

Modellflugsimulation



Screenshot Aerofly Professional, Quelle www.aerofly.de

Physically-based Methods for 3D Games and Medical Applications

Bernhard Wymann

< bersicht

- Motivation
- Simulation
- Modellierung
- Die Tragfläche
- Der Rumpf
- Die Leitwerke
- Die Steuerorgane
- Der Antrieb

Motivation

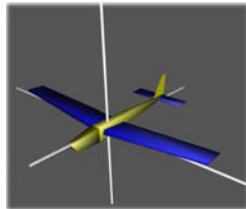
- Training von schwierigen Manövern
- Jederzeit und ,berall einsetzbar
- Kostenreduktion
- Flugsimulatoren
 - \bar{n} Anderer Fokus (Instrumente, Waffensysteme, ...)
 - \bar{n} Andere Geschwindigkeitsbereiche
 - \bar{n} Andere aerodynamische Gegebenheiten



Quique Somenzini's Excellence, Quelle www.plprod.com

Simulation

- Gegeben zu Zeitpunkt t
 - Position
 - Lage
 - Geschwindigkeit
 - Rotationsgeschwindigkeit
 - Trägheitsmomente $J_{x,y,z}$
 - Physikalische Modelle
- Gesucht für Zeitpunkt $t+1$
 - Position
 - Lage
 - Geschwindigkeit
 - Rotationsgeschwindigkeit



Simulationsschritt

- Für alle Teile des Modells Berechnung
 - Des Geschwindigkeitsvektors der Anströmung
 - Der Kräfte (Aerodynamik, Kollision, ...)
 - Der Drehmomente
- Berechnung der resultierenden Kraft/Drehmoment
- Berechnung der Beschleunigung und Winkelbeschleunigung
- Berechnung der Geschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit
- Berechnung von Position und Lage
- Details im Vortrag 'Rigid Bodies' vom M. Müller

Modellierung

- Korrekte Berechnung mit Direct Numeric Simulation viel zu aufwendig
- Reynolds Averaged Navier-Stokes immer noch zu aufwendig und nicht mehr korrekt
- Zerlegung des Modells in wenige diskrete Teile, Kräfte werden mit Windkanaldaten oder vorberechneten Werten ermittelt
- Die benötigten Beiwerte als Funktion vom Anstellwinkel
 - Auftriebsbeiwert c_a
 - Widerstandsbeiwert c_w
 - Drehmomentbeiwert $cm_{0,25}$ oder cm_0

Die Tragfläche

- Die Reynoldszahl Re
 - An zwei geometrisch ähnlichen Körpern ist nur dann eine ähnliche Strömung zu erwarten, wenn die Reynoldszahlen gleich sind
 - Re ist im Modellflug meistens $< 10^6$

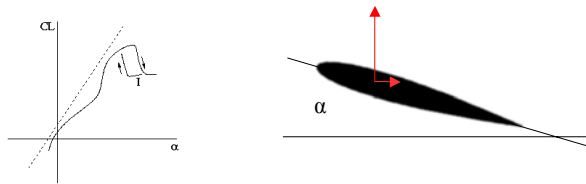
$$Re = \frac{v \cdot t}{\nu}$$

- v : Geschwindigkeit [m/s]
- t : Tragflächentiefe [m]
- ν : Kinematische Zähigkeit [m²/s]



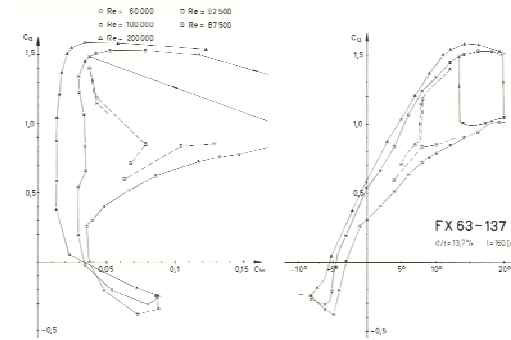
Die Tragfläche

- Kleine Reynoldszahlen führen zu
 -   Hysterese von Auftrieb und Widerstand
 -   Nichtlineare Auftriebs- und Widerstands-Charakteristik
 -   Vorkehrungen in Code nötig, damit wir den richtigen Ast entlang gehen



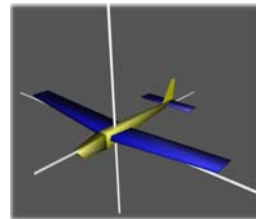
Die Tragfläche

- Profildaten Wortmann FX63-137



Die Tragfläche

- Die endliche Tragfläche
 -   Induzierter Widerstand
 -   Auftriebsverringerng
- Berechnung des Widerstandes
 -   Lookup von c_a
 -   Berechnung von c_w
 -   Berechnung des Widerstandes



$$c_w = c_{w,f} + \frac{c_a^2}{\pi * \Lambda} * (1 + \tau)$$

$$F_w = \frac{\rho}{2} * v^2 * A * c_w$$

Die Tragfläche

- Berechnung des Auftriebs
 -   Berechnung der Anstellwinkelverringerng um α_i
 -   Lookup von c_a an Stelle α   α_i
 -   Berechnung des Auftriebs

$$\alpha = \frac{c_a}{\pi * \Lambda} * (1 + \tau) \quad F_A = \frac{\rho}{2} * v^2 * A * c_a$$

- Berechnung des Drehmomentes
 -   Lookup von $cm_{0,25}$ an Stelle α   α_i

$$M_{0,25} = \frac{\rho}{2} * v^2 * A * cm_{0,25} * l$$

Rumpf

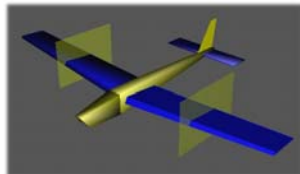
- Modellierung zum Beispiel als vertikal angeordnete Tragfläche (siehe Vertigo)
- Modellierung ist notwendig für Messerflug und realistisches Verhalten bei Seitenwind
- Berechnungen ähnlich wie bei Tragfläche
- Zusätzlicher Widerstand durch Motorverkleidung, Fahrwerk u. s. w.
- Interferenzwiderstand

Leitwerke

- Seitenleitwerk
 -   Wie Tragfläche, jedoch zusätzlich Einfluss von Propellerwind
- Höhenleitwerk
 -   Wie Tragfläche, jedoch zusätzlich Einfluss von Propellerwind und Abwind von Tragfläche
 -   F_x, r den Abwindwinkel existiert eine brauchbare explizite Formel $f(t, b, r_p)$
 -   F_x, r den Propellerwind existiert keine einfache explizite Formel
 -   In Aerofly wurde das Problem durch einen einstellbaren Propellereinflussfaktor gelöst. Das Leitwerk wird dann vermutlich mit $\text{MAX}(v_{\text{Anstrmung}}, v_{\text{Antrieb}} * f)$ angeblasen
 -   Der Propellerwind muss unbedingt berücksichtigt werden

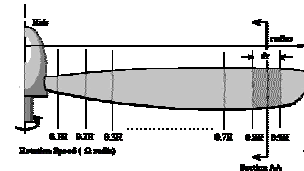
Steuerorgane

- Implementation der Steuerorgane durch Anstellen ganzer Tragflächen- oder Leitwerksteile
- Vorteil: Einfach zu implementieren (siehe Vertigo)
- Nachteil: zu einfaches Modell, Strömungsabriss zu fr, h
- Alternativen: Es existieren Verfahren um Klappenkr fte besser abzuschätzen



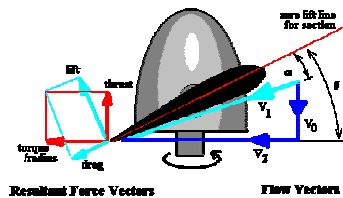
Antrieb

- Turbinenantrieb
 -   Kann mit einer Kraft modelliert werden
 -   Grosse Verzögerung bei Drehzahländerungen
- Propellerantrieb
 -   Komplex
 -   Modellierung mit vereinfachter Theorie



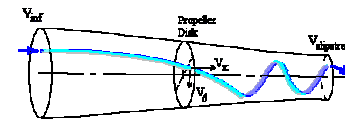
Antrieb

- Betrachtung eines Propellerelementes
- N aerungs-ung



Antrieb

- Bisher vernachl ssigte Effekte



- Der Drall wirkt sich merklich auf das Flugverhalten aus und interagiert mit dem Modellflugzeug
- Weitere Effekte: Pr zession, zus zliche Momente bei Drehzahl nderungen, Modellierung des Motors

Literatur

- Aerodynamik des Flugmodells, F. W. Schmitz, Luftfahrt Verlag Axel Zuerl
 -  Formeln f_r Abwindwinkel, induzierter Widerstand, u. s. w.
- MTB4, Konstruktion von RC-Segelflugmodellen, Dietrich Bertermann, Verlag Technik und Handwerk
 -  Formeln f_r Abwindwinkel, induzierter Widerstand, u. s. w.
- Profilpolaren f_r den Modellflug, Band 1, Dieter Althaus, Nackar-Verlag
 -  Profilpolare FX63-137
- Computational Methods for Fluid Dynamics, 3rd Edition, J.H. Ferziger und M. Peric, Springer Verlag
 -  CFD Methoden
- www.aerodyn.org
 -  Nette Einf hrung in die Aerodynamik allgemein
- <http://www.aeromech.usyd.edu.au/aero/propeller/prop1.html>
 -  Propellertheorie
- <http://www.astro.ku.dk/~norup/vertigo/vertigo.html>
 -  Vertigo Flugsimulator
- <http://www.aerofly.de>
 -  Kommerzieller Modellflugsimulator