



Flugsimulator

Wie steuert man ein Flugzeug?
Pilotentraining im Flugsimulator

Mit den Experimenten im DLR_School_Lab kannst du viel über die Physik des Fliegens lernen, aber wie kann man diese Erkenntnisse bei der Steuerung eines Flugzeugs anwenden? Im Flugsimulator kannst du ausprobieren, wie die Steuerung eines Flugzeugs funktioniert und was ein Pilot beim Fliegen alles beachten muss. Dafür steht der Nachbau eines Flugzeugcockpits einer Cessna 182RG zur Verfügung, der mit allen erforderlichen Anzeigen und Steuerelementen ausgestattet ist.

Sichtflug oder Instrumentenflug

Sichtflug

Die Landschaftsdarstellung des Flugsimulators im DLR_School_Lab TUHH ist auf der Basis von Luftbildern und detaillierten 3D-Objekten erstellt und ermöglicht das Fliegen nach Sichtflugregeln (Visual Flight Rules – VFR). Diese Art des Fliegens wird meist angewendet, wenn mit einem kleinen Flugzeug bei gutem Wetter geflogen wird. Dabei orientiert sich der Pilot hauptsächlich an Straßen, Bahnlinien, markanten Gebäuden und anderen Geländemerkmale, die in speziell für den Sichtflug erstellten Luftfahrtkarten verzeichnet sind. Auch kann dabei die Lage des Horizonts verwendet werden, um die Lage des Flugzeugs festzustellen.

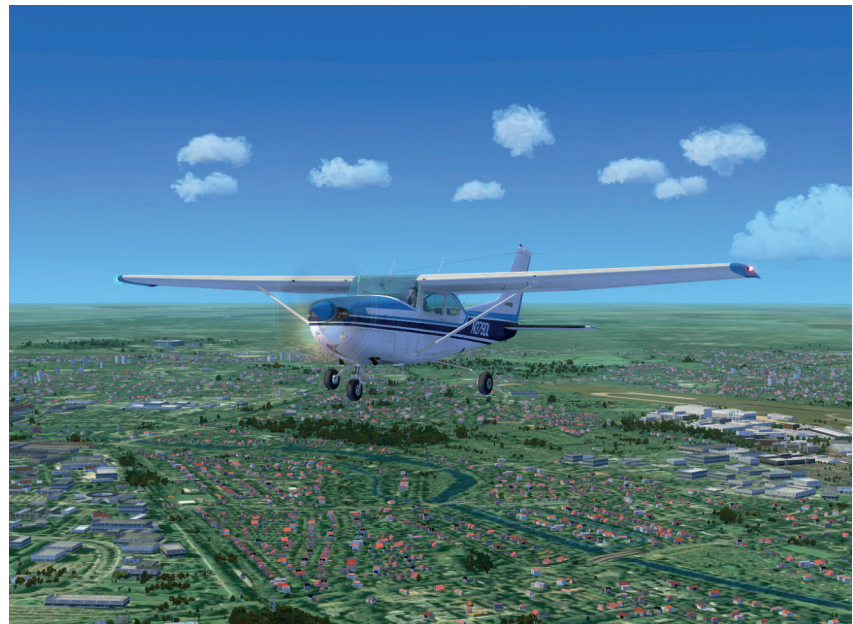


Abb. 1: Unser Flugzeug – die Cessna 182RG

Instrumentenflug

Wenn das Wetter zu schlecht ist, um sich anhand der Sicht nach draußen zu orientieren, muss nach Instrumentenflugregeln (Instrument Flight Rules - IFR) geflogen werden. Dabei dient eine Vielzahl von Anzeigen im Cockpit der Orientierung. So kann zum Beispiel der Fluglageanzeiger (auch „künstlicher Horizont“ genannt) verwendet werden, um die Lage des Flugzeugs festzustellen, wenn der echte Horizont nicht mehr erkennbar ist.



Abb. 2: Luftfahrtkarte

Auch die Navigation erfolgt dann mit Hilfe von Instrumenten, mit denen zum Beispiel über die Anpeilung von Funkstationen die Position des Flugzeugs bestimmt werden kann. Die Navigation kann auch mittels eines GPS-Empfängers erfolgen oder durch eine Kombination unterschiedlicher Methoden.



Abb. 3: Fluglageanzeiger

Flugsicherung

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Flugregeln liegt darin, wie diese Flüge von der Flugsicherung behandelt werden. Beim Instrumentenflug muss normalerweise jede Bewegung des Flugzeugs von Fluglotsen freigegeben und überwacht werden. Beim Sichtflug hingegen kann der Pilot sich in vielen Fällen auch ohne Kontakt zur Flugsicherung innerhalb gewisser Grenzen relativ frei bewegen.

Auch wenn das Wetter einen Flug nach Sichtflugregeln zulässt, kann trotzdem nach Instrumentenflugregeln geflogen werden. So fliegen zum Beispiel die meisten Passagierflugzeuge fast immer nach Instrumentenflugregeln, unabhängig von den vorliegenden Wetterbedingungen.

Anders herum gilt dies jedoch nicht; wenn das Wetter in einem bestimmten Bereich nur den Flug nach Instrumentenflugregeln zulässt, darf dort nicht nach Sichtflugregeln geflogen werden.

Grundlagen der Flugsteuerung

Steuerflächen

Die Steuerung der meisten Flugzeuge erfolgt mit Hilfe von verstellbaren Steuerflächen - sogenannten „Rudern“. Zusätzlich verfügen viele Flugzeuge über unterschiedliche Arten von sogenannten „Klappen“, die weitere Funktionen der Flugsteuerung ermöglichen, wie zum Beispiel die Konfiguration des Flugzeugs für Start oder Landung.

Typisch für die Flugphysik ist dabei, dass die Bewegung einer Steuerfläche nicht nur einen direkt gewünschten Effekt herbeiführt, sondern auch Nebeneffekte mit sich bringt. Um die zu steuernden Parameter wie z.B. die Flughöhe, die Geschwindigkeit und die Ausrichtung des Flugzeugs alle gleichzeitig kontrollieren zu können, muss der Einsatz mehrerer Steuerflächen koordiniert werden. Die Lage des Flugzeugs wird durch die Ausrichtung der drei Achsen des Flugzeugs (Längsachse, Querachse und Hochachse) eindeutig festgelegt.

Höhenruder

Mit dem Höhenruder wird das sogenannte „Nicken“ des Flugzeugs, also die Drehung um die Querachse, gesteuert. Durch Ziehen am Steuerknüppel oder Steuerhorn (je nach Flugzeugtyp) nimmt das Flugzeug meistens die Nase nach oben, während sich durch Drücken des Steuerknüppels oder Steuerhorns nach vorne meistens die Nase des Flugzeugs absenkt. Dadurch ändert sich der Anstellwinkel, also der Winkel, unter dem die Tragflächen des Flugzeugs angeströmt werden.

Der Begriff „Höhenruder“ lässt zwar vermuten, dass damit die Flughöhe gesteuert werden könnte. Tatsächlich wird das Höhenruder jedoch hauptsächlich zur Steuerung der Fluggeschwindigkeit eingesetzt.

Die Vergrößerung des Anstellwinkels führt meist zu einer niedrigeren Fluggeschwindigkeit und umgekehrt. Die Flughöhe wird zwar durch die Bewegung des Höhenruders beeinflusst; dieser Effekt kann jedoch eher als Nebeneffekt aufgefasst werden, mit dem die Flughöhe nur in sehr begrenztem Umfang gesteuert werden kann.

Um Steig- oder Sinkflüge durchzuführen, also die Flughöhe in weiten Grenzen verändern zu können, wird hauptsächlich eine Änderung der Schubkraft des Motors benötigt. Wenn mit dem Schubhebel mehr „Gas gegeben“ wird, steigt das Flugzeug, während „weniger Gas“ einen Sinkflug des Flugzeugs zur Folge hat.

Allerdings wird von der Schubhebelstellung auch die Fluggeschwindigkeit im Sinne eines Nebeneffektes beeinflusst. Dieser Effekt ist je nach Flugzeugtyp sehr unterschiedlich ausgeprägt - einige Flugzeugtypen wie z.B. die hier im Flugsimulator verwendete Cessna 182RG werden sogar etwas langsamer, wenn mehr „Gas gegeben“ wird, ohne weitere Steuereingaben zu tätigen.

Um die Flughöhe und die Geschwindigkeit gleichzeitig genau kontrollieren zu können, ist es also erforderlich, die Bewegung des Höhenruders und die Schubhebelstellung genau zu koordinieren, was einiges an Übung erfordern kann.

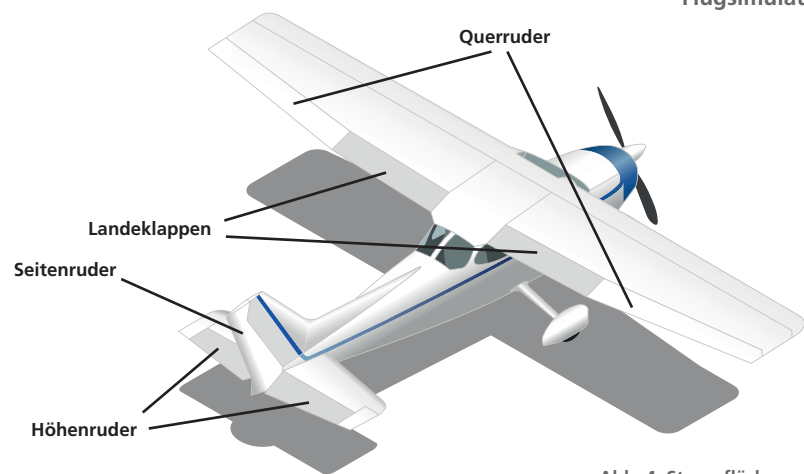


Abb. 4: Steuerflächen

Querruder

Die Schräglage des Flugzeugs also die Bewegung des Flugzeugs um die Längsachse (das sogenannte „Rollen“) wird hauptsächlich mit den Querrudern gesteuert, die sich an den Flügelspitzen befinden und gegensinnig ausschlagen. Bei Bewegung des Steuerknüppels oder Steuerhorns schlägt ein Querruder nach oben und das andere nach unten aus, so dass das Flugzeug sich um die Längsachse dreht. Gleichzeitig treten aber auch Drehungen um die Hochachse und um die Querachse auf.

Seitenruder

Das Seitenruder, das normalerweise mit den Pedalen bewegt wird, wird hauptsächlich verwendet, um das Flugzeug um die Hochachse zu drehen (das sogenannte „Gieren“). Gleichzeitig beeinflusst das Seitenruder aber auch die Drehung um die Längsachse und die Querachse. Um eine „saubere“ Kurve zu fliegen, müssen also Quer- und Seitenruder koordiniert werden.

Gleichzeitig müssen mit dem Höhenruder und dem Schubhebel weitere Nebeneffekte ausgeglichen werden. Mit genau koordinierten Bewegungen von Querruder, Seitenruder, Höhenruder und Schubhebel eine perfekte Kurve zu fliegen, kann also schon eine anspruchsvolle Herausforderung werden.

All das können Schülerinnen und Schüler unter Anleitung von flugerfahrenen Studenten der TUHH im DLR_School_Lab TU Hamburg selbst ausprobieren.

Zum Nachdenken

1. Wo sind die Unterschiede zwischen dem Simulatorfliegen und einem Flug im echten Flugzeug?
2. Wozu kann man Flugsimulatoren sonst noch einsetzen?



Abb. 5: Der Flugsimulator im DLR_School_Lab TU Hamburg

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Es betreibt Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Das DLR Raumfahrtmanagement ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 54 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Seine mehr als 9.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Sie erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen sie dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

TU Hamburg

Die TU Hamburg ist eine Universität mit hohem Leistungs- und Qualitätsanspruch, die in der Grundlagenforschung und ihren Kompetenzfeldern Forschungsexzellenz anstrebt. Etwa 100 Professorinnen und Professoren mit knapp 700 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bilden hier derzeit mehr als 7500 Studierende der Ingenieurwissenschaften und der Technomathematik aus. Luftfahrt und maritime Systeme gehören zu den Forschungsschwerpunkten der TUHH. Das DLR_School_Lab TU Hamburg bietet Schülerinnen und Schülern Einblicke in diese Kompetenzfelder.



**Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab
TU Hamburg

DLR_School_Lab TU Hamburg
Am Schwarzenberg-Campus 4 (C)
21073 Hamburg

Telefon: 040 42878-4363

schoollab@tuhh.de

<https://www.tuhh.de/nachwuchs/fuer-schulklassen-1/dlr-school-lab>
<https://www.dlr.de/schoollab>