

TEXTE

31/2013

Verfahren zur Beurteilung und Festlegung von lärmmindernden Flug- strecken

Kurzfassung

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3707 54 100
UBA-FB 001575

Verfahren zur Beurteilung und Festlegung von lärmmindernden Flugstrecken

Kurzfassung

von

Andreas Hotes, Andres Radig
Avistra GmbH, Berlin

Prof. Dr. Gerhard Hüttig, Dr. Oliver Lehmann, Ekkehart Schubert
Institut für Luft- und Raumfahrt Fachgebiet Flugführung und
Luftverkehr, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4489.html> verfügbar.
Hier finden Sie auch den vollständigen Band auf Deutsch und Englisch.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Durchführung der Studie:	Avistra GmbH Reinhardtstr. 58 10117 Berlin	Technische Universität Berlin Institut für Luft- und Raumfahrt Fachbereich Flugführung und Luftverkehr Marchstraße 12 10587 Berlin
-----------------------------	--	--

Abschlussdatum: Februar 2010

Herausgeber: Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet I 3.3 Lärminderung im Verkehr
Jörn Lindmaier, Thomas Myck

Dessau-Roßlau, Mai 2013

KAPITEL 1 **Einleitung**

Die Festlegung von Flugrouten und -verfahren, wofür in Deutschland das Luftfahrtbundesamt (LBA) bzw. nach kürzlicher Gesetzesänderung das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) zuständig ist, hat unmittelbaren Einfluss auf die Lärmbelastung der Anwohner in der Flughafenumgebung. Bei dem Abwägungsverfahren zwischen alternativen Flugrouten kollidieren oftmals wirtschaftliche Interessen der Luftfahrt, der Bedarf der Allgemeinheit an Mobilität und die Umweltauswirkungen des Luftverkehrs. Von den Fluglärm-Betroffenen wurde in den letzten Jahren eine geringe Transparenz des Bewertungsverfahrens und unzureichende Berücksichtigung des Lärmschutzes kritisiert.

Mit der Änderung des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) im Zuge der Novellierung des Fluglärmgesetzes wurde dem Umweltbundesamt (UBA) ein Mitspracherecht bei der Festlegung von Flugstrecken und –verfahren eingeräumt. Das Zusammenwirken von UBA, Deutscher Flugsicherung (DFS) und LBA bzw. BAF soll den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm verbessern.

Im Rahmen dieser Studie soll ein Vorschlag für ein verbessertes Beurteilungsverfahren ausgearbeitet werden, welches der geänderten Verfahrenslage und den oben genannten Kritikpunkten Rechnung trägt. Der Schwerpunkt des Berichts liegt in der Bewertung der hierbei maßgeblichen Abwägungskriterien Kapazität, operationeller Faktoren und der Umweltbelastung.

KAPITEL 2 **Status quo**

Es wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Richtlinien und Normen erarbeitet und international sowie national festgelegt, um die verschiedenen Anforderungen und Belange bei der Festlegung von Flugrouten und -verfahren zusammenzuführen und zu berücksichtigen. Bei diesen Richtlinien und Normen werden jedoch oftmals Lärmgesichtspunkt nur nachrangig dargelegt, weshalb hier klar Defizite bei der Bewertung derartiger Routen zu finden sind. Bei dem Planungsprozess von Flugrouten und Flugverfahren fließen auch Regeln der internationalen Gemeinschaft ein. Insbesondere die PANS-OPS¹ der International Civil Aviation Organization (ICAO) beschreiben Vorschriften zur Festlegung und Konstruktion von Flugstrecken und Verfahrensschutzräumen.

Die Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) bestimmt nach neuer Rechtslage das BAF als alleinige Institution, welche Flugrouten festlegen darf. Diese Aufgabe übernimmt sie vom LBA. Dabei soll jedoch weiterhin eng mit der DFS und den zuständigen Fluglärmkommissionen (FLK) zusammengearbeitet werden. Des Weiteren sieht die Änderung des § 32 Abs. 3 LuftVG im Zuge der Novellierung des Fluglärmgesetzes, welche Mitte 2007 in Kraft trat, vor, dass Flugstreckenfestlegungen, „die von besonderer Be-

¹ PANS-OPS: Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations

deutung für den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm sind [...] im Benehmen mit dem Umweltbundesamt erlassen“ werden.

Die beteiligten Akteure besitzen seither bestimmte Aufgaben im Planungs- und Realisierungsprozess. Die DFS ist laut LuftVG für die sichere, geordnete und flüssige Abwicklung des Luftverkehrs zuständig. Insbesondere bei dem Festlegungsverfahren hat sie auf den Schutz der Bevölkerung vor unzumutbarem Fluglärm hinzuarbeiten, indem sie dem BAF Alternativen unterbreitet. Bei der Beurteilung der verschiedenen Varianten sind seit 1971 auch die Kommissionen zum Schutz gegen Fluglärm (FLK) involviert, welche aus Vertretern aller beteiligten Akteure und betroffenen Anwohner und Gemeinden bestehen. Das BAF legt nach einer abschließenden Prüfung ggf. unter Einbeziehung des UBA die Strecken und Verfahren per Rechtsvorschrift fest.

Unabhängig von der Anpassung der gesetzlichen Vorgaben hat die Partizipation von den Beteiligten und den Betroffenen in letzter Zeit mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. So ist die Gründung des Anti-Lärm-Paktes eine direkte Folge des Mediationsverfahrens am Flughafen Frankfurt a.M. mit dem Ziel, die Kommunikation der Akteure, das heißt der Beteiligten und Betroffenen, im Einzugsgebiet des Flughafen Frankfurt/Main sicherzustellen. Das von der hessischen Landesregierung ins Leben gerufene Regionale Dialogforum (RDF) soll die ständige Kommunikation aller Beteiligten sicherstellen und auch Anstoß für Initiativen hinsichtlich der Änderung und Einführung von lärmmindern Flugrouten und –verfahren sein. Trotz der verstärkten Beteiligung der Betroffenen an dem eigentlichen Festlegungsverfahren, bleibt diesen rein rechtlich bislang nur die reine Reaktion auf die Beschlüsse des BAF durch ein gerichtliches Vorgehen als einzige effektive Form der Einflussnahme.

Am Frankfurter Flughafen wurde die Abflugrouten über den Taunus (TABUM) aufgrund des steigenden Bedarfs nach Abflugrouten-Kapazität Richtung Norden eingeführt. Die DFS erarbeitete auf Eigeninitiative die neuen TABUM-Abflugrouten, welche anschließend ohne vorherige Anhörung der Vertreter von betroffenen Städten und Gemeinden durch das LBA zugelassen wurden. Nach scharfen Protesten der betroffenen Gemeinden entschied der Hessische Verwaltungsgerichtshof 2003, dass das LBA bei der Bewertung einiger TABUM-Routen die Topografie des Geländes unrechtmäßigerweise unberücksichtigt gelassen hat und aus diesem Grund diese Routen nachgearbeitet werden müssen. Grundsätzlich steht jedoch nach beim Urteil des hessischen Verwaltungsgerichtshofs einer Neubelastung von Gebieten im Taunus nichts entgegen. Ungeachtet dessen wurde die Informationspolitik der DFS und des LBA hinsichtlich neuer Flugrouten kritisiert. 2004 hob jedoch das Bundesverwaltungsgericht das Urteil aufgrund des Einspruches des LBA auf, da nach dessen Meinung das LBA durch die Neufestlegung der TABUM-Routen Gemeinden im direkten Umland des Flughafens entlasten wollte. Daraufhin wurden die Routen über den Hochtaunus nach Westen verschoben, wodurch eine deutliche Entlastung erzielt werden konnte. Das Beispiel zeigt unter anderem, dass insbesondere noch vor der Änderung des LuftVG die Beteiligung von Betroffenen sehr eingeschränkt war. Diese Situation soll sich nicht zuletzt durch die neue Regelung zugunsten des Lärmschutzes verbessern, indem das UBA zumindest ins Benehmen zu setzen ist. Weiterhin wurde unter anderem durch das RDF eine stärkere Einbeziehung von potentiell Betroffenen ermöglicht.

Das RILAX-Urteil des Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg über die Neuordnung von Flugrouten zum Flughafen Zürich zeigt die unterschiedlichen Betrachtungsweisen bei derartigen Urteilen. Das LBA hatte ohne vorige Information über dem Süden Baden-Württembergs den Navigationspunkt RILAX festgelegt, woraufhin einige Gemeinden vor dem Verwaltungsgericht Baden-Württemberg klagten. Dieser sah es als erwiesen an, dass das LBA seiner Informationspflicht nicht nachgekommen sei und auch die Prüfung von Alternativen unterlassen habe. Das Bundesverwaltungsgericht in Leipzig entschied im Revisionsverfahren 2003 jedoch, dass es keine gesetzliche Grundlage für das LBA gäbe, die eine Informationspflicht festlegt.

Die Wiedereinführung der Wesertalroute am Flughafen Bremen zeigt im Gegensatz zur den vorstehenden Beispielen, wie die Partizipation der Betroffenen die Akzeptanz der Flugroutenentscheidung in der Bevölkerung stärken kann. Die DFS begleitete diesen Entscheidungsprozess über die Wiedereinführung der Wesertalroute durch Lärmberechnungen mit NIROS. Durch Presseartikel zu dem laufenden Bewertungsverfahren wurde das Interesse der Bevölkerung gesteigert, woraufhin die Fluglärmkommission (FLK) Bremen eine Informationsveranstaltung mit anschließender Diskussion und Auswertung der Berechnung der DFS durchführte. Am Ende stand der einvernehmliche Beschluss, dem LBA die Einführung der Wesertalroute zu empfehlen, da in anderen Stadtteilen dadurch erhebliche Entlastungen erzielt werden und im Verhältnis dazu die Belastungen aufgrund der Wesertalroute als hinnehmbar eingestuft wurden. Das LBA folgte dieser Empfehlung und führte 2007 diese Route wieder ein.

Die vorangegangenen Beispiele zeigen deutlich die unterschiedlichen Herangehensweisen in speziellen Fällen und unterstreichen auch die sehr differenzierte Einbeziehung der Beteiligten. Auch in den Fällen, in denen aus der gültigen Rechtslage keine Pflicht für das LBA/BAF zur Einbeziehung der Betroffenen hervorgeht, so wäre diese dennoch zur Erhöhung der Akzeptanz der LBA- bzw. BAF-Abwägungsentscheidung ratsam.

Seit der Änderung des § 32 LuftVG wurden bereits einige Erfahrungen bei der Benehmensherstellung gesammelt. Hierbei wünschen sich die beteiligten Institutionen (insbes. UBA und FLK) von der BAF umfassendere Informationen über die Beweggründe zu einer Flugstreckenänderung sowie eine Weiterentwicklung des Flugstreckenbewertungsverfahrens, um eine sachgerechtere Berücksichtigung der Fluglärmbelastung vornehmen zu können.

KAPITEL 3 **Benchmarking**

Grundsätzlich dienen An- und Abflugverfahren zur Führung eines Luftfahrzeugs zum Flughafen hin und vom Flughafen weg. Die in der Praxis tatsächlich geflogenen Verfahren richten sich nach der aktuellen Wetterlage, also auch nach der Windrichtung und den Sichtverhältnissen. Um den gesicherten Flugbetrieb zu gewährleisten, ist es nötig, die Verfahren und Strecken optimal an die internationalen Flugrouten anzubinden. Aus diesem Grund erfolgt nicht nur ein nationaler Abstimmungsprozess,

sondern vielmehr müssen auch internationale Behörden einbezogen werden. Daneben spielen aber noch eine ganze Reihe weiterer Faktoren bei der Planung von An- und Abflugrouten eine Rolle.

Oberste Priorität bei An- und Abflugverfahren von Luftfahrzeugen ist der sichere Betrieb. Dabei müssen die Leistungsdaten der verschiedenen Flugzeugmuster einkalkuliert und Normen und Richtlinien über Mindestabstände, Kurvenradien und Steig-/Sinkgradienten eingehalten werden. Insbesondere in der Nähe von Flughäfen müssen bestimmte Mindestabstände zwischen den Luftfahrzeugen eingehalten werden, da hier durch die Bündelung des Gesamtverkehrs eine Konzentration erfolgt. Eine Homogenisierung des Verkehrs, auch mit Hilfe der Geschwindigkeit, macht eine effiziente und sichere Verkehrsabwicklung erst möglich.

Demgegenüber stehen die operationellen Kriterien, die eine möglichst schnelle und reibungslose Abwicklung des Flugbetriebs als Ziel besitzen. Eine Rolle spielen hier beispielsweise die unterschiedlichen Triebwerksleistungen und Abfluggewichte sowie daraus resultierenden Steigleistungen einzelner Flugzeugtypen. Auf Grund von Mindestabständen zum Boden können bei geringer Steigleistung diese nicht alle Routen befliegen. Außerdem sind Kurvenradien und die Genauigkeit der Navigationsanlagen einzubeziehen, da die eingesetzten Systeme gewisse Toleranzen aufweisen. Trotz der Vielzahl von zu beachtenden Einflüssen wird durch die Flugsicherung zumeist ein umfangreiches Netz von An- und Abflugrouten definiert, um die Kapazitäten des Flughafens optimal auszunutzen.

Trotz des technologischen Fortschritts bei den Neuentwicklungen von Flugzeugtypen steigt die Lärmbelastung der Bevölkerung immer weiter an. Aus diesem Grund rückt mehr und mehr der Lärm aspekt und seine Beurteilung bei der Festlegung von Flugstrecken in den Vordergrund. Die DFS betreibt hierfür Softwareprogramme, um die Zahl der Fluglärm betroffenen bei der Planung von Flugverfahren zu minimieren. Mit diesen Programmen wird die Lärmimmission von verschiedenen Alternativen bzw. Varianten einer Flugroute aufgezeigt. Insbesondere das Noise Impact Reduction and Optimisation System (NIROS) hilft der DFS bei der Festlegung von Abflugverfahren. NIROS berechnet innerhalb eines vorgegebenen Korridors die Route mit der geringsten Lärmbelastung für die Bevölkerung. Die Qualität von Aussagen und Berechnungen von NIROS müssen immer unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden. Ist die Ergebnisroute der NIROS-Berechnungen deutlich verschieden von der Ausgangslage, dann muss eine erneute Bewertung der Sicherheit und des operationelle Faktoren für diesen speziellen Fall durchgeführt werden, da das Entwicklungstool NIROS nicht auf derartige Aspekte bei der Modellierung eingeht.

Neben NIROS, als Optimierungstool für Abflugverfahren, kommen bei der DFS und in anderen nationalen sowie internationalen Institutionen eine Vielzahl von Programmen und Methoden zum Einsatz, um die Belastung der Bevölkerung durch Lärmemissionen darzustellen. Die Konstruktion des Flugerwartungsgebietes entlang einer Abflugroute ist beispielsweise hilfreich, um die Streuung des Lärms abseits der Hauptabflugroute zu erkennen. Auf Grund technisch gegebener Ungenauigkeiten von Boden- und Bordsystemen kommt es in der Flugführung zu Abweichungen, welche aufgezeichnet und ausgewertet werden können. Bei ungewünschten, vermeidbaren Abweichungen kann die Fluglärmbelastung der Anwohner vermindert werden, indem angemessene Schutzmaßnahmen eingeleitet wer-

den. Das Flugsपुरaufzeichnungssystem FANOMOS der DFS kann die geflogenen Routen analysieren und auswerten. Durch die Auswertung von Radardaten und den Abgleich mit Flugplaninformationen können einzelne Flüge genau identifiziert und bei zu starker Abweichung auch Ordnungswidrigkeitsverfahren eingeleitet werden. Trotz der genauesten Regelungen sind Ausnahmen von den festgelegten Flugrouten nicht selten. Ein Lotse kann zudem eine „Direct-Freigabe“ erteilen, um ein Luftfahrzeug auf direkten Weg zu einem bestimmten Wegpunkt zu bringen oder auch die Anflugreihenfolge zu verändern bzw. die Staffelung zu optimieren. Der Lotse trägt die Verantwortung dieser Entscheidung, wobei neben Sicherheitsaspekten zumeist die Effizienz des Verkehrsflusses im Vordergrund steht. Die Auswertung dieser Untersuchungen (Lage des Flugerwartungsgebiets, FANOMOS-Flugsपुरaufzeichnungen) kann beispielsweise zum Anlass genommen werden, um eine Flugroute oder ein –verfahren zu ändern.

Grundsätzlich ist der Ablauf für die Festlegung von An- und Abflugrouten auf europäischen und internationalen Gebiet vergleichbar mit dem Bewertungsverfahren in Deutschland. Einzig die unterschiedliche Gewichtung der Kriterien unterscheidet sich teilweise deutlich voneinander. Meist von den Flugsicherungsanbietern geplant, treten operationelle aber auch umweltschutzbezogene Aspekte (Lärm) in den Vordergrund der Betrachtung. In einigen Ländern haben nicht nur Flugsicherungen, sondern auch Airlines und Gruppen des öffentlichen Interesses Einfluss auf die Festlegung neuer Routen.

Um die Festlegungs- und Beurteilungsverfahren möglichst vieler verschiedener Länder zu betrachten, wurde eine Umfrage unter verschiedenen Flugsicherungen durchgeführt. Mit Hilfe eines einheitlichen Fragebogens sollte ein Überblick über die aktuellen Praktiken gewonnen werden. Insbesondere die beteiligten Interessengruppen mit Einfluss auf die Routenfestlegung und die installierten Dialogplattformen waren Inhalt der Befragung. In den meisten Ländern sind die jeweiligen Flugsicherungen für die Veränderung von An- und Abflugrouten zuständig und können somit auch die Initiative hierfür ergreifen. Trotzdem wird dieses Recht auch anderen Beteiligten gewährt, wie beispielsweise den Flughäfen und auch Luftfahrtunternehmen. In ausgewählten Ländern haben auch die Anwohner das Recht, sich aktiv in die Planungsphase einzubringen, um ihre Interessen zu vertreten. Die Bestimmungen und Regeln nach denen Routen technisch und geografisch festgelegt werden, sind vordergründig in den PANS-OPS niedergelegt. Andere Faktoren, wie die Fliegbarkeit oder die vorhandene Technik und Luftraumstruktur, werden ebenfalls in den Entscheidungsprozess einbezogen. Lärmschutz und Lärmvermeidung sind bei allen befragten nationalen Flugsicherungen ein wichtiges Thema. Die gesetzlichen Grundlagen und Vorschriften unterscheiden sich jedoch sehr stark voneinander.

Speziell in den Niederlanden sind weitreichende Regelungen hinsichtlich des Fluglärms getroffen worden. Beispielsweise werden Lärmkontingente und Lärmkorridore am Flughafen Amsterdam/Schiphol vorgegeben, welche durch eine kontinuierliche Messung überwacht werden. Des Weiteren besteht auch in den Niederlanden ein Initiativrecht der Flughafenanwohner bei der Änderung von Flugrouten, welches in den nationalen Regelungen (bei Verfahrensweisen der Umfrageteilnehmer) einzigartig ist. Die technische und planerische Umsetzung bleibt grundsätzlich im Verantwortungsbereich der Flugsicherungsorganisationen.

In den USA erfolgt die Planung von Flugrouten und –verfahren beispielsweise übergeordnet durch die Federal Aviation Administration (FAA). Die Hauptaufgabe besteht in der Kontrolle und Ausarbeitung von Sicherheitsvorschriften und Richtlinien für den gesamten Luftverkehr in den USA. Die FAA ist für sämtliche Bewegungen von Luftfahrzeugen im US-amerikanischen Luftraum zuständig. Sie legt zudem die Routen und Strecken fest und kontrolliert und steuert die Flugsicherungen. Die Entwicklung von lärmarmen Flugverfahren wird oftmals von den Flughafenbetreibern initiiert und muss von der FAA genehmigt werden.

Das Schweizer Verfahren zur Festlegung derartiger Routen beispielsweise ähnelt im Ablauf den deutschen Bestimmungen. Die Schweizer Flugsicherung Skyguide erarbeitet Varianten der Flugrouten, welche am Ende durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) genehmigt werden müssen. Oftmals ist der Flughafenbetreiber der Gesuchsteller, um eine Änderung in den An- und Abflugrouten durchzusetzen. Die Partizipationsmodelle gehen jedoch weit über die deutschen Regelungen hinaus: Betreffen die Änderungen lärmrelevante Aspekte, müssen nach Schweizer Recht die Regierungsräte der Kantone in den Prozess einbezogen werden (gegenseitiges Einvernehmen). Über den gesamten Bewilligungsprozess wird auch der Flughafenbetreiber in die Entwicklung einbezogen, um eventuell nötige Kompromisse zu finden. Die Grundlage für alle luftfahrtspezifischen Entscheidungen und Urteilsbegründungen sind das Luftfahrtgesetz, die Luftfahrtverordnung und die Verordnung über die Infrastruktur Luftfahrt.

Die Civil Aviation Authority (CAA) ist die Luftfahrtbehörde Großbritanniens. Alle Änderungen an Flugrouten und Flugverfahren, die Auswirkungen auf die Lärmbelastung haben, müssen mit ihr als gesetzgebende Behörde besprochen werden. Die Umsetzung der neuen Verfahren erfolgt dann von der nationalen Flugsicherung NATS. Sie definiert und veröffentlicht auch die Hauptluftverkehrswege (NPR). Die NPR's dienen als Flugkorridor von und zu den Start- und Landebahnen. Dabei soll das Fliegen über bebautem Gebiet weitmöglichst vermieden werden, zum einen durch eingeschränkte Baugenehmigungen in diesen 3 km breiten Korridoren und zum anderen durch eine strikte Überwachung der Flüge innerhalb dieser Bereiche. Beim Verlassen der NPR's können gegen den Betreiber der Luftfahrzeuge oder den Piloten aufgrund des entstehenden Fluglärms Geldstrafen ausgesprochen werden. Aus diesem Grund sind auch die NPR's des Flughafens London Heathrow seit 1962 nur in geringem Maße verändert worden. Anträge über Änderungen von An- und Abflugrouten können von allen Beteiligten (Behörden, Flugsicherung, Airlines, Flughäfen, Betroffenen-Komitees) eingereicht werden. Die Änderungen der Routen erfolgen unter einer umfassenden Einbeziehung dieser Beteiligten. Diese sogenannten Komitees setzen sich aus Vertretern der Anwohner, lokaler Behörden, Umweltschutzgruppen und Wirtschaftsvertretern des Flughafens zusammen.

Zurzeit wird darüber hinaus in zahlreichen Bereichen zur Reduzierung von Fluglärm geforscht. Beispielsweise erfolgt die Weiterentwicklung von speziellen An- und Abflugverfahren, wie dem Continuous Descent Approach (CDA). Hierbei soll durch kontinuierliches Sinken der Einsatz der Triebwerke im Landeanflug minimiert werden. Um die Lärmbelastung durch startende Flugzeuge zu reduzieren, kann die Anwendung von sogenannten Steil- und Schnellstartverfahren für einzelne Ab-

flugrouten geprüft werden. Die Ergebnisse des Benchmarks fließen in das vorgeschlagene Verfahren zur Bewertung in Deutschland mit ein. Die sogenannten „Best-Practices“ der Analyse der einzelnen nationalen Vorgehensweisen dienen als Anhaltspunkte zur Entwicklung eines eignen Bewertungsverfahrens, welches insbesondere den Lärmaspekt hervorheben soll.

Im Hinblick auf eine Übertragbarkeit auf Deutschland wäre es denkbar, wie im Schweizer Beispiel anstelle der mit der Änderung des LuftVG eingeführten Benehmensregelung ein Einvernehmen zu fordern, was unter Berücksichtigung der Gewichtung der verschiedenen Aspekte zu einer weiteren Stärkung der Berücksichtigung von Lärmaspekten beitragen könnte. Weiterhin könnte wie in den Niederlanden auch vom Fluglärm Betroffenen ein Initiativrecht eingeräumt werden. Das Beispiel der USA zeigt, dass die Konzentration sämtlicher Abwägungen im Verantwortungsbereich der FAA sowohl in ihrer Rolle als Flugsicherungsorganisation als auch als Genehmigungsbehörde zu einer Vereinheitlichung beitragen kann. Dies ist in Deutschland so nicht gegeben, wo beispielsweise Lärmkontouren unter Verwendung der AzB berechnet werden, während bei der Festlegung von Flugrouten das Programm NIROS zur Anwendung kommt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es eine Reihe von Handlungsweisen und Regelungen gibt, die zu einer Verbesserung der Fluglärmbelastungen beitragen können. Zum Teil wären für eine entsprechende Übertragung auf Deutschland allerdings Änderungen der gesetzlichen Grundlagen notwendig. Grundsätzlich erfolgt jedoch in Deutschland bei der Festlegung von Flugrouten im internationalen Vergleich bereits eine sehr ausgeprägte Berücksichtigung von Lärmaspekten, was nicht zuletzt durch die nunmehr im Gesetz verankerte Einbeziehung des UBA zusätzlich gestärkt wird.

KAPITEL 4 **Kriterienkatalog**

Aufbauend auf den dargestellten Grundlagen wird im weiteren Verlauf ein Verfahren entwickelt, welches eine umfassende Beurteilung von Flugstrecken und –verfahren ermöglicht. Grundlage dieses Bewertungssystems ist ein Kriterienkatalog, der verschiedene operationelle, kapazitive und umweltbezogene Kriterien umfasst. Die Vorauswahl von Kriterien dient der Abwägung verschiedener Interessen zwischen den Beteiligten und Betroffenen und muss für die Bewertung transparent und reproduzierbar sein. Durch die späteren Gewichtungen der Kriterien im Beurteilungsprozess kann deren Bedeutung bezüglich der lokalen Gegebenheiten Ausdruck verliehen werden. Für eine umfassende Einbeziehung sämtlicher Aspekte sind langwierige und kostenintensive Analysen notwendig, welche oftmals in einem Missverhältnis zum Nutzen stehen. In dieser Studie werden daher zunächst mögliche Kriterien vorgestellt, aus denen im weiteren Bewertungsprozess dann eine engere Auswahl berücksichtigt werden kann.

Operationelle Kriterien umfassen alle Aspekte einzelner Routen, die jeweils einen einzelnen Flug betreffen. In welchem Umfang die Route später genutzt wird, wird dabei bewusst außer Acht gelassen. Die Einhaltung der entsprechenden Vorschriften zur Sicherheit wird als gegeben angesehen, da die Nicht-Einhaltung von Sicherheitsaspekten in der Luftfahrt ein Ausschlusskriterium für die Route dar-

stellen würde. Grundsätzlich sind hier drei Teilkriterien unterscheidbar. Zunächst wird hierbei die Fliegbarkeit einer Route untersucht, die für unterschiedliche Flugzeugmuster mitunter sehr verschieden sein kann. Die Piloten- und Lotsenbelastung ist das zweite Kriterium, das in die operationellen Aspekte einfließt. Bestimmte Routen erfordern von den Piloten und Lotsen erhöhte Aufmerksamkeit und Interaktion mit den Systemen und anderen Beteiligten. Unterschieden wird nach tatsächlichem Arbeitsaufwand bzw. der Komplexität der Aufgabe und der resultierenden Beanspruchung. Je geringer die Belastung bei einem Verfahren oder einer Route ist, umso besser ist diese zu bewerten. Ein dritter zu bewertender Aspekt ist der Passagierkomfort, welcher sich ausschließlich auf die Wahrnehmung der Passagiere bezieht. Ausschlaggebend für den Komfort der Passagiere sind beispielsweise die Lastzustandsänderungen während der Start- und Landephase. Häufiges Abbremsen und Beschleunigen empfinden die Flugzeuginsassen häufig als störend, weshalb Verfahren mit weniger Lastzustandsänderungen besser bewertet werden.

Die Kapazität einer Route drückt die mögliche Nutzung dieser Route(-nvariante) durch eine bestimmte Anzahl von Luftfahrzeugen pro Zeiteinheit aus und wird durch die mögliche Staffelung bestimmt. Kapazitätseinbußen können von einer Vielzahl möglicher Faktoren ausgehen. Eine isolierte Betrachtung einzelner Routen erfasst die Wechselwirkungen mit dem gesamten Flugstrecken-System nur ungenügend, weswegen für eine valide Bewertung Luftraumsimulationen des Gesamtsystems notwendig sind. In diese müssen auch Restriktionen einfließen, um beispielsweise Lärmkontingente oder ähnliche Beschränkungen zu beachten. Dies kann insbesondere auch der Fall sein, wenn durch einzelne Varianten bestimmte lärmempfindliche Bereiche überflogen werden, die in die Berechnungen einbezogen werden müssen. Auch Kreuzungen mit anderen An- und Abflugrouten können die Kapazität alternativer Routenführungen beschränken, weshalb diese entsprechend Beachtung finden müssen.

Umweltkriterien als dritte Kategorie werden in dieser Studie in zwei Klassen eingeteilt: zum einen in Lärmaspekte und zum anderen in die Betrachtung von Schadstoffen und klimawirksamen Gasen. Den Schwerpunkt der Betrachtungen stellt insbesondere die Bewertung der Auswirkungen von Neufestlegungen oder Veränderungen von Flugrouten oder -verfahren hinsichtlich des Fluglärms dar. Die Lärmberechnung in einem bestimmten Untersuchungsgebiet kann auf Basis von Einzelschallereignissen oder Dauerschallpegeln beruhen. Aus einem unterstellten Flugplan und vorgegebenen vertikalen Flugprofilen können Konturen gleicher Lärmbelastung (Iso-Linien) berechnet werden. Auf Grund der ohnehin hohen Triebwerksleistung beim Start, mit dem entsprechenden Kerosinverbrauch, ergeben sich bei unterschiedlichen Abflugverfahren nur geringe Unterschiede im Ausstoß von Schadstoffen und klimawirksamen Gasen. Aus diesem Grund erfolgte hierzu keine nähere Betrachtung in der Studie. Durch bestimmte lokale Gegebenheiten und Änderungen in der Gesetzgebung kann jedoch eine Betrachtung erforderlich sein, die jedoch mit aufwändigen Immissionsberechnungen einhergeht.

KAPITEL 5 **Beurteilungsverfahren**

Die genaue Quantifizierung der einzelnen Kriterien und deren Darstellung ist die Basis einer objektiven Bewertung. Einige Kriterien sind bereits in normierter bzw. skaliert Form vorhanden, andere müssen durch spezielle Verfahren noch dorthin überführt werden.

Der Prozess beginnt mit der Festlegung der notwendigen Kriterien, die bei der Bewertung einbezogen werden sollen. Nach der Quantifizierung aller Kriterien werden sie in eine normierte Skala von 0 bis 10 Punkten übertragen, um sie untereinander vergleichbar zu machen. Dabei entspricht eine hohe Punktzahl jeweils einer positiven Bewertung. Nach der Skalierung erfolgt anhand der Zuordnung zu den einzelnen Kategorien Operationelles, Kapazität und Umwelt zunächst eine Gewichtung innerhalb dieser Kategorien.

Als Beispiel für eine mögliche Vorgehensweise wird hier die Fliegbarkeit als operationelles Kriterium herangezogen. Bei der Fliegbarkeit ist davon auszugehen, dass die Sicherheitsvorgaben für die Konstruktion von Routen erfüllt sind, weshalb der Wert Null als Ausschlusskriterium entfällt. Wenn die Anforderungen an die An- und Abflugverfahren derart gestaltet sind, dass nicht alle Flugzeugmuster diese Route nutzen können, wird die entsprechende Route mit einem Punktabzug versehen. Die Piloten- und Lotsenbelastung als weiteres operationelles Kriterium kann durch die Häufigkeit und Komplexität der Aufgaben bewertet werden. Diesen Ansatz greift der NASA Task Load Index auf, welcher sich als multidimensionale Größe darstellt. Er orientiert sich an sechs Kriterien, deren Ausprägung durch eine Befragung ermittelt wird, z.B. geistige, körperliche und zeitliche Anforderungen, Anstrengung und die Frustration bei der Aufgabenerfüllung.

Aufgrund der Abhängigkeiten der Flugrouten untereinander werden für die Bewertung einzelner Routenvarianten hinsichtlich der Kapazität Simulationen des Flugbetriebs im Luftraum notwendig. Zahlreiche kommerziell nutzbare Softwaresysteme erlauben derartige Rückschlüsse. Die Anzahl der Flugbewegungen, die in einem bestimmten Zeitraum möglich sind, ohne dass sich ein zuvor festgelegtes Verspätungsniveau ergibt, erlaubt einen Rückschluss auf die Kapazität der verschiedenen Routenvarianten.

Die Ermittlung der Schadstoffimmissionen als ein Bereich der umweltbezogenen Kriterien kann ebenfalls nur durch den Einsatz eines geeigneten Modells ermittelt werden. Dazu werden die einzelnen Flugroutenalternativen untereinander betrachtet. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Nutzung der verschiedenen Flugrouten möglichst ausgeglichen ist, um eine entsprechende Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Der geringste Wert an Kerosinverbrauch bzw. Schadstoffmenge wird als positiv bewertet und bekommt die höchste Punktzahl.

Die Anwendung eines sachgerechten Verfahrens für die Ermittlung der Lärmbelastung als zweiter Bereich der Umweltkriterien ist ausschlaggebend für deren Bewertung. Für die Lärmbewertung orientiert sich diese Studie am Züricher Fluglärm Index (ZFI) als etabliertes, fortschrittliches Verfahren zur Verknüpfung einer Lärmbelastung mit ihren Auswirkungen. Der ZFI ist eine Einzahlgröße, welche sich

aus den durch Fluglärm während des Wachzustands am Tag stark belästigten Personen und der Anzahl der durch Fluglärm im Schlaf stark gestörten Personen zusammensetzt. Durch eine Dosis-Wirkungsbeziehung für Belästigungsreaktionen und eine Funktion für die induzierten Aufwachreaktionen werden diese betroffenen Bevölkerungsanteile ermittelt. Grundlage des ZFI ist die Berechnung eines Mittelungspegels für den Tag und der Maximalpegel in der Nacht. Anhand von Lärmkonturen für bestimmte Pegelhöhen können nun durch Überlagerung mit den Bevölkerungszahlen die betroffenen Anwohner bestimmt werden. Zur Berechnung der Lärmkenngröße wird in der Studie das Integrated Noise Model (INM) herangezogen. In die schalltechnische Berechnungen fließen nicht nur Flugbetriebsdaten und Emissionsdaten von allen aktuell operierenden Flugzeugmustern ein, sondern auch die Topografie der Umgebung und die Bevölkerungszahlen.

Für jeden der einzelnen Bereiche wird ein Güterwert ermittelt, um Zielkonflikte transparent darzustellen. Die Gewichtung und Partizipation der einzelnen Kriterien innerhalb der Kategorien Operationelles, Kapazität und Umwelt muss das Ergebnis aus einem Abstimmungsprozess zwischen allen Beteiligten sein, um die Nachvollziehbarkeit und Akzeptanz der Ergebnisse zu gewährleisten. Die Gesamtbewertung der Komponenten ist wiederum ein normierter Index (Punkte von 0 bis 10), der für jede der betrachteten Routenvarianten ermittelt werden kann.

Die abschließende Gewichtung (anhand eines Exponenten) und Multiplikation der Kategorien Umwelt, Kapazität und Operationelles führt zu einem Flugroutenbewertungsindex (FBI). Die Gewichtung der Komponenten sollte dabei lokalen Gegebenheiten Rechnung tragen, da die Relevanz dieser Kriterien-Kategorien an einzelnen Flughäfen bzw. für einzelne Flugrouten differiert. Vergleichend zeigt die nachfolgende Abbildung den grundsätzlichen groben Aufbau des Beurteilungsverfahrens. Da durch lokale Begebenheiten, Anpassungen oder Vorarbeiten Schritte teilweise entfallen können, ist eine detaillierte Darstellung nicht sinnvoll.



Abbildung 1: Übersicht über das Verfahren zur Beurteilung von Flugrouten und -verfahren

KAPITEL 6 Exemplarische Anwendung

Die in dieser Studie entwickelte Vorgehensweise wird mit Hilfe eines praktischen Beispiels nochmals verdeutlicht. Dabei wird ein Planungsfall von alternativen Flugrouten am Frankfurter Flughafen dargestellt. Durch vorgenommene Vereinfachungen sind die hier dargestellten Ergebnisse nicht mit den offiziellen Ergebnissen vergleichbar, sie dienen vielmehr ausschließlich der möglichst anschaulichen Demonstration des Beurteilungsverfahrens.

Im Beispiel kommt ein lokal angepasstes Gerüst von Kriterien zum Einsatz, welches die Situation am Flughafen Frankfurt/Main exemplarisch berücksichtigen soll. Im realen Anwendungsfall muss die Festlegung der Kriterien und deren spätere Gewichtung in der Berechnung aus einem umfassenden Abstimmungsprozess hervorgehen, bei dem Flugsicherung, Flughafen, Fluggesellschaften, Gemeinden, Verbände und Einzelpersonen zusammenarbeiten. Die Aufstellung des Kriterienkatalogs ist ausschlaggebend, um alle Interessen der Beteiligten und Betroffenen zu berücksichtigen. Dazu wurden im vorliegenden Fall die Fliegbarkeit, die Piloten- und Lotsenbelastung und der Passagierkomfort auf der Seite der operationellen Kriterien ausgewählt. Bei der Kapazität erfolgt keine weitere Unterscheidung hinsichtlich weiterer Unterkriterien. Die Umweltkomponente unterscheidet sich in die Aspekte der Schadstoffe und der Lärmimmissionen.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der resultierenden Lärmbelastung durch die einzelnen Routenalternativen, weshalb hierzu ausführliche Betrachtungen sowie eine entsprechende beispielhafte Lärmberechnung mit dem Lärmberechnungsprogramm INM vorgenommen wurden. Die Grundlage für die Bewertung bilden die Lärmpegel L_{DN} für den Tag und L_{Amax} für die Nacht. In die Berechnungen fließen der Flugbetrieb eines unterstellten Planungsfalls sowie die alternativen Flugrouten ein. Überlagert mit den Bevölkerungszahlen und unter Berücksichtigung der topografischen Gegebenheiten in der Region wurden die Lärmberechnungen durchgeführt. Mit Hilfe einer Abwandlung des ZFI wurden anschließend die stark belästigten und die stark schlafgestörten Personen ermittelt. Grundsätzlich wird empfohlen, bei der Beschreibung der Vorgehensweise auch alle Zwischenschritte und -ergebnisse zu dokumentieren, um den Prozess und die Ergebnisse am Ende transparent und nachvollziehbar darzustellen.

Die sich anschließende Übertragung in die normierte Skala kann grundlegend auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen. Ziel ist es jeweils, die entsprechende Bewertung, ausgedrückt im abgewandelten ZFI, in die Skala von 0 bis 10 Punkte zu überführen. Um hierbei zunächst die Extremwerte abzubilden (0 oder 10 Punkte), ist eine entsprechende Referenz zu definieren, die diesen Punkten entspricht. Dies kann einerseits derart erfolgen, dass die höchste Punktzahl dann erreicht ist, wenn kein einziger (10 Punkte) oder alle (0 Punkte) der flughafennahen Anwohner vom Fluglärm beeinträchtigt ist. Diese Sichtweise hat den Vorteil, dass eine absolute Aussage über die Lärmbelastung möglich ist. Nachteilig bei dieser Variante stellt jedoch die in der Praxis häufig zu erwartende geringe Differenzierung der zu betrachtenden Routen untereinander dar. Die andere mögliche Sichtweise geht davon aus, dass die untersuchte Route die Maximalpunktzahl erhält, die die geringste Lärmbelastung auf-

weist, während die Route mit der höchsten Belastung entsprechend 0 Punkte bekommt. Diese Sichtweise erlaubt eine sehr hohe Differenzierung der Routen untereinander. Eine absolute Aussage zur Lärmbelastung ist hingegen nicht möglich, da nur ein Vergleich der Routen untereinander stattfindet. Aus diesen Gründen werden beide Sichtweisen miteinander verknüpft, um die jeweiligen Vorteile zu nutzen. Hierfür wird eine Übertragungsfunktion zwischen dem ZFI und einer normierten Bewertung festgelegt. Im Beispiel wurde hier auf die Betroffenenzahl, welche einem Dauerschallpegel von 47 dB ausgesetzt sind, zurückgegriffen. Sie wird der maximal Anzahl von Betroffenen zugeordnet und würde demnach 0 Punkt für die Bewertung bekommen. Des Weiteren wird eine Untergrenze definiert (Mindestanzahl der Betroffenen). Zwischen der Mindest- und Maximalanzahl der Betroffenen wird linear interpoliert, um eine normierte Bewertung abgeben zu können. Abschließend erhält man auch für den Bereich Lärm einen normierten Gütewert für jede der untersuchten Routen, der anschließend in eine Gesamtbewertung einfließt.

Nach Anwendung des oben geschilderten Verfahrens stellt sich im Beispielfall Frankfurt/Main das Ergebnis für die Einzelkriterien wie folgt dar:

Einzelkriterium	TAB G1	TAB NEU	TAB N	Gewichtungsfaktor [%]
<i>Operationelles</i>				
Fliegbarkeit	10	10	10	80
Piloten-/Lotsenbelastung	6	7	8	15
Passagierkomfort	10	10	10	5

<i>Kapazität</i>				
Kapazität	8	8	8	100

<i>Umwelt</i>				
Schadstoffemissionen	8	7	6	10
Lärm	7	8	4	90

Aus der Tabelle sind teilweise deutliche Unterschiede der Routenvarianten erkennbar. Durch die Gewichtung (Gewichtungsfaktor) können nun einzelne Güterwerte in den verschiedenen Bereichen (Operationelles, Kapazität, Umwelt) ermittelt werden. In der weiteren Vorgehensweise erfolgt nun die Gewichtung der Kriterien der drei Kategorien Operationelles, Kapazität und Umwelt untereinander. Nach der Ermittlung der Bewertung jeder Kategorie kann nun einer jeden Route ein Flugroutenbewertungsindex zugeordnet werden (folgenden Tabelle). Inwieweit jedoch die einzelnen Komponenten in den Gesamtindex einbezogen werden, hängt stark von den lokalen Bedingungen und dem Abstimmungsprozess in Vorfeld ab. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse sollte zudem der Einfluss von unterschiedlichen Gewichtungen aufgezeigt werden.

Kriterium	TAB G1	TAB NEU	TAB N
Operationelles (I_o)	9,40	9,55	9,70
Kapazität (I_k)	8,00	8,00	8,00
Umwelt (I_u)	7,30	8,00	4,20

KAPITEL 7 **Schlussfolgerungen**

Das in dieser Studie empfohlene Abwägungsverfahren bietet gegenüber dem Vorgehen der BAF / DFS den Vorteil, dass es alle Zwischenschritte bis zum Ergebnis transparent dokumentiert. Die Schritte der Bewertungsmethode wurden bewusst flexibel gehalten, um einen Spielraum für einen Interessenausgleich zum schaffen. Insbesondere die Gewichtung der Kriterien, aber auch die Auswahl der einzubeziehenden Aspekte, muss in einem Dialog mit allen Beteiligten und Betroffenen erörtert werden. Neue Technologien und veränderte An- und Abflugverfahren an Flughäfen führen in den nächsten Jahren zu einer Vielzahl von Möglichkeiten zur Überprüfung und Neufestlegung von Flugrouten und –verfahren, um die Zahl der von Fluglärm betroffenen Bevölkerung deutlich zu senken. Das hier entwickelte Verfahren will dazu beitragen, diese Lärminderungspotentiale zu realisieren, indem bei zukünftigen Flugstreckenabwägungen die Alternativen sachgerecht identifiziert werden, welche die geringste Lärmbelastung der Bevölkerung zur Folge hat. Der Nutzen des Verfahrens liegt in erster Linie darin, Routen objektiv zu bewerten und somit eine Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der Route zu liefern.