

## „Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren“ (LANAb) Ein neues Verbundprojekt

### 1 Einleitung

Die in den nächsten Jahren zu erwartende weitere Verringerung der Triebwerksgeräusche und die einsetzenden Erfolge bei der Verringerung der Umströmungsgeräusche werden erst langfristig die Lärmsituation an den Flughäfen verbessern, weil die Verbesserung nur bei neuen Flugzeugmustern wirksam wird und die heute eingesetzten Flugzeuge zum Teil noch Jahrzehnte in Betrieb bleiben werden. Eine kurzfristig erzielbare Lärminderung ist dagegen erreichbar durch leisere An- und Abflugverfahren. Die Entwicklung und Überprüfung solcher Verfahren ist Ziel des im Folgenden vorgestellten Forschungsprojekts, das im Forschungsverbund *Leiser Verkehr* (siehe den Beitrag von Neise & Weyer bei der 9. Tagung Verkehrslärm, 2000) entstanden ist und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wird.

Die Flugverfahren wurden auch in der Vergangenheit im Hinblick auf eine Verringerung der Lärmimmission optimiert, allerdings zu einer Zeit als die Schalleistung der Triebwerke noch mehrfach höher war als heute. Selbst bei der Landung spielten damals die Umströmungsgeräusche im Vergleich zu den lauten Triebwerksgeräuschen eine untergeordnete Rolle. Diese Situation hat sich geändert. Während die Triebwerke in den letzten drei Jahrzehnten erheblich leiser geworden sind, haben die Umströmungsgeräusche möglicherweise sogar zugenommen, da die Hochauftriebshilfen technisch immer komplizierter wurden und die Landegeschwindigkeiten sich erhöht haben. Vor diesem Hintergrund ist eine erneute Optimierung der Start- und Landeverfahren im Hinblick auf die Lärmbelastung in der Umgebung von Flughäfen dringend erforderlich.

Eine rein experimentelle Erprobung neuer Start- und Landeverfahren verbietet sich wegen der Vielzahl der zu behandelnden Varianten aus Kosten- und Zeitgründen, und auch weil die Reproduzierbarkeit der Versuchsbedingungen bei den Flugversuchen wegen der wetterbedingten Änderungen nicht in ausreichendem Maße gesichert erscheint. Aus diesem Grund sollen in dem Projekt unterschiedliche Flugverfahren auf der Basis von Simulationsprogrammen untersucht und bewertet werden, um leisere Verfahren zu finden.

Die Verfügbarkeit eines zuverlässigen, validierten Simulationstools ist also unabdingbare Voraussetzung für diese Vorgehensweise. Dazu gehört die genaue Kenntnis der Geräuschemission der einzelnen Schallquellen des Flugzeuges, also des Einflusses von Fluggeschwindigkeit, Flugzeugmasse, Triebwerksleistung, Klappenstellung und Fahrwerkposition auf die Schallemission als Funktion des Emissionswinkels in und quer zur Flugrichtung. Außerdem müssen die Einflüsse von Wind- und Temperaturprofilen auf die Schallausbreitung bekannt sein. Die heute üblichen Quell- und Ausbreitungsmodelle erfüllen diesen Anspruch bei weitem nicht.

Die Erarbeitung eines verbesserten Simulationstools, seine Anwendung zur Untersuchung geeigneter lärmreduzierter Flugverfahren und die daran anschließende Verifizierung durch Flugversuche sind die wesentlichen Elemente des vorliegenden Forschungsvorhabens, das in die im Folgen-

den beschriebenen fünf Aufgabenpakete untergliedert ist (die Nummerierung der Aufgabenpakete bezieht sich auf die Nomenklatur des Forschungsverbunds *Leiser Verkehr*):

## 2 Aufgabenpaket 1610: Modellierung der Schallquellen an Verkehrsflugzeugen

Bild 1 zeigt die wichtigsten Schallquellen an einem Verkehrsflugzeug Airbus A319. Alle wichtigen Quellen müssen für die Zwecke der Simulation durch geeignete empirische Beziehungen in Abhängigkeit von den Flug- und Betriebsparametern des Flugzeugs beschrieben werden. Es stehen dafür vorhandene Messungen an Fahrwerken und Hochauftriebssystemen in Windkanälen sowie am Gesamtflugzeug bei Überflugmessungen mit Hilfe von Mikrofonarrays (akustischen Kameras) zur Verfügung, die für den vorliegenden Zweck ausgewertet werden müssen. Weitere wichtige Daten können aber nur mit neuen Flugtests gewonnen werden. Dazu gehören Überflüge zur Gewinnung von Validierungsdaten mit Einzelmikrofonen und Überflugmessung mit einem Mikrofonarray. Diese Messungen werden in einer Messkampagne am Flughafen Schwerin-Parchim (Mecklenburg-Vorpommern) gemacht werden. Dabei werden Überflüge mit unterschiedlichen Einstellungen der Triebwerke, Klappen und Fahrwerke durchgeführt, um die verschiedenen Geräuschquellen besser separieren zu können. Aus Kostengründen werden diese Flugtests mit nur einem Flugzeugtyp (A319) gemacht. Insgesamt werden die Arbeiten zur Schallquellenmodellierung auf die Airbus-Flugzeuge A319/320 und A340 beschränkt, also auf einen zweistrahligen und einen vierstrahligen Typ.

A319 und A320 sind zahlenmäßig stark verbreitet, starten und landen wegen der oft kurzen Flugstrecken relativ häufig und beeinflussen damit die Lärmpegel an deutschen Flughäfen erheblich. Da sich die Hochauftriebssysteme moderner Verkehrsflugzeuge sehr ähneln, ist zu erwarten, dass die Ergebnisse über Skalierungsregeln auch auf andere Geometrien übertragen werden können.



Bild 1: Schallquellen an einem Verkehrsflugzeug.

### **3 Aufgabenpaket 1620: Entwicklung eines Berechnungsverfahrens für die Lärmkonturen beim An- und Abflug von Verkehrsflugzeugen**

Beim derzeitigen technischen Stand der Rechnertechnik ist die Anwendung einer Simulationstechnik problemlos durchführbar. Dazu wird die Flugbahn eines Flugzeuges in diskrete Einzelpunkte zerlegt, an denen Fluggeschwindigkeit, Triebwerksleistung und im Landeanflug Klappen- und Fahrwerkspositionen (also implizit die Schallabstrahlungseigenschaften) des Flugzeugs bekannt sein müssen. Unter Berücksichtigung der Schallausbreitungsgesetze und der Geometrie zwischen Flugzeug und Immissionsort kann dann an letzterem ein zeitlicher Schallpegelverlauf ermittelt werden, der im Idealfall einem gemessenen Verlauf entspricht.

Die derzeit in der Praxis benutzten Fluglärmrechnungsverfahren sind für Prognosezwecke in komplexen Flugszenarien ausgelegt und greifen deshalb auf vereinfachte Schallquellen- und Schallausbreitungsmodelle zurück. Die Entwicklung neuer Flugprozeduren mit geringerer Lärmimmission erfordert aber den Einsatz von verbesserten Modellen für sowohl die Geräuschemission als auch für die Schallausbreitung von der Quelle zum Boden und stellt hohe Genauigkeitsanforderungen an die Datengrundlagen.

Den Ausgangspunkt des im Rahmen des vorliegenden Projekts zu entwickelnden Simulationsmodells bildet ein Rechenmodell aus dem DLR-Projekt *Leiser Flugverkehr*, das sich derzeit in der Test- und Weiterentwicklungsphase befinden. Generell basiert das Programm auf einer Teilschallquellenzerlegung, die die Abstrahlcharakteristik des Flugzeugs und deren Geschwindigkeitsabhängigkeit sowie die spektrale Verteilung der Schallenergie für verschiedene Geräuschmechanismen (Strahlärm, Fanlärm, Zellenlärm) berücksichtigt. Es ist so konzipiert, dass die Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 1610 "Schallquellenmodellierung" integriert werden können. Darüber hinaus werden moderne Ausbreitungsmodelle implementiert, die vom DLR in dem internen Projekt *Leiser Flugverkehr* erarbeitet werden.

Ein derartiges Prognosemodell ermöglicht es, die Wirkung beliebiger – auch noch technisch in der Entwicklung befindlicher – lärmmindernder Ab- und insbesondere Anflugverfahren (Berücksichtigung von Umströmungslärm) in adäquater Weise zu untersuchen. Das aus dem Programmpaket resultierende Rechenprogramm wird den spezifischen Anforderungen zur Untersuchung lärmärmer Anflugverfahren angepasst und für die Aktivitäten im Arbeitspaket 1630 zur Verfügung gestellt.

### **4 Aufgabenpaket 1630: Abschätzung des Lärminderungspotenzials und der Fliegbarkeit von An- und Abflugverfahren**

Eine schematische Darstellung unterschiedlicher An- und Abflugprofile in der vertikalen Ebene ist in Bild 2 gegeben. In dem vorliegenden Vorhaben werden aber auch horizontale Variationen der An- und Abflugverfahren untersucht. Bei Veränderungen der An- und Abflugprozeduren zur Reduzierung der Lärmimmission müssen selbstverständlich gleichzeitig die sicherheitsrelevanten Aspekte berücksichtigt werden, die sich aus der möglicherweise erhöhten Arbeitsbelastung der Piloten ergeben. Dazu werden flugmedizinische Untersuchungen bei unterschiedlichen Flugver-

fahren und –szenarien gemacht. Unter dem Aspekt "Sicherheit geht vor Lärm" kann dieser Punkt entscheidend sein für die Akzeptanz und Realisierbarkeit veränderter An- und Abflugverfahren.

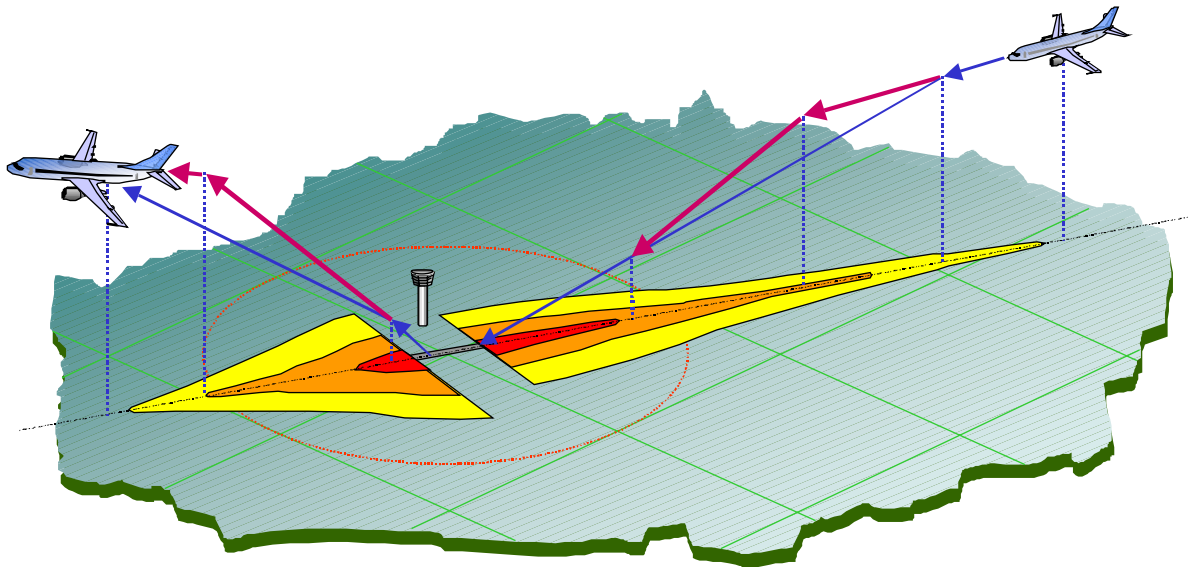


Bild 2: Schematische Darstellung unterschiedlicher vertikaler An- und Abflugprofile.

#### 4.1 Lärminderungspotenzial und Fliegbarkeit von steilen Anflügen

Beim Anflug geht es um die Frage, ob es für die heute üblichen Landeverfahren leisere Alternativen gibt, beispielsweise durch Flug mit der minimal möglichen Triebwerksleistung über weite Strecken des Anfluges, Ausfahren des Fahrwerkes so spät wie möglich, Fliegen mit niedrigstmöglicher Fluggeschwindigkeit, weil hierdurch der Umströmungslärm minimiert wird, Fliegen mit möglichst großer Flughöhe, Nutzung der Flächennavigation zur Durchführung von 4-D-Anflügen (die 4. Dimension ist die Zeit).

Das im Arbeitspaket 1620 erstellte Prognoseverfahren mit einem verbesserten Lärmberechnungsmodell wird für Simulationsrechnungen einsetzen. Dazu müssen zunächst ein Referenzflugzeug und ein Referenzflughafen ausgewählt werden, für welche die Untersuchungen exemplarisch durchgeführt werden. Als Flugzeuge bieten sich A340 und A320 an, für die im Arbeitspaket 1610 akustische Quellmodelle erarbeitet wurden. Als Referenzflughäfen sind beispielsweise Frankfurt oder München geeignet, die besonders drängende Lärmprobleme haben. Flugzeugmodell und Flughafenumgebung werden in die Simulation eingebunden.

Die für den Referenzflughafen vorgeschriebenen Anflugwege sowie Flugverfahren werden als "Referenz" zur Bewertung von Verbesserungen simuliert. Die Flüge werden "nach Aircraft Operational Manual"-Vorschriften für die A320 und A340 "geflogen". Übliche Abweichungen vom vorgeschriebenen Flugweg (Streuungen) werden berücksichtigt.

In einem weiteren Schritt wird eine präzisere Einhaltung des Flugweges simuliert, wie das mit modernen FM-Systemen möglich ist. Gleichzeitig werden im Anflug der Flugbahnwinkel erhöht, Zeitpunkte für Klappen- und Fahrwerksetzen verändert, Höhe des Gleitpfadintercept verringert,

u.a., um die Lärmimmission zu verringern. Die Flugsicherheit muss dabei durch Einhalten der vorgeschriebenen Betriebsgrenzen für A320/A340 gewährleistet werden. Aspekte der Pilotenbelastung und Fliegbarkeit werden in einer weiteren Einzelaufgabe (s. Abschnitt 4.7) untersucht. Ergebnis der Untersuchungen werden Vorschläge für "fliegbare" Anflugverfahren mit verringerter Lärmimmission für die Muster A320/A340 sein. Die Erkenntnisse sollten auch auf andere zwei- bzw. viermotorige Flugzeugmuster übertragbar sein.

#### 4.2 Lärminderungspotenzial und Vermeidung von Kapazitätseinbußen bei „Continuous Descent Approach“-Verfahren

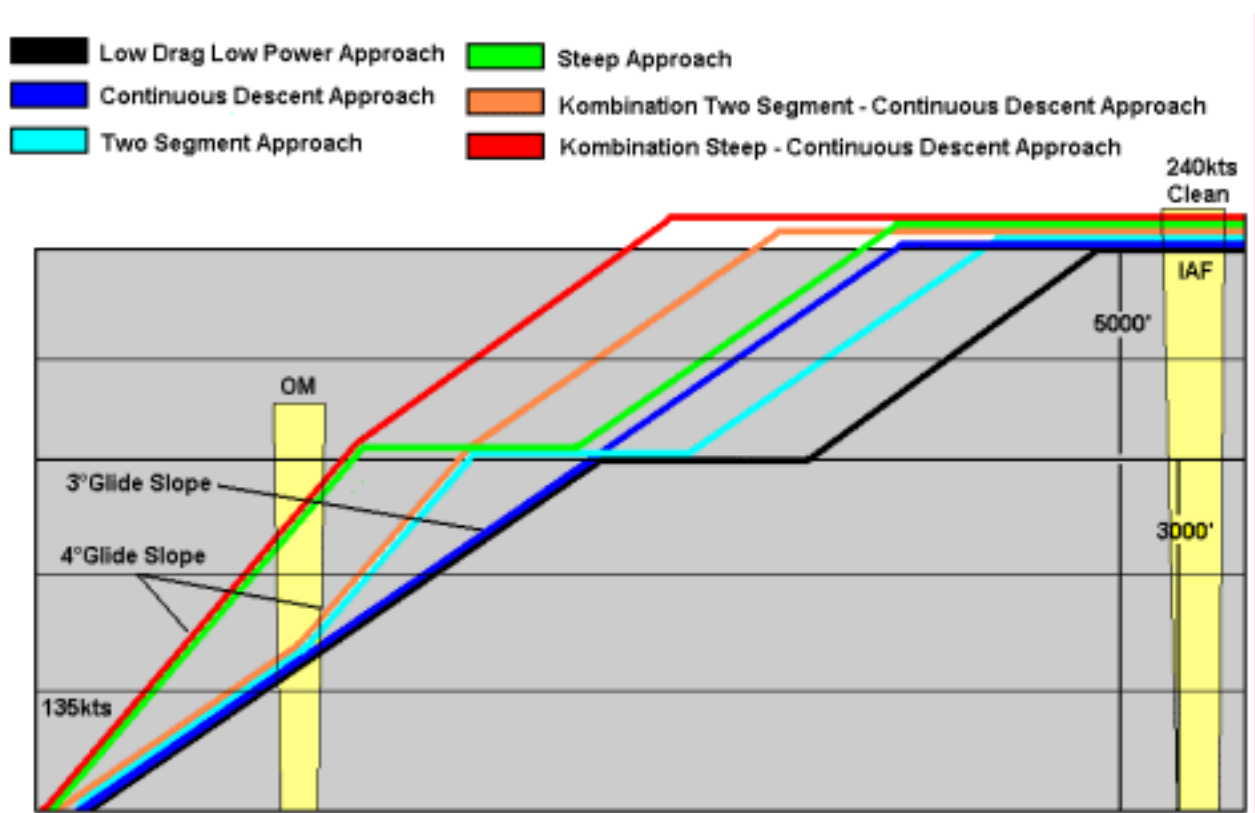


Bild 3: Schematische Darstellung unterschiedlicher Anflugverfahren.

In Bild 3 sind unterschiedlicher Anflugprofile dargestellt. Beim Low-Power-Low-Drag-Verfahren wird der Flughafen zunächst in 5000 Fuß Höhe angefliegen, daran schließt ein 3°-Sinkflug auf 3000 Fuß Höhe an, die über einen bestimmten Streckenbereich gehalten wird, bevor der endgültige 3°-Gleitpfad bis zur Landung eingeschlagen wird. Zum Halten der konstanten Flughöhe von 3000 Fuß muss die Triebwerksleistung gegenüber dem Sinkflug erhöht werden, und dadurch nimmt die Geräuschemission zu. Beim „Continuous Descent Approach“ (CDA-Verfahren) wird auf der Flughöhe 5000 Fuß näher an den Flughafen heran geflogen und dann ein kontinuierlicher Sinkflug bis zur Landung vorgenommen. Die Triebwerksleistung muss hier nicht erhöht werden, und dadurch ergibt sich eine Lärminderung verglichen mit dem Low-Power-Low-Drag-Verfahren. Die anderen gezeigten Flugprofile sind Variationen der ersten beiden mit unterschiedlichen Gleitwinkeln.

In der aktuellen operationellen Praxis werden CDA-Verfahren nach Freigabe durch die Anflugkontrolle weitgehend nach Ermessen der Piloten durchgeführt. Dies hat größere Schwankungen der Ankunftszeiten zur Folge, so dass die Landeintervalle um etwa zwei Minuten vergrößert werden müssen. Deshalb können CDA-Verfahren bisher lediglich bei geringerem Verkehrsaufkommen eingesetzt werden. Um CDA Verfahren auch bei hohem Verkehrsaufkommen einsetzen zu können, sind Anflugplanungssysteme am Boden und 4D-fähige Flight Management Systeme (FMS) an Bord erforderlich, die eine bodenseitige Vorgabe von Zielankunftszeiten und eine genauere 4D-Bahnführung ermöglichen.

Ziel der geplanten Arbeiten ist die Abschätzung der Auswirkungen von CDA-Verfahren auf die Flughafenkapazität für Flugzeuge mit unterschiedlich hoher Navigationsgenauigkeit und die konfliktfreie Einbettung von zeitgenauen CDA-Verfahren in Standardanflugprozeduren, um die bislang noch vorhandene Beeinträchtigung der Flughafenkapazität vermeiden zu können.

#### **4.3 Lärmminimale Abflugbahn unter Berücksichtigung der mittleren Windrichtung auf die Schallausbreitung**

Es ist bekannt, dass der Wind einen erheblichen Einfluss auf die Schallausbreitung ausübt. Ziel dieser Aufgabe ist es, bei der Ermittlung lärmminimaler Flugbahnen die mittleren Windverhältnisse am betreffenden Flughafen zu berücksichtigen. Eine tagtägliche Berücksichtigung der aktuellen Windrichtung wird erst in ferner Zukunft möglich sein, deshalb wird vorgeschlagen, den Verlauf einer typischen Abflugroute für die im Jahresmittel vorliegenden Windverhältnisse (d.h. mittlere Windrichtung und mittlere Windstärke) zu berechnen und vorzugeben. Im ersten Schritt soll dies beispielhaft für die Abflugroute der Startbahn West am Flughafen Frankfurt/M. geschehen, da hier eine ausgeprägte seitliche Windkomponente vorliegt.

#### **4.4 Lärminderungspotenzial durch Verlegung von Flugrouten über Autobahnen**

Kerngedanke der vorliegenden Einzelaufgabe ist, die An- und Abflugrouten von Verkehrsflugzeugen in ihrer horizontalen Führung so zu verlegen, dass die resultierenden lärmbelasteten Bereiche mit bereits bestehenden, beispielsweise von Autobahn- oder Eisenbahnlärm beaufschlagten Gebieten übereinanderfallen. Die Lärmimmission würde also zumindest zum Teil auf unbewohnte Flächen verlagert und damit eine Entlastung von Wohngebieten erreicht. Dieser Vorschlag ist oft diskutiert, in der Praxis aber nie näher untersucht worden. Durch die vorliegende Einzelaufgabe sollen hinsichtlich des vorgeschlagenen Verfahrens quantitative Aussagen getroffen werden, die insbesondere zu einer Versachlichung der diesbezüglichen Diskussionen führen können.

In welchem Maße sich durch die vorgeschlagene Überlagerung des Fluglärmteppichs der Gesamtlärm am Boden ändert, hängt von der Höhe der Einzelbeiträge des Fluglärms und des Straßen- bzw. Schienenlärms ab. Die Beurteilung des durch horizontale Verlagerung der Flugrouten erschließbaren Lärminderungspotenzials bedarf daher einer sorgfältigen, flächendeckenden Untersuchung auf der Basis von Simulationsrechnungen. Eine entsprechende Untersuchung soll am Beispiel des Frankfurter Flughafens durchgeführt werden. Auf der Basis einer geänderten Flugstre-

ckenführung wird die Fluglärmbelastung im Umfeld des Flughafens Frankfurt rechnerisch ermittelt und mit entsprechenden Daten des bodengebundenen Verkehrs verglichen.

Die Abflugroute vom Flughafen Frankfurt nach Nordwest folgt seit Kurzem der Autobahn A3 in Richtung Köln. Dies bietet – unterstützend zu den rechnerischen Untersuchungen – die Gelegenheit einer direkten messtechnischen Überprüfung des Effekts einer Bündelung von Flugrouten mit Autobahnen. Dazu wird bei Westwindlage in verschiedenen Abständen von der Autobahn und zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten der Dauerschallpegel gemessen. Dabei werden die Zeiträume gekennzeichnet, bei denen neben den Geräuschen des Straßenverkehrs auch noch Fluggeräusche vorhanden sind. Aus dem Vergleich der Zeiträume mit und ohne Fluglärmanteil lässt sich der Beitrag des Fluglärms quantifizieren und bewerten.

#### **4.5 Lärmarme Abflugverfahren**

Ziel dieser Einzelaufgabe ist es, Vorschläge für "fliegbare" Abflugverfahren mit verringerter Lärmimmission für eine begrenzte Anzahl von Flugzeugmustern mit unterschiedlicher Lärmcharakteristik zu erarbeiten.

Der beim Abflug erzeugte Lärm bildet nach wie vor den größten Beitrag zur Gesamtlärmbelastung im Umfeld von zivilen Flughäfen: Die vom Abfluglärm beaufschlagte Fläche trägt in der Regel zu mehr als 2/3 zur gesamten, durch Fluglärm belasteten Fläche bei. Insofern ist die Entwicklung lärmarmen Abflugverfahren eine sinnvolle Vorgehensweise, um kurz- und mittelfristig eine Lärminderung zu erreichen.

Lärmarme Abflugverfahren sind schon länger im Gebrauch und auch von der ICAO (International Civil Aviation Organization) z.T. sehr detailliert beschrieben. Es bieten sich allerdings noch weitergehende Untersuchungen zu diesem Themenkomplex an. Insbesondere werden lärmmindernde Abflugverfahren meist generell definiert. Flughafenspezifische wie auch tageszeitoptimierte Abflugverfahren dürften hier weitere Potenziale zur Lärminderung bieten. So dürften z.B. in der Nacht Abflugverfahren, die niedrige Maximalpegel erzeugen, sinnvoller anzuwenden sein als solche, die energiebezogen (also auf das zeitliche Mittel der Schallenergie) optimiert sind.

#### **4.6 Abschätzung des Lärminderungspotenzials wetterabhängiger Flugrouten**

Eine weitere Möglichkeit zur Lärminderung in der Umgebung von Verkehrsflughäfen besteht darin, die natürlichen Dämpfungseigenschaften des Bodens und der Atmosphäre optimal und situationsangepasst zu nutzen. Allerdings ist zur Zeit noch nicht bekannt, wie hoch das entsprechende Lärminderungspotenzial ist. Hierzu soll die vorgeschlagene Studie quantitative Aussagen liefern. Es wird eine statistische Auswertung der routinemäßig gewonnenen Lärmimmissionsdaten in der Umgebung des Flughafen München zusammen mit verfügbaren meteorologischen Daten sowie Flugpositionsdaten vorgeschlagen. Ziel der Untersuchungen ist es

- die Variabilität der Lärmdaten infolge der Streuung der Flugzeugbahndaten und atmosphärischen Faktoren ursachenbezogen zu quantifizieren,
- einen allfälligen Zusammenhang zwischen der Lärmimmission am Boden und bestimmten meteorologischen Einflüssen statistisch nachzuweisen und

- einen Datensatz für die Validierung neuer Lärmprognoseverfahren zu gewinnen.

Sollte sich zeigen, dass sich auf Grund meteorologischer Einflüsse eine signifikante Verlagerung der Lärmbelastung betroffener Kommunen einstellt, könnten wetterabhängige Verschiebungen von An- und Abflugrouten zur Minderung der Lärmimmission in einzelnen Kommunen genutzt werden. Aus Praktikabilitätsgründen sollten die verschiedenen Wetterlagen in einige wenige Klassen eingeteilt werden, die als Grundlage zur Flugrouten-Festlegung dienen.

#### **4.7 Untersuchung der Fliegbarkeit von lärmoptimierten Ab- und Anflugverfahren durch den Piloten**

Heutige Ab- und Anflüge basieren auf den lange eingeführten Verfahren, die teilweise überarbeitet wurden. Insbesondere Vertikalprofile orientieren sich grundsätzlich an den aerodynamischen Gegebenheiten der Luftfahrzeuge und den zugehörigen internationalen Vorschriften. Die Konstruktion von Flugverfahren ist weltweit seitens der ICAO geregelt.

Bei den technischen Untersuchungen zur Verbesserung der Lärmcharakteristik durch veränderte Ab- und Anflugverfahren (z.B. steilere Anstiege beim Abflug, geänderte Gleitpfade und Gleitwinkel beim Anflug) müssen die sicherheitsrelevanten Aspekte dieser Veränderungen beachtet werden. Unter der Prämisse, dass Sicherheit des Flugbetriebs Vorrang vor etwaigen Lärmreduktionsmaßnahmen haben muss, ist zum Einen die technische Sicherheit von Bedeutung (z.B. Verletzung der im Aircraft Operational Manual festgelegten Betriebsgrenzen, Passagierkomfort), zum Anderen kommt der Funktion des menschlichen Operators bei neuen Flugverfahren eine wesentliche Rolle zu.

Die Unfallstatistik besagt, dass die meisten Flugunfälle während des Landeanfluges passieren. Für den Piloten sind Landeanflug und Landung kritische Flugphasen, in denen seine ganze Aufmerksamkeit gefordert wird. Das gilt insbesondere für Landeanflüge nach einem 12-h Langstreckenflug bzw. nach mehreren Einsätzen auf Kurzstrecken, bei denen der Pilot u.U. bis an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit gefordert wird. Verlangt man jetzt noch flugzeug- und flughafenspezifische spezielle Anflugverfahren, die zusätzliche Aufmerksamkeit und Aktivitäten erfordern, kann es zu einer Überlastung des Piloten kommen mit der Konsequenz einer reduzierten Sicherheit.

Ziel der Einzelaufgabe ist die Überprüfung, ob die Flugsicherheit bei neuen lärmarmen Ab- und Anflugverfahren unter humanspezifischen Aspekten beeinträchtigt wird. Dazu soll das Belastungs- bzw. Beanspruchungsprofil für die Piloten herausgearbeitet werden, welches sich durch die Veränderung der Verfahren ergibt. Ferner sollen Anforderungen an bord- und bodenseitige Unterstützungssysteme definiert werden, die zu einer Minderung der Arbeitsbelastung führen.

Unter kontrollierten Bedingungen soll zunächst in einem Simulator untersucht werden, inwieweit Änderungen von lärmarmen Ab- und Anflugverfahren Einfluss auf die Belastung und Beanspruchung sowie auf die Leistungsfähigkeit von Piloten haben. Das soll einerseits durch Untersuchung von physiologischen und psychologischen Funktionen geschehen, andererseits durch technische Parameter und ihren Änderungen, die während der Flugsimulationen erfasst werden (zeitgleich mit den physiologischen Parametern). Szenarien, die als lärm mindernde Flugverfahren in Frage kom-

men, sollen an einer A320- bzw. A330/A340-Simulator getestet werden. Zum Vergleich sollen heute übliche Flugverfahren herangezogen werden.

## **5 Aufgabenpaket 1640: Durchführung einer Messkampagne zur Verifizierung des prognostizierten Lärminderungspotenzials lärmarter Start- und Landeverfahren**

Die Simulationsergebnisse müssen durch Flugtests mit einem Verkehrsflugzeug mit genau vermessenen Starts und Landungen validiert werden. In Zusammenarbeit mit dem Flughafen Schwerin-Parchim fliegt hierzu ein Flugzeug der DLH (Typ A319) die vorgeschlagenen Ab- und Anflugverfahren im Vergleich zu den entsprechenden Standardverfahren. Im An- und Abflugbereich werden die jeweiligen Lärmimmissionen auch in den erforderlichen großen Abständen (bis zu ca. 25 km) vom Flughafen mit Hilfe einer großen Anzahl von Einzelmikrofonen gemessen. Für diese Art der großräumigen Lärmerfassung ist der Flughafen Schwerin-Parchim auf Grund seiner geographischen Lage in besonderer Weise geeignet (niedriger Hintergrundgeräuschpegel und nahezu ungestörte Mikrofonpositionierung auf Grund geringer Besiedlungsdichte auch in der weiteren Umgebung).

An jeweils einem Messtag werden die Lärmimmissionen bei 4 verschiedenen Anflugverfahren

- 2 unterschiedliche Low Drag-Low Power-Standardverfahren,
- ein 2-Segment-Verfahren und
- ein CDA-Verfahren

und bei 4 unterschiedlichen Abflugverfahren

- ein Standardverfahren,
- ein entsprechend gängiger Flugpraxis modifiziertes Standardverfahren und
- 2 noch zu definierende Varianten

vermessen. Zur statistischen Absicherung der Ergebnisse werden alle Messflüge dreimal absolviert.

## **6 Aufgabenpaket 1650: Übertragung von Teilergebnissen der Aufgabenpakete 1620/1640 in das Programm NIROS der Deutschen Flugsicherung**

Das Programm NIROS dient der praktischen Umsetzung von wissenschaftlichen Verfahren zur Fluglärmsimulation und -minimierung bei der Planung von Abflugrouten. Kern des Programms ist die Bewertung von Fluglärmeeinflüssen anhand einer Gewichtung des beim Abflug entstehenden Lärmpegels mit der örtlichen Bevölkerungsverteilung.

Ziel des Aufgabenpakets 1650 ist es, die im Gesamtvorhaben erarbeiteten Erkenntnisse zur Schall-emission am Flugzeug, zur Schallausbreitung in der Atmosphäre und zur Schallimmission am Boden in die entsprechenden NIROS Softwaremodule zu integrieren bzw. die vorhandenen durch die neu entwickelten Verfahren zu ersetzen. Damit soll sichergestellt werden, dass diese Verfahren auch in der Praxis der Routenplanung der Deutschen Flugsicherung Anwendung finden und damit genauere und zuverlässigere Grundlagen genutzt werden.

## 7 Zeitplan

Der für die Bearbeitung in Aussicht genommene Zeitplan ist wie folgt:

1610	Modellierung der Schallquellen	Dez. 2002 – Nov. 2004
1620	Entwicklung des Berechnungsverfahrens	Dez. 2004 – Mai 2005
1630	Lärminderungspotenzial und Fliegbarkeit	Dez. 2002 – Mai 2006
1640	Messkampagne zur Verifizierung	Juni 2006 – Nov. 2006
1650	Ergebnisübertragung nach NIROS	Dez. 2002 – Nov. 2006

## 8 Lärminderungspotenzial

Die durch lärmoptimierte An- und Abflugverfahren erreichbare Lärminderung hängt sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten der jeweiligen Flughäfen und den dort bereits eingeführten Flugprozeduren ab. Das Lärminderungspotenzial liegt lokal im Bereich von 3 bis 6 dB, wobei Gebiete in der erweiterten Flughafenumgebung (mehr als 10 km vom Startbahnsystem) stärker entlastet werden dürften als die direkte Flughafenumgebung.

Die in diesem Projekt zu entwickelnden Berechnungsverfahren erlauben eine wesentlich genauere Bestimmung der Lärmimmission als bislang möglich. Damit lassen sich über das vorliegende Projekt hinaus zukünftig auch genauere Aussagen für betroffene Regionen hinsichtlich des zu erwartenden Lärms bei steigendem Verkehrsaufkommen machen, was für Planungen von Flughafenerweiterungen wichtig ist.

## 9 Forschungspartner

An der Durchführung des Projektes sind beteiligt: Deutsche Flugsicherung GmbH (Langen), Deutsche Lufthansa AG (Frankfurt), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) mit sieben Instituten in Berlin, Braunschweig, Göttingen, Köln und Oberpfaffenhofen, EADS Forschung (Ottobrunn), Institut für Flugführung der TU Braunschweig, Ingenieurbüro akustik-data (Berlin), Design-/Objekt-/Stadtplanung (Frankfurt), Flughafen Schwerin-Parchim, Flughafen München GmbH, Ingenieurbüro SIMULOPT (Maintal), Institut für Luft- und Raumfahrt der TU-Berlin, Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover, Dr. Ludwig May (Alsbach), Meteorologische Institut der Universität München, Technisch-Mathematische Studiengesellschaft mbH Bonn und Zentrum für Flugsimulation GmbH (Berlin).

Die Projektkoordination liegt beim DLR.

Grundlage des vorliegenden Beitrags ist die von den oben genannten Partnern ausgearbeitete Projektbeschreibung.