

# Lärmbelastung bei Flugplätzen und Flughäfen in der Schweiz – Anwendungsbeispiele für Geo-Informationssysteme

von G. Thomann, EMPA, Abteilung Akustik / Lärmbekämpfung

Detaillierte Analysen der letzten Jahre zeigen, dass der Fluglärm erhebliche volkswirtschaftliche Kosten verursacht und massive Konsequenzen für die Raumplanung hat. Die entsprechenden Analysen gehen auf Problem- und Fragestellungen zurück, welche im Zusammenhang mit verschiedenen fluglärmrelevanten Grossprojekten bearbeitet wurden. Dabei gelangten zusehends Geo-Informationssysteme (GIS) zur Anwendung, anfänglich als Instrument zur kartografischen Darstellung später für Detailbetrachtungen und -analysen. Indem verschiedene Informationsebenen überlagert und miteinander verknüpft werden, lassen sich mit Hilfe von GIS die Auswirkungen der Fluglärmbelastung oder Änderungen derselben auf die Bevölkerung und die Raumplanung räumlich darstellen und quantifizieren. Neben diesen beiden klassischen Anwendungen werden GIS vermehrt zur Aufarbeitung der Eingabedaten (beispielsweise zur Erhebung der Flugwege) eingesetzt.

## **Kartografische Darstellung der Fluglärmbelastung mit GIS**

Fluglärm wird im Gegensatz zu anderen Lärmarten nicht gemessen sondern berechnet. Der Grund liegt in seiner Ausdehnung, welche eine flächendeckende Erfassung mit messtechnischen Mitteln verunmöglicht. Zur Berechnung der Fluglärmbelastung stehen speziell entwickelte Computerprogramme zur Verfügung. In der Schweiz wird bei den Landesflughäfen und Militärflugplätzen das von der EMPA entwickelte Simulationsprogramm FLULA2 verwendet. Mit FLULA2 lassen sich einzelne Flugbewegungen im Computer nachfliegen.<sup>1</sup> Dabei werden die Flugwege – falls vorhanden – aus den Radardaten der Flugwegüberwachung gewonnen. Die Quellenstärke der einzelnen Flugzeuge (emittierte Schalleistung) wird durch individuelle Abstrahldiagramme beschrieben. Sie entstammen umfangreichen Messungen am realen Flugbetrieb in Zürich Kloten (zivile Flugzeuge), Payerne (Militärjets) und Turtmann (Helikopter).<sup>2</sup>

In der Regel werden die Ergebnisse der Simulationsrechnungen in Form von Linien gleicher Belastungsniveaus<sup>3</sup> auf eine Karte gezeichnet (vgl. Abbildung 1). Die sogenannten Niveau- oder Isolinien markieren dabei gewissermassen die Flanken des durch den Flugbetrieb verursachten Lärmberges und sind vergleichbar mit den Höhenkurven auf den topografischen Karten, wobei die Aequidistanzen nicht in Metern sondern in Dezibel (dB) angegeben werden.

Bis Mitte 1996 wurde an der EMPA zur Herstellung von Fluglärmkarten ein Pen-Plotter verwendet. Diese ziemlich archaische Methode war mit viel Handarbeit verbunden, da sich beispielsweise die Niveaulinien nicht automatisch beschriftet liessen. Es wurden Alternativen gesucht und im Software-Paket ArcView der Firma ESRI gefunden. Die Implementierung dieses GIS eröffnete einen Entwicklungsschub in den Bearbeitungs- und Darstellungsmöglichkeiten von Fluglärmkarten.

## **Differenziertere Fragestellungen führen zwangsläufig zu vermehrtem Einsatz von GIS**

Die Darstellung der Fluglärmbelastung als reine "Niveaulinien" vermittelt jedoch ein verzerrtes Bild der tatsächlichen Belastungssituation. Fluglärmkarten sind grundsätzlich schwierig zu interpretieren. Ein Vergleich von Fluglärmkarten verschiedener Jahre gibt zwar einen guten Anhaltspunkt über die räumliche und zeitliche Veränderung in der Belastung. Die Auswirkungen und Konsequenzen für die Bevölkerung und Raumplanung lassen sich jedoch aus den Fluglärmkarten nur mit Mühe ablesen oder ableiten.

Auswirkungen und Konsequenzen eines bestehenden oder prognostizierten Belastungszustandes werden grundsätzlich durch die Umweltschutzgesetzgebung bestimmt. Dabei spielen die Lärmbelastungsgrenzwerte eine herausragende Rolle. Umweltschutzgesetz (USG) und Lärmschutzverordnung (LSV) enthalten detaillierte Vorschriften, wo welcher Grenzwert gilt und welche Massnahmen bei Überschreiten der Grenzwerte einzuleiten sind. Eine Beurteilung der Lärmbelastung richtet sich somit in der Regel nach den in den Anhängen zur Lärmschutzverordnung verankerten Belastungsgrenzwerten. Die in Form eines Lärmbelastungskatasters (LBK) aus-

<sup>1</sup> Vergleiche Technische Dokumentation FLULA2 (Version 1) vom Juli 1999 (Bezugsquelle: EMPA).

<sup>2</sup> Zürich Kloten 1991 und 1996, Payerne 1989 und 1997, Turtmann 1998.

<sup>3</sup> Je nach Fragestellung werden unterschiedliche Belastungsmasse berechnet und dargestellt: Leq 16h, Lr, NNI,

gewiesenen Lärmbelastungen bilden dabei den Ausgangspunkt der Lärmbeurteilung.

Der LBK enthält dabei neben der berechneten Lärmbelastung auch die Nutzung und die (Lärm)Empfindlichkeit des betroffenen Gebietes. Diese Angaben sind notwendig, da in den Nutzungszonen nach Lärmempfindlichkeit (Empfindlichkeitsstufe ES) abgestufte Grenzwerte gelten.

Eine solide Beurteilung der Lärmbelastung muss somit die Lärmverteilung zusammen mit der Besiedlungsstruktur (Bevölkerungsverteilung *und* Nutzungsplanung) erfassen. Die Lärmberechnungen werden deshalb mit den Hektardaten der Wohnbevölkerung und den digitalen Zonenplänen verknüpft. Als Resultat erhält man Angaben, wieviele Personen pro Lärmbelastungsklasse einer bestimmten Nutzungszone wohnen oder wie gross die Nutzungsflächen je Lärmbelastungsklasse ist. Die Klassenbreiten betragen typischerweise 1 dB. Aus den Personen- und Flächenangaben je dB-Klasse lassen sich dann die Anzahl Personen und Zonenflächen über den Grenzwerten quantifizieren.

Die Quantifizierung sowie die Lokalisierung von Grenzwertüberschreitungen ist denn auch eine typische GIS-Anwendung. Entsprechende Detailanalysen wurden zum ersten Mal Mitte der 90er Jahre im Zusammenhang mit dem Ausbau des Flughafens Zürich Kloten <sup>4</sup>, der Grundlagenbearbeitung für die Belastungsgrenzwerte der Landesflughäfen <sup>5</sup> und der Erstellung der Lärmbelastungskataster für die Militärflugplätze <sup>6</sup> durchgeführt.

Die verfügbaren Datensätze erwiesen sich jedoch für diese Aufgaben als teilweise unvollständig. Die Zonenpläne mussten von Hand nachdigitalisiert oder gar neu eingegeben und die Empfindlichkeitsstufenzuordnung kontrolliert und korrigiert werden. Zur Quantifizierung wurde eine eigens zu diesem Zweck entwickelte Software verwendet, welche den Output des Fluglärmsimulationsprogrammes direkt verarbeiten konnte.

Diese Insellösung bestand jedoch nur kurze Zeit. Die Sensibilisierung der Bevölkerung bezüglich Fluglärm generierte zusehends komplexere Fragestellungen, die eine Vernetzung mit professionellen GIS-Anwendern erforderte.

---

<sup>4</sup> Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) zur Rahmenkonzession 5. Ausbaustappe (Quelle: Flughafendirektion Zürich FDZ).

<sup>5</sup> Schriftenreihe BUWAL Nr. 296.

<sup>6</sup> Erstellt sind: Dübendorf, Payerne, Emmen, Meiringen, Sion, Turmann und Buochs (Quelle: Bundesamt für die Betriebe der Luftwaffe BABLW, Sektion Raum und Umwelt, Dübendorf)

Beispielsweise wurde in einem gemeinsamen Projekt mit dem GIS (-Dienstleistungszentrum) des Kantons Zürich Mitte 1997 der provisorische Lärmbelastungskataster (LBKprov) und das Schallschutzkonzept (SSK) für den Flughafen Zürich Kloten erarbeitet. Dabei wurden für die Gemeinden mit Immissionsgrenzwertüberschreitungen – als Basis dienten vom UVEK erlassene, provisorische Belastungsgrenzwerte – ein Satz von Katasterplänen (sog. Objektblätter) im Massstab 1:2500 und dazugehörige Datenblätter (sog. Objektedatenblätter) erstellt. Diese beiden umfangreichen Karten- und Textwerke bildeten die Grundlage für die Erleichterungsanträge, welche zusammen mit dem Baukonzessionsgesuch für das Dock Midfield dem UVEK eingereicht wurden. Sie wurden Ende 1998 im Zusammenhang mit Ergänzungsarbeiten zum UVB Rahmenkonzession überarbeitet.

Sämtliche Angaben im LBKprov und SSK sind *parzellenscharf* ausgestaltet und beziehen sich auf einzelne Objekte wie Liegenschaften und Gebäude. Es wird beispielsweise in den Objektblättern jedes Gebäude farblich hervorgehoben, bei welchem der Immissionsgrenzwert IGW (orange) oder der Alarmwert AW (rot) überschritten wird. Ein grafisches Symbol auf dem Gebäude selbst kennzeichnet den Zeitabschnitt (Tag oder Nacht) der Überschreitung. In den dazugehörigen Datenblättern werden sämtliche Objekte mit Grenzwertüberschreitung unter Angabe der Gebäudeversicherungsnummer (GVZ-Nr.), der Empfindlichkeitsstufe (ES) und der Nutzungszonen, der Tages- und Nachtbelastungen, der Art der Grenzwertüberschreitung (IGW, AW überschritten) aufgelistet.

Die Grundlagen zur Erstellung der Kataster- und Datenblätter wurden von den verschiedensten Behörden und Ämtern des Kantons Zürich zur Verfügung gestellt, mit GIS verknüpft und verarbeitet.

### **Weitere realisierte und mögliche GIS-Anwendungen**

GIS werden jedoch nicht nur zur Erstellung von Lärmbelastungskatastern im eigentlichen Sinne eingesetzt. Mit GIS lassen sich auch die Immissionen verschiedener Anlagentypen in ein und demselben Einzugsgebiet überlagern. Nachfolgend sind exemplarisch 2 Beispiele aufgeführt, welche die Visualisierung und Grobbeurteilung von Kombinationsbelastungen ermöglichen.

- In den politischen Gemeinden Dietlikon und Wallisellen überlagert sich der Fluglärm von Zürich Kloten mit demjenigen vom Militärflugplatz Dübendorf.

dorf. Die Belastungen werden in separaten Lärmkatastern oder Fluglärmkarten dargestellt. Es wurde versucht, die globale Fluglärmbelastung anhand der zur Verfügung stehenden gesetzlichen Vorschriften zu berechnen und zu beurteilen. Es wurden folgende 2 Lösungsansätze gewählt: (1) Berechnung und Beurteilung nach LSV Anhang 8 sowie (2) Berechnung und Beurteilung nach dem vorgeschlagenen Konzept für die Landesflughäfen (BUWAL, SR 296). Die energetische Überlagerung zu einer Gesamtbelastung (Kloten *plus* Dübendorf) und die Quantifizierungen von Grenzwertüberschreitungen erfolgten mit GIS.

- Die Lärmimmissionen des Strassen-, Eisenbahn- und Flugverkehrs sollten für die Stadt Opfikon-Grattbrugg in einem einzigen Kataster dargestellt werden. Da sich die Beurteilungspegel der verschiedenen Lärmquellen nicht ohne weiteres auf der Basis ihrer Energien addieren lassen – bei den Beurteilungspegeln handelt es sich nicht um ein physikalisches Mass sondern um ein Störungsmass –, wurde folgender Lösungsansatz gewählt: Mit Hilfe von GIS wurden sämtliche Lärmdaten erfasst, und die Gebiete mit Einfach- oder Mehrfachbelastungen entsprechend der Belastungshöhen farblich hervorgehoben.

GIS lassen sich nicht nur als Analyse- sondern auch als "Erhebungs- oder Erfassungs-" Software einsetzen. So werden beispielsweise bei Regional- und Militärflugplätzen, die keine radargestützte Flugwegüberwachung besitzen, die Flugwege direkt im GIS unter Beizug von Flugsicherungsexperten gezeichnet und auf diese Weise digital erfasst. Auch lassen sich mit Hilfe von GIS für Gebiete ohne georeferenzierte Daten über die Bevölkerungsverteilung entsprechende Informationen abschätzen – sofern An-

gaben über die Besiedlungsstruktur und die Anzahl Einwohner zur Verfügung stehen.

Die diversen Beispiele zeigen, dass GIS in der Darstellung und Beurteilung von Fluglärmbelastungen nicht mehr wegzudenken sind. Die komplexen Wechselbeziehungen im Lebens- und Wirtschaftsraum "Flughafen" erfordern leistungsfähige Analyse- und Darstellungsinstrumente. FLULA2 und GIS sind dafür geeignete Computeranwendungen.

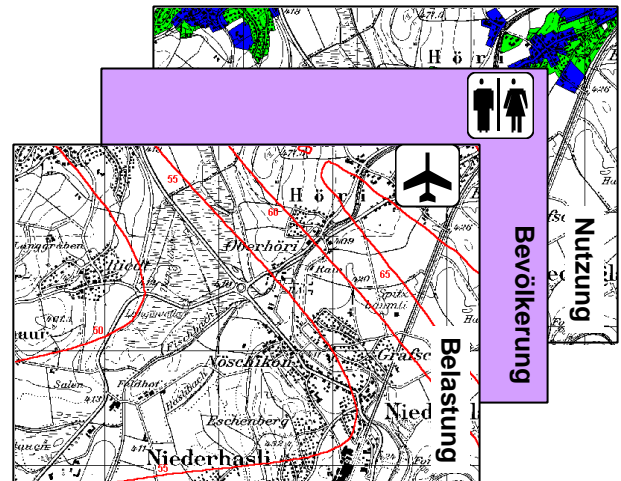


Abbildung 1 Überlagerung verschiedener raumbezogener Daten mit GIS zur Analyse der Fluglärmbelastung.

#### Der Autor

Georg Thomann ist Mitarbeiter der Abteilung Akustik / Lärmbekämpfung an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in Dübendorf. Er absolvierte das Studium des Umweltingenieurs an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich und arbeitet seit 5 Jahren an der EMPA. Er leitet die Projekte im Fluglärmbereich und ist an der Fertigstellung seiner Dissertation zum Thema "Zuverlässigkeit von Fluglärmrechnungen und die raumplanerischen sowie wirtschaftlichen Folgen von Berechnungs-Unsicherheiten.