

Aufgabenstellung einer studentischen Abschlussarbeit:

## Weiterentwicklung einer Methodik zur Optimierung von Überschall-Flugpfaden

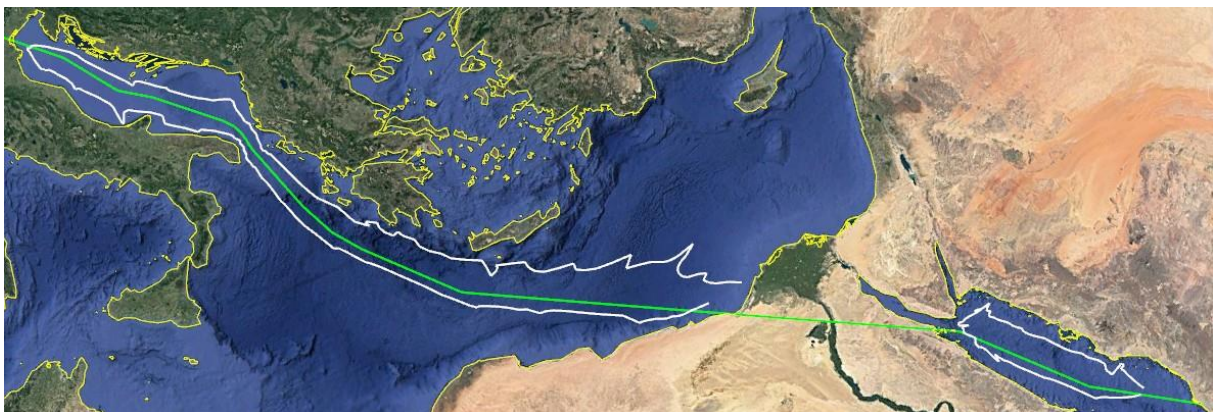
Beginnend mit dem Erreichen der Schallgeschwindigkeit erzeugen Überschallflugzeuge unablässig starke Druckwellen, welche als lauter Knall wahrgenommen werden, wenn sie den Boden erreichen. Aus diesem Grund ist ziviler Überschallflug über Land weltweit verboten oder nur eingeschränkt erlaubt. Wie bei der Concorde lange gebräuchlich, müssen Flugrouten größtenteils über Meere geleitet werden.

Die vom Flugzeug ausgehenden Druckwellen werden auf ihrem Weg abwärts durch die Atmosphäre aufgrund der steigenden Schallgeschwindigkeit des akustischen Mediums Luft stetig gebeugt und schließlich nach oben abgelenkt. Dies bewirkt, dass der Schallknall nur innerhalb eines Streifens von gewisser Breite unter der Flugbahn, dem „Knallteppich“, wahrgenommen wird. Winde können die Lage des Knallteppichs erheblich beeinflussen.

Eine optimale Überschall-Flugroute minimiert die Flugstrecke, maximiert den Überschall-Anteil und legt den Knallteppich ausschließlich auf Wasserflächen. DLR-LY verfügt über ein Optimierungsverfahren für Flugrouten, welches aus der Iteration von Flugpfadentwurf, Trajektorienimulation und Knallteppichberechnung in nicht standardisierten Atmosphären besteht. Hierbei erfolgen Flugpfadentwurf bzw. -anpassung noch manuell. Ferner ist die Knallteppichberechnung noch recht langsam und physikalisch-mathematisch nicht ausreichend verifiziert.

Die zu bearbeitende Aufgabe hat folgende Ziele:

- 1) Mathematische Herleitung der Schallspur-Verfolgung in einer bewegten Atmosphäre unter Berücksichtigung der Erdkrümmung
- 2) Implementierung eines Runge-Kutta-Schemas zur Beschleunigung des Schallverfolgungs-Codes
- 3) Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus zur automatisierten Anpassung der Flugroute



*Optimierter Knallteppich für Überschall-Flugtrajektorie zwischen London und Dschidda*

Der Arbeitsplan ist folgender:

- a) Sichtung der vorhandenen Literatur (Software-Dokumentation, Grundlagen des Ray Tracing, Schallpropagation) sowie ergänzende Literaturrecherche
- b) Mathematische Herleitung des Schallspur-Verfolgung unter Windeinfluss, sowohl für flache als auch für runde Erde; anschließende Implementierung in den vorhandenen MATLAB-Code
- c) Implementierung eines Runge-Kutta-Schemas in den MATLAB-Algorithmus des Runde-Erde-Raytracings
- d) Verifizierung der neuen Software gegenüber Ergebnissen des Second Sonic Boom Prediction Workshops und gegenüber dem NASA-Simulationscode PCBoom
- e) Parameterstudien zu Genauigkeit der Algorithmen
- f) Berechnung der Knallteppiche mehrerer Flugtrajektorien, jeweils unter verschiedenen atmosphärischen Zuständen
- g) Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus zur automatischen Anpassung der Flugrouten
- h) Demonstration des Algorithmus anhand mehrerer Flugrouten und atmosphärischer Zustände
- i) Ausführliche Dokumentation der ausgeführten Arbeiten

Fachlicher Betreuer der Aufgabe:

Dr.-Ing. Bernd Liebhardt, DLR-LY  
[bernd.liebhardt@dlr.de](mailto:bernd.liebhardt@dlr.de)  
040-2489641-231