

INGENIEURSPIEGEL



Luftfahrt

Aircraft EXPO[®]
interiors
2-4 APRIL 2019
HAMBURG MESSE | GERMANY



Fachmagazin für Ingenieure



Ausgabe März | 2019

Bestimmung externer Risiken durch Helikopterflugbetrieb an Flugplätzen und Helipads

Seit Anbeginn des Luftverkehrs stellt sich die Frage nach der Sicherheit des Fliegens. In den letzten Jahrzehnten, spätestens jedoch seit dem Flugzeugunglück einer Boeing B747-200F in Amsterdam am 04.10.1992, bei dem neben der Luftfahrzeugbesatzung auch 39 Menschen am Boden ums Leben kamen^[1], ist

auch die Gefährdung Dritter, am Luftverkehr unbeteiligter Personen, Gegenstand der Sicherheitsforschung.

Derartige, sog. Externe Risiken (ER) lassen sich heutzutage mithilfe von mathematisch/statistischen Modellen beschreiben, örtlich berechnen und unter

Berücksichtigung festzulegender Grenzwerte bewerten. Wenngleich in Deutschland hierzu noch kein gesetzlich vorgeschriebener Rahmen existiert, wurden dennoch während der jüngsten großen Flughafenausbauprojekte (insbesondere Verkehrsflughafen Frankfurt/Main und München) externe Risiken

für Bewohner und Beschäftigte des Flughafenumfeldes berücksichtigt^{[2],[3]}. Die Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH (GfL) begann bereits vor ca. 20 Jahren mit der Entwicklung von ER Modellen, die seitdem fortlaufend weiterentwickelt werden, seit neuestem nun auch für Helikopterflugbetrieb anwendbar.

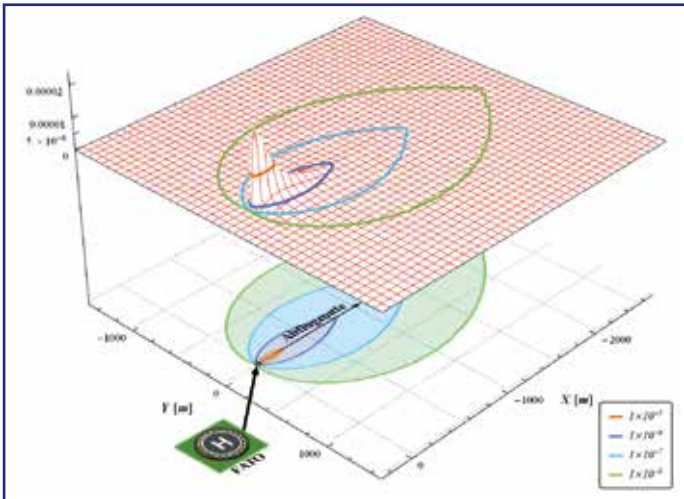


Abb. 1: Unfallstreuungsmodell für HelikopterFATO-Flugbetrieb, hier exemplarisch für Startunfälle. Bildquelle: GfL mbH

Das neu entwickelte ER-Modell für Helikopterflugbetrieb (vgl. auch^[4]) berücksichtigt dabei sowohl den Flugbetrieb über eine dezidierte Helikopterstart-/landefläche (Final Approach and Take Off Area, FATO), als auch über Start- und Landebahnen (SLB), wie er an Flughäfen ohne FATO für Helikopter auch stattfindet. FATOs sind hingegen an nahezu jedem Krankenhaus und somit besonders häufig in dicht besiedeltem, innerstädtischen Gebiet installiert.

Bestandteile und Vorgehensweise der Modellierung

Das empirische, wahrscheinlichkeitstheoretische Modell setzt sich aus den folgenden drei Teilmodellen zusammen:

- Teilmodell zur Bestimmung der Unfallhäufigkeit (Accident Ratio, AR):
„Statistisch gesehen: Wie häufig geschieht ein Helikopterunfall an einer FATO oder einer SLB?“
- Teilmodell zur Bestimmung der Unfallstreuung (Accident Location, AL):
„Statistisch gesehen: Wo geschehen Helikopterunfälle in Relation zur FATO/SLB und zu den Flugrouten?“
- Teilmodell zur Bestimmung der Unfallfolgen (Accident Consequence, AC)
„Statistisch gesehen: Wie groß ist das am Boden betroffene Gebiet?“

Diese drei Teilmodelle werden mithilfe langjähriger Auswertungen von historischen Flugunfällen mit Helikoptern über die letzten 20 Jahre stetig aktuell parametrisiert. So wurden bisher Daten von insgesamt mehr als 150 Helikopterunfällen ausgewertet und Information über Unfallhäufigkeit, Unfallort und Unfallfolgen aus Untersuchungsberichten der verschiedensten, nationalen Flugunfalluntersuchungsbehörden (in Deutschland die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, BFU) extrahiert.

Das Teilmodell AR bezieht sich grundsätzlich auf Flugunfälle mit Todesfolge, also „schweren“ Unglücken mit Toten an Bord des Helikopters bzw. am Boden. Die prognostizierte Unfallhäufigkeit ergibt sich über das Verhältnis der Anzahl an Flugunfällen (in einem definierten, örtlichen und zeitlichen Untersuchungsraum) und der Anzahl aller Flugbewegungen (in gleichem Untersuchungsraum).

Für den Zeitraum zwischen 1998 und 2016 wurden so z.B. insgesamt 33 tödliche Flugunfälle mit Helikoptern in Deutschland registriert^[5]. In gleichem Zeitraum fanden in Deutschland ca. 8,1 Millionen Flugbewegungen mit Helikoptern statt^[6]. Somit liegt die Wahrscheinlichkeit für einen tödlichen Helikopterunfall in

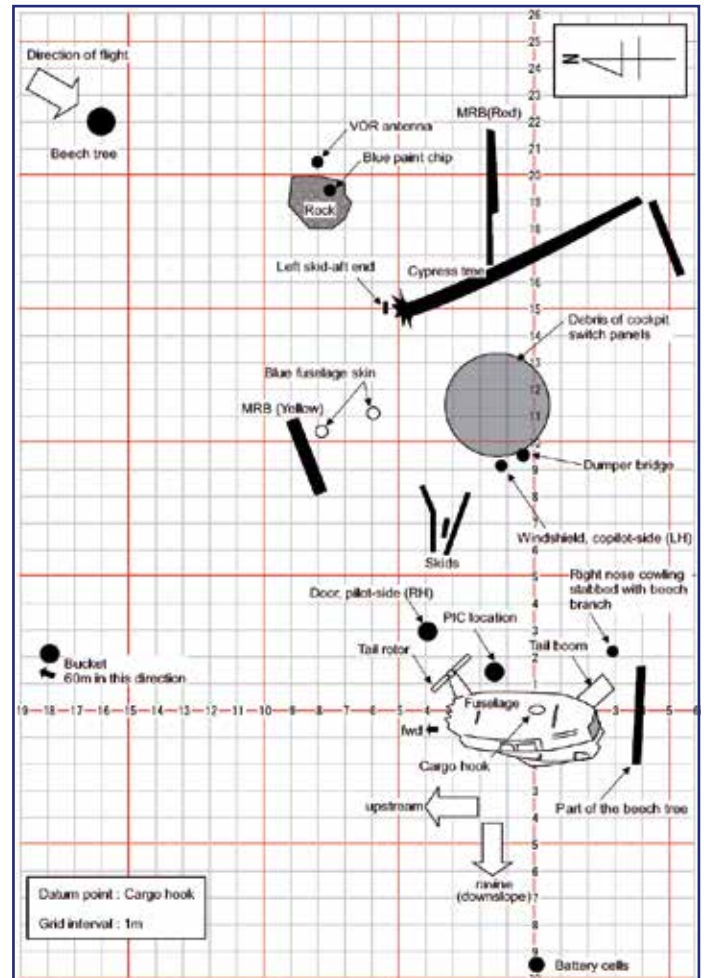


Abb. 2: Beispielhaftes Unfallfolgegebiet (Flugunfall einer Bell 412 am 02.06.2007 bei Nakatsugawa, Japan). Bildquelle: JTSB^[7]

Deutschland bei ca. 4×10^{-6} pro Flugbewegung, also ein Ereignis auf ca. 250.000 Flugbewegungen. Zudem lässt sich feststellen, dass die Unfallwahrscheinlichkeit zeitlichen Schwankungen unterworfen ist und sich – global gesehen – eine sinkende Tendenz erkennen lässt.

Die Unfallwahrscheinlichkeit ist jedoch um einen Flugplatz bzw. eine FATO nicht überall gleich groß. Sie ist in der Nähe der SLB/FATO höher als in größerer Entfernung. Weiterhin zeigt sich, dass die Wahrscheinlichkeit eines Helikopterabsturzes in unmittelbarer Nähe der An- und Abflugrouten am größten ist und mit zunehmendem Abstand abnimmt. Die Unfallwahrscheinlichkeit an einem bestimmten Punkt ist dementsprechend von dessen Lage in Relation zur FATO/SLB und zu den Flugstrecken abhängig.

Dies wird durch das Teilmodell AL abgebildet, das zwischen Flugbetrieb auf einer SLB und einer FATO differenzieren muss. Für die Modellierung der Unfallstreuung von Helikopterunfällen im An- oder Abflug auf eine SLB oder FATO liegen bisher Flugunfalldaten von mehr als 70 Flugunfällen vor, die mittels fehlerminimierender Anpassung multivariater Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen entlang und quer zur An-/Abflugroute, in ein statistisches Modell überführt werden (vgl. Abbildung 1).

Das Teilmodell AC erfasst das Unfallfolgegebiet am Boden, also die Ausbreitung tödlicher Risiken für Personen, ausgehend vom Unfallort. Neben brennenden Treibstoffen sind umherfliegende Wrackteile, insbesondere der Rotorblätter, nennenswert (vgl. Abbildung 2).

Das hier relevante Ausmaß in der Fläche ist dabei wesentlich von der Helikopter- und der Geländebeschaffenheit abhängig. Die topografischen Merkmale innerhalb der Umgebung des Unfallortes werden modellseitig in *offenes* (unbebautes, freies Gelände) und *nicht-offenes* Gelände (bebaut oder bewaldet) differenziert, um dem unterschiedlichen Wirkradius Rechnung zu tragen. Für das Teilmodell AC wurden die Unfallfolgegebiete von bisher mehr als 50 Helikopterflugunfällen ausgewertet. Derart kalibriert, ergibt sich ein mittleres Unfallfolgegebiet von ca. 660 m² pro Tonne

Abflugmasse für offenes und 490 m²/t für nicht-offenes Gelände.

Modellanwendung

Die Implementierung des HelikopterER-Modells erfolgt als weiteres Modul der bewährten *External Risk Calculator* (ERC) Software der GfL. Der ERC berechnet auf Basis der entsprechenden Eingangsdaten (Flugplatzinfrastruktur, Routenstruktur, Verkehrsmengen etc.) das Externe Risiko mittels zweier Metriken: als Einzel- und als Gruppenrisiko. Das Einzelrisiko (sog. *individuelles Risiko*) ist die auf ein Kalenderjahr be-

zogene Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person, die ständig an einem Ort verbleibt, infolge eines Flugunfalls tödlich verletzt wird. Das Gruppenrisiko (sog. *kollektives Risiko*) ist hingegen die auf ein Kalenderjahr bezogene Wahrscheinlichkeit, mit der eine Gruppe von mehr als einer bestimmten Anzahl von Personen gleichzeitig an den Folgen eines Flugunfalls stirbt.

Die Ausgabe erfolgt für das Einzelrisiko in Form einer georeferenzierten Kartendarstellung mit überlagerten Isolinien für den entsprechenden Untersuchungsflugplatz und dessen Umgebung (vgl. Abbildung 3).

Das Gruppenrisiko berücksichtigt zusätzlich die Demografie im Untersuchungsraum (Superposition des Einzelrisikos mit Bevölkerungsdaten) und wird in sog. FN-Diagrammen (Eintrittswahrscheinlichkeit über Gruppengröße, vgl. Abbildung 4) abgebildet.

Dipl.-Ing. Christoph Thiel
thiel@gfl-consult.de
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke
fricke@gfl-consult.de
Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH
www.gfl-consult.de

Literaturverzeichnis



Abb. 3: Ergebnisse des Einzelrisikos für eine fiktive FATO mit vier An- und Abflugrouten. Bildquelle: GfL mbH

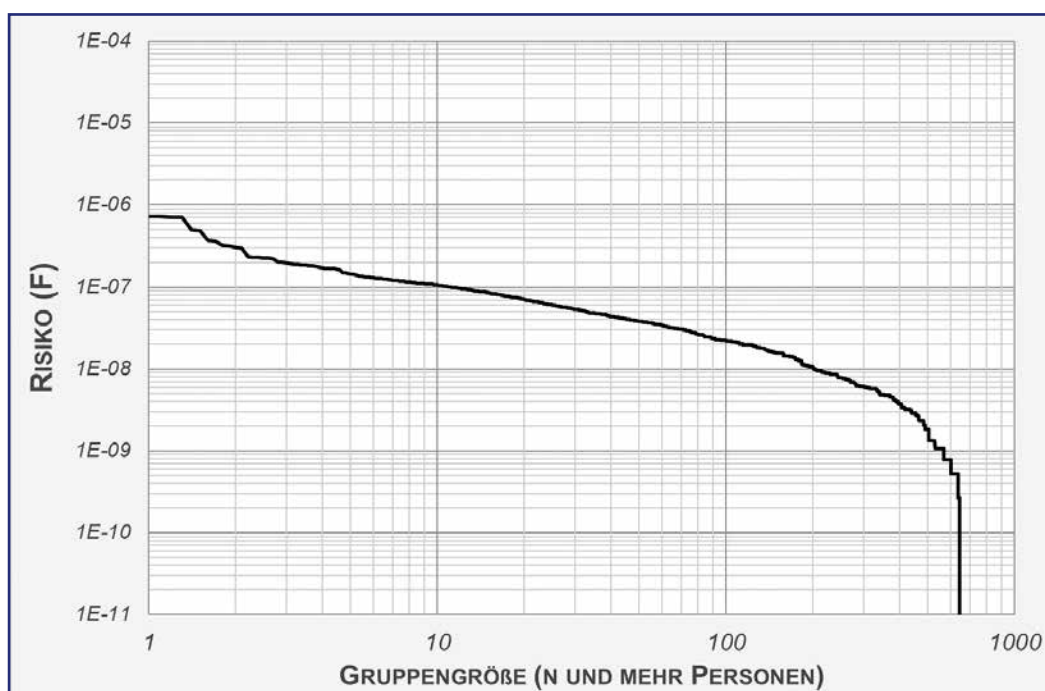


Abb. 4: Ergebnisdarstellung des Gruppenrisikos (fiktives Beispiel). Bildquelle: GfL mbH

[1] Nederlands Aviation Safety Board: Aircraft Accident Report 92-11: El Al Flight 1862. Final Report, Hoofddorp, 24.02.1994

[2] Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH: Gutachten G16.1: Externes Risiko für den Flughafen Frankfurt Main. Gutachten im Rahmen des PFV, Berlin, 16.11.2006

[3] Gesellschaft für Luftverkehrsforschung mbH: Stellungnahme zum Externen Risiko am Flughafen München. Gutachten im Rahmen des PFV, Dresden, 15.03.2010

[4] Günther, S.: Modellierung des Externen Risikos für Helikopter Flugbetrieb. Diplomarbeit, TU Dresden, 20.04.2018

[5] Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung: Unfälle und schwere Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge. Statistiken der Jahrgänge 1998 bis 2016,

[6] Statistisches Bundesamt: Verkehr, Luftverkehr auf allen Flugplätzen. Statistiken der Jahrgänge 1998 bis 2016

[7] Japan Transportation Safety Board: Aircraft Accident Investigation Report JA9991. Aircraft and Railway Accidents Investigation Commission, AA2008-8, Tokio, 29.08.2008