

Und die Struktur hält.

Die Toleranz von Flugzeugen gegenüber Vogelschlag wird beim DLR simuliert und getestet

Nachdruck aus **FlightcrewInfo 1/2010** mit Genehmigung des Herausgebers
Stefan Andreas RITT, DLR Stuttgart

Seitdem sich tollkühne Männer in ihren fliegenden Kisten in den Lebensraum der Vögel vorwagten, werden Risiken eingegangen. Eine Kollision mit den natürlichen Herrschern der Lüfte zählt dazu. Zwar ist der Unterlegene eines Zusammenstoßes von Tier und Technik schnell ausgemacht, doch ohne Gefahr für Flugzeuge ist es nicht, wenn sich deren Route mit der von Vögeln kreuzt.



Abb. 1: Vogelschlaggefährdete Bereiche am Flugzeug sind die Flugzeugnase mit Cockpit und Radom, Fahrwerke, Triebwerke sowie Flügel- und Leitwerksvorderkanten. Vergrößerung (Kreis): Simulation eines Vogelschlags auf das Seitenleitwerk.

Damit die Maschinen auch nach einer Kollision mit Vögeln sicher zum Flughafen zurückkehren, wird am Stuttgarter DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung das Phänomen Vogelschlag untersucht. Dazu wird im Labor und mithilfe von Computersimulationen so realistisch wie möglich nachvollzogen, was am Flugzeug passiert. Das Ziel: sogenannte schadenstolerante Flugzeugstrukturen. Die Forschungsarbeiten ordnen sich in eine Reihe von Vorkehrungen ein, die von den Airlines und den Flughäfen getroffen werden, um den Luftverkehr sicherer zu machen. Die Zug- und Flugbahnen von Vögeln und von Flugzeugen lassen sich nicht zuverlässig voneinander trennen. Deshalb beschäftigen Verkehrs- und Militärflughäfen Mitarbeiter, die Vögel beobachten und nach Maßnahmen suchen,

eine Kollision von Tier und Maschine zu vermeiden. Die Gefahr eines Vogelschlags ist zudem zeitlich und örtlich sehr unterschiedlich. Neben der Jahres- und Tageszeit haben auch der Flughafenstandort und dessen Umgebung (Stadt- oder Gewässernähe) Einfluss auf die Aktivitäten von Vögeln. Da sie sich statistisch gesehen vornehmlich unterhalb von 3 000 Metern aufhalten, Flugzeuge ihren Reiseflug dagegen erheblich höher absolvieren, wird zunächst versucht, den Aufenthalt der Vögel auf den Flughäfen und in deren An- und Abflugkorridoren zu verhindern. Da das nicht immer möglich ist, muss sich folglich auch die Luftfahrtforschung dem Problem des Vogelschlags stellen. Flugzeugstrukturen, die weitgehend unempfindlich gegen Vogelschlag sind, empfehlen sich übrigens auch aus wirtschaftli-

chen Gründen. Die Kosten vogelschlagbedingter Schäden und dadurch verursachter Verspätungen beliefen sich laut einer Schätzung des International Bird Strike Committee im Jahr 2002 in der weltweiten Luftfahrt auf etwa 1,2 Milliarden US-Dollar. Die Anforderungen an die Auslegung der Flugzeuge bezüglich Vogelschlag sind bereits seit Jahren Bestandteil der amerikanischen und der europäischen Lufttüchtigkeitsanforderungen (FAR und EASA CS).

1. Nur bestimmte Bauteile relevant

Die beiden international bedeutendsten Zulassungsanforderungen gelten in allen Bereichen der Luftfahrt als Mindestvoraussetzungen. Entwicklung, Bau und Be-

trieb eines Flugzeugs müssen ihnen Rechnung tragen. Die Struktur jedes Verkehrsflugzeugs hat den statischen und dynamischen Belastungen durch Eigen- gewicht, Passagiere, Gepäck und Treib- stoff standzuhalten, sowohl bei Indienst- stellung als auch während des gesamten etwa 30-jährigen Flugzeuglebens. Aller- dings ist für Vogelschlag nicht die gesam- te Flugzeugstruktur relevant, sondern nur jene Bauteile, die in Flugvorausrichtung zeigen: Cockpitscheiben, Flugzeugnase, Flügelvorderkanten und Triebwerke, Leit- werke und ausgefahrene Fahrwerke. Die notwendigen Tests werden von den Flug- zeugherstellern beziehungsweise den von ihnen beauftragten Testeinrichtungen weltweit noch immer mit betäubten Tieren absolviert, deren Gewicht von unter 100 Gramm bis zur höchsten derzeit geforder- ten Masse von fast vier Kilogramm reicht. Nachgestellt werden sowohl Kollisionen mit einzelnen Tieren höheren Gewichts als auch mit Schwärmen kleinerer Vögel.

Um den Beschuss mit realen Tieren zu vermeiden, versuchen sowohl Forscher als auch Flugzeug- und Turbinenherstel- ler, den Vogelschlag numerisch zu simu- lieren. Dabei kommen der Nachbildung der mechanischen Eigenschaften des Vo- gels und der Flugzeugstruktur große Be- deutung zu. Um die Zulassung eines Flugzeugs auf Basis einer Simulation zu erhalten, müssen die Ergebnisse mit dem realen Vogelschlag vergleichbar sein. So lange die Simulation noch nicht alle Effek- te einer Schädigung aufzeigen kann, wird sie bei den Zulassungsbehörden auch noch nicht durchgängig akzeptiert.

Das DLR-Institut für Bauweisen- und Kon- struktionsforschung hat bereits in zahlrei- chen Forschungsprojekten Erfahrung mit Aufprallereignissen (high velocity impact) wie dem Vogelschlag gewonnen, so im Rahmen der EU-Forschungsprojekte HI- CAS (High Velocity Impact of Composite Aircraft structures) und CRAHVI (Crash- worthiness of Aircraft for High Velocity Im- pact) und weiteren Projekten, die vom Bundeswirtschaftsministerium innerhalb des Luftfahrtforschungsprogramms geför- dert werden.

2. Experimente mit Kunstvögeln

Neben der numerischen Simulation wird an der Nachbildung des Vogelschlags

mithilfe künstlicher Vögel gearbeitet. Ziel der internationalen Forschergruppen wie auch der Abteilung Strukturelle Integrität des DLR-Instituts ist ein Körper, der ähnli- che Eigenschaften und somit eine ver- gleichbare Schadenswirkung hat wie ein echter Vogel gleicher Masse. Bei der Ent- wicklung von Flugzeugstrukturen werden die statischen und die schwingenden Be- lastungen sowie Crash und Impact in der Auslegung berücksichtigt. All diese Last- fälle können im Stuttgarter Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung mit Prüfmaschinen und in Falltürmen für Crash getestet werden. Die Beschussan- lage mit mehreren Gaskanonen für den High Velocity Impact stellt das Kernstück für Vogelschlagversuche dar. Neben künstlichem Vogelschlag können darüber hinaus auch andere in der zivilen Luftfahrt oder bei anderen Verkehrsträgern vor- kommenden Impact-Szenarien durch Fremdkörper nachgestellt werden. Denn nicht nur Vögel, sondern beispielsweise auch Hagelkörner können Flugzeuge be- schädigen (Foreign Object Damage).

Darüber hinaus gibt es nahe den Fahr- werken Bereiche, die durch verlorene Tei-



Abb. 2: Experiment und Simulation mit einem Kunstvogel Oben: Ein Teil des Spektrums möglicher Fremdkörper: Kunstvogel, Hagel sowie Metall- und Betonteile, die eine Verschmutzung der Landebahn simulieren
Links: Experiment und Simulation mit einem Kunstvogel

le auf der Start- und Landebahn oder aus- geschlagene Beton- oder Asphaltteile ge- troffen werden können. Auch dass Räder und Reifen eines Fahrwerks bersten, wird in Betracht gezogen. Selbst Bauteile von

Hochgeschwindigkeitszügen oder Stra- ßenfahrzeugen sind im DLR auf ihr Ver- halten unter Steinschlag getestet worden.

3. Große Bedeutung: Materialmodelle für faserverstärkte Kunststoffe

Impact-Versuche im Labor werden zu- meist mit numerischen Simulationen vor- bereitet. Diese sind sehr aufwändig: Um- fangreiche Eingangsdaten für Simulatio- nen müssen aufgebaut, Kraft-Zeit- Verläufe abgeglichen und Niet- oder Kle- bestellen in ihrem Aus- und Abreißverhal- ten dargestellt werden. Auch mechanische Modelle, die man aus der Physik kennt, werden herangezogen, um schließlich die Sensitivität von Strukturen oder das Ge- samtverhalten abschätzen zu können. Die Simulationsarbeit am Computer dient der genaueren Vorhersage der Aufprall- wirkung. Große Bedeutung dafür haben die Materialmodelle, vor allem jene für fa- serverstärkte Kunststoffe. Deren Schädig- ungsparameter zu bestimmen ist beson- ders wichtig. Denn erst eine realistische Abbildung des Verhaltens vom Belas- tungsbeginn bis zum Gesamtversagen von Werkstoffen in einem Simulationsmo- dell lässt exakt auf Art und Umfang der Beschädigung schließen. Zentrale Kenn- größen der Schadenstoleranz von Struktu- ren sind die kontrollierte Energieabsorpti- on und die Resttragfähigkeit. Die DLR- Wissenschaftler forschen deshalb an Strukturkonzepten, die die Anforderungen an die strukturelle Integrität nach Crash und Impact – auch nach Vogelschlag – noch besser erfüllen. Ein hohes Maß an Gesamtsicherheit des Luftverkehrs wird allerdings nur durch eine durchgängige Kette der Qualitätssicherung und - steigerung erreicht: Das betrifft die klein- ste Schraube, die Komponente der tragen- den Flugzeugstruktur, die auch nach ei- nem Impact noch Resttragfähigkeit be- sitzt, den Piloten, der gut trainiert seine Aufgabe erfüllt, eine vorausschauende Flugzeugwartung und eine Flugraum- überwachung, die einen sicheren und ö- konomischen Flugbetrieb gewährleistet.