

---

## Hilfsmittel zur Modellierung des Luftverkehrs

### *Warum funktioniert die Flugsicherung so gut?*

**Die Flugsicherung arbeitet an sich gut und sicher. Will man sie den Anforderungen der Zukunft - Verkehrswachstum - anpassen, sollten die grundlegenden Faktoren des Systems besser verstanden werden. Die von der EU mitfinanzierte «Hybridge-Studie» hat mit der Entwicklung mathematischer Simulationsmodelle einen Beitrag dazu geleistet.**

gsz. Kontroll- und Leitsysteme werden immer komplexer, und Entscheidungen werden zunehmend dezentralisiert getroffen. Ein Beispiel für ein solches System, in dem überdies die Sicherheit eine überragende Rolle spielt, ist die Überwachung und Führung des Flugverkehrs. Die Kontrolle des Luftraums funktioniert gut und weist in Bezug auf Sicherheit eine hervorragende Erfolgsgeschichte auf. Etwas besorgniserregend ist jedoch, dass man nicht genau weiss, weshalb das System so gut funktioniert. Systeme der Luftraumüberwachung und Flugverkehrsleitung haben sich während Jahrzehnten in kleinen Schritten entwickelt, wobei jeweils auf früheren Erfahrungen aufgebaut wurde. Aber wie können die Systeme weiter wachsen und den Bedingungen des 21. Jahrhunderts angepasst werden, wenn grundlegende Faktoren nicht verstanden und in den Modellen nicht berücksichtigt werden?

### **Anwendungsgebiet Luftfahrt**

Im Rahmen eines dreijährigen Projekts der Europäischen Kommission haben sich fünfzig Mathematiker und Systemanalytiker aus sechs Universitäten und drei Forschungsanstalten diesen Fragen gewidmet. Die «Hybridge-Studie», deren Kosten von vier Millionen Euro teilweise von der EU finanziert wurden, betrifft ganz allgemein komplexe Systeme wie zum Beispiel Atomkraftwerke, das Internet, die Telekommunikation. Die Luftfahrt wurde als erstes Anwendungsgebiet gewählt, weil es sehr dezentralisiert ist, weil in ihm Menschen und Systeme zusammenwirken und weil die Sicherheit oberstes Gebot ist.

Die Wissenschaftler hatten die Aufgabe, die Wirkungsweise hybrider Systeme zu verstehen und ihre Anwendbarkeit auf die Luftfahrt zu prüfen. Mit «hybrid» bezeichnet man Systeme, in denen analoge Verfahren der Regelungstechnik mit digitalen Methoden der Computerwissenschaft gekoppelt sind. Im «Hybridge-Projekt» wurde untersucht, wie dynamische Systeme (die durch sogenannte Differenzialgleichungen beschrieben werden) reagieren, wenn plötzlich unvorhergesehene Ereignisse eintreten. Eine Forderung des Projekts war es, dass Menschen - Piloten und Fluglotsen, nicht Maschinen - jeweils die letzte Entscheidung treffen.

Eine erste Aufgabe bestand in der Modellierung von Problemen, die in einem dezentralisierten, hochkomplexen System entstehen können. Wenn Piloten, Fluglotsen, Flugzeuge, Computer und mechanische Systeme zusammenwirken, können unbemerkt Missverständnisse entstehen, die sich - falls sie nicht rechtzeitig erkannt und korrigiert werden - zu einer Katastrophe aufschaukeln können. Eine der Aufgaben von «Hybridge» war es, Methoden zur frühzeitigen Identifizierung und Verhinderung solcher potenziellen Konflikte zu entwickeln.

Eine zweite Aufgabenstellung betraf die Simulierung von Flugunfällen. Glücklicherweise sind Flugunfälle höchst selten, was für die Modellierung des Flugverkehrs allerdings bedeutet, dass enorme Mengen von Simulationen produziert werden müssten, bis eine statistisch signifikante Menge von Problemfällen gesammelt werden könnte. Im Rahmen des «Hybridge-Projekts» wurde eine mathematische Methode entwickelt, die die Geschwindigkeit der Simulationen um mehrere Größenordnungen erhöht und es dadurch erlaubt, äusserst seltene Ereignisse - zum Beispiel den gleichzeitigen Eintritt von an sich harmlosen Ereignissen, die zu einem Unfall führen können - statistisch zu untersuchen.

### **Druck Richtung Automatisierung**

Der dritte Aufgabenkreis betraf die Optimierung des Luftverkehrs. Flughäfen würden gerne Teile der Überwachungssysteme automatisieren. Aber verschiedene, sich zum Teil widersprechende Zielsetzungen wie Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltbelange sowie Unsicherheitsfaktoren wie Wetter und Verkehrsaufkommen machen dies schwierig. Im «Hybridge-Projekt» wurden Optimierungsmethoden entwickelt und auf ihre Realisierungsmöglichkeiten geprüft.

Das «Hybridge-Projekt», das im März dieses Jahres abgeschlossen wurde, stellte die prinzipielle Machbarkeit der Methoden unter Beweis. Im nächsten Schritt wollen die Partnerorganisationen und -universitäten Anwendungen zum praktischen Einsatz in der Luftfahrt entwickeln.