

FitlabGui – Datenanalyse, Systemidentifizierung und Flugeigenschaftsbewertung

Susanne Seher-Weiß

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Institut für Flugsystemtechnik

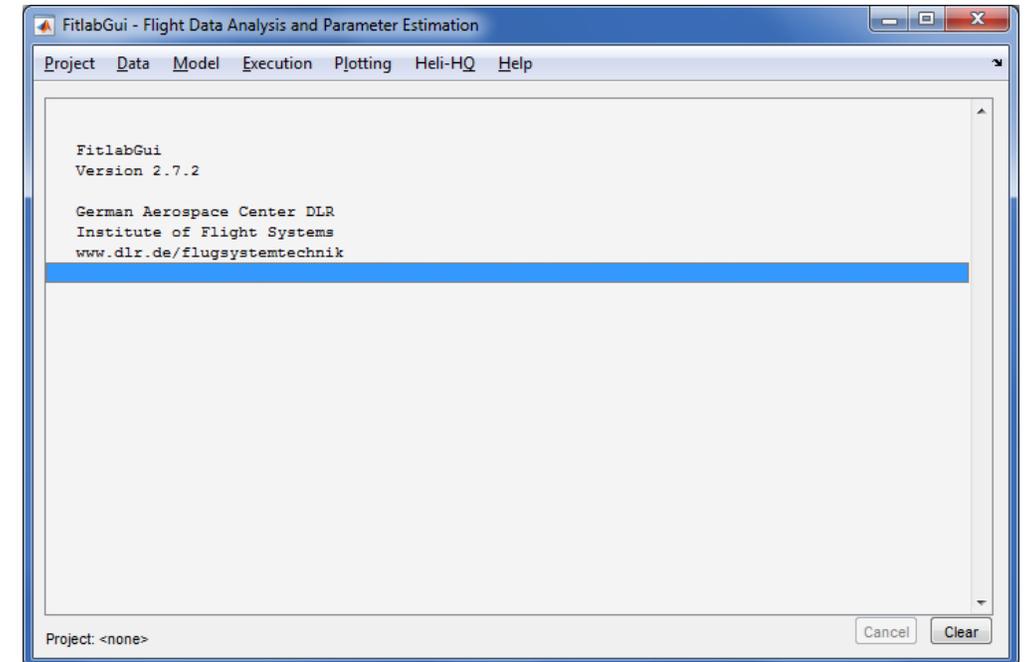


Wissen für Morgen



Überblick

- Motivation und Programmhistorie
- Datenschnittstelle
- Frequenzgangerzeugung
- Datenvisualisierung und -analyse
 - Zeitbereichsdaten
 - Frequenzbereichsdaten
- Systemidentifizierung
 - Maximum Likelihood und Frequency Response Methode
 - nichtlineare, lineare und Polynom-Modelle
- Flugeigenschaftsanalyse (Hubschrauber)
 - quantitative Kriterien
 - Mission Task Element (MTE) Plots
- Zusammenfassung



Motivation

Systemidentifizierung

- Erste Programmversion vor 20 Jahren
- Einfache Weiterverarbeitung der Ergebnisse in MATLAB
- Ergänzung des FORTRAN-Tools

Datenanalyse

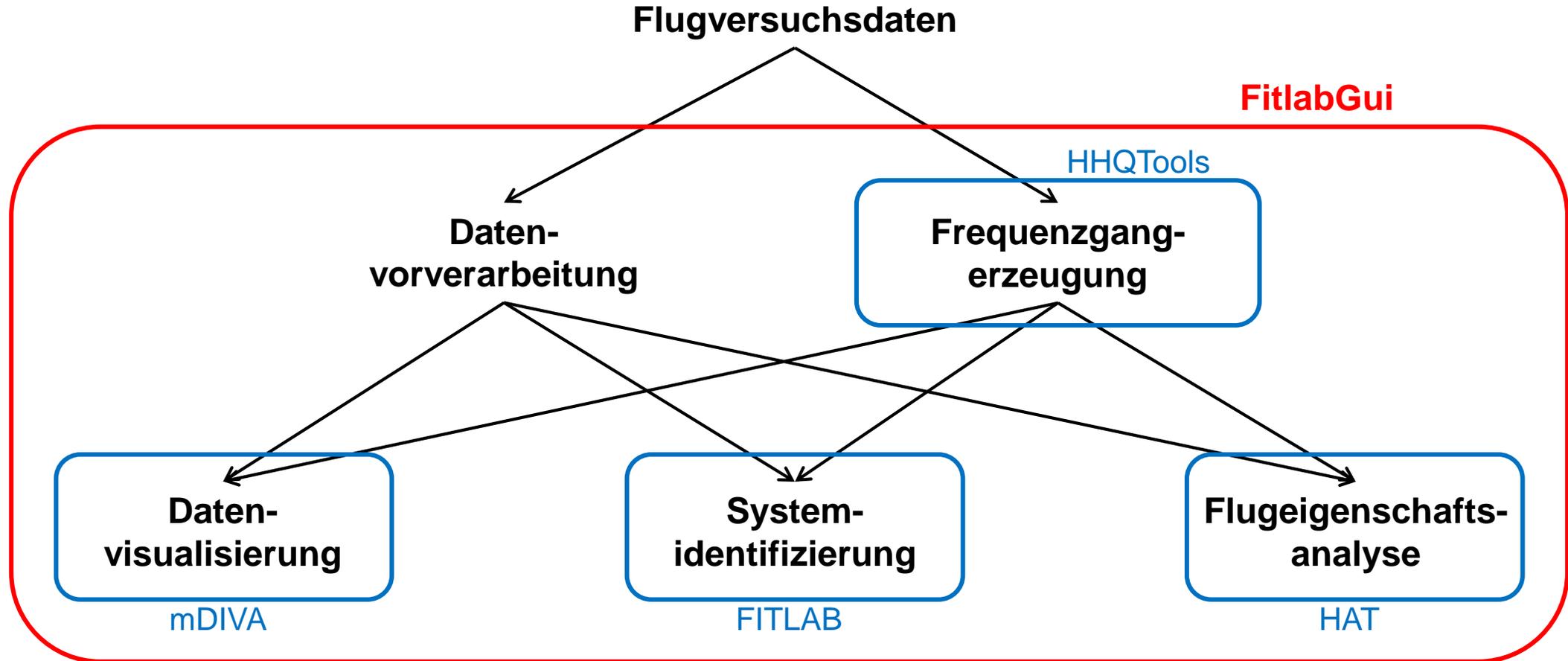
- Ersatz für FORTRAN-Tool bei Einsatz vor Ort (Flugversuche)
- Grafische Benutzeroberfläche

Flugeigenschaften

- Separates Tool wurde nicht mehr gepflegt
- Einzelne Funktionalitäten schon integriert



Programmhistorie



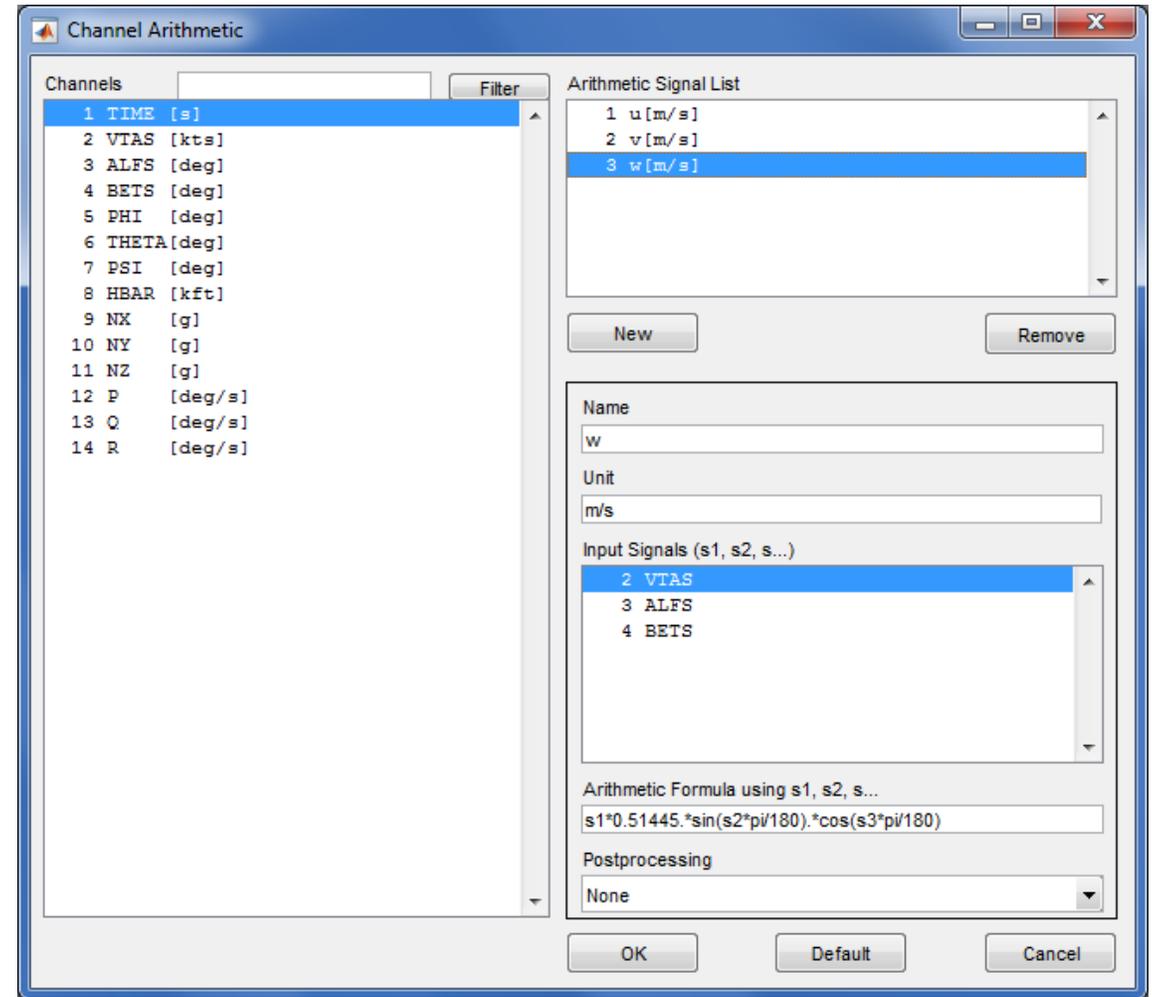
Datenschnittstelle

Datenformate:

- Zeitbereichsdaten
 - R-CDF, mat-Dateien, ASCII, Excel
 - benutzereigene Importroutine
 - Auswahl über Datenbank
- Frequenzgänge
 - gemessen: FRD-Objekte
 - analytisch: TF- oder ZPK-Objekte

Datenvorverarbeitung:

- Einheitenkonvertierung: über 25 vordefinierte Umrechnungen
- Kanalarithmetik: beliebige Berechnungen
- Frequenzgänge: integrieren oder differenzieren



Datenschnittstelle

- Manöverdatenbank
 - als Struktur angelegt
 - kann in FitlabGui erzeugt werden
 - numerische Informationen (z.B. Höhe, Geschwindigkeit)
 - Textinformationen (z.B. Manöverart, Bemerkungen)
 - kombinierte Filterung nach allen Informationen

Maneuver Selection

Maneuver Database File
D:\Bell412_ASRA\maneuverDB_2.mat

List of Maneuvers

```

0kn_lon_2311_168
speed=0, input=lon, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lon2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_168_lon.mat
-----
0kn_lon_2311_169
speed=0, input=lon, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lon2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_169_lon.mat
-----
0kn_lat_2311_170
speed=0, input=lat, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lat2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_170_lat.mat
-----
0kn_lat_2311_171
speed=0, input=lat, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lat2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_171_lat.mat
-----
0kn_lat_2311_172
speed=0, input=lat, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lat2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_172_lat.mat
-----
0kn_ped_2311_173
speed=0, input=ped, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0ped2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_173_ped.mat
-----
0kn_ped_2311_174
speed=0, input=ped, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0ped2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_174_ped.mat
-----
0kn_col_2311_175
speed=0, input=col, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0col2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_175_col.mat
-----
0kn_col_2311_176
speed=0, input=col, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0col2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_176_col.mat
-----
0kn_lon_2311_181
speed=0, input=lon, maneuver=2311, SAS=, remarks=, rotorstates=yes
0lon2311 0.00 Inf 0kn_A054409_r95_181_lon.mat

```

Filter Criteria

speed = 0

remarks ~= climb

remarks ~= descent

maneuver = 2311

none =

none =

none =

none =

19 / 190

Reset

OK Export

Default Cancel

Time Section Selection

Transfer Maneuvers to Time Section Selection List

Replace Append Cancel

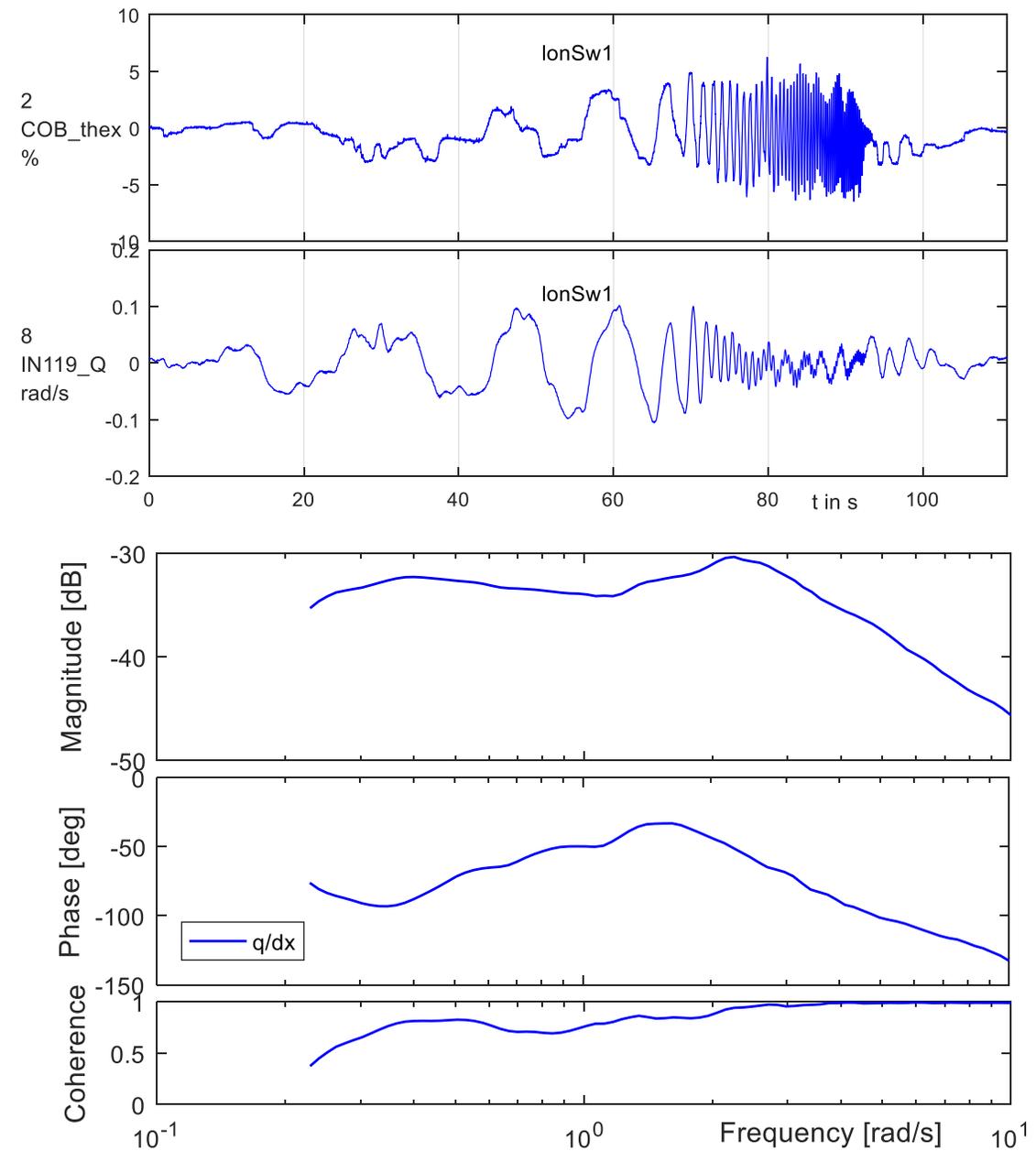
Frequenzgangerzeugung

Frequenzgang

- beschreibt die Systemantwort in Amplitude und Phase als Funktion der Anregungsfrequenz
- charakterisiert das Eingangs-Ausgangsverhalten vollständig (nichtparametrisches Modell)

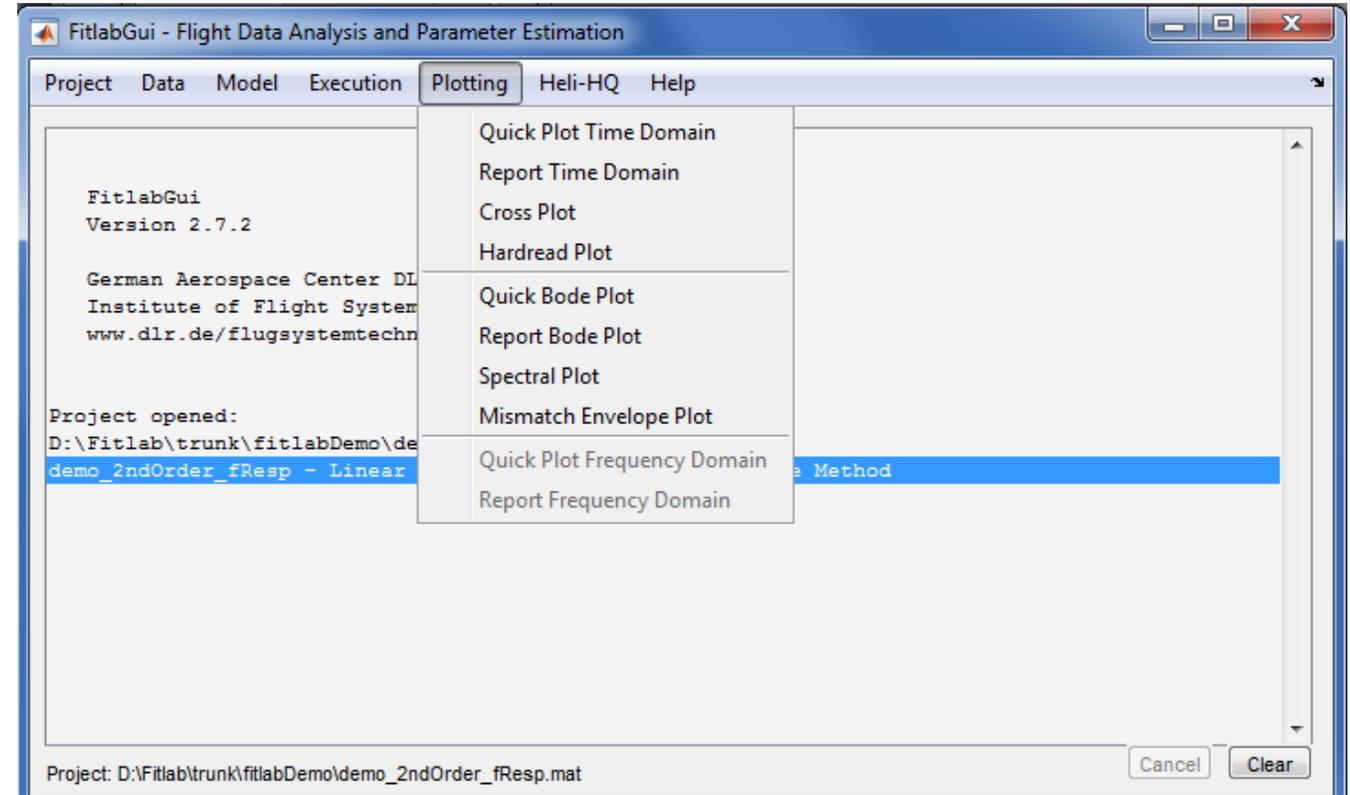
Methoden

- klassische Methode mit Segmentierung, Fensterung und MISO (multi-input single-output) Konditionierung in zwei Varianten
- Local Polynomial Methode



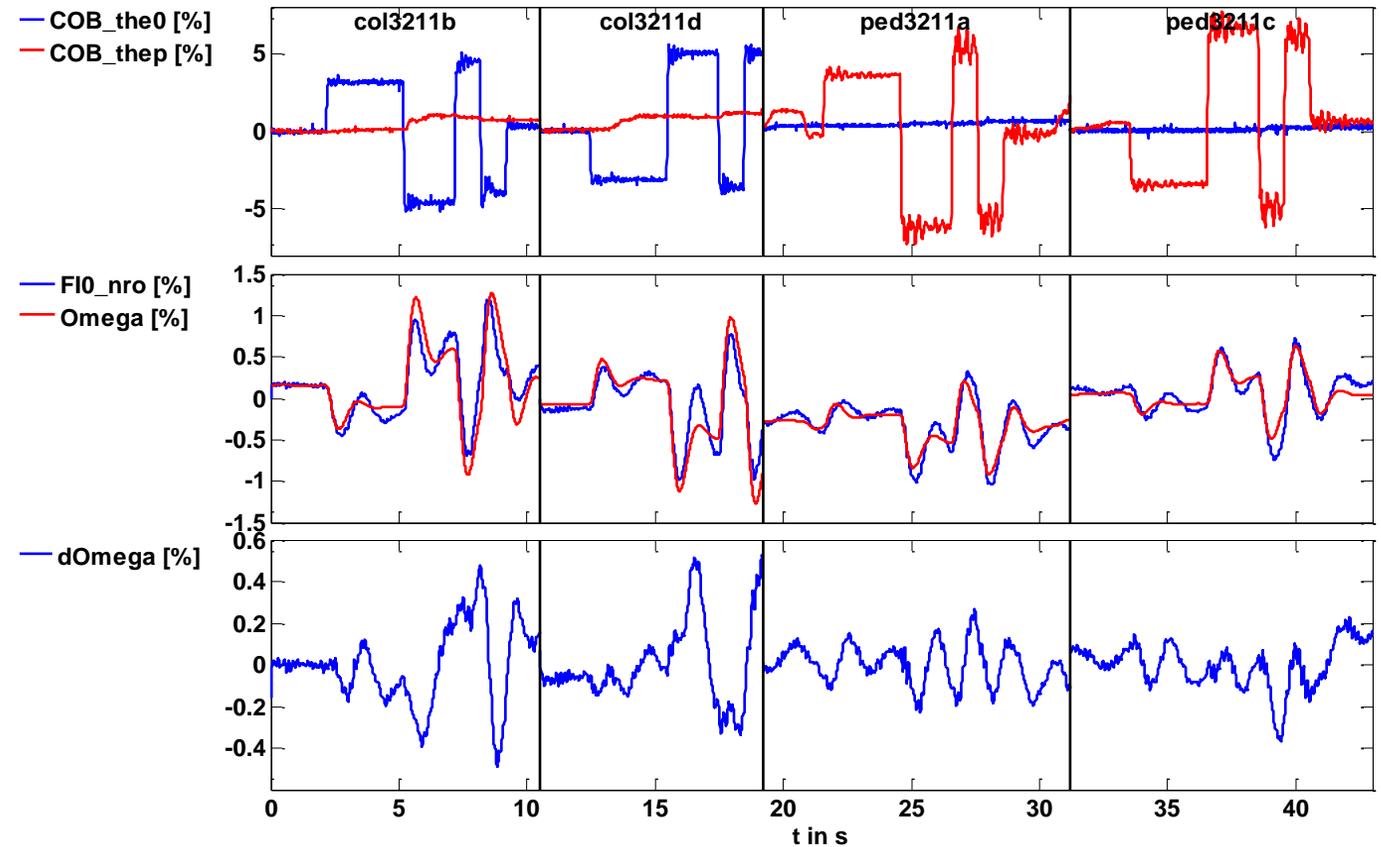
Datenvisualisierung und -analyse

- Zeitbereichsdaten
 - Quick Plot
 - Report Plot
 - Cross Plot
- Frequenzgänge
 - Quick Bode Plot
 - Report Bode Plot
 - Spectral Plot
 - Mismatch Envelope Plot
- Frequenzbereichsdaten
 - Quick Plot Frequency Domain
 - Report Plot Frequency Domain



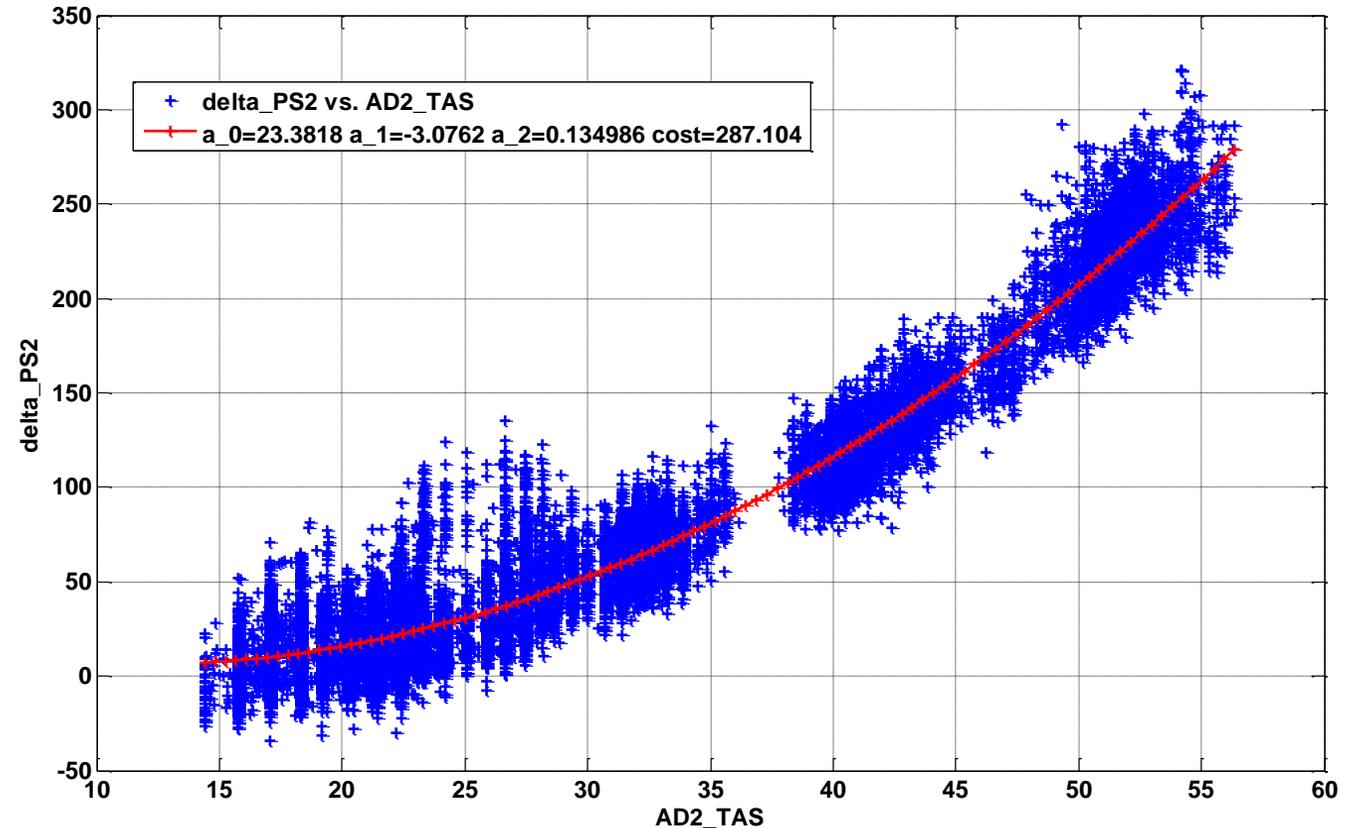
Datenvisualisierung und -analyse

- Zeitbereichsdaten
 - Quick Plot
 - **Report Plot**
 - Cross Plot
- Frequenzgänge
 - Quick Bode Plot
 - Report Bode Plot
 - Spectral Plot
 - Mismatch Envelope Plot
- Frequenzbereichsdaten
 - Quick Plot Frequency Domain
 - Report Plot Frequency Domain



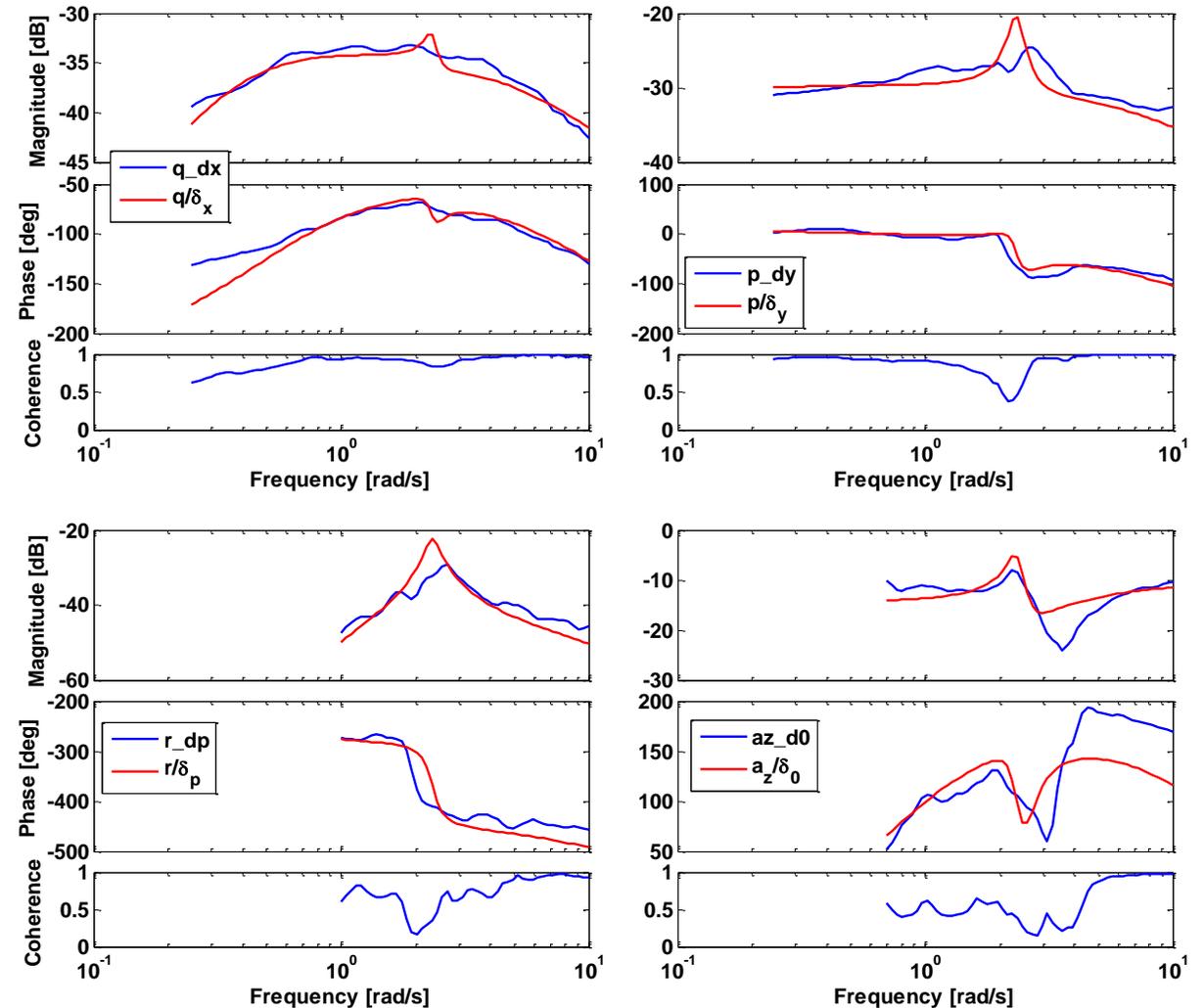
Datenvisualisierung und -analyse

- Zeitbereichsdaten
 - Quick Plot
 - Report Plot
 - **Cross Plot**
- Frequenzgänge
 - Quick Bode Plot
 - Report Bode Plot
 - Spectral Plot
 - Mismatch Envelope Plot
- Frequenzbereichsdaten
 - Quick Plot Frequency Domain
 - Report Plot Frequency Domain



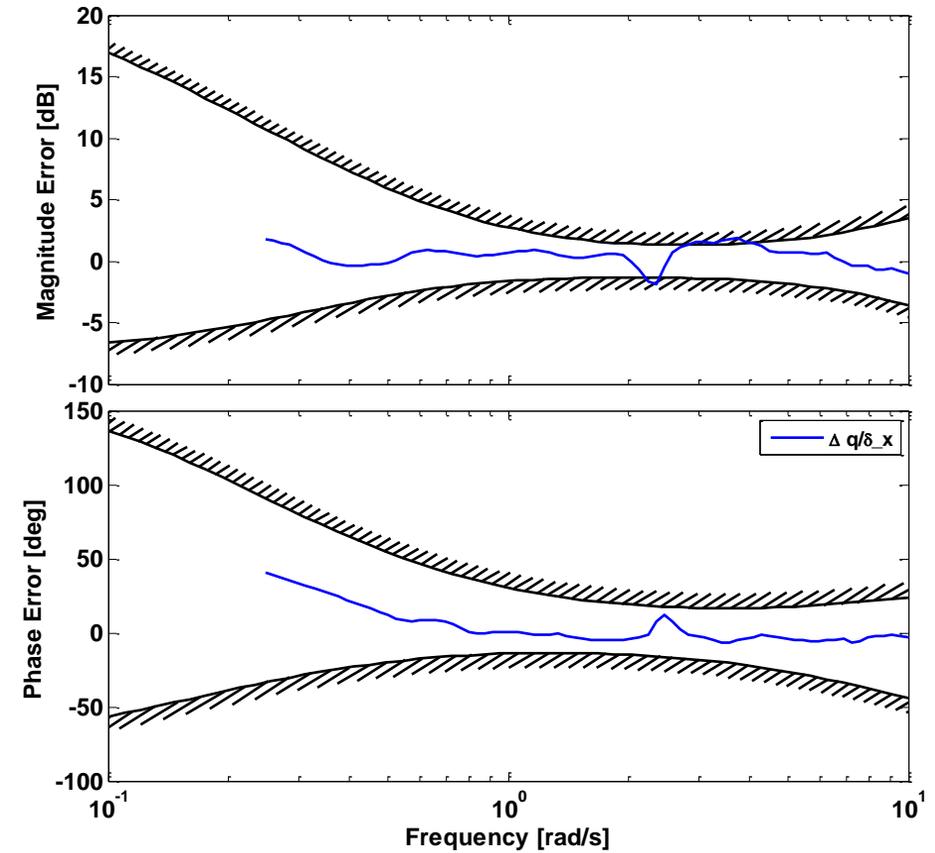
Datenvisualisierung und -analyse

- Zeitbereichsdaten
 - Quick Plot
 - Report Plot
 - Cross Plot
- Frequency Responses
 - Quick Bode Plot
 - **Report Bode Plot**
 - Spectral Plot
 - Mismatch Envelope Plot
- Frequenzbereichsdaten
 - Quick Plot Frequency Domain
 - Report Plot Frequency Domain

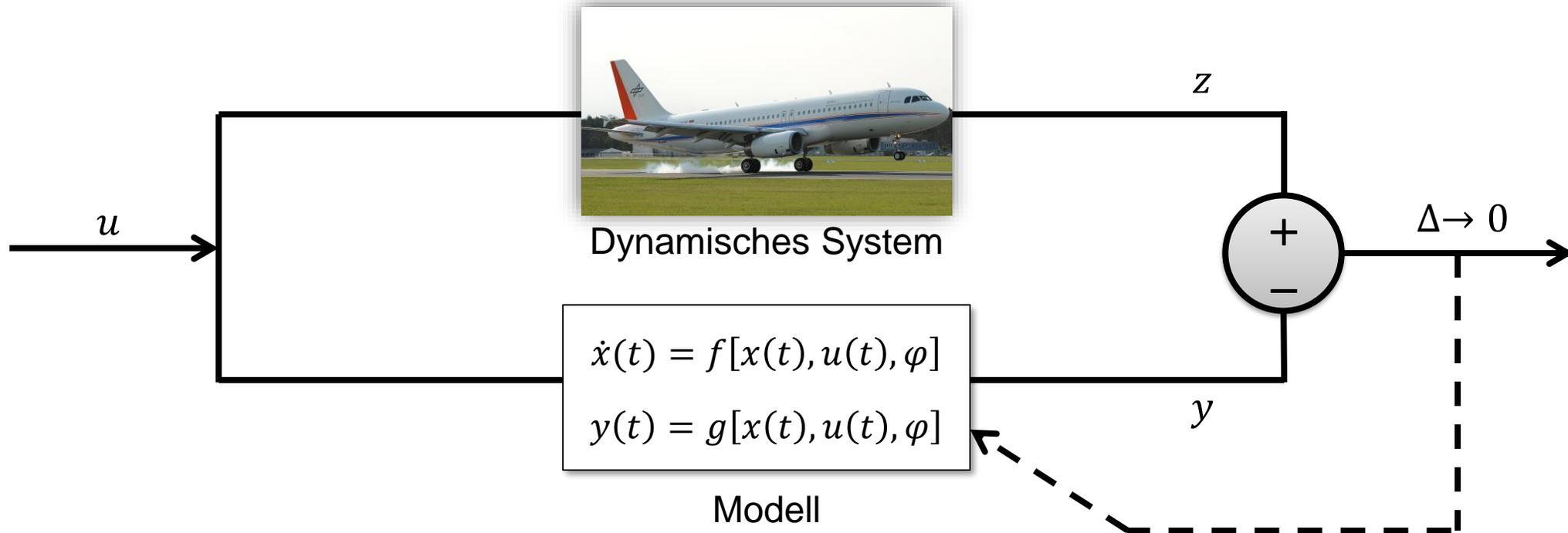


Datenvisualisierung und -analyse

- Zeitbereichsdaten
 - Quick Plot
 - Report Plot
 - Cross Plot
- Frequency Responses
 - Quick Bode Plot
 - Report Bode Plot
 - Spectral Plot
 - **Mismatch Envelope Plot**
- Frequenzbereichsdaten
 - Quick Plot Frequency Domain
 - Report Plot Frequency Domain



Systemidentifizierung



Bestimme die Modellstruktur und die Modellparameter φ so, dass eine optimale Übereinstimmung von Modellantwort y und gemessener Systemantwort z erreicht wird.

Systemidentifizierung – Modelle

Nichtlineare Modelle

- benutzerdefiniertes m-File oder C++-File
- liefert Ausgangsvektor als Funktion der Zeit, der Eingänge und der unbekannt Parameter
- kann Aufruf von Simulink-Modell enthalten

Lineare Modelle

- benutzerdefiniertes m-File
- liefert Systemmatrizen und ggf. Totzeiten als Funktion der unbekannt Parameter
- Simulation mit Control System Toolbox

Polynommodelle für Übertragungsfunktionen

- direkt über ein Panel definiert
- Zähler-/Nennerpolynom oder Pole/Nullstellen
- Behandlung mit Control System Toolbox



Systemidentifizierung – Methoden und Optimierung

Maximum Likelihood Methode

- Zeitbereich:
Minimierung der Fehler in den Ausgangsgrößen
- Frequenzbereich:
Anpassung der Ausgangsspektren

Frequency Response Methode

- Anpassung von Frequenzgängen
- Minimierung der Amplituden- und Phasenfehler
- optionale Kohärenzgewichtung

Optimierung

- Gauß-Newton oder Subplex Verfahren
- Optimization Toolbox (wenn vorhanden)



Systemidentifizierung – Anwendungsbeispiele



Raumgleiter



Segelflugzeug

Flächenflugzeuge



Pilot



Sidestick



ACT/FHS

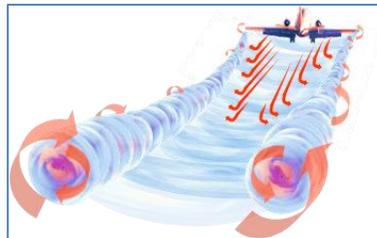
Hubschrauber



Modell



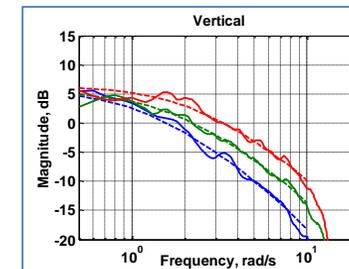
Fallschirm



Wirbelschleppen



Tragschrauber



Turbulenz



Flugeigenschaftsanalyse (Hubschrauber)

Quantitative Kriterien (ADS-33)

- Bandbreite
 - Dynamische Stabilität
 - Attitude Quickness
 - Large Amplitude
 - Spiral Stability
- Nicken/Rollen/
Gieren
-
- Height Response
 - Torque Response
- Vertikal-
bewegung
-
- Pitch due to Collective
 - Yaw due to Collective
 - Pitch-Roll Coupling
 - Roll-Sideslip Coupling
- Kopplungen

Mission Task Element Plots

- Hover
- Vertical Maneuver
- Lateral Reposition
- Depart/Abort
- Hovering Turn
- Slalom
- Pirouette
- Load Placement

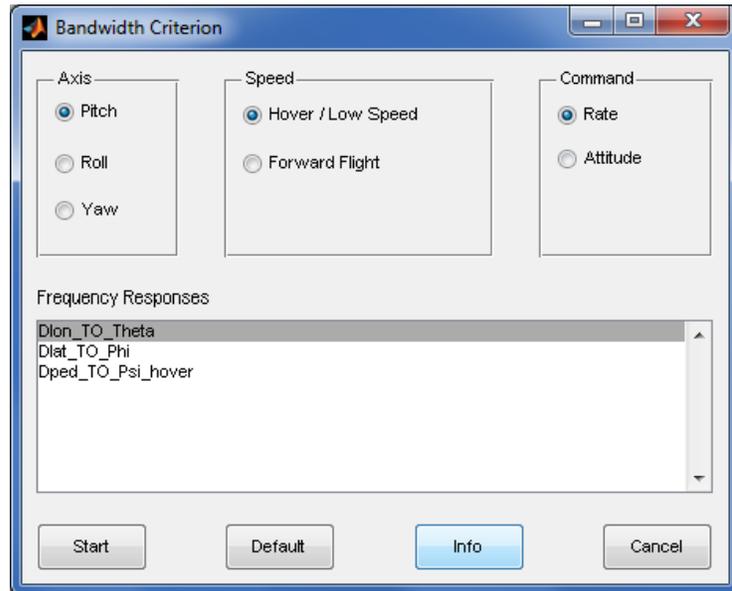
Extra Routinen

- RMS / Cutoff Frequency
- Attack Parameter

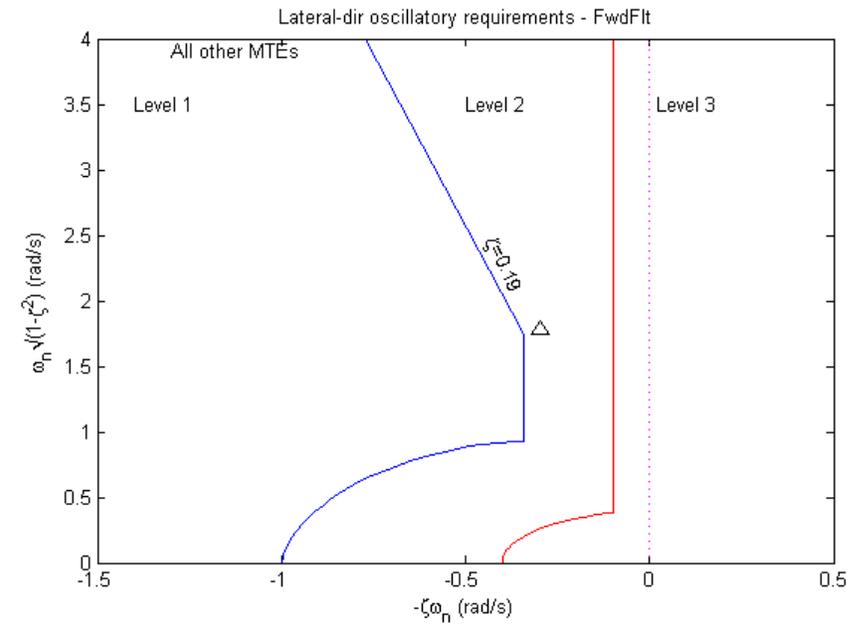


Flugeigenschaftsanalyse – Quantitative Kriterien

- Panel zur Auswahl von
 - Achse, Geschwindigkeit, Regler, ...
 - ggf. Methode
 - Daten (Zeitbereich oder Frequenzgänge)

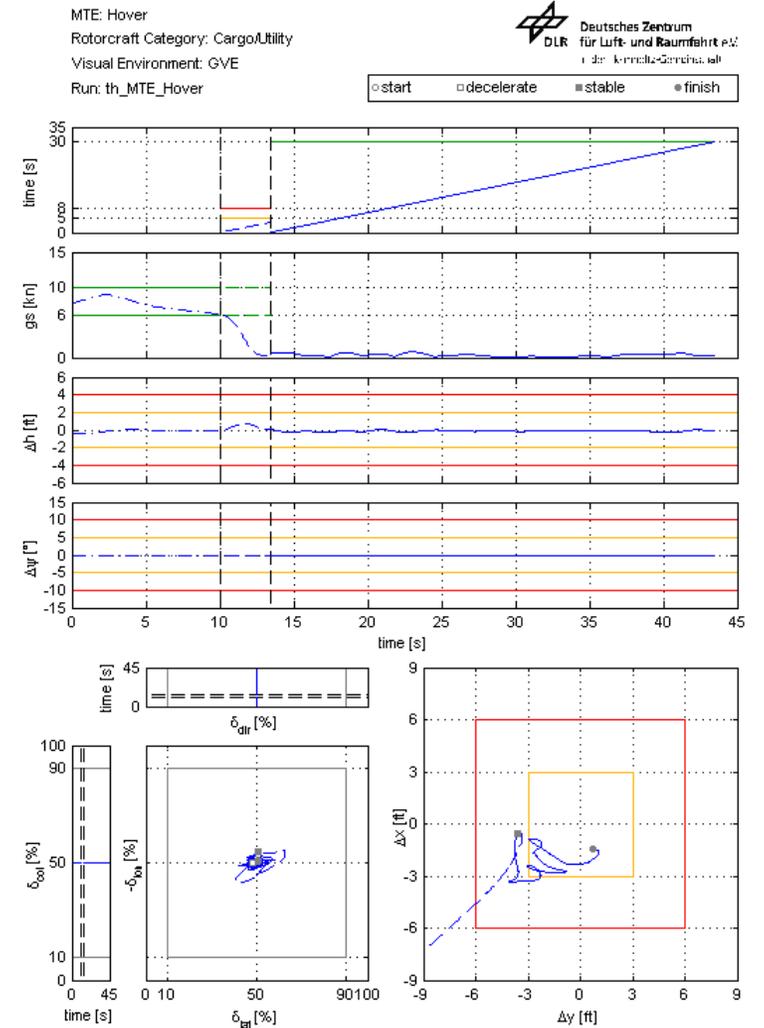
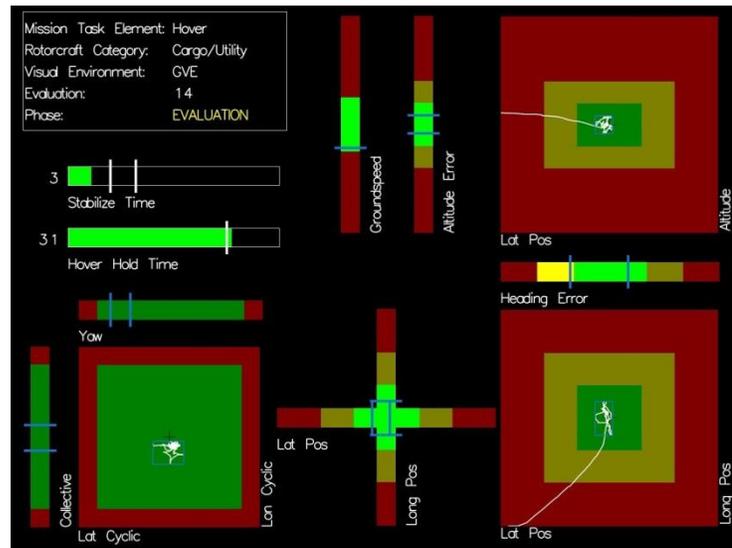


- Ergebnisse
 - numerische Ergebnisse in FitlabGui Fenster und Logdatei
 - Plots mit Grenzen aus ADS-33



Flugeigenschaftenanalyse – Mission Task Element Plots

- spezifisch für den ACT/FHS des DLR
- korrespondieren mit MTE Displays
- Zeitverläufe mit Manöverphasen, Steueraktivität, Hubschrauber- & Lastposition
- Grenzen für „desired“ und „adequate performance“



Zusammenfassung

FitlabGui = ein integriertes Tool für

- Datenvorverarbeitung
- Frequenzgangerzeugung
- Datenvisualisierung und -analyse
- Systemidentifizierung
- Flugeigenschaftsanalyse von Hubschraubern

Für weitere Informationen: susanne.seher-weiss@dlr.de

PS:
Angebote für Bachelor-/Masterarbeiten, Promotionsstellen, etc. unter www.dlr.de/jobs

