalen Umwelteinwirkungen des Flugverkehrs auf das Klima durch den fossilen Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen können (neben dem Lärm) als das grösste Problem des Flugverkehrs identifiziert werden. Gemäss dem Trendszenario (Intraplan) steigen die CO₂-Emissionen und der Treibstoffverbrauch im Luftverkehr – trotz höherer Treibstoffeffizienz – in den nächsten 25 Jahren um rund 50% an. Zu ca. 90% werden CO₂-Emissionen und Treibstoffverbrauch durch den Linien- und Charterverkehr verursacht. Ebenfalls klimarelevant sind NO_x-Emissionen während der Cruise-Phase in grossen Höhen (hauptsächlich von Langstreckenflugzeugen verursacht). Sie beeinflussen die Ozonkonzentrationen in der Tropopause und in der unteren Stratosphäre, was wiederum eine Auswirkung auf den Temperaturhaushalt der Erde hat. Die NO_x-Emissionen steigen v.a. bis 2010 und nach 2020 in den beiden Szenarien „Trend“ und „Rapptrans – tief“ an. Die Diskussion um Massnahmen gegen die Klimaerwärmung und für die Treibstoffeffizienz im Flugverkehr wird international die wichtigste Umweltaufgabe der Luftfahrt in den nächsten Jahrzehnten sein.
- › Technische Umweltmassnahmen an den Flugzeugen und der Bodeninfrastruktur haben geholfen, die lokalen Umweltauswirkungen in vielen Bereichen effektiv zu reduzieren (Wasser- und Energieeinsparungen, qualitative und quantitative Gewässerverschmutzung, Bodenbelastung, Abfälle, usw.). In Zukunft sind auf diesem Gebiet (z.B. im Bereich Gewässerbelastung durch Enteiserabwässer) noch weitere Anstrengungen nötig. Die lokalen Umweltbelastungen (Boden, Gewässer) durch den Flugverkehr werden aber weiter abnehmen und stellen kein grosses Umweltproblem dar.
- › Die Beeinträchtigungen von natürlichen Lebensräumen und Erholungsgebieten durch den Flugverkehr stellen dagegen ein noch ungelöstes Problem dar. In Zukunft werden diese Belastungen tendenziell noch zunehmen (v.a. höhere Sensibilität der Menschen, aber auch Zunahme der gesamten Anzahl Flugbewegungen). Entscheidend wird sein, wie die Politik bestehende Vorschriften zum Schutz von Natur und Landschaften umsetzt und ob weitere Massnahmen zur Beschränkung der Belastung in sensiblen Gebieten eingeführt werden.
- › Trotz guter Erschliessung der Flughäfen an das öffentliche Verkehrsnetz bleibt die Belastung des Strassennetzes durch den induzierten Verkehr in der nahen Umgebung der Landesflughäfen sehr hoch (gute Parkiermöglichkeiten für Passagiere und Personal, gute Erreichbarkeit über die Strasse, Taxis bis ins Stadtzentrum). Die Umweltbelastungen (Luftschadstoffe und Lärm) sind in diesen flughafennahen Gebieten sehr hoch und steigen vielfach noch weiter an. Immerhin konnte beispielsweise beim Flughafen Zürich der ÖV-Anteil der Flugpassagiere in den letzten Jahren erhöht werden. Für die Zukunft wird es entschei-

dend sein, die Qualität der ÖV-Anbindung von Landesflughäfen und grossen Regionalflughäfen weiter zu verbessern.

Die folgende Tabelle fasst die Beurteilung zusammen.

GESAMTBEURTEILUNG BEREICH UMWELT				
Indikatoren	Bewertung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung¹⁾	Chancen und Risiken²⁾
Ziel 1: Lokale, nationale und grenzüberschreitende Umweltbelastungen auf ein langfristig unbedenkliches Niveau senken				
NO _x -, VOC-Emissionen für Flugbetrieb		-	Tendenziell negativ	Das Wachstum der Flugbewegungen ergibt bei den beiden anderen Szenarien ein tendenziell positives Bild. Das Problem wird durch die vermutete Abnahme der Hintergrundbelastung entschärft.
PM10 Emissionen für Flugbetrieb		+	Tendenziell positiv	Durch technischen Fortschritt im Triebwerksbau können PM10-Emissionen in allen Szenarien massiv vermindert werden.
Nicht flugbedingte Emissionen (induzierter Landverkehr, Flughafenbetrieb)		0	Tendenziell positiv	Technolog. Fortschritt führt zu Reduktion der Emissionen pro Fahrzeug. Diese wird durch das Pax-Wachstum aber wettgemacht. Entwicklung der ÖV-Anbindung der Flughäfen ist zentral.
Bodenbelastung		+	Positiv	Mögl. Pistenausbau erhöht Belastung, Schliessung Militärflugplätze kann zu Reduktion der Bodenversiegelung führen
Einfluss auf Landschaften und Lebensräume		-	Tendenziell negativ	Zunahme der Flugbewegungen in sensiblen Räumen (Kleinaviatik, Heliskiing) als mögl. Risiko. Starke Abhängigkeit von polit. Vorgaben.
Gewässerbelastung		+	Tendenziell positiv	Verbesserte Sammlung und Reinigung von Enteisungsmittel- und Meteorabwässern als Chance
Ziel 2: Atmosphärische Umweltbelastungen senken				
Ausstoss von Treibhausgasen (v.a. CO ₂).		-	Negativ	Das Wachstum der Flugbewegungen (Szenario Trend Intraplan), übertrifft die Effizienzsteigerungen.
Ausstoss von NO _x oberhalb der Tropopause		-	Tendenziell Negativ	Problematik liegt bei den grossen Flugzeugen, darum ergibt das Szenario „No Hub“ ein tendenziell positives Bild.

GESAMTBEURTEILUNG BEREICH UMWELT				
Indikatoren	Bewertung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung ¹⁾	Chancen und Risiken ²⁾
Ziel 3: Ressourcen schonen				
Kerosinverbrauch		-	Negativ	Das Wachstum der Flugbewegungen (Szenario Trend Intraplan), übertrifft die Effizienzsteigerungen.
1) Auf Basis Szenario „Trend“ (Intraplan) 2) Auf Basis Szenario „Tief“ oder „No Hub“				

Tabelle 73

7.5. BEREICH WIRTSCHAFT

Konsumentenebene

Die relativen Preise der Luftfahrt gegenüber anderen Konsumentenpreisen und den anderen Verkehrsmitteln sind in den letzten Jahren gesunken. Dies zog für die Konsumenten deutliche (auch absolute) Preisvorteile nach sich. Auf dem tieferen Preisniveau sind die Preise aber weiterhin sehr volatil, wobei diese Volatilität nicht primär saisonalen Charakter hat, sondern die Wirkungen der dynamischen Wettbewerbsverhältnisse zeigt. Für die Konsumenten ist es deshalb zum einen nicht einfach, das beste Preis-Leistungsverhältnis zu finden, auf der anderen Seite zeigt die hohe Volatilität, dass auf dem Markt viel Bewegung und Wettbewerbsdruck herrscht, aber eine Konsolidierungsphase noch ansteht. Positiv zu werten ist der deutliche Rückgang bei den Verspätungen in den letzten Jahren und der damit verbundenen Zeitkosten für die Passagiere. Dafür nahm im Zuge der Entwicklungen rund um die Swissair 2001 und danach um die Swiss die Anzahl Direktverbindungen deutlich ab. Dies ist mit einer gewissen Zunahme der Zusatzkosten verbunden, weil ein grösserer Teil der Passagiere ihre Zieldestination nur mit Umsteigeflügen erreichen können. Insgesamt ist das Fazit aus Konsumentensicht aber grundsätzlich positiv zu werten.

Die zukünftige Trendentwicklung wird diesen Effekt fortsetzen. Grundsätzlich gilt: je höher das Wachstum, desto höher der Nutzen für die Konsumenten, desto grösser auch der potenzielle Umsteigenutzen. Mit zunehmenden Kapazitätsproblemen können umgekehrt die Verspätungskosten steigen. Würde der Hubbetrieb in Zürich wegfallen, würde auch der Umsteigenutzen wegfallen. Gemäss aktuellen Berechnungen für Zürich (INFRAS 2005) kann ein Wegfall des Hubs zu zusätzlichen Zeitkosten für die Benutzer von bis zu 140 Mio CHF pro Jahr führen.

Produzentenebene

Der Kostendeckungsgrad der Airlines ist nun nach mehreren Umstrukturierungen bspw. der Swiss wieder steigend und nähert sich von unten der 100%-Marke. Die internationalen Flughäfen sind dank dem Non-Aviation-Bereich insgesamt kostendeckend, der Aviation-Bereich allein deckt seine Kosten jedoch nicht. Der Non-Aviation-Bereich ist aber in Bezug auf das Kundenaufkommen primär abhängig vom Aviation-Bereich.

Die Produktivität der Luftfahrt steigt – nach einem leichten Einbruch zwischen 2000 und 2002 – überproportional (relativ zu anderen Sektoren). In einer Phase der Umstrukturierungen und Überprüfung der getätigten Investitionen (z.B. Flottenzusammensetzung) ist dies nicht unüblich. Die Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt betragen als Folge des Swissair-Zusammenbruchs 2001/2002 gegen 2.7 Mia. CHF. Die Struktur der Swiss und die Übernahme durch die Lufthansa lassen erwarten, dass sich dies in Zukunft nicht nochmals wiederholt. Insgesamt ist das Fazit auf Produzentenebene für die letzten Jahre gemischt. Der Verkehrsbereich (die Swiss(-air)) befand sich in grossen Schwierigkeiten und hat den Gesundungsprozess noch nicht vollständig abgeschlossen. Bei der Luftfahrt-Infrastruktur (Flughäfen) sieht die Situation günstiger aus. Zwar hat der Aviation-Bereich ebenfalls unter den Entwicklungen der letzten Jahre gelitten, aber dank der Ergebnisse aus dem Non-Aviation-Bereich lag das Ergebnis der Flughäfen angesichts der Umstände in gutem Rahmen.

In Zukunft dürfte die Kostendeckung mit der trendmässigen, zu erwartenden, Nachfrageentwicklung weiter steigen und die Produktivität über den ganzen Zeitraum (inkl. Infrastrukturerweiterung) gesehen etwa gleich hoch bleiben oder leicht ansteigen, wenn es gelingt (insbesondere für die Swiss) im rauen Wettbewerb zu bestehen. In dieser Logik werden auch keine punktuellen Unterstützungen der öffentlichen Hand mehr gesprochen. Bei einem Wegfall der Hubfunktion jedoch dürften sich die Indikatoren kritischer entwickeln. Die Auslastungen der Flugzeuge dürften sinken, das Risiko von Defiziten aus dem Flugbetrieb (für Airline und Flughafen) dürften steigen.

Ein grundsätzliches Risiko aus Produzentensicht besteht in der starken Abhängigkeit vom fossilen Energieträger Kerosin in einer Zeit, in der die endliche Verfügbarkeit von Erdöl konkreter in Unternehmensentscheide einbezogen wird und Substitutionsanstrengungen an Bedeutung gewinnen.

Gesamtwirtschaftliche Ebene

Die Luftfahrt bildet eine wichtige Infrastruktur für die Volkswirtschaft und gehört zu einem der wichtigen Aspekte der Standortattraktivität einer Region. Die Luftfahrt befriedigt Mobilitätsbedürfnisse von Individuen und Unternehmen und ist ein wichtiges Tor für Touristen in die Schweiz.

Die Beschäftigung und Wertschöpfung bei den Unternehmen auf den Flughäfen (Aviation und Non-Aviation) und bei den Vorleistern der Luftfahrt ist gesamtwirtschaftlich bedeutend. Diese Wertschöpfung hat 2000–2002 deutlich abgenommen. Der Rückgang hatte eine Zunahme der Anzahl Stellensuchenden nach sich gezogen. Für die Gesamtwirtschaft (für Zürich) war dies neben der Restrukturierung in der Finanzbranche eine Belastung. Die Beschäftigungszahlen in der Luftfahrt haben relativ stark geschwankt und sind insgesamt verglichen mit anderen Branchen stark überproportional zurückgegangen. Die Luftfahrtbranche wirkte nicht antizyklisch, sondern beanspruchte die Absorptionsfähigkeit der übrigen Branchen und hat die Wirtschaftsentwicklung nicht gestärkt. Der passagierseitig-katalytische Effekt ist nach 2000 leicht gesunken und weist aktuell wieder eine steigende Tendenz auf dank der Zunahme der Lokalpassagiere. Die Wertschöpfung und Beschäftigung aus dem direkten und indirekten Effekt hat sich bis 2004 stabilisiert und hat 2005 wieder etwas zugenommen.

Es gibt im Luftverkehr weiterhin Preisverzerrungen infolge nicht internalisierter externer Kosten und Marktverzerrungen wegen der Subventionierung der grossen Flugzeughersteller in den Produktionsländern. Allerdings sind die externen Kosten pro Verkehrseinheit beim Luftverkehr in einer ähnlichen Grössenordnung wie beim Strassenverkehr. Am bedeutendsten sind die Kosten der Klimaerwärmung, deren Abschätzung mit grossen Unsicherheiten behaftet ist.

Die Luftfahrttechnologie-Industrie weist in den letzten Jahren ein kontinuierliches Wachstum auf, was positiv für die Gesamtwirtschaft und die Exportaussichten aus der Luftfahrt-Branche ist. Die regionalen Verteilungswirkungen des Luftverkehrs sind eher schwach. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. dank Luftfahrttechnologieunternehmen in Randregionen oder Flugplätzen in Bergtälern) profitieren die Ballungsgebiete stark überproportional vom wirtschaftlichen Nutzen des Luftverkehrs, sei es über die Standortnähe aus Sicht der Konsumenten oder als Vorleister oder Geschäftsreise oder Frachtnachfrager aus Sicht der Unternehmen. Vor allem die Luftwaffe übt demgegenüber eine gewisse regionale Ausgleichsfunktion aus.

Mit der zukünftigen Entwicklung ist auch eine positive Wirkung auf diverse gesamtwirtschaftliche Indikatoren zu erwarten. Aus Nachhaltigkeitssicht zentral ist dabei eine kontinuierliche (und keine sprunghafte) Veränderung. Die Entwicklung bei Wertschöpfung und Beschäftigung zeigen, dass das Szenario No Hub deswegen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ungünstig wirkt. Die externen Kosten dürften bei allen Szenarien bis 2030 über das heutige Niveau ansteigen, vor allem infolge der zusätzlichen Klimagasemissionen des Luftverkehrs. Beim Szenario Trend wären sie aber deutlich am höchsten.

Bezüglich der regionalen Verteilungswirkungen spielt die Strukturveränderung der Luftwaffe eine wichtige Rolle. Der Erhalt der Jetflugzeuge in wirtschaftlich weniger starken Regionen ist diesbezüglich positiv zu werten.

Die folgende Tabelle fasst die Beurteilung zusammen:

GESAMTBEURTEILUNG IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Nachhaltigkeitsziel	Bewertung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung¹⁾	Chancen und Risiken²⁾
Ziel 1 (KONSUMENTENEBENE): Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis für Luftverkehrskonsumenten (Private und Unternehmen)				
Konsumentenpreise im Flugverkehr (Höhe, Entwicklung und Volatilität)		0	Tendenziell positiv	Abhängig von internationaler Wettbewerbsentwicklung und Stärke Swiss. Bei ungünstiger Entwicklung tendenziell negativ. Risiko steigender Kerosinpreise bei Verknappung Erdöl.
Unternehmensseitig katalytischer Effekt		0	Positiv	Abhängig von Hub-Funktion. Im No Hub Szenario leichte Einbusen
Verspätungen		0	Tendenziell positiv	Grosse Kurzfristpotenziale. Reduktion des Verspätungsrisikos ist für Hub-Betrieb wichtig. Abhängig von Möglichkeiten für Kapazitätsausbau.
Kosten infolge zusätzlicher Umsteigevorgänge		+	Tendenziell positiv	Abhängig von Hub-Funktion. Im No Hub Szenario tendenziell negativ

GESAMTBEURTEILUNG IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Nachhaltigkeitsziel	Bewertung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung¹⁾	Chancen und Risiken²⁾
Ziel 2 (PRODUZENTENEBENE): Effiziente Nutzung des Verkehrssystems (Optimierung Eigenwirtschaftlichkeit)				
Betriebswirtschaftl. Kostendeckungsgrad		+	Positiv	Abhängig von allgemeiner Entwicklung Schweizerischer Luftfahrt. Bei ungünstiger Entwicklung zunehmende Unternehmensrisiken (v.a. Szenario No Hub)
Produktivität: Wertschöpfung je VZÄ		0	Positiv	Im Szenario No Hub tendenziell negativ wg. schlechterer Auslastung der Ressourcen
Ausgaben der öffentlichen Hand für die Luftfahrt		+	Tendenziell positiv	Abhängig von politischem Umfeld; Risiken im Szenario No Hub
Ziel 3: (GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EBENE) Direkte und Indirekte wirtschaftliche Effekte optimieren				
Beschäftigte und Wertschöpfung (direkt; Niveau und Veränderung)		+	Positiv	Abhängig von allgemeiner Entwicklung Schweizerischer Luftfahrt. Bei ungünstiger Entwicklung zunehmende Risiken (v.a. Szenario No Hub)
Beschäftigte bzw. Wertschöpfung durch Vorleistungen für die Luftfahrt-Branche in der Schweiz		+	Positiv	Abhängig von allgemeiner Entwicklung Schweizerischer Luftfahrt. Bei ungünstiger Entwicklung zunehmende Risiken (v.a. Szenario No Hub)
Passagierseitig-katalytischer Effekt		0	Positiv	Abhängig von Hub-Funktion. Im No Hub Szenario Einbussen zu erwarten.
Nicht internalisierte externe Kosten		-	Tendenziell negativ	Abhängig v.a. von zunehmenden Klimagas-Emissionen und luftfahrtpolitischen Massnahmen; bei geringerem Wachstum geringere externe Kosten.
Beschäftigte in der Schweizer Luftfahrttechnologie-Industrie (Flugzeugherstellung und -wartung)		+	Positiv	Abhängig von allgemeiner Entwicklung Schweizerischer Luftfahrt und Strukturwandel Luftwaffe. Bei ungünstiger Entwicklung tendenziell negativ.

GESAMTBEURTEILUNG IM BEREICH WIRTSCHAFT				
Nachhaltigkeitsziel	Bewertung heute	Entwicklung in Zukunft	Gesamtbeurteilung ¹⁾	Chancen und Risiken ²⁾
Regionale Verteilung der Beschäftigten		+	Tendenziell positiv	Abhängig von allgemeiner Entwicklung Schweizerischer Luftfahrt und Strukturwandel Luftwaffe Bei ungünstiger Entwicklung tendenziell negativ.
1) Auf Basis Szenario „Trend“ (Intraplan) 2) Auf Basis Szenario „Tief“ oder „No Hub“				

Tabelle 74

7.6. GESAMTFAZIT

Die zusammenfassende Beurteilung zeigt, dass für die Beurteilung der Nachhaltigkeit im Luftverkehr für die vier untersuchten Bereiche ein differenziertes Fazit zu ziehen ist.

- › Zunächst ist festzuhalten, dass die vier Bereiche verschiedene Schnittstellen aufweisen, die bei der Beurteilung zu beachten sind. Diese betreffen insbesondere die Bereiche Lärm und Raumentwicklung (Lärm als einschränkender Nutzungsfaktor) und Wirtschaft und Raumentwicklung (Luftverkehr als regionaler Wirtschaftsfaktor und Voraussetzung für eine gute Erreichbarkeit als Standortfaktor). Entsprechend hängen auch die Gesamtbeurteilungen zusammen.
- › Der Luftverkehr weist vor allem im Bereich Wirtschaft ein hohes Potenzial an Nachhaltigkeit auf. Nach den Wirren durch das Grounding der Swissair sind hier die Zukunftsaussichten positiv zu werten, wenngleich infolge der Marktkräfte weiterhin Unsicherheiten bestehen werden. Dem Luftverkehr ist es auch gleichzeitig gelungen, seine Umweltbelastung dank verbesserter Technologie und marktwirtschaftlichen Instrumenten (Lärmgebühren, emissionsabhängige Landegebühren) zu reduzieren.
- › Zwei Bereiche sind allerdings als besonderes kritisch zu bezeichnen: Einerseits die nach wie vor überschrittenen Grenzwerte im Lärmbereich und die möglicherweise steigende Belastung und -belästigung im Umfeld der Landesflughäfen und andererseits die starke Zunahme der Klimagasemissionen, die den Klimareduktionszielen zuwiderlaufen. Weitere Belastungen (v.a. die Flugbewegungen in ökologisch und touristisch sensiblen Zonen) sind vor allem punktuell als kritisch zu bezeichnen.
- › Der Vergleich der verschiedenen Bereiche lässt verschiedene Zielkonkurrenzen erkennen. Am stärksten ist der Konflikt zwischen wirtschaftlichem Wachstum des Luftverkehrs und

dessen lokalen Auswirkungen (Lärmstörungen) und globalen Auswirkungen (Klima). Die Trendprognosen deuten darauf hin, dass sich dieser Konflikt in Zukunft verstärken wird.

› Wirtschaftswachstum ist für den Luftverkehr dann positiv zu werten, wenn es ihm gelingt, die Wachstumschancen positiv zu nutzen und aktiv seine Nachhaltigkeitsdefizite zu verringern. Ein zentraler Aspekt ist dabei eine faire Verteilung der daraus resultierenden potenziellen Gewinne. Je stärker es gelingt, die Wachstumsgewinne in technische Verbesserungen und in konsequente Umwelt- Lärm- und Klimaschutz zu investieren bzw. die lokale Wirtschaft und die umliegenden Gemeinden an den Wachstumsgewinnen zu beteiligen, desto grösser ist die Chance, dass die Wachstumschancen im Sinne der Nachhaltigkeit genutzt werden können.

Die drei für die Analyse unterstellten Entwicklungsszenarien unterscheiden sich einerseits bezüglich der Anzahl der Flugbewegungen, andererseits bezüglich Funktion des Luftverkehrsstandortes Schweiz. Die Unterschiede betreffen den Raum Zürich am stärksten, weil insbesondere die Akteure auf dem Flughafen Zürich durch das Szenario ‚No Hub‘ betroffen sind. Die drei Szenarien zeigen deutlich die möglichen Zielkonkurrenzen zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen auf. Zusammenfassend lassen sich die drei Szenarien folgendermassen beurteilen:

- › Das **Szenario ‚Trend‘** (gemäss Intraplan) weist die höchsten Wachstumspotenziale im Wirtschaftsbereich auf. Deshalb ist dieses Szenario aus wirtschaftlicher Optik als robust zu bezeichnen. Die Chancen für die Luftfahrtindustrie und deren Vorleister sowie für den Standort Schweiz sind intakt und weisen ein Entwicklungspotenzial auf. Auf der anderen Seite sind allerdings in diesem Szenario auch die Belastungen am höchsten. Kritisch sind einerseits die wachsenden Klimaemissionen wie auch die Risiken für zusätzliche Lärmbelastungen, vor allem in Tagesrand- und Nachtzeiten. Dabei sind der globale (Klima) und der lokale (Lärm) Aspekt zu unterscheiden. Bei der Lärmbelastung ist zu berücksichtigen, dass die Wahl der An- und Abflugrouten ebenfalls einen wesentlichen Einfluss hat. Zudem zeigen die Analysen, dass politische und individuelle Aspekte eine hohe Bedeutung bez. dem Niveau der Lärmbelästigung aufweisen. Es wird die Herausforderung in diesem Szenario sein, die wirtschaftlichen Nutzen für die Minimierung der Belästigungen in fairer und effizienter Weise einzusetzen.
- › Das **Szenario ‚Tief‘** gemäss Rapp unterscheidet sich insbesondere bezüglich Niveau vom Szenario Trend. Den leicht tieferen wirtschaftlichen Potenzialen stehen leicht tiefere Belastungen gegenüber. Sie dürften bez. Lärmbelastung relativ gering sein. Eher relevant

sind die tieferen Klimagasemissionen. Das Szenario unterstellt nicht nur eine tiefere Entwicklung für die Schweiz, sondern auch auf internationaler Ebene.

- › Das Szenario ‚**No Hub**‘ gemäss Rapp unterscheidet sich gegenüber den obigen Szenarien grundsätzlich, insbesondere für den Wirtschaftsraum Zürich. Für die Beurteilung ist relevant, welche Auswirkungen auf den Homecarrier ‚Swiss‘ zu erwarten sind und welche allfälligen Anpassungsprozesse (z.B. Interkontinentalangebote ab Zürich durch ausländische Carrier) stattfinden. Die vorliegenden Analysen sind diesbezüglich nicht eindeutig. Dennoch lässt sich festhalten, dass die wirtschaftlichen Risiken für die Flughafenregion Zürich (und somit auch für die Schweiz) bedeutend sind und auch die Erreichbarkeit des Wirtschaftsstandortes Schweiz Einbussen erleiden wird. Demgegenüber stehen vor allem die Entlastungspotenziale im Lärmbereich für den Flughafenstandort Zürich. Zu erwarten sind (infolge der geringeren Anzahl Interkontinentalflüge) vor allem Entlastungen in den kritischen Tagesrand- und Nachtzeiten. Wiederum sind aber auch die grundlegenden An- und Abflugrouten für das Ausmass mindestens so relevant. Davon dürfte auch das Ausmass der Verringerung der Lärmbelästigung abhängen. Das Szenario schneidet gegenüber den anderen beiden auch positiv bezüglich Emissionsentwicklung (Klimagase, Luftschadstoffe) ab. Zu beachten ist, dass hier aber eine rein schweizerische Sicht kein vollständiges Bild erlaubt. Je nach Reaktionen der Airlines und der umliegenden Flughäfen könnte die internationale Bilanz weniger positiv aussehen als die nationale.

7.7. VORSCHLÄGE FÜR VERTIEFUNGEN

Die Analyse der vier untersuchten Nachhaltigkeitsbereiche hat einerseits Indikatoren vorgeschlagen, andererseits auf Basis der bestehenden Datengrundlagen eine Auswahl von Indikatoren quantifiziert und bewertet. Für weitere Vertiefungen der vier Bereiche⁷² (v.a. im Rahmen der Erarbeitung der weiteren Arbeitspakete im NHL-Projekt) stehen folgende Stossrichtungen im Vordergrund:

- › Aufdatierung mit neuen Grundlagen: Hier steht die Aufdatierung auf Basis der Analyse des SIL-Prozesses im Vordergrund.
- › Konkretisierung und Vertiefung einzelner Indikatoren: In allen vier Bereichen sind Indikatoren vorgeschlagen worden, die mit dem heute zur Verfügung stehenden Datenmaterial nicht analysiert werden konnten.

⁷² Gleichzeitig ist nochmals darauf hinzuweisen, dass die Sicherheit und einzelne gesellschaftliche Aspekte des Luftverkehrs in den betrachteten vier Bereichen nicht berücksichtigt sind.

- › Spezifische Vertiefungen anhand von Fallstudien: Im Zentrum stehen regional differenzierte Analysen, um die Unterschiede der verschiedenen Luftfahrteinheiten zu konkretisieren (z.B. Gebirgslandeplätze, Regionalflugplätze und Flugfelder).
- › Systematische Betrachtung der Nachhaltigkeitsdimensionen Gesellschaft.

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Vorschläge nach den vier Bereichen zusammen.

VERTIEFUNGSVORSCHLÄGE NACH BEREICHEN			
Bereich	Aufdatierung (SIL-Prozess Zürich)	Konkretisierung von weiteren Indikatoren	Spezifische Fallstudien
Lärm	<ul style="list-style-type: none"> › Lärmbelastete Fläche und Bevölkerung 	<ul style="list-style-type: none"> › Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigungsindikatoren › Gesundheitliche Auswirkungen des Fluglärms › Gesellschaftliche Auswirkungen von Lärm (z.B. Verteilungsaspekte, Wohlbefinden, Segregation) 	<ul style="list-style-type: none"> › Belästigungserhebungen für kleinere Flugplätze › Spezifische Analysen von Auswirkungen von Lärm auf die Soziokultur
Raumentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> › Flächenbedarf durch Pistenausbauten › Kleinräumige Nutzungseinschränkungen 	<ul style="list-style-type: none"> › Differenziertere Betrachtung innerregionaler Standortauswirkungen: Gewinner und Verlierer › Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Flächen mit Belastungsgrenzwertüberschreitungen und deren Folgen für die räumlichen Entwicklungspotentiale › Detailliertere Betrachtung der Flughafenarealfächen nach versiegelten/ n.versiegelten Flächen, Ausgleichsflächen etc. und Einfluss auf die Flächenproduktivität › Regionalwirtschaftliche Bedeutung der Regionalflugplätze (inkl. Gebirgslandeplätze) resp. der General Aviation i.A., insbesondere Bedeutung von Versorgungsflügen, Rettungsdiensten, Schulungsflügen, Tourismus 	<ul style="list-style-type: none"> › Fallstudien für regionalwirtschaftliche Auswirkungen (einzelne Regionalflugplätze, Gebirgslandeplätze) inkl. Betrachtung der Verteilungswirkungen
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> › LTO-Emissionen › Weitere Umweltbelastungen (v.a. bei Pistenausbau) 	<ul style="list-style-type: none"> › Vertiefung der PM-Emissionen (verschiedene Korngrößen, Prognosen) › Geruchsimmissionen im Luftverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> › Detailanalysen PM-Immissionsbelastung für einzelne Flughafenstandorte
Wirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> › Volkswirtschaftliche Auswirkungen von SIL-Varianten › Regionale Verteilungswirkungen für die umliegenden Gemeinden 	<ul style="list-style-type: none"> › Vertiefungen der Auswirkungen der Hubfunktion auf die Standortattraktivität (unternehmensseitig-katalytische Effekte) › Vertiefte Analyse der Luftfahrtindustrie als Zulieferer im In- und Ausland. › Berechnung der externen Kosten des Luftverkehrs 	<ul style="list-style-type: none"> › Detailanalyse der Verteilung von Kosten und Nutzen für einzelne Flugplätze (Pendent zu regionalwirtschaftlicher Analyse).

Tabelle 75

Die **Vertiefungen im Bereich Gesellschaft** beziehen sich einerseits auf die obigen Aspekte (v.a. Lärm und gesellschaftliche Auswirkungen), insbesondere aber auch auf die gesellschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs an und für sich. Stichworte dazu sind:

› Internationale Verbindungen als Verbesserung der Kohäsion von Gesellschaften,

- › Die Luftfahrtindustrie als gesellschaftlicher Faktor in der Schweiz (Identität, gesellschaftliche Entwicklung etc.).

Neben diesen möglichen Vertiefungen in den einzelnen Bereichen ist eine Gegenüberstellung der Bereiche interessant, um Erkenntnisse zu den Zielkonkurrenzen ('Trade off's') und entsprechenden Optimierungspotenzialen zu erhalten. Dies ist am sinnvollsten am Beispiel von Fallstudien machbar, z.B.

- › Lärm und Wirtschaft: Optimierung des Hubbetriebs und Umgang mit Lärmstörungen in Tagesrandzeiten (Beispiel Flughafen Zürich),
- › Ruhe und Erholung in Tourismusgebieten und Regionalentwicklung: Militärflugplätze im Alpenraum (z.B. Meiringen),
- › Ruhe und Erholung in Tourismusgebieten und wirtschaftliche Interessen: Gebirgslandeplätze im Alpenraum (z.B. Zermatt).

ANHANG

FLUGBEWEGUNGEN LINIEN- UND CHARTERVERKEHR NACH SZENARIEN

Im Folgenden die Flugbewegungen (FB) des Linien- und Charterverkehrs in der Schweiz kategorisiert nach Flugzeuggrösse. Die Aufteilung sind insbesondere für die Emissionsrechnungen als Grundlage verwendet worden.

Intraplan - Szenario Trend						
	Sitzplätze	Typ	2004 1'000 FB	2010 1'000 FB	2020 1'000 FB	2030 1'000 FB
Zürich	1-99	Turboprop.	15.9	17.4	19.8	22.4
	1-99	Jet	83.7	98.8	112.1	126.9
	100-210	Jet	109.6	151.6	194.6	220.4
	>210	Jet	21.8	30.8	40.5	45.8
Genf	1-99	Turboprop.	12.3	12.2	13.9	15.2
	1-99	Jet	25.0	32.7	37.5	40.9
	100-210	Jet	72.6	94.4	115.0	125.3
	>210	Jet	3.0	3.9	5.8	6.3
Basel	1-99	Turboprop.	19.0	25.1	24.3	26.8
	1-99	Jet	14.3	23.1	34.8	38.3
	100-210	Jet	19.8	34.0	42.5	46.9
	>210	Jet	0.4	1.0	0.8	0.9
EAP, GVA, ZRH	1-99	Turboprop.	47.3	54.7	58.0	64.4
	1-99	Jet	123.1	154.6	184.3	206.1
	100-210	Jet	202.0	280.1	352.1	392.6
	>210	Jet	25.3	35.6	47.1	53.1
Regionalflughäfen	1-99		15.0	16.6	17.4	17.5
Total			413	542	659	734

RappTrans - Szenario tief

	Sitzplätze	Typ	2004 1'000 FB	2010 1'000 FB	2020 1'000 FB	2030 1'000 FB
Zürich	1-99	Turboprop.	15.9	16.0	16.0	17.6
	1-99	Jet	83.7	90.6	90.4	99.9
	100-210	Jet	109.6	139.1	157.0	173.4
	>210	Jet	21.8	28.2	32.7	36.1
Genf	1-99	Turboprop.	12.3	10.5	10.9	12.0
	1-99	Jet	25.0	28.3	29.4	32.4
	100-210	Jet	72.6	81.8	90.1	99.5
	>210	Jet	3.0	3.4	4.6	5.0
Basel	1-99	Turboprop.	19.0	22.6	19.2	21.1
	1-99	Jet	14.3	20.8	27.5	30.2
	100-210	Jet	19.8	30.7	33.6	36.9
	>210	Jet	0.4	0.9	0.7	0.7
EAP, GVA, ZRH						
	1-99	Turboprop.	47.3	49.1	46.1	50.8
	1-99	Jet	123.1	139.8	147.3	162.5
	100-210	Jet	202.0	251.6	280.7	309.8
	>210	Jet	25.3	32.5	37.9	41.8

Regionalflughäfen	1-99	15.0	25.0	27.0	30.0
--------------------------	-------------	------	------	------	------

Total		413	498	539	595
--------------	--	------------	------------	------------	------------

RappTrans - No Hub

	Sitzplätze	Typ	2004 1'000 FB	2010 1'000 FB	2020 1'000 FB	2030 1'000 FB
Zürich	1-99	Turboprop.	15.9	11.9	11.9	13.1
	1-99	Jet	83.7	67.5	67.5	74.2
	100-210	Jet	109.6	111.7	126.0	138.6
	>210	Jet	21.8	12.9	15.5	17.1
Genf	1-99	Turboprop.	12.3	10.5	10.9	12.0
	1-99	Jet	25.0	28.3	29.4	32.4
	100-210	Jet	72.6	81.8	90.1	99.5
	>210	Jet	3.0	3.4	4.6	5.0
Basel	1-99	Turboprop.	19.0	22.6	19.2	21.1
	1-99	Jet	14.3	20.8	27.5	30.2
	100-210	Jet	19.8	30.7	33.6	36.9
	>210	Jet	0.4	0.9	0.7	0.7
EAP, GVA, ZRH						
	1-99	Turboprop.	47.3	45.1	42.1	46.3
	1-99	Jet	123.1	116.7	124.4	136.9
	100-210	Jet	202.0	224.2	249.8	275.0
	>210	Jet	25.3	17.1	20.8	22.8

Regionalflughäfen	1-99	15.0	25.0	27.0	30.0
--------------------------	-------------	------	------	------	------

Total		413	428	464	511
--------------	--	------------	------------	------------	------------

DATENGRUNDLAGEN LÄRM

Beurteilungsgrundlagen

Die Grobeinschätzung der zukünftigen Entwicklung im Bereich Lärm wird durch die verfügbaren Informationen der UVB für die Landesflughäfen gestützt. Ein Überblick über die uns vorliegenden Berichte mit Daten über belastete Personen und Flächen liefert Tabelle 76.

VERFÜGBARE DATEN ÜBER BELASTETE PERSONEN UND FLÄCHEN				
	Berechnungen Zustand alt	Berechnungen Zustand heute	Kapazitätsprognose	Komplette Prognose
Flughafen Basel	Vorliegend (nur Personen)		Vorliegend (nur Personen)	
Anzahl Bewegungen	Jahr 1999	n.v.	150'000 (Szen. 2)	n.v.
Betriebsreglement	Jahr 1999	n.v.	Jahr 1999	n.v.
Flugzeug-Mix	Jahr 1999	n.v.	Jahr 1999	n.v.
Besiedelung	Jahr 1990/2000	n.v.	Jahr 1990/2000	n.v.
Flughafen Genf	Vorliegend (nur Flächen)			Gewünscht
Anzahl Bewegungen	Jahr 2000	n.v.	--	2010 / 2020
Betriebsreglement/Verteilung	Jahr 2000	n.v.	--	2010 / 2020
Flugzeug-Mix	Jahr 2000	n.v.	--	2010 / 2020
Besiedelung	Jahr 2000/1990	n.v.	--	?
Flughafen Zürich	Vorliegend	In Abklärung	Vorliegend	
Anzahl Bewegungen	Jahr 2000	Jahr 2004	250'000; 350'000	Auf Basis Intraplan Prognose ab Sommer 2006 verfügbar.
Betriebsreglement	Jahr 2003	Jahr 2004	Jahr 2005	
Flugzeug-Mix	Jahr 2000	Jahr 2004	Jahr 2005	
Besiedelung	Jahr 2000	Jahr 2000	Jahr 2000	

Tabelle 76

Datengrundlagen für Flughäfen, Flugplätze und Heliports

	Nr. nach SIL	Quelle	Präzisierung	Berechnungsjahr
Landesflughäfen				
Basel Mulhouse		DGAC; ILS34: Auswirkungen auf die Umwelt, Digitalisiert von INFRAS.	55, 60, 65 dB(A)	2007
Genève	3.25.1-1	Ecoscan: 2000; EMPA; 2.5.2002	45 - 60 dB(A); 5 dB(A) Schritte	1998; 2010
Zürich		EMPA 2003: UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31. 12. 2003)	Zustand Z0	2000
Regionalflygplätze				
Bern Belpmoos	3.02.2-1	EMPA (22.8.2000): lrkbrn2010v	55, 60, 65 dB(A)	2010
Birrfeld	3.19.2-1	Büro Bächtold AG (Thomet), 29.11.00, birrft00; Lärmbelastungskataster 1992	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	1995
Ecuwillens	3.10.2-1	Büro Bächtold AG (Thomet) 13.01.2000, ECUV_T01_TB_809.dxf	55, 60, 65 dB(A)	2004
Grenchen	3.11.2-1	Büro Bächtold AG (Thomet), 8.8.2000; Prognose 2010 gemäss UVP Projekt Pistes	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2010
Lausanne La Blecherette	3.22.2-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 14.5.03; LausanneT18_1	50 - 70 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2001
Les Eplatures La Chaux de Fonds	3.24.2-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 8.12.04, Eplat_01_T03.dxf	50 - 70 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2006
Lugano Agno	3.21.2-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 16.11.2003; LUGANO T13_19_11_01_TB_45	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2005
Samedan	3.18.2-1	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 28.06.01; sam02t14 Lärmkurven Samedan UVB	PW, IGW; AW; Lr Tag_Gesamtverkehr;	2010
Sion	3.23.2-1	EMPA, 16.9.2005; Fluglärberechnung Prognose 2010 - 437855/2	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2010
St.Gallen Altenrhein	3.17.2-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	2000
Flugfelder				
Ambri	3.21.3-1	Ecocontrol (3.10.2000): Lärmkurven Ambri Zivil Plan	digitalisiert: 45, 50, 55 dB(A)	2010
Bad Ragaz	3.17.4-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1990
Bex	3.22.4-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 17.12.2001, bex_t00_TB_2.dxf	50 - 70 dB(A); 5 dB(A) Schritte	1991
Biel Kappelen	3.02.4-1	Büro Bächtold AG (Thomet), 17.10.2003, kappe01.T00	50 - 65 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2000
Bressaucourt	3.26.2-1	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 26.11.2002; Prognose 2007: bressauc_t01.dxf	50, 55, 57, 60, 65 dB(A);	
Buttwil	3.19.4-1	Hiltbrunner: Lärmbelastungskurven nach LSV; Lärm Buttwil	digitalisiert: 55, 60, 65 dB(A)	1985
Fricktal Schupfart	3.19.4-2	Büro Bächtold AG (Thomet), 13.12.00, frick.dxf	50 - 70 dB(A); 5 dB(A) Schritte	1989
Gruyeres	3.10.4-2	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 05.02.01, Gruy_T00_TB_6;	50 - 65 dB(A); 5 dB(A) Schritte	1993
Hasenstrick	3.01.4-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 28.1.2004; Hasenstrick_T00	50 - 64 dB(A); 3 dB(A) Schritte	1991
Hausen am Albis	3.01.4-2	Büro Bächtold AG (Heierle), 16.1.2003; Hausen_T01	50 - 65 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2001
Kägiswil	3.06.3-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1990
La Cote	3.22.4-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1991
Langenthal	3.02.4-4	Büro Bächtold AG (Heierle), 15.6.04, Langenthal_T04.dxf; 16'967 Bew.	50 - 66 dB(A); 1 dB(A) Schritte	1991
Locarno	3.21.4-2	Ecocontrol, 3.10.00: Lärmkurven Locarno gesamt (Plan)	55, 60, 65 dB(A)	1989
Lommis	3.20.4-2	Digitalisiert nach LBK 1991	Digitalisiert: 55, 60 dB(A)	1986
Luzern Beromünster	3.03.4-1	Hiltbunner: Lärmbelastungskurven nach LSV	Digitalisiert: 55, 60, 65 dB(A)	1985
Motiers	3.24.4-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 22.04.04, Motiers_T00.dxf	50 - 61 dB(A); 1 dB(A) Schritte	1990
Neuchatel	3.24.4-2	Büro Bächtold AG (Heierle), 28.05.03; colombier_t02.dxf	50 - 65 dB(A); in 5 dB(A) Schritten	2002
Porrentruy	3.26.4-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1984
Raron	3.23.3-2	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 17.04.01; RARON_T00_TB_9 (ist)	50, 55, 60 dB(A);	1999
Reichenbach	3.02.3-2	Büro Bächtold AG (Heierle), 22.10.02; t05	50 - 65 dB(A); in 5 dB(A) Schritten	
Saanen	3.02.3-3	Büro Bächtold AG (Heierle), 28.01.04, Saanen_T05.dxf	50 - 66 dB(A); 1 dB(A) Schritte	2002
Sitterdorf	3.20.4-3	Büro Bächtold AG (Heierle), 15.06.04; Sitterdorf_T01.dxf	50 - 70 dB(A); 1 dB(A) Schritte	
Speck Fehraltorf	3.01.4-3	Büro Bächtold AG (Thomet), 28.11.00; speckt02	50 - 70 dB(A); in 5 dB(A) Schritten	1989
St.Stephan	3.02.3-4	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 5.02.01, ST_STEPHAN_TB_531	50, 55, 60 dB(A)	1997
Thun	3.02.4-7	Büro Bächtold AG (Heierle), 3.2.05, Thun_T00	50 - 68 dB(A) in 1 dB(A) Schritten	1989
Triengen	3.03.4-2	Büro Bächtold AG (Thomet), 28.11.00; trient00	50 - 70 dB(A); in 5 dB(A) Schritten	1989
Wangen Lachen	3.05.4-1	LBK nach LSV, Berechnungsbericht 1988	Digitalisiert: 55, 60 dB(A)	1987
Yverdon	3.22.4-4	Büro Bächtold AG (Heierle), 28.4.04, Yverdon_T00.dxf	50 - 70 dB(A); 3 dB(A) Schritte	1992
Zweismimmen	3.02.3-5	Büro Bächtold AG (Aeschlimann), 26.11.02, zweis_t00.dxf	50, 55, 60 dB(A)	2001
Heliports				
Benken	3.17.6-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1993
Collombey Muraz	3.23.6-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Erstfeld	3.04.6-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Gossau	3.17.6-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Gsteigwiler	3.02.6-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Haltikon	3.05.6-1	BAZL, Lärmbelastungskurven Lmax (Prognose 2005) aus Bericht zur Umweltverträ	Digitalisiert, 75 - 90 dB(A); 5 dB(A) S	2005
Lauterbrunnen	3.02.6-3	SIL 98		1992
Lodrino.Heli	3.21.6-1	EMPA	>75 dB(A)	2000
Pfaffnau	3.03.6-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Raron Heli	3.23.6-3	BAZL; Lärmbelastungskurven Helikopterflugfeld Raron; Lärm_Heli_Raron	Digitalisiert: 75, 80 dB(A)	1992
Schindellegi	3.05.6-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Schattenhalb	3.02.6-4	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	
Segelflugfelder				
Amlikon	3.20.4-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 3.05.04; Amlikon_T00.dxf	50-59 dB(A); 1 dB(A) Schritte	1993
Courtelary	3.02.4-3	Büro Bächtold AG (Heierle), 18.6.2002; courtela_t00_TB_1	50, 55, 60 dB(A)	1992
Dittingen	3.13.4-1	Büro Bächtold AG (Heierle), 22.1.2004; Dittingen_T00_1dB.dxf	50 - 60 dB(A); 1 dB(A) Schritte	1992
Montricher	3.22.4-3	Büro Bächtold AG (Heierle), 17.09.03; MONTRICH_T00.dxf	50 - 65 dB(A); in 5 dB(A) Schritten	1990
Schaenis	3.17.4-2	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1989
Schaffhausen	3.14.4-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1990
Gstaad Inn Grund	3.02.6-1	SIL 98	55 dB(A) (diq. nach LBK)	1992
Militärflugplätze				
Buochs	3.07.3-1	EMPA, 4.9.2000: lrbuo2001_gesamt_av	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2001
Mollis	3.08.3-1	EMPA, 4.9.00: lrmolproq2001_gesamt_av	lrmolproq2001_gesamt_av: 50, 55, 60	1998
Alpnach		EMPA, 16.9.2005: Fluglärberechnung Prognose 2010 - 439'348/1	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2010
Dübendorf		EMPA, 19.9.2005: Fluglärberechnung Prognose 2010 - 438'939/1	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2010
Emmen		EMPA, 16.9.2005: Fluglärberechnung Basissimulation 2005 (Entw.) - 432'162/1	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2005
Meiringen		EMPA, 16.9.2005: Fluglärberechnung Basissimulation 2005 (Entw.) - 432'163/1	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2005
Pavarn		EMPA, 16.9.2005: Fluglärberechnung Basissimulation 2005 (Entw.) - 432'161/1	50 - 75 dB(A); 5 dB(A) Schritte	2005

Flugfelder und Gebirgsländeplätze ohne Datengrundlage

Aeschhorn Rothorngletscher	Langgletscher
Alp Trida	Lauberhorn
Alpe Foppa	Leysin Heli
Alphubel	Limmerenfirn
Arolla	Madrisahorn
Arosa	Männlichen
Balzers	Monte Rosa Satteltole
Bec de Nendaz	Münster
Bellechasse	Olten
Blumenthal	Petersgrat
Blümlisalp	Petit Combin
Clariden Hüffirn	Rosa Blanche
Col des Mosses	Rosenegg West
Crap Sogn Gion	San Vittore Heli
Croix de Coeur	St.Moritz Bad Heli
Ebnefluh	Staldenhorn
Fuorcla Chamuotsch	Sustenlimmi
Fuorcla Grischa	Tavanasa
Gampel	Theodulgletscher
Glacier de Breney	Trogen
Glacier de Tsanfleuron	Unterrothorn
Glacier du Trient	Untervaz
Glärnischfirn	Vadret dal Corvatsch
Grimentz	Vorabgletscher
Gstellihorn	Vordere Wallegg
Gumm	Wasserflugplatz Wangen-Lachen
Holziken	Wildhorn
Hotel Steingletscher	Winterthur
Jungfrauoch	Würenlingen
Kanderfirn	Zermatt

GLOSSAR

Absatzprinzip	Das Absatzprinzip berücksichtigt die Schadstoffemissionen und den Treibstoffverbrauch für den gesamten zivilen Flugverkehr, welcher in der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland operiert. Der gesamte Treibstoffverbrauch entspricht der in der Schweiz abgesetzten Menge Treibstoff (der Flughafen Basel-Mulhouse wird ebenfalls berücksichtigt). Die Emissionsberechnung nach dem Absatzprinzip gliedert sich in LTO-Zyklus und Cruise-Phase: Die Berechnung der Emissionen (von NO _x , CO ₂ , usw.) bei Start und Landung bis in eine Höhe von 900 m über Grund (LTO-Zyklus) und bei Steigflug über 900 m über Grund, Reiseflug und Sinkflug zur Landephase bei der Destination (Cruise).
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung.
ATM	Air Traffic Management (Luftverkehrsmanagement).
BAZL	Schweizerisches Bundesamt für Zivilluftfahrt.
Bunker Fuels	Treibstoffverbrauch des internationalen Luftverkehrs (gemäss Absatzprinzip)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection of ICAO (ICAO Komitee für den Umweltschutz in der Luftfahrt).
Cruise Phase	Flugphase eines Flugzeugs. Steigflug über 900 m über Grund, Reiseflug und Sinkflug zur Destination (bis 900 m über Grund).
ECAC	European civil aviation conference.
ECMT	Europäische Konferenz der Transportminister.
ENTAF	Task Force für Umweltfragen der IATA.
Enroute	Flug von A nach B (ohne Einbezug von Start und Landungen). Dieser Teil wird von der Flugüberwachung gemanagt.
EUROCONTROL	Europäische Behörde für die Sicherheit in der Luftverkehrsnavigation.
Externe Effekte	Volkswirtschaftliche Kosten/Nutzen, die normalerweise von den Märkten und in den von verschiedenen auf diesen Märkten tätigen Akteuren getroffenen Entscheidungen nicht einbezogen werden.
(Full) fuel cycle	Kompletter Treibstoffzyklus; inkl. Fund, Abbau, Verarbeitung, Transport und Verbrauch einer Energiequelle.

General Aviation (GA)	Gewerbsmässige und nicht gewerbsmässige Flugbewegungen (ohne Linien- und Charterverkehr).
ICAO	International Civil Aviation Organization (Internationale Gesellschaft für Zivile Luftfahrt).
IFR	Instrument Flight Rules (IFR). Instrumentenflug-Regeln.
Internalisierung	Einbezug von externen Kosten in den Marktentscheidungsfindungsprozess durch Preisfestsetzung oder regulatorische Interventionen. Im engeren Sinne wird die Internalisierung dahingehend umgesetzt, dass den Verschmutzungsverursachern die durch sie verursachten Schadenskosten und -folgen auferlegt werden, gemäss dem Prinzip „Der Verursacher bezahlt“.
Internationale Flughäfen:	Zürich, Genf, Basel.
IPCC	International Panel on Climate Change (scientific group within UN Framework on climate change). Internationaler Ausschuss zu Klimaveränderungen (wissenschaftliche Gruppe im Rahmen der UNO über Klimaveränderungen).
LTO	Landing-Take-Off cycle. Ein Referenzzyklus zur Kalkulation und Berichterstattung von Emissionen. Start und Landung bis in eine Höhe von 900 m über Grund.
MTOW	Maximum Take Off Weight (Maximales Startgewicht).
Nationale Flughäfen	Bern-Belp, Lugano-Agno, St. Gallen-Altenrhein
Nettowertschöpfung	Bruttowertschöpfung minus Abschreibungen.
OeV	öffentlicher Verkehr
PAX	Passagieräquivalent: Um Fracht und Passagiere auf einen einheitlichen Nenner bringen zu können, wird pro Passagier ein Gewicht von 100 kg veranschlagt.
seco	Staatssekretariat für Wirtschaft.
SIL	Der Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) legt als Planungsinstrument des Bundes Ziele und Vorgaben für die Infrastruktur der Zivilluftfahrt fest.
VFR	View Flight Regimes

LITERATUR

- AEROSUISSE 2005:** Vademecum 2005, Aerosuisse, Bern 2005.
- AFV 2005:** Volkswirtschaftliche Bedeutung des Flughafens Zürich – Auswirkungen verschiedener Entwicklungsszenarien, M. Peter, D. Sutter, M. Maibach (INFRAS) im Auftrag des Amtes für Verkehr (AFV) des Kantons Zürich, Zürich.
- AIG 2000:** Renouvellement de la concession d'exploitation de l'Aéroport International de Genève, Ecoscan SA pour l'Aéroport International de Genève (AIG), Genève 2000.
- AIG 2003:** Aéroport International de Genève - Rapport EMPA No. 420'834/1 (Carte 2) – Courbes d'exposition au bruit Lrt Jour – Trafic 2000.
- AIG 2005a:** Rapport environnemental période 2002-2004, Aéroport International de Genève (AIG), Genève 2005.
- AIG 2005b:** Bird Strike prevention at Geneva International Airport, Aéroport International de Genève (AIG), Genève 2005.
- ARE 2001:** Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und Bundesamt für Statistik (BFS), Bern und Neuenburg, 2001.
- ARE/BAZL 2003:** Infrastrukturkosten Luftverkehr: Ergebnisse Pilotrechnung, M. Peter, M. Maibach, N. Schmidt (INFRAS) im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) und des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern.
- ARE/ECOPLAN 2004:** Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2000, Ecoplan im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern, 2004.
- ARE/INFRAS 2006:** Externe Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs der 2000, Klima und nicht erfasste Umweltbereiche sowie vor- und nachgelagerte Prozesse, INFRAS im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern, 2006.
- BAK 2004:** Die internationale Verkehrsanbindung der Schweiz in Gefahr? Volkswirtschaftliche Beurteilung des Wirtschaftsstandortes Schweiz und seiner Regionen; Basel.
- Baron und Kenny 1986:** The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic and Statistical Considerations, *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- BAZL 1980:** Störwirkung durch den Lärm der Kleinaviatik, Institut für praxisorientierte Sozialforschung, EMPA, BAFU und BAZL, Juni 1980.

- BAZL/BFS 2002:** Schweizerische Zivilluftfahrt, Jahresstatistik 2000, Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel 2002.
- BAZL/BFS 2004:** Schweizerische Zivilluftfahrt, Jahresstatistik 2003, Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel 2004.
- BAZL 2004:** Treibstoff-Schnellablass (Fuel Dumping), Informationsblatt des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern 2004.
- BAZL 2005a:** Verspätungsstatistik der Schweizer Landesflughäfen für die Jahre 2000, 2002 und 2004, Angaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt BAZL, Bern 2005.
- BAZL 2005b:** Auszug aus der Flugverkehrsdatenbank des BAZL, Bundesamtes für Zivilluftfahrt BAZL, Bern 2005.
- BAZL 2005c:** Lärmkurven von diversen Flughäfen, Flugfeldern und Heliports der Schweiz in Form von GIS-Dateien, BAZL, 2005.
- BAZL 2006a:** Emissionsrechnungen für den zivilen Flugverkehr der Schweiz und Abschätzungen für die zukünftige Entwicklung der Emissionsfaktoren für Linien- und Charterflugzeuge – Datentabellen, Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern, 2006.
- BAZL 2006b:** Auszug aus dem Kataster der belasteten Standorte auf Flugplätzen, Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern 2006.
- BFS 2004:** Erwerbstätigen- und Beschäftigungsstatistik 4. Quartal 2003, Bundesamtes für Statistik (BFS), Neuenburg 2004.
- BFS 2005a:** Produktionskonto nach Branchen, Online-Tabellen zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, Bundesamtes für Statistik (BFS), www.statistik.admin.ch, Oktober 2005.
- BFS 2005b:** Beschäftigungsstatistik der Jahre 1995, 1998 und 2001, elektronische Datenlieferung des Bundesamtes für Statistik (BFS) zur Anzahl Betriebe, Angestellten sowie Vollzeitäquivalente in den NOGA-Branchen 60-63 sowie 35.30, Neuenburg 2005.
- BFS 2005c:** Landesindex der Konsumentenpreise, Detailangaben zum Index im Bereich Verkehr, elektronische Datenlieferung des Bundesamtes für Statistik (BFS), Neuenburg 2005.
- Bleisch 2001:** EuroAirport: Volkswirtschaftlicher Nutzen und regionale Bedeutung. Lizentiatsarbeit am Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrum (WWZ) der Universität Basel, Basel
- Brink, Wirth et al. 2005:** Lärmstudie 2000 Zusammenfassung, Brink, M., Wirth, K., Rometsch, R., Schierz, Ch., ETH Zürich - Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften, 2005.

- BUWAL 2001:** Verwertung von ausgehobenem Boden (Wegleitung Bodenaushub), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 2001.
- BUWAL 2004:** Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1980-2030, Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, INFRAS im Auftrag Bundesamt für Umwelt (BAFU ehemals BUWAL), Bern, 2004.
- BUWAL 2005:** Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Schlussbericht mit Empfehlungen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 376, B. Bruderer und S. Komenda-Zehnder, Herausgeber BUWAL, Bern, 2005.
- CE Delft 2003:** Meeting: External Costs in the Aviation Industry, CE Delft (R. Wit, M. Davidson, J. Dings), Delft 2003.
- DGAC 2005:** Projekt ILS 34: Begründung und Auswirkungen – Vernehmlassungsbericht – Teil 3: Auswirkungen auf die Umwelt, Direction Générale de l'Aviation Civil (DGAC) und Flughafen Base-Mulhouse, Basel, 2005.
- CONSAVE 2005:** Quantification of Constrained Scenarios on Aviation and Emissions - Foliensatz, DLH, DLR, NLR, QinetiQ, IIASA, MVA und Airbus, 2005.
- DLR 2005:** Forschungsbericht 2004-10/D, Nachtfluglärmwirkungen – Band 4 – Psychologische Wirkungen, Quehl J., Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln.
- ECOPLAN 2001:** Externe Lärmkosten des Verkehrs: Hedonic Pricing Analyse; Ecoplan/ARE, Bern.
- ECOPLAN 2004:** Kriteriensystem für Nachhaltigkeit in der Luftfahrt, Ecoplan im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern.
- Ecoscan 2000:** Annex 2: Renouvellement de la concession d'exploitation de l'Aéroport International de Genève – Rapport d'impact sur l'environnement, Ecoscan SA, im Auftrag AIG, Lausanne, 2000.
- EMPA 2000:** Personendaten Basel – Belastete Personen in der Umgebung des Euroairports Basel Mulhouse, EMPA im Auftrag des BAZL, Dübendorf, 2000.
- EMPA 2003:** Flughafen Zürich – UVB Vorläufiges Betriebsreglement (Eingabe 31. 12. 2003) Fachbericht Fluglärm, EMPA im Auftrag von Unique, Dübendorf, 2003.
- EMPA 2005:** Flughafen Zürich – UVB Vorläufiges Betriebsreglement Flughafen Zürich - Fluglärmrechnungen (Eingabe 22. 3. 2005), EMPA im Auftrag des BAZL, Dübendorf, 2005.
- ETHZ/ECOPLAN 2005:** Input-Output-Tabelle der Schweiz für das Jahr 2001, ETH Zürich (M. Wickart, C. Nathani) und Ecoplan, Zürich und Bern.

- EU 2002/49/EG 2002:** Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm – Anhang I, Brüssel.
- EWI 1993:** Die Auswirkungen der Luftfahrt auf die Umwelt – Synthese, Elektrowatt Ingenieurunternehmen AG im Auftrag Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) und des Bundesamtes für Militärflugplätze (BAMF), Zürich, 1993.
- Frankfurt 2000:** Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main: Mediationsbericht, Frankfurt.
- Felscher-Suhr et al., 2000:** Internationale Standardisierungsbestrebungen zur Erhebung von Lärmbelastigung, Felscher-Suhr U., Guski R., & Schuemer R., Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 47 (2), 68-70.
- Fields et al. 2001:** General-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation, Fields J.M., de Jong R.G., Gjestland T., Flindell I.H., Job R.F.S., Kurra S., Lercher P., Vallet M., Yano T., Guski R., Felscher-Suhr U., & Schuemer R, Journal of Sound and Vibration, 242, 641-679.
- Griefahn et al. 2002:** Erarbeitung von Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen, Griefahn B., Jansen G., Scheuch K., & Spreng M., Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 49, 171- 175.
- Guski et al. 1978:** Konstruktion und Anwendung eines Fragebogens zur sozialwissenschaftlichen Untersuchung der Auswirkungen von Umweltlärm, Guski R., Wichmann U., Rohrman B. & Finke H., Zeitschrift für Sozialpsychologie, 9, 50-65.
- Guski 1997:** Psychische Wirkungen von Umweltfaktoren, In: Wichmann G., Schlipkötter H.-W., Fülgraff G. (Hrsg.), Handbuch der Umweltmedizin, ecomed, Landsberg/Lech.
- Guski 2003:** How to predict future annoyance in planning?, Guski R., Proceedings of the International Congress on Biological Effects of Noise ICBEN, Rotterdam, The Netherlands, 29 June – 4 July 2003.
- Harvey, 1999:** Wachstum, Beschäftigung und Produktivität im tertiären Sektor, in: Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement, Staatssekretariat für Wirtschaft (seco), Die Volkswirtschaft, 9/99, Bern.
- HEV Zürich 2004:** Gutachten über die Wertbeeinflussung massgebender Vermögenssteuer- und Eigenmietwerte in der Gemeinde Zumikon aufgrund des „Südanflugs“. Hauseigentümerverband Zürich, im Auftrag der Gemeinde Zumikon, Zürich
- Hofmann 2000:** Lärm und Lärmbekämpfung in der Schweiz. Vorlesungsskript ETH Zürich, Studiengang Umweltingenieurwissenschaften.

- Höger 1999:** Theoretische Ansätze und Ergebnisse der psychologisch orientierten Lärmwirkungsforschung, Höger R., *Umweltpsychologie*, 1, 6-20
- IHA-GfK 2003:** Passagierbefragung am Flughafen Zürich im Rahmen der SIAA-Studie von Infrac, Ecoplan und Güller Güller (SIAA 2003a), IHA-GfK AG Marktforschung, Hergiswil.
- IER 2003:** Ermittlung externer Kosten des Flugverkehrs am Flughafen Frankfurt/Main, S. A. Schmid, P. Preiss, A. Gressmann, R. Friedrich, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 2003.
- INFRAS 2004:** Verkehrsbedingte Gebäudeschäden in der Schweiz, Aktualisierung der externen Kosten 2000, im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE), Zürich 2004.
- INFRAS 2005b:** Revenue: Case Study 5: Zurich Airport, INFRAS, Zürich, 2005.
- Intraplan 2005:** Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030 – Nachfrageprognose, Intraplan Consult i.A. BAZL, München, 2005.
- IPCC 1999:** Aviation and the global atmosphere, Cambridge University Press, 1999.
- Isermann & Schmid 2000:** Bewertung und Berechnung von Fluglärm, DLR, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, FE-Nr. L-2/96- 50144/96, Köln.
- ISO 1999 (1990):** Acoustics: Determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced impairment, International Organization of Standardization (ISO), 1990, Geneve.
- ITEN 1990:** Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität, Beispiel Stadt Zürich, Verlag Schellenberg, Winterthur.
- Job 1988:** Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83(3), 991-1007.
- INFRAS UND KOF/ETHZ 1999/2000:** Input-Output-Tabelle zur volkswirtschaftlichen Struktur der Schweiz 1995, Zürich.
- INFRAS 2003:** Projekt Relief – Berechnung von Teilindikatoren für die Bewertung von Ausbauvarianten des Flughafens Zürich, Relief-Teilbericht Infrac, Zürich.
- INFRAS 2005:** Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030: Phase 1: Analyse bestehender Studien, im Auftrag des BAZL
- INFRAS/ECOSCAN 2004:** Nachhaltiger Luftverkehr – Vorstudie, INFRAS und Ecoscan im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Zürich/Lausanne.
- INFRAS/IWW 2004:** External Costs of Transport – Update study, INFRAS Zürich und IWW Universität Karlsruhe im Auftrag der UIC, Zürich/Karlsruhe.

- König et al. 2004:** Zeitkostenansätze im Personenverkehr, A. König, K. W. Axhausen, G. Abay, Forschungsauftrag Nr. 2001/534 im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) und des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), Zürich.
- Luftwaffe 2005:** Lärmkurven (in Form von GIS-Daten) für die Militärflugplätze Alpnach, Dübendorf, Emmen, Meiringen, Payern und Sion – Prognosen 2010, Luftwaffe (VBS), Dübendorf, 2005.
- Maschke 2003:** Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. Forschungsbericht des Umweltbundesamtes Nr. 387, Maschke C., Wolf U., Leitmann T. Berlin, 2003.
- Metron, 2004:** Grundlagen zur Quantifizierung räumlicher Effekt des ÖV, i.A. des Bundesamtes für Verkehr, (unveröffentlicht)
- Miedema & Vos 1998:** Exposure-response relationships for transportation noise. Journal of the Acoustical Society of America, 104 (6), 3432-3445.
- Mountain Wilderness 2003:** Stop Heliskiing, Mountain Wilderness 2003.
- Müller-Wenk & Hofstetter 2003:** Monetarisierung verkehrslärmbedingter Gesundheitsschäden, Umwelt-Materialien Nr. 166, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2003
- NAVRUD S. 2002:** The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise, Final Report to European Commission DG Environment, April.
- NZZ 2004:** „Kein Exodus wegen Südanflug“. Drei Bestandesaufnahmen unter der neuen Anflugachse. Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 16. Januar 2004.
- NZZ 2005:** „Piste frei für Ecolight-Flugzeuge“, S. 16f, Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 29. 6. 2005.
- Oliva 1995:** Lärmstudie 90. Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der internationalen Flughäfen der Schweiz. Gefördert durch den Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Nationale Forschungsprogramma 26 "Mensch, Gesundheit, Umwelt" NFP 26.
- Oliva 2005:** Gutachten Fluglärmstörung, i.A. der Stadt Dübendorf, Oliva & Co, 2005.
- Ostluft 2005:** Luftqualität 2004 in der Ostschweiz und Liechtenstein, Zürich, 2005.
- PEARCE B., PEARCE D. 2000:** Setting environmental taxes for aircraft: A case study of the UK, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE) Workshop Paper GEC 2000-26, UK Economic and Social Research Council.
- Programm 2010 2005:** Programm 2010 – Schallschutz Flughafen Zürich, www.programm2010.ch, Unique, 2010.

- RappTrans 2005:** Luftverkehr und Nachhaltigkeit AP1: Entwicklungsszenarien im Luftverkehr
- SBB/VÖV/BAV/BLS 2004:** Volkswirtschaftliche Bedeutung des öffentlichen Verkehrs, M. Peter, M. Maibach, D. Sutter (INFRAS) im Auftrag der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), Verband öffentlicher Verkehr (VÖV), Bundesamt für Verkehr (BAV), BLS, Bern.
- SCHIPPER Y. 1998:** Why do aircraft noise value estimates differ? A meta-analysis, *Journal of Air Transport Management* 4 (1998), pp. 117-124.
- SIAA 2003a:** Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen, Synthesericht, Arbeitsgemeinschaft Infrac/Ecoplan/Güller Güller, Zürich/Bern, Juni.
- SIAA 2003b:** Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen - Wertschöpfung, Beschäftigung, Finanzen, Materialienband 1, Infrac, Zürich/Bern, Juni.
- SIAA 2003c:** Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen - Luftverkehr und Wirtschaftswachstum, Materialienband 2, Ecoplan, Bern, Juni.
- SIAA 2003d:** Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweizerischen Landesflughäfen - Einfluss des Flughafens Zürich auf die Raumentwicklung, Materialienband 3, Güller Güller, Zürich, Juni 2003.
- SR TECHNICS 2005:** Annual Report 2004, SR Technics Holding, Zug 2005.
- SRU 1999:** Umwelt und Gesundheit – Risiken richtig einschätzen, Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) an den Bundestag, Berlin, 1999.
- Statistik Stadt Zürich 2005:** Monitoring zum Südanflug, Raumbewachung „Südanflugschneise 12“ im 3. Quartal 2005. Präsidialdepartement der Stadt Zürich, Zürich.
- Steiger 1999:** Internationale Direktinvestitionen und Standortkonkurrenz: Eine empirische Untersuchung über Unternehmen in Zürich und Genf. ORL ETHZ, ORL-Bericht 1077/1999, Zürich.
- Strittmatter 2004:** Der volkswirtschaftliche Immobilienmarkt-Schaden der neuen Flugregime auf den Flughafen Zürich-Kloten: Studie über Wertverminderungen um Grundstück- und Immobilienmarkt, Strittmatter Partner AG, St. Gallen.
- SWISS 2005:** Geschäftsbericht 2004, Swiss International Air Lines AG, Basel 2005.
- UBA 2000:** Fluglärnwirkungen, Umweltbundesamt, Berlin, 2000.
- Unique 2003:** UVB vorläufiges Betriebsreglement Flughafen Zürich, UV-Fachbericht Lufthygiene, Dezember 2003.
- Unique, 2005:** Umweltbericht 2004, Flughafen Zürich, Juni 2005.
- UNITE 2002:** Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency (UNITE), Deliverable 5, Appendix 2: The Pilot Accounts for Switzerland, S. Suter, H. Sommer, M.

Marti, M. Wickart (Ecoplan), C.h Schreyer, M. Peter, S. Gehrig, M. Maibach, P. Wüthrich (INFRAS), P. Bickel, S. Schmid (IER), 28 January 2002, Version 2.0, Leeds (UK) 2002.

UNIQUE 2005: Lärmberechnungen des Flughafens Zürich, direkter Kontakt mit Abt. Verfahrenskoordination UNIQUE, Zürich, 2005.

UVEK 2003: Konfliktblätter Gebirgslandeplätze, erstellt vom Büro Hintermann & Weber für den Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL), Entwurf April 2003, Bern 2003.

Van Kempen 2002: The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A meta-analysis, van Kempen E.E., Kruize H., Boshuizen H. C., Ameling C.B. Environmental Health Perspectives, Vol. 110, Nr. 3, pp. 307-317.

VBBö 2000: Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö), aktuelle Fassung, Stand 28. März 2000.

Wirth 2004: Lärmstudie 2000 – Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich, Katja Wirth - ETH Zürich, Shaker Verlag, Aachen, 2004.

WWZ 2004: A. Bleisch, Perspektiven zur Erreichbarkeit Zürichs und der Schweiz: Auswirkungen verschiedenen Entwicklungsszenarien für den Flughafen Zürich, Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum (WWZ) der Universität Basel, Basel.

YAMAGUCHI Y. 1996: Estimating the Cost of Aircraft Noise Round Airports in London, MSc Thesis, Environmental and Resource Economics, Department of Economics, University College London, London.