

Adaptive Flugsteuerung

Hagen Hasberg

14.11.14

Inhalt

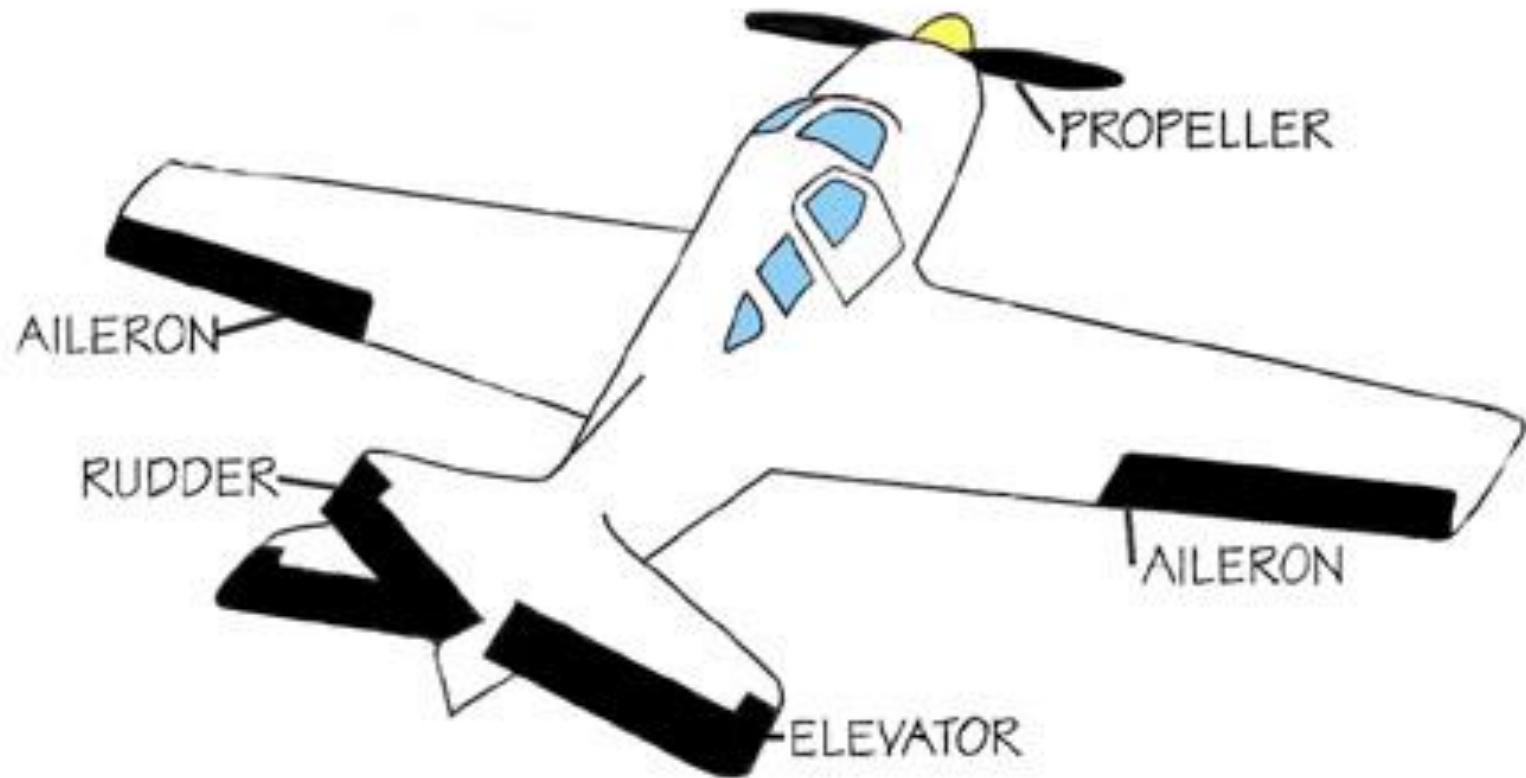
- Motivation
- Konventionelles Flugzeug
- Forschung
 - Intelligent Flight Control System
 - Daisy Chain
 - Optimale Zuordnung
 - Redundanz
- AC2030 / Avionik
- Mein Fokus
- Quellen

Motivation

„Towards Safer Flight“

- Computergestützte Flugsteuerung
 - Entlastung des Piloten
 - Autonome Flugsteuerung
- Funktionalität bei Ausfällen
 - Zertifizierung von UAVs

Konventionelles Flugzeug



Intelligent Flight Control System

- Forschungsprojekt der NASA
- Adaptives Flugsteuerungssystem
 - Neuronales Netz
- Nicht auf spezielles Flugzeug beschränkt
 - Lernt das Flugzeug kennen
- Reagiert auf Ausfälle
 - Kann Piloten ersetzen



Daisy Chain

- Überaktuiertes System
 - Steuerflächen agieren nicht isoliert
- Bewegungen sind unmittelbar verknüpft
 - Fluch und Segen zugleich

=> Verwenden von alternativen
Flight Control Laws

	Asym. Aileron	Sym. Elevator	Rudder	Sym. Thrust	Sym. Aileron	Asym. Elevator	Diff. Thrust
Rollen	Primär		Sekundär			Tertiär	
Nicken		Primär		Sekundär	Tertiär		
Gieren	Tertiär		Primär				Sekundär
Schub		Sekundär		Primär			

Optimale Zuordnung

- Mischen der Zuständigkeiten
- Lineare Optimierung
- Basiert auf der Effektivität der Steuerflächen
- Berücksichtigung einer Kostenfunktion

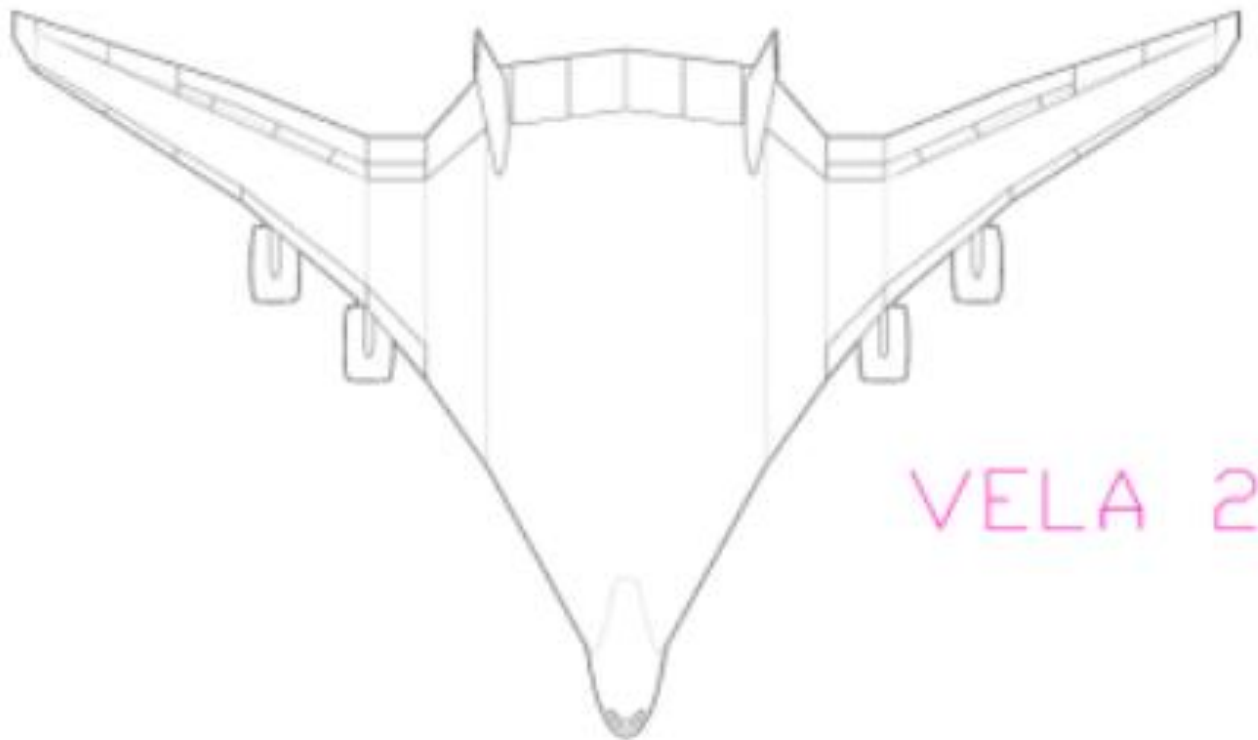
$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{V} \\ \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta \dot{q} \\ \Delta \dot{\Theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_V & X_\alpha & X_{\dot{\alpha}} & X_q - w_{Wsr} & X_\Theta \\ Z_V & Z_\alpha & Z_{\dot{\alpha}} & Z_q + 1 + \frac{u_{Wsr}}{V_r} & Z_\Theta \\ M_V & M_\alpha & M_{\dot{\alpha}} & M_q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \alpha \\ \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta q \\ \Delta \Theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_\eta & X_{\eta_K} & X_{\eta_F} \\ Z_\eta & Z_{\eta_K} & Z_{\eta_F} \\ M_\eta & M_{\eta_K} & M_{\eta_F} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta \\ \eta_K \\ \eta_F \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{V_r} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \dot{u}_{Ws} \\ \Delta \dot{w}_{Ws} \end{bmatrix}$$

Optimale Zuordnung

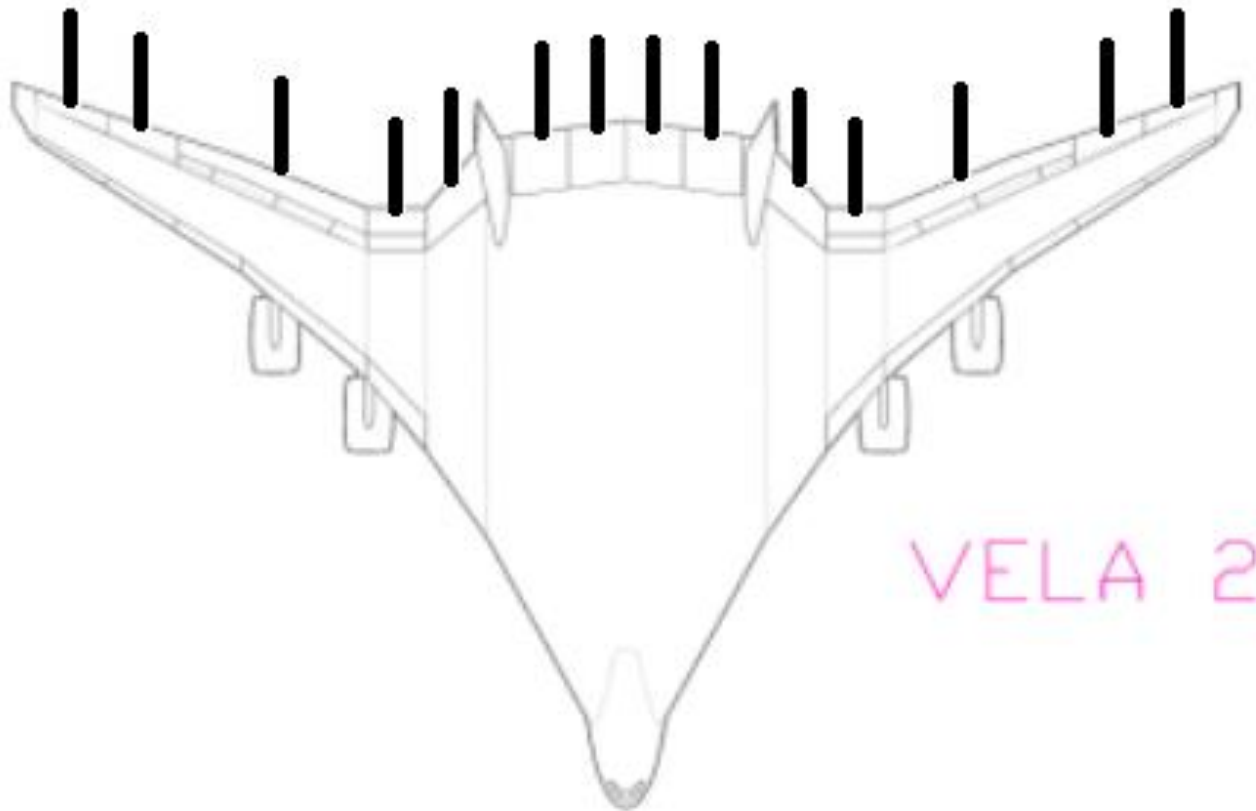
- Mischen der Zuständigkeiten
- Lineare Optimierung
- Basiert auf der Effektivität der Steuerflächen
- Berücksichtigung einer Kostenfunktion

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{V} \\ \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta \dot{q} \\ \Delta \dot{\Theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_V & X_\alpha & X_{\dot{\alpha}} & X_q - w_{Wsr} & X_\Theta \\ Z_V & Z_\alpha & Z_{\dot{\alpha}} & Z_q + 1 + \frac{u_{Wsr}}{V_r} & Z_\Theta \\ M_V & M_\alpha & M_{\dot{\alpha}} & M_q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \alpha \\ \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta q \\ \Delta \Theta \end{bmatrix} - \underbrace{\begin{bmatrix} X_\eta & X_{\eta_K} & X_{\eta_F} \\ Z_\eta & Z_{\eta_K} & Z_{\eta_F} \\ M_\eta & M_{\eta_K} & M_{\eta_F} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Red box}} \begin{bmatrix} \eta \\ \eta_K \\ \eta_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{V_r} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \dot{u}_{Ws} \\ \Delta \dot{w}_{Ws} \end{bmatrix}$$

Redundante Steuerflächen



Redundante Steuerflächen

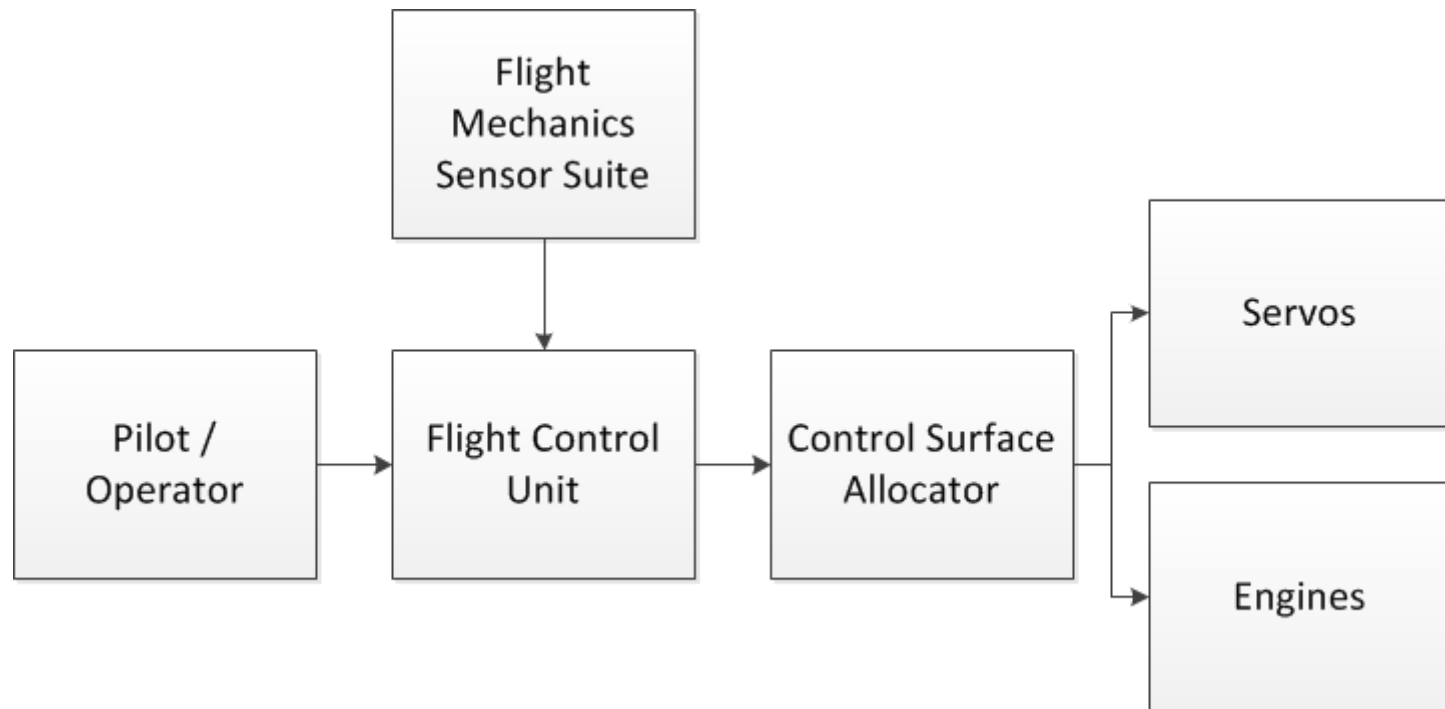


AC2030

- 2 Elevons
- 2 Rudder
- 2 Flaps
- 2 Engines



Avionik



Control Surface Allocator

- Virtual Commands

- „Roll right“
- „Pitch up“
- „Faster“



- Actual Commands

- „Aileron[right] move up“
- „Engine[left] less power“

Mein Fokus

- Entwicklung des CSA
 - Selbstheilendes System
- Ausfall erkennen
 - Sensorik
 - Neuronales Netz
- Dynamische Reallokation
 - Neuronales Netz
 - Daisy Chain
 - Optimale Zuordnung
- Analyse der Flugeigenschaften des AC2030

„Towards Safer Flight“



„Dafür sorgen, dass das Flugzeug zu jeder Zeit steuerbar ist“

Quellen

- [1] Aircraft Control Surfaces and Maneuvering. <http://avioners.net/aircraft-control-surfaces-and-maneuveri/>
- [2] NASA Armstrong Fact Sheet: Intelligent Flight Control System. <http://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-076-DFRC.html>
- [3] P. Williams-Hayes. Flight Test Implementation of a Second Generation Intelligent Flight Control System. Nasa Technical Report. 2005
- [4] J. Bosworth. Flight Results of the NF-15B IFCS Aircraft with Adaptation to a Longitudinally Destabilized Plant. Nasa Technical Report. 2013
- [5] K. Gundy-Burlet, K. Krishnakumar, G. Limes, D. Bryant. Control Reallocation Strategies for Damage Adaptation in Transport Class Aircraft. AIAA paper 2003-3808, 2003
- [6] A. Casavola, E. Garone. Fault-tolerant adaptive control allocation schemes for overactuated systems. International Journal of Robust and Nonlinear Control. Volume 20, Issue 17, pages 1958–1980. 2010
- [7] N. Nguyen, K. Krishnakumar, J. Kaneshige, P. Nespeca. Dynamics and Adaptive Control for Stability Recovery of Damaged Asymmetric Aircraft. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 2006
- [8] O. Härkegard, T. Glad. Resolving Actuator Redundancy - Optimal Control vs. Control Allocation. Automatica 41. 2005. Pages 137–144
- [9] Aerospace Projects Review, Electronic Version. Issue Volume 1, Number 3. <http://www.up-ship.com/eAPR/ev1n3.htm>
- [10] M. Voskuijl, G. La Rocca, F. Dircken. Controllability of Blended Wing Body Aircraft, 26th International Congress of the Aeronautical Sciences (ICAS). 2008

Konferenzen / Journals

- Aviation
 - International Micro-Aerial-Vehicle Conference (IMAV)
 - International Congress Of The Aeronautical Sciences
 - Journal Of Aircraft
- Control Theory
 - International Journal Of Robust And Nonlinear Control
 - European Control Conference
 - Modeling and Simulation Technologies Conference
 - International Conference on Electrical Engineering and Informatics
- Computer Science
 - International Conference on Intelligent Robots and Systems
 - Digital Avionics Conference

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?