

# **Flugsimulation – ein motivierendes Anwendungsfeld für projektbezogene Lehre**

**Prof. Dr.-Ing. Walter Waldraff**

**MATLAB EXPO 2016**

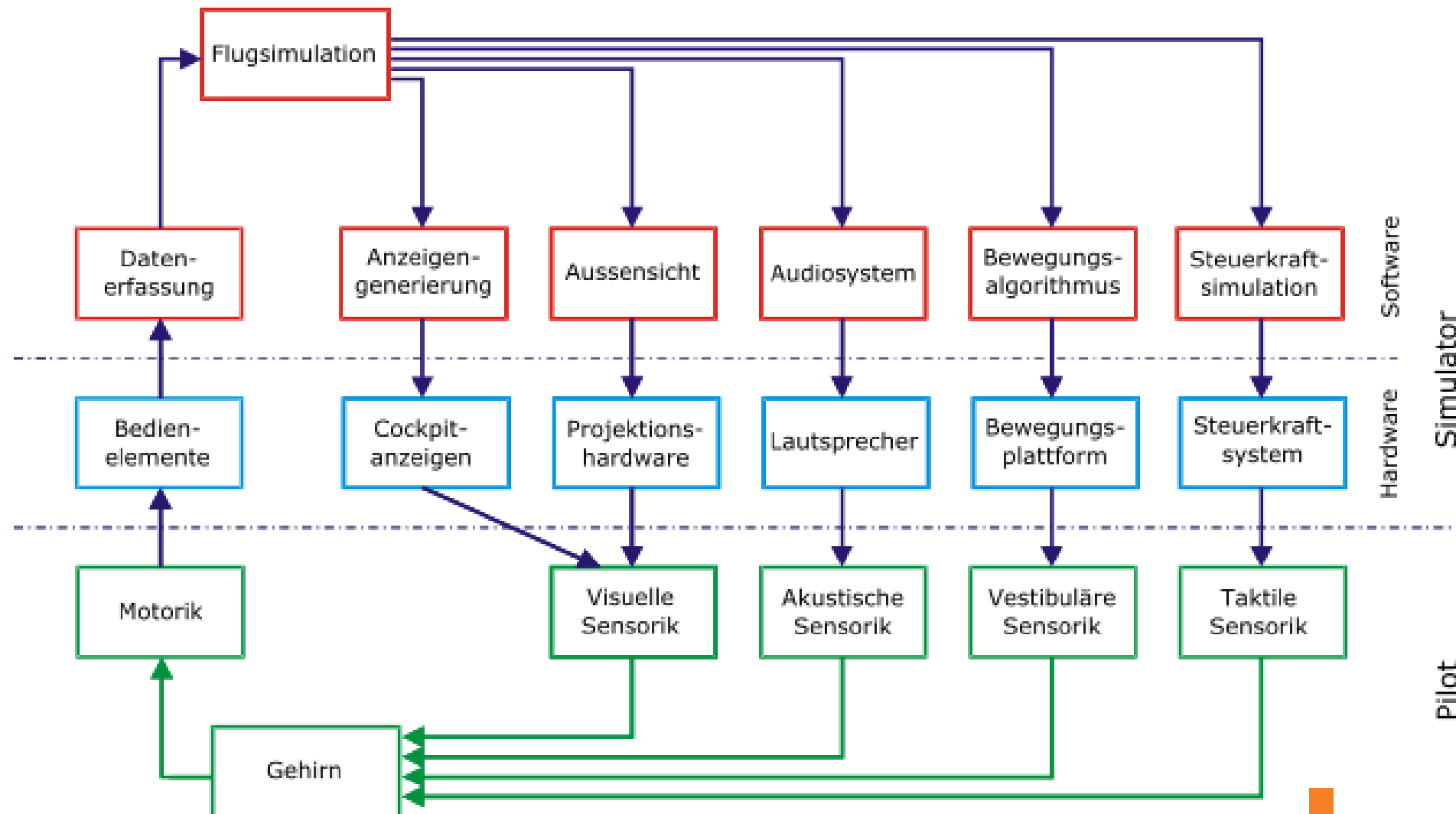
## Inhalt

- Didaktisches Konzept
- Themenfelder für Lehrprojekte in der Flugsimulation
- Genutzte Hardware
- Beispiel: Blockschaltbild-basierte Implementierung der Flugsimulation
- Beispiel: Implementierung der Autopiloten-Logik mittels Stateflow
- Beispiel: Modellanpassung von Datensätzen – Charakterisierung des Triebwerkschubes
- Zusammenfassung

## Didaktisches Konzept

- Motivation der Studierenden durch projektbezogene Lehre
- Durchführung kleiner Projekte im Sinne des „Forschenden Lernens“
- Durch einen gemeinsamen Themenkomplex wird ein „roter Faden“ gespannt
- Beispiel: Flugsimulation

## Themenfelder für Lehrprojekte in der Flugsimulation



## Genutzte Hardware - Experimentalsimulator



## Genutzte Hardware – Fixed-Base Dome





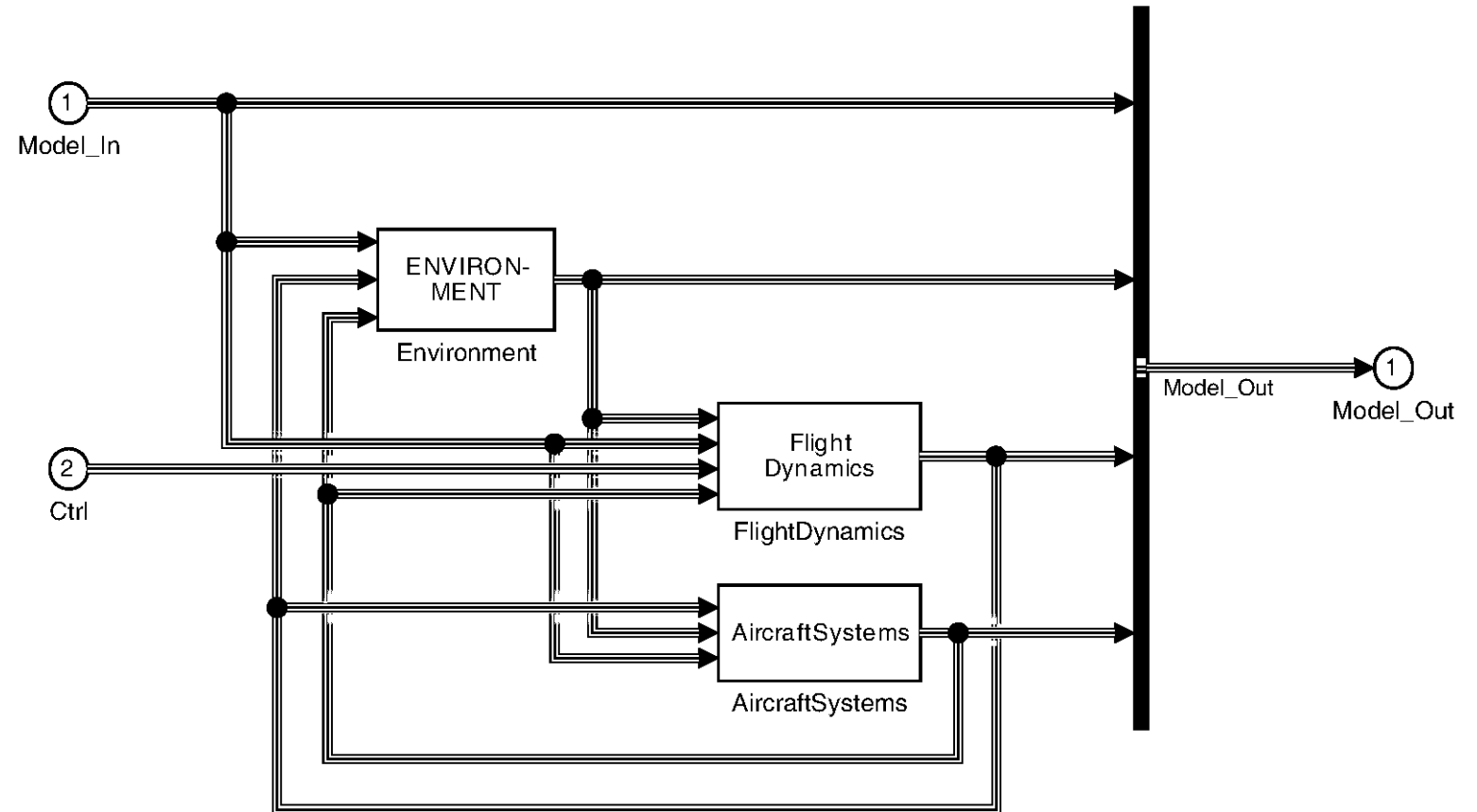
## Genutzte Hardware – COTS-Flugsimulator



## Beispiel: Blockschaltbild-basierte Implementierung der Flugsimulation

### Komponenten:

- **Flugdynamik:**  
Massenverteilung,  
Kräfte und Momente  
durch Gravitation,  
Aerodynamik, Triebwerke,  
Bodenkontakt sowie die  
Bewegungsgleichungen
- **Umgebung:**  
Atmosphäre, Wind,  
Topographie, Magnetfeld,  
Radiosignal
- **Flugzeugsysteme:**  
Sensoren, Flugregler,  
Aktuatoren, Fahrwerk,  
Hydraulisches System,  
Elektrisches System, ...

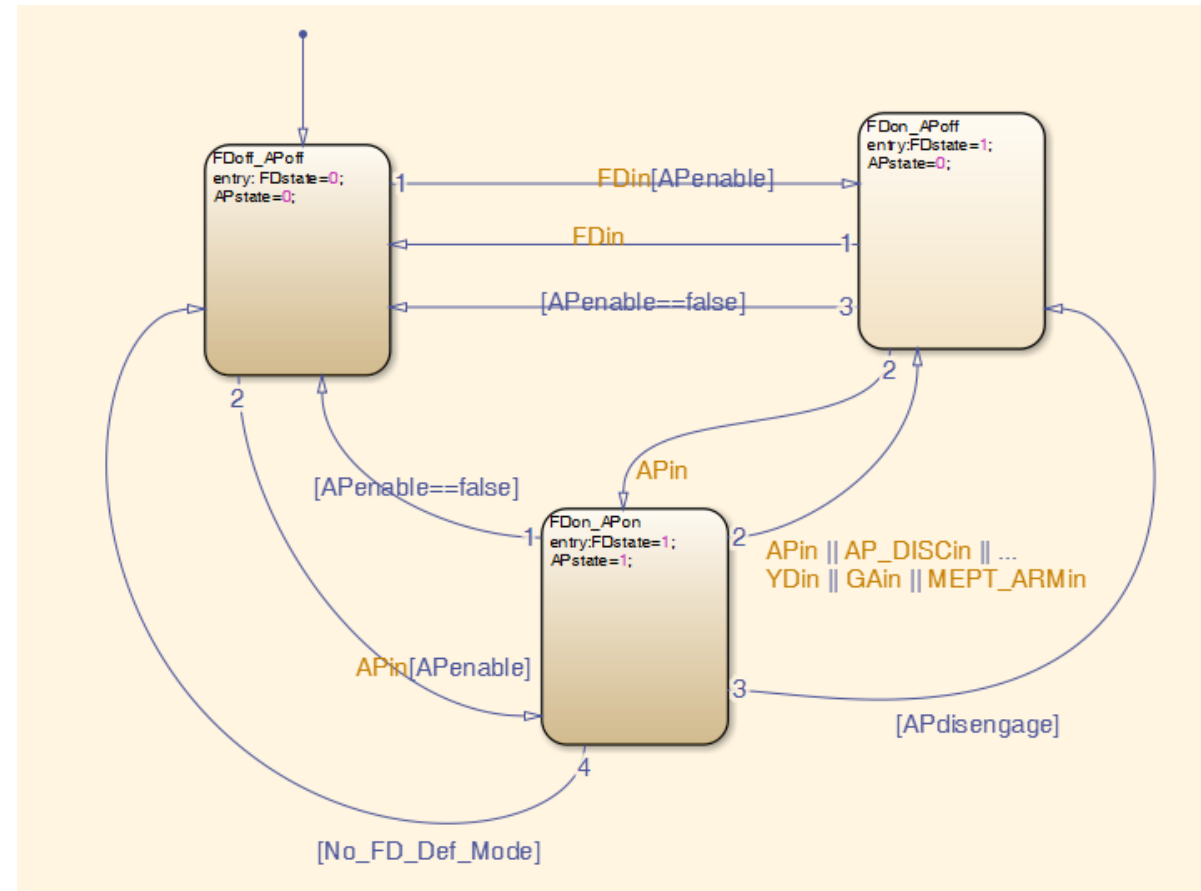




## Beispiel: Implementierung der Autopiloten-Logik mittels Stateflow

Logik des Autopiloten umfaßt:

- Flight Director/Autopilot
- Vertikale Betriebsarten
- Laterale Betriebsarten



## Beispiel: Modellanpassung von Datensätzen – Charakterisierung des Triebwerkschubes

- Ablauf:  
 Durchführung von Steigflügen bei konst. Geschwindigkeit  $V$  und konst. Triebwerkeinst.  $\delta_F$

- Polynomanpassung des gemessenen Höhenprofils mit Basic Fitting Tool

$$H = a_2 t^2 + a_1 t + a_0$$

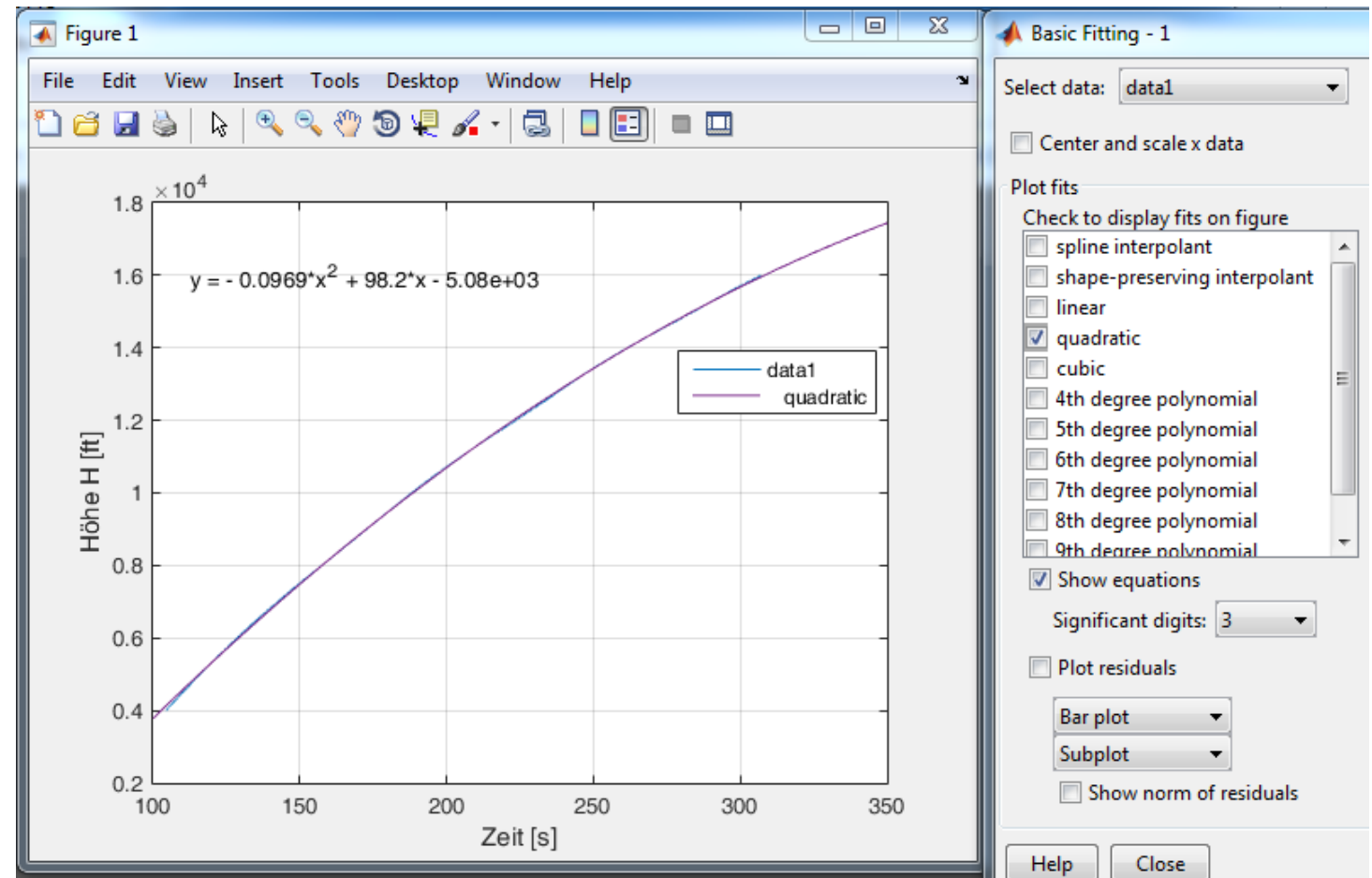
- Vertikalgeschwindigkeit

$$\dot{H} = 2a_2 t + a_1 \text{ bzw.}$$

$$\dot{H} = f(H, V)$$

- Schubabhängigkeit

$$F_{i,j} = f(\rho_i, V_j)$$



## Beispiel: Modellanpassung von Datensätzen – Charakterisierung des Triebwerkschubes

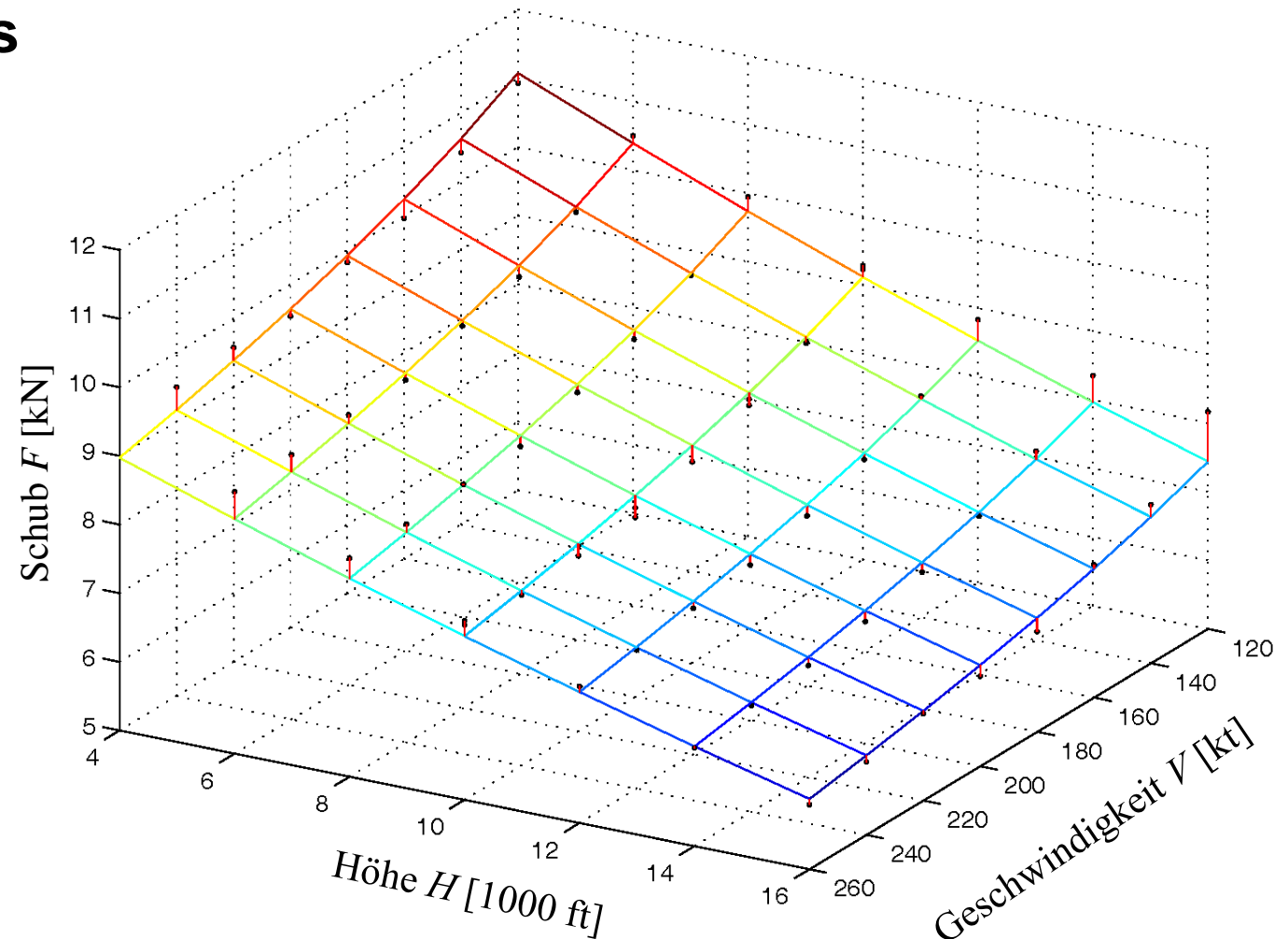
- Anpassung des 2-dim. Modellansatzes

$$F(\rho, V) = F_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{n_V} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{n_\rho}$$

an die Datenwerte  $F_{i,j}$   
mit der MATLAB-Funktion

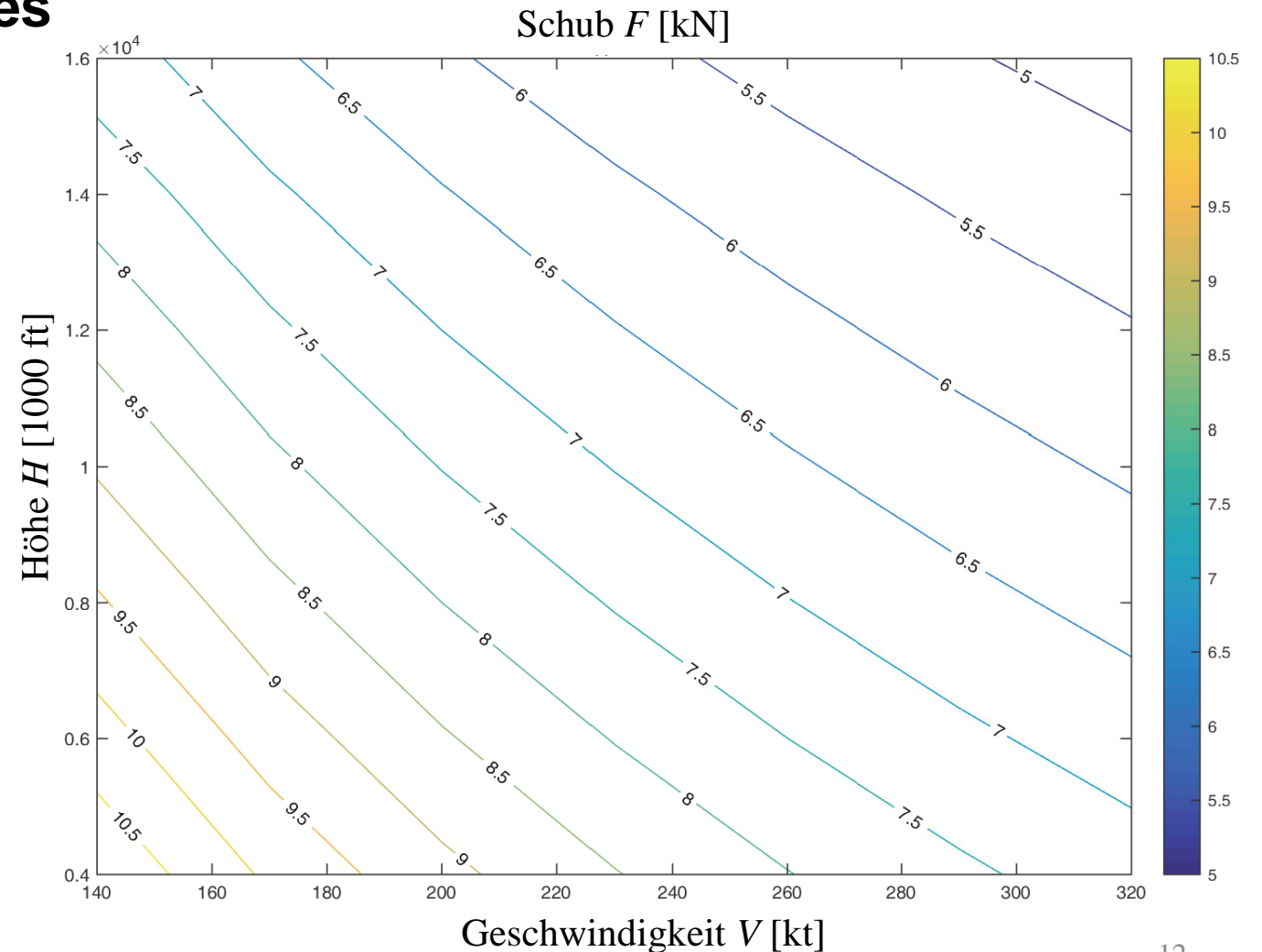
**LSQCURVEFIT**

- Ergebnispräsentation mit 3D-plot




## Beispiel: Modellanpassung von Datensätzen – Charakterisierung des Triebwerkschubes

- **Alternativ:  
Ergebnispräsentation  
mit Contour-Plot**



## Zusammenfassung

- Motivation der Studierenden durch **Lehrprojekte zu einem gemeinsamen Themenkomplex**
- **Flugsimulation** dient als Beispiel für einen gemeinsamen Themenkomplex
- **MATLAB-Produktfamilie** ermöglicht schnelle Einarbeitung und Umsetzung von Projekten
- **Offene Wünsche:**
  - **Verteilung komplexer Simulink-Modelle** auf verschiedene Rechnerkerne
  - **Portierbarkeit physikalischer Modelle**, die im Sprachstandard von  **MILICA** formuliert wurden, von und nach Simscape