



KNAUTSCHZONEN UND AIRBAGS

MEHR SICHERHEIT FÜR BESATZUNG UND PASSAGIERE IN HUBSCHRAUBERN

Von Marius Lützenburger



Die Faszination, die von Hubschraubern ausgeht, ist ungebrochen. Das mag auch an den Spezialaufträgen liegen, die sie zuweilen ausführen, sei es im Rettungseinsatz oder als Lastentransporter an unzugänglichen Orten. Oft sind die Witterungsbedingungen dabei nicht ideal. Das Sicherheitsrisiko, das ansonsten für das Fliegen als gering betrachtet wird, ist in solchen Fällen ungleich höher. Mehr Sicherheit für den Hubschrauberflug – eine Aufgabe für die Wissenschaftler und Ingenieure des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Das DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung leistet gemeinsam mit industriellen Partnern im Rahmen zahlreicher Projekte, darunter den EU-Vorhaben „HeliSafe“ und „HeliSafe TA“, wichtige Beiträge zur Sicherheitsforschung.

Sicherheit im Luftverkehr hat weltweit einen sehr hohen Stellenwert. So gilt das Fliegen heute als sehr sichere Transportmethode. Allerdings gibt es zwischen den verschiedenen Arten von Luftfahrzeugen Unterschiede hinsichtlich des Unfallrisikos. Während so genannte Flächenflugzeuge, und hier vor allem große Passagierflugzeuge, mittlerweile eine bemerkenswert niedrige Unfallrate aufweisen, ist das Absturzrisiko bei Hubschraubern höher. Der Grund liegt in den typischen, oftmals extrem schwierigen Einsatzbedingungen: Hubschrauber operieren überwiegend in Boden- oder Wassernähe, oft über unwegsamem Gelände oder in der unmittelbaren Nähe von Gebäuden. Zudem erschweren bei Rettungseinsätzen mitunter kritische Windverhältnisse das hochpräzise Operieren über dem Zielgebiet.

ZIELE

Das „International Helicopter Safety Team“ (IHST), dem zahlreiche Herstellerfirmen und Organisationen angehören, hat sich ein anspruchsvolles Ziel gesetzt: Die Unfallrate von Hubschraubern soll bis zum Jahr 2016 um 80 Prozent reduziert werden. Neben dem Vermeiden von Hubschrauberabstürzen („aktive Sicherheit“) wird die Verbesserung der passiven Sicherheit zunehmend wichtig. Die Folgen eines eventuellen Absturzes sollen für die Insassen so gering wie möglich bleiben.

Entgegen dem allgemein vorherrschenden, subjektiven Eindruck kann ein großer Teil der Hubschrauber-Unfälle überlebt werden, da die Flughöhen oft relativ gering sind. Die Insassen sind somit weniger hohen vertikalen Aufprallgeschwindigkeiten ausgesetzt. Um die Aufprallwirkungen („negative Beschleunigungen“) zu reduzieren, müssen die Konstrukteure – ähnlich den aus dem Automobilbau bekannten „Knautschzonen“ – auch bei Hubschraubern Strukturbereiche definieren, die sich beim Aufprall verformen und so Energie absorbieren können. Im Unterschied zum Automobil sind diese Zonen beim Hubschrauber allerdings nicht vor oder hinter den Insassen, sondern darunter angeordnet.

POTENZIALE

Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurde die Konstruktion von Hubschraubern im Hinblick auf Crashesicherheit erheblich verbessert. Landwerke, also Fahrgestelle oder Kufen, und Unterbodenstrukturen werden idealerweise so gestaltet, dass sie im Crashfall möglichst viel Energie aufnehmen können. Die Abteilung Strukturelle Integrität des DLR-Instituts für Bauweisen- und Konstruktionsforschung ist seit vielen Jahren an der Entwicklung solcher Konzepte und Bauweisen beteiligt.

Weiteres Potenzial, Energie zu absorbieren, bieten die Hubschraubersitze. Hier wurden bereits Systeme mit integrierten Absorberelementen entwi-

ckelt. Die Sitzfläche bewegt sich bei Erreichen einer vorbestimmten Vertikalkraft kontrolliert nach unten und schwächt so die auf den Insassen einwirkenden Lasten deutlich ab. Verletzungen der Wirbelsäule können auf diese Weise deutlich abgemildert oder sogar ganz vermieden werden. Derartige Sitzsysteme kamen zunächst nur in militärischen Hubschraubern zum Einsatz, mittlerweile finden sie auch in zivilen Hubschraubern Anwendung.

Die Forschungsarbeiten innerhalb des EU-Projekts „HeliSafe TA“ konzentrierten sich auf die Sicherheitssysteme innerhalb der Hubschrauber. Schwerpunkte lagen dabei auf der weiteren Verbesserung der energieabsorbierenden Sitze wie auch der Rückhaltesysteme. So untersuchten die Wissenschaftler neue Gurtsysteme und entwickelten Airbags für das Cockpit. Diese im Automobilbereich heute selbstverständliche Schutz Einrichtung hat bislang in Hubschraubern nur vereinzelt Einzug gehalten.

SIMULATION

Ein wesentlicher Bestandteil des Projekts HeliSafe TA (Helicopter Occupant Safety – Technology Application, 2004 – 2007) war die numerische Simulation zur Vorhersage des Crashverhaltens der Hubschrauberstruktur, zur Ermittlung der Insassen-Belastung und zur Optimierung der Sicherheitssysteme.

Die Crashtests im Bereich der Luftfahrt hat bislang noch nicht das Niveau erreicht, das inzwischen in der Automobilindustrie üblich ist. Das liegt zum einen an den erheblich größeren Strukturen und der zusätzlichen Dimension (eine vertikale Stauchbelastung ist in typischen Autounfällen nicht vorhanden). Vor allem ist es aber dem Mangel an Crashtest-Ergebnissen zuzuschreiben, die für die Verifizierung der Simulationsmodelle unbedingt erforderlich sind. Während mit Kraftfahrzeugen zahlreiche Crashtests durchgeführt werden, ist der versuchstechnische und finanzielle Aufwand im Luftfahrtbereich ungleich höher. Weltweit sind bisher nur sehr wenige Crashtests mit kompletten Flugzeugen oder Hubschraubern durchgeführt worden.

CRASHTESTS

Um die Simulationsmodelle zu verifizieren und eine breite Datenbasis zu generieren, wurde im Projekt HeliSafe TA das in Europa bislang umfangreichste Hubschrauber-Crashtest-Programm realisiert. Beim italienischen Projektpartner CIRA (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali) sind drei voll instrumentierte Crash-Versuche mit kompletten Hubschraubern vom Typ Bell UH-1D vorgenommen worden. Sie waren jeweils mit drei energieabsorbierenden Sitzen und Crashtest-Dummys ausgestattet, im letzten Test wurde zusätzlich ein Piloten-Airbag eingesetzt.

Innerhalb des Projekts war das DLR unter anderem für die Simulation der Hubschrauber-Crashtests verantwortlich. Zu diesem Zweck wurde ein DRI-KRASH Modell der Bell UH-1D erstellt. Die Simulationsergebnisse dienten zunächst dazu, die Aufprallbedingungen für die Tests festzulegen. Die resultierende Aufprallgeschwindigkeit der 3.850 Kilogramm schweren Teststruktur betrug circa

15 Meter pro Sekunde, (12,8 m/s horizontal – 7,9 m/s vertikal). Anschließend wurde das DRI-KRASH Modell verifiziert und verbessert. Daraufhin definierten die Wissenschaftler und Ingenieure die Randbedingungen – insbesondere die Beschleunigungspulse – für die Schlittentests im Projekt HeliSafe TA. Hierfür wurden zwei generische Hubschrauber-Strukturen gefertigt – je eine Nachbildung eines typischen Cockpits und einer Hubschrauberkabine. Beide Strukturen waren wiederum mit energieabsorbierenden Sitzen, Dummys und Rückhaltesystemen ausgerüstet. Die Schlittentests dienten sowohl dazu, die entwickelten Sicherheitsvorrichtungen zu überprüfen, als auch dazu, die entsprechenden MADYMO-Simulationsmodelle zu verifizieren. Die Tests wurden bei den Projektpartnern Siemens Restraint Systems (jetzt Continental) in Alzenau und CIDAUT in Spanien durchgeführt.

Eine besondere Herausforderung besteht darin, einen geeigneten Beschleunigungsimpuls für diese Schlittentests zu bestimmen. Während sich bei einem realen Hubschrauber-Crash die dreidimensionalen Beschleunigungskomponenten unabhängig voneinander entwickeln, können in einer eindimensionalen Schlittentestanlage nur zwei Beschleunigungskomponenten zeitgleich dargestellt werden, die über die jeweils gewählte Neigung der Teststruktur miteinander verknüpft sind. Das DLR hat hierzu ein Verfahren entwickelt, das es erlaubt, die Neigung und den Beschleunigungspuls so zu bestimmen, dass die bestmögliche Wiedergabe des „realen“ Geschehens gewährleistet ist.

DUMMYS

Bei den in den Tests verwendeten Dummys handelt es sich um Exemplare aus der Hybrid-III-Familie. Der Hybrid-III-50-Prozent-Dummy reprä-

sentiert bei einem Gewicht von 78 Kilogramm einen durchschnittlichen Mann. Da es eine der Projektanforderungen war, die Insassen weitgehend unabhängig von ihrem Gewicht, ihrer Größe oder ihrer Sitzposition zu schützen, wurde auch der größere Hybrid-III-95-Prozent-Dummy eingesetzt. Er ist mit einer Körpergröße von 188 Zentimetern und einem Gewicht von 101 Kilogramm größer als 95 Prozent aller Männer.

Die Dummys konnten allerdings nicht aus dem Automobilbereich übernommen werden, da der Einsatz in einem Luftfahrt-Crashtest zusätzliche Anforderungen an die Messungen und Sensoren stellt. So werden beispielsweise die vertikalen Wirbelsäulenkräfte in einem Auto-Crashtest nicht unbedingt benötigt, gehören aber im Luftfahrtbereich zu den Hauptkriterien. Entsprechend wurden in HeliSafe die Dummys zu FAA-Hybrid-III-Dummys aufgerüstet und auch die entsprechenden Softwaremodelle entwickelt.

BEURTEILUNG

Um die Insassensicherheit zu beurteilen und die verschiedenen entwickelten Sicherheitssysteme zu vergleichen, wurde im Projekt HeliSafe der IRSIX-Wert (Injury Severity Index) eingeführt. Anstatt jeweils nur ein einzelnes Verletzungskriterium – wie beispielsweise den HIC (Head Injury Criteria) – zu betrachten, werden im IRSIX 15 verschiedene Verletzungskriterien in einem Wert zusammengefasst. Der Index umfasst u. a. den HIC, die Oberschenkel- und Wirbelsäulenkräfte, die Beschleunigung des Beckens und die Deformation des Brustkastens. Dabei wird jedes Kriterium entsprechend seiner Bedeutung für das jeweilige Crash-Szenario gewichtet.

Die beim DLR durchgeführten Studien zu den in den Sitzen integrierten

Energieabsorbern brachten folgende Erkenntnisse: Absorbersysteme, die für Personen mit durchschnittlichem Gewicht optimiert wurden, können bei schwereren Insassen zu sehr hohen Wirbelsäulenlasten führen. Auch im umgekehrten Fall ist ein negativer Effekt zu beobachten, der jedoch weniger gravierend ausfällt. Grundsätzlich sollten daher adaptive Energieabsorber-Systeme verwendet werden, die für Personen durchschnittlichen Gewichts ausgelegt sind, für schwerere Insassen aber zusätzlich aktivierbare Absorbererelemente bereitstellen. Falls Sitze von Insassen unterschiedlicher Größe verwendet werden und kein adaptives System verfügbar ist, sollten Energieabsorber verwendet werden, die für schwerere Insassen optimiert wurden.

Die im Projekt HeliSafe TA entwickelten Vorrichtungen können die Insassensicherheit erheblich verbessern. In Crash-Szenarien mit hoher horizontaler Beschleunigungskomponente konnte mit dem von Siemens Restraint Systems entwickelten Cockpit-Airbag und dem von AUTOFLUG entwickelten X-Gurtsystem der Verletzungsindex (IRSIX) des Piloten um 22 Prozent reduziert werden. Für die Passagiere konnten Verbesserungen von 13 bis 20 Prozent erreicht werden.

Eine Nachrüstung auch älterer Hubschraubermodelle mit energieabsorbierenden Sitzen und fortschrittlichen Sicherheitgurtsystemen erscheint daher sinnvoll. Der Einbau von Airbags im Cockpitbereich kann hingegen nur in neu konzipierten Modellen erfolgen, da aufgrund der vielen Instrumente der benötigte Raum für den Einbau meist nicht verfügbar ist.

Autor:

Marius Lützenburger arbeitet in der Abteilung Strukturelle Integrität des DLR-Instituts für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart.



Vorbereitung des Hubschrauber-Crashtests auf der Versuchsanlage des italienischen Luftfahrtzentrums CIRA (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali)



Der Hubschrauber Bell UH-1D nach dem Crashtest

Das Forschungsprojekt HeliSafe TA wurde innerhalb des sechsten Aeronautics-Rahmenprogramms von der Europäischen Union gefördert. Zum Konsortium gehören: AUTOFLUG (D) – Koordinator, CIDAUT (E), CIRA (I), Coventry University (UK), DLR (D), ECD (D), Eurocopter SAS (F), Politecnico di Milano (I), PZL (PL), Siemens Restraint Systems (D) [jetzt Continental], TNO (NL) und TU Delft (NL).

Vergleich der MADYMO Simulation (links) mit dem Cockpit-Schlittentest (rechts), 180 Millisekunden nach dem Aufprall

