

# Die Entwicklung von Experimentfunktionen für den DLR-Forschungshubschrauber ACT/FHS

M. Gestwa

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

Institut für Flugsystemtechnik

Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig

[martin.gestwa@dlr.de](mailto:martin.gestwa@dlr.de)



Wissen für Morgen

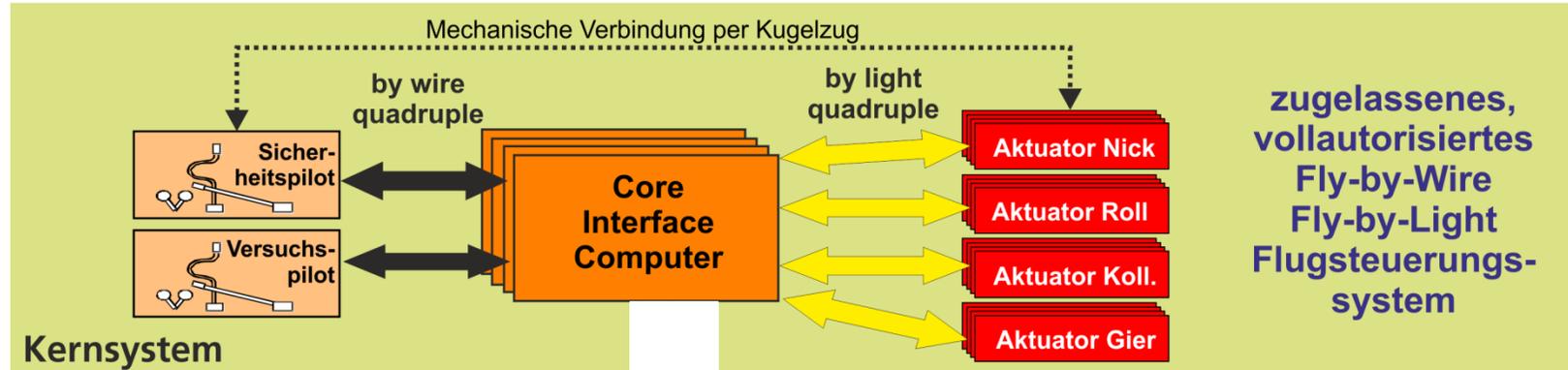


# Vortragsgliederung

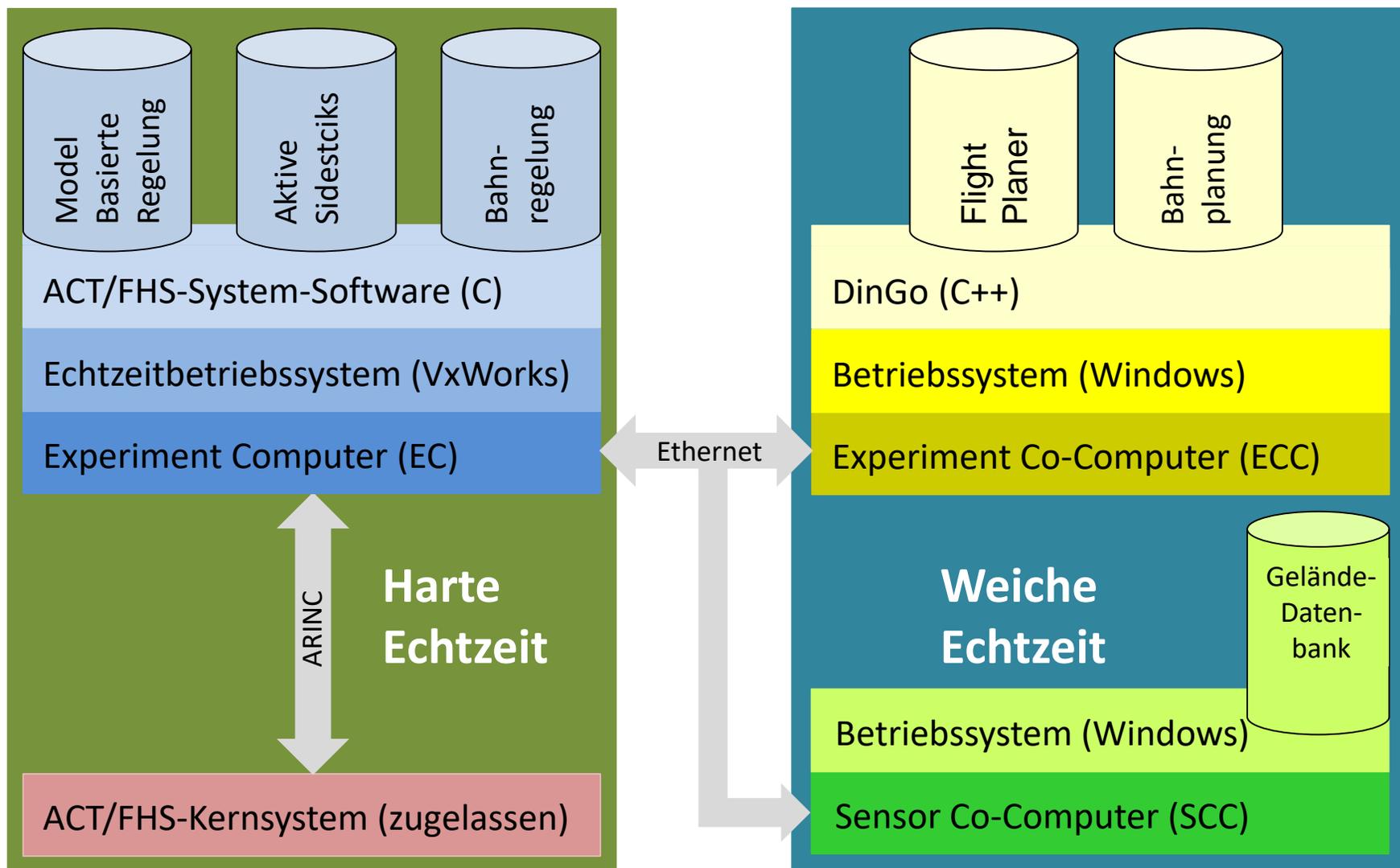
- DLR Forschungshubschrauber ACT/FHS – Systemarchitektur
- Architektur der Experiment-Software
- Software-Entwicklung mit einem modifizierten Simulink-Coder
- Modifikation des Simulink-Coders
- Modifikationsbeispiel: GetVersionInfo
- Entwicklungsprozess von Experiment-Software
- Beispiel: Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Modell-basierte Regelung



# DLR Forschungshubschrauber ACT/FHS - Systemarchitektur



# Architektur der Experiment-Software

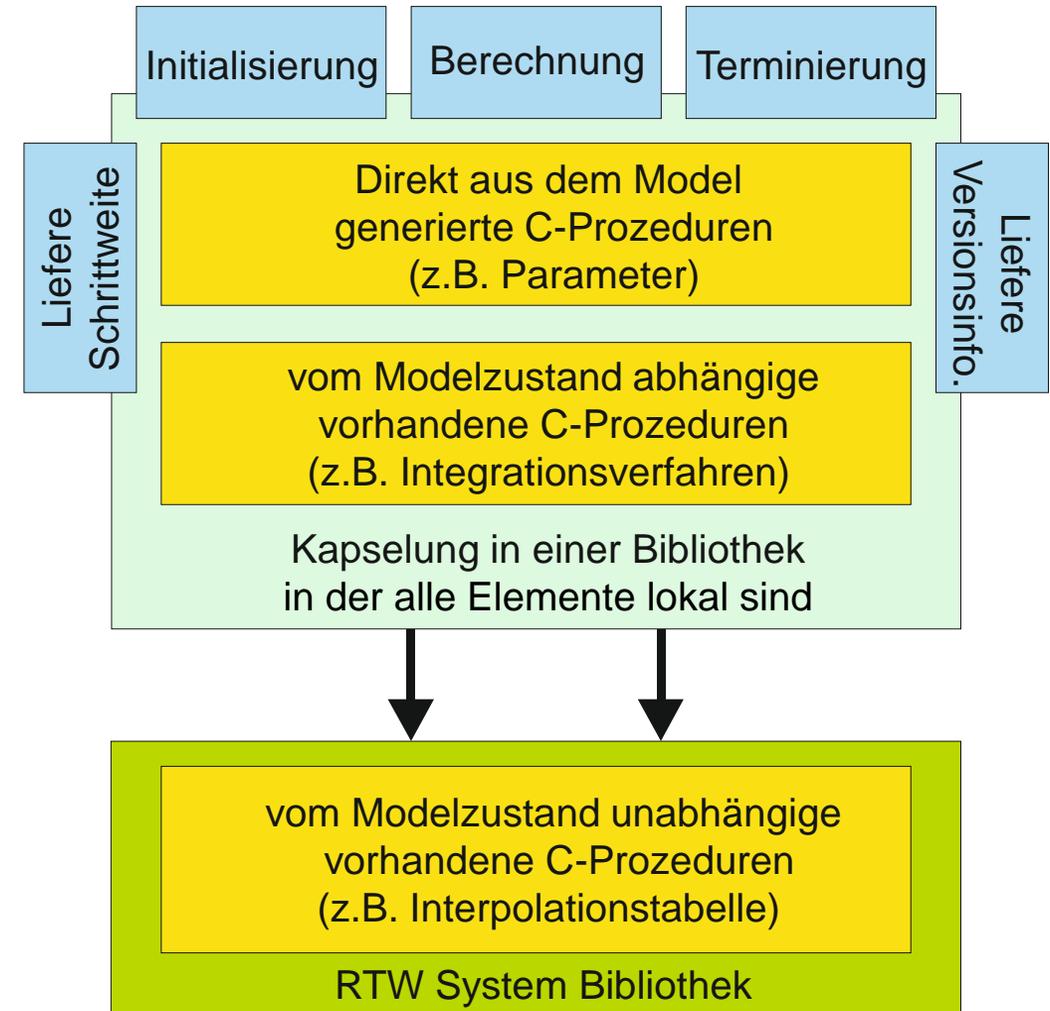




# Modifikation des Simulink-Coders

Anforderungen für die Integration von Experimentfunktion in die System-Software:

- Alle Simulink-Blöcke müssen unterstützt werden
- Der generierte Quell-Code
  - darf nicht auf ein spezielles Betriebssystem zu geschnitten sein,
  - von verschiedenen Modellen muss nebenläufig ausführbar sein
  - darf nur eine Model-Instanz beinhalten und
  - muss die Simulationsschritt und Versionsinformationen auf Abruf bereitstellen.



# Modifikationsbeispiel: GetVersionInfo

## TLC-Anweisung zum Auslesen der Versionsinformation aus dem MATLAB-Workspace

```
%if DLR_VCI == 1
    %assign vciarg1 = "( unsigned long *puj_revision, unsigned long *puj_interface, "
    %assign vciarg2 = " unsigned long *puj_modul, double *pd_timestamp )"
    %assign vcifcn   = "void %<mdl_name>_GetVersionInfo%<vciarg1>%<vciarg2>"
    %%
    %% Befehlssyntax:
    %% %assign <TCL-Variable> = FEVAL("evalin","base","<MATLAB-Workspace-Variable>")
    %% <TCL-Variable> : Dieser TLC-Variablen wird der Wert der MATLAB-Variablen
    %%                   im Workspace zugewiesen
    %%
    %assign vci_revision   = FEVAL("evalin","base","Version.revision")
    %assign vci_interface = FEVAL("evalin","base","Version.interface")
    %assign vci_modul     = FEVAL("evalin","base","Version.modul")
    %assign vci_timestamp = FEVAL("evalin","base","Version.timestamp")
    %assign vci_ident     = FEVAL("evalin","base","Version.ident")
%endif
```



# Modifikationsbeispiel: GetVersionInfo

## TLC-Anweisungen zum Erstellen der C-Prozedur

```
%<vcifcn>

{
    // should never be executed; ensure usage of SVN Ident Code
    if( NULL==puj_revision ){
        printf("Adress Error should be never displayed!: %s\n", &c_SvnIdent_Code[0] );
    }
    // DLR Version Control Information out of the MATLAB-Workspace:
    // - Revision   : %<vci_revision>
    // - Interface  : %<vci_interface>
    // - Modul      : %<vci_modul>
    // - Timestamp  : %<vci_timestamp>
    // - Ident      : %<vci_ident>
    *puj_revision = ( (unsigned long) (%<vci_revision>+0.5) );
    *puj_interface = ( (unsigned long) (%<vci_interface>+0.5) );
    *puj_modul     = ( (unsigned long) (%<vci_modul>+0.5) );
    *pd_timestamp  = ( (double) (%<vci_timestamp>) );
}
```



# Modifikationsbeispiel: GetVersionInfo

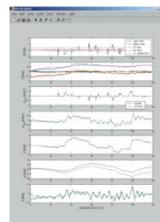
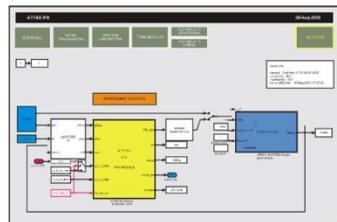
## Resultierende C-Code

```
void fhs_fcs_GetVersionInfo( unsigned long *puj_revision, unsigned long *puj_interface,
                           unsigned long *puj_modul, double *pd_timestamp )
{
    // should never be executed; ensure usage of SVN Ident Code
    if( NULL==puj_revision ){
        printf("Adress Error should be never displayed!: %s\n", &c_SvnIdent_Code[0] );
    }
    // DLR Version Control Information out of the MATLAB-Workspace:
    // - Revision   : 3090.0
    // - Interface  : 33.0
    // - Modul      : 0.0
    // - Timestamp  : 2.01303141847E+7
    // - Ident      : Rev3090_20130314_1847_halas_20130215_0911_mycopter_20130314_0811
    *puj_revision = ( (unsigned long) (3090.0+0.5) );
    *puj_interface = ( (unsigned long) (33.0+0.5) );
    *puj_modul     = ( (unsigned long) (0.0+0.5) );
    *pd_timestamp  = ( (double) (2.01303141847E+7) );
}
```



# Entwicklungsprozess von Experiment-Software

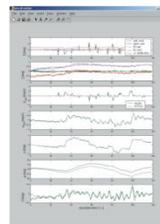
Entwicklung der Experiment-Funktion  
in der Offline-Simulation



**C-Code Generierung durch den  
modifizierter Simulink-Coder**



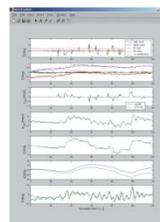
Testen der Experiment-Funktion  
im AVES EC-135-Cockpit



**Überprüftes, freigegebenes und  
Bit-identisches Experiment-Programm**



Interner  
Flugversuch

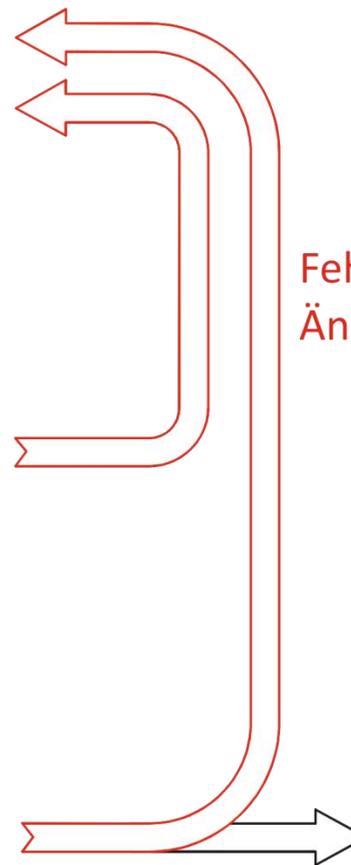


**Freigabe des Experi-  
ment-Programms**

Offizieller Flugversuch

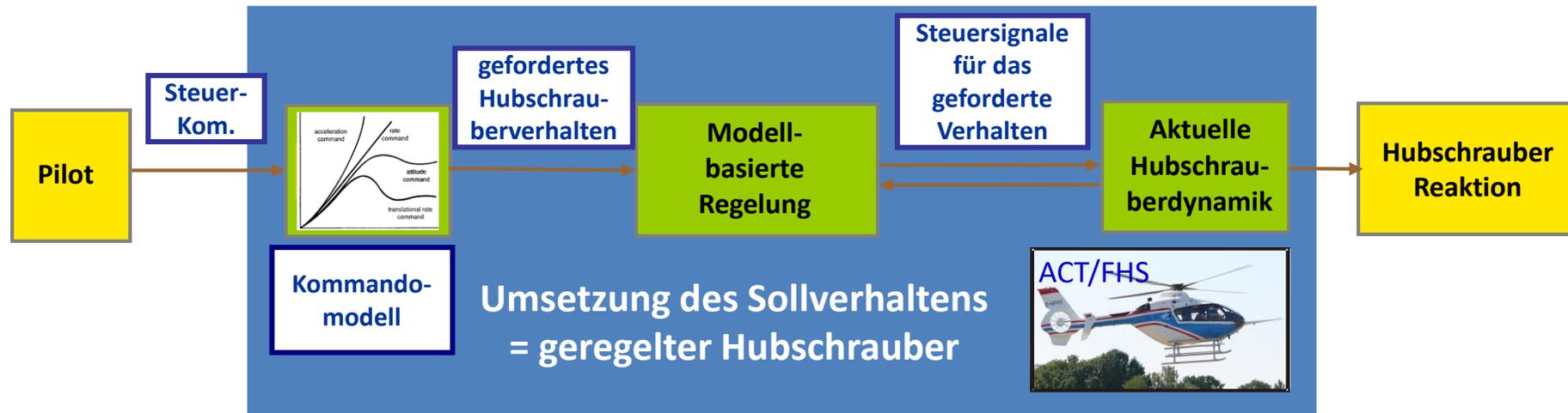


Fehlersuche  
Änderungsanforderungen



# Beispiel: Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Modell-basierte Regelung

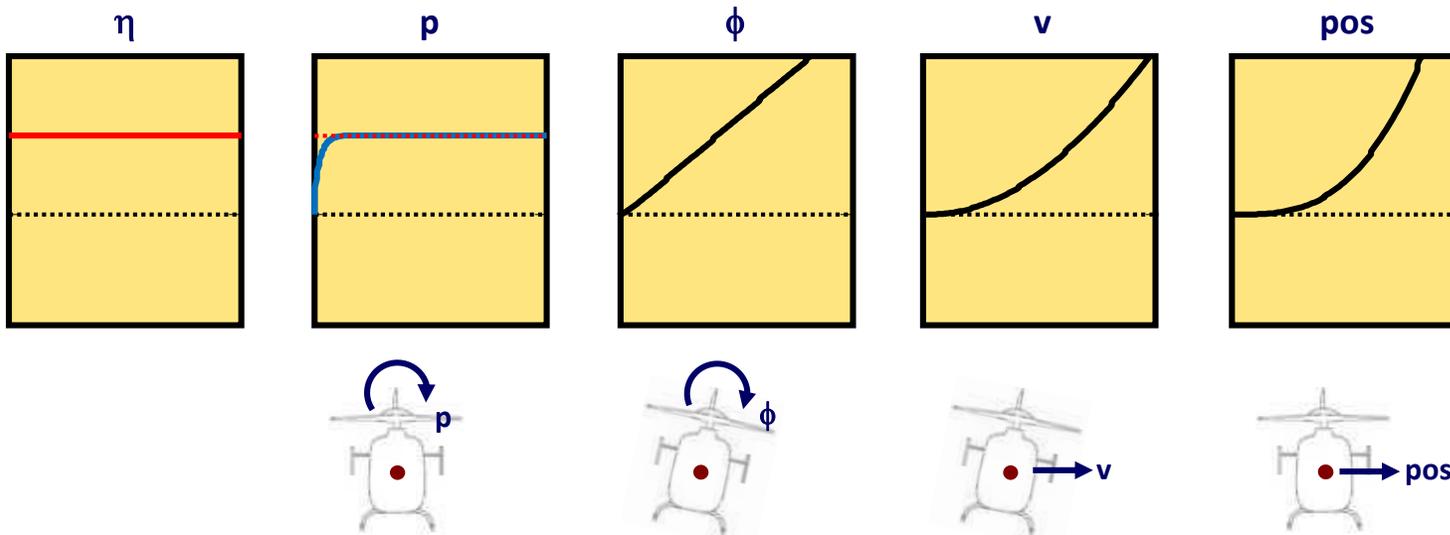
- Problem:
  - Wie kann das stark gekoppelte System Hubschrauber stabilisiert werden?
- Lösung:
  - Modell-basierte Regelung bildet das geforderte Flugverhalten aus dem Kommandomodell auf den Hubschrauber ab (EC 135)
  - Steuerkommando des Piloten ist der Eingang des Kommandomodells
  - Pilot steuert das stabile Kommandomodell anstatt des instabilen Hubschraubers



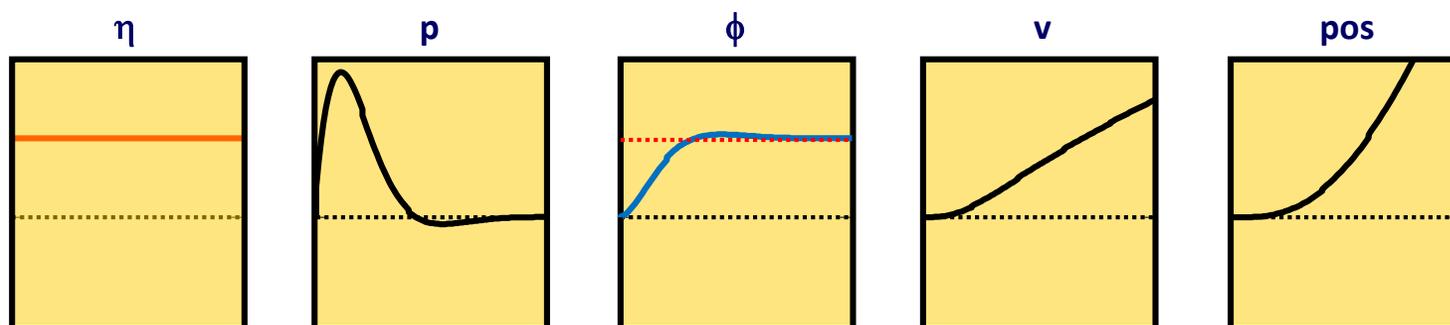
# Beispiel: Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Modell-basierte Regelung

## Kommandomodelle – Antwortverhalten –

### Ratenkommando (RC)



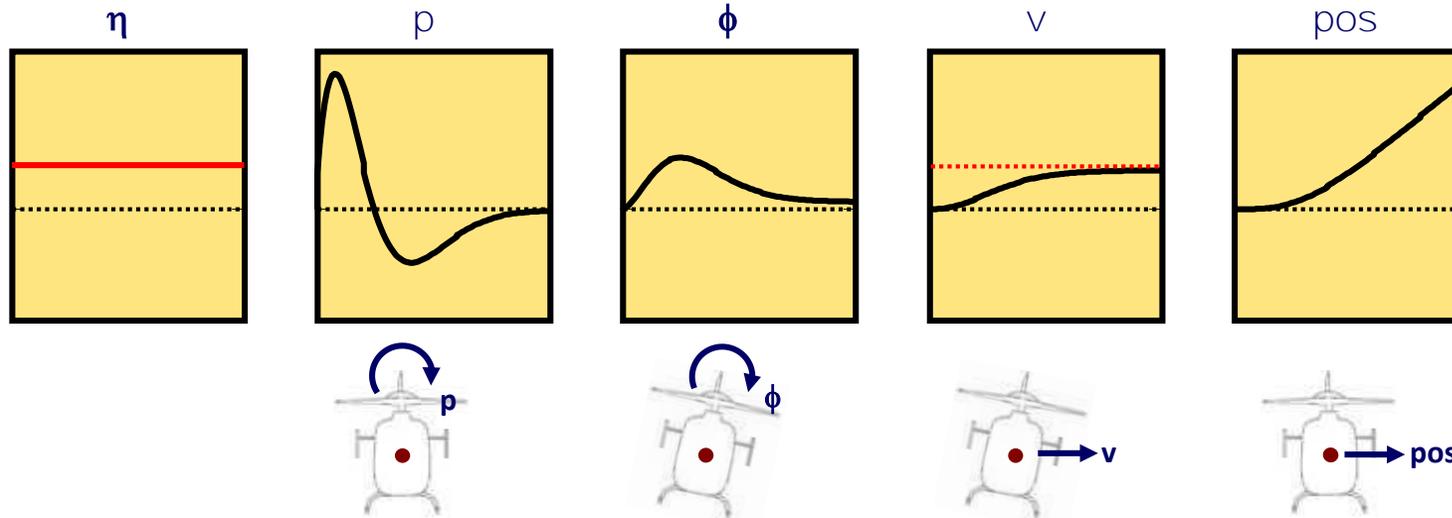
### Lagekommando (AC)



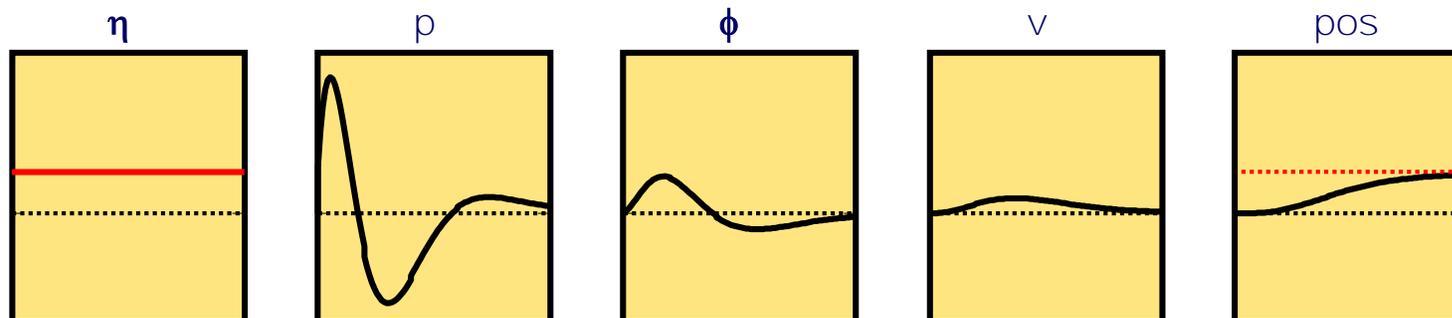
# Beispiel: Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Modell-basierte Regelung

## Kommandomodelle – Antwortverhalten –

### Geschwindigkeitskommando (TRC)



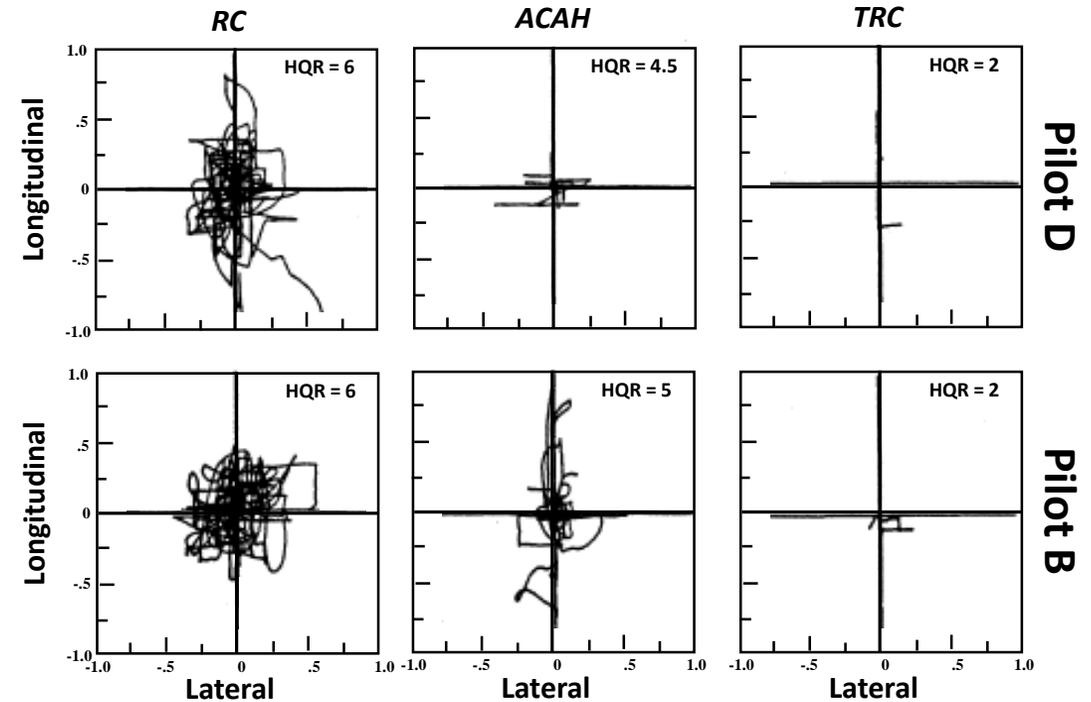
### Positionskommando (PC)



# Beispiel: Reduzierung der Arbeitsbelastung des Piloten durch Modell-basierte Regelung

## Einfluss des Antwortverhalten auf die Steueraktivität

- Vergleich der Handling Qualities mit
  - Rate Command (RC)
  - Attitude Command Attitude Hold (ACAH)
  - Translational Rate Command (TRC)



Zunehmende Stabilisierung →

Quelle: Blanken, Hart, Hoh, „Helicopter Control Response Types for Hover and Low-Speed Near-Earth Tasks in Degraded Visual Environment“, 47th AHS Forum, Phoenix, AZ, USA, 1991

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit ...**

**... und Frage?**



**Die Entwicklung  
von Experiment-  
funktionen für den  
DLR-Forschungs-  
hubschrauber  
ACT/FHS**

Martin Gestwa



DLR