



Modulare Prüftechnik für die Funktionserprobung von aktiven Wankstabilisatoren

Christoph Koch (ZF), Timo Jungblut (IABG), Sebastian Bultmann (ZF), Michael Winter (IABG)



Agenda

1. Neue Produkte erfordern neue Prüftechnologie
2. Funktionsdefinition und Integrationskonzepte
3. Herausforderungen Maschinenbau
4. Modellbasierte Entwicklung und Absicherung
5. Regelungskonzept
6. Detaillösungen
7. Integration in das Bedienkonzept
8. Zusammenfassung

01

Neue Produkte erfordern neue Prüftechnologie

Funktionserprobung von aktiven Wankstabilisatoren

Produkt kennenlernen



Neue Produkte ergeben neue Prüfanforderungen

- Fail-Safe
- Funktion
- Performance

Erfahrungen sammeln



Erste Prüferfahrungen mit flexiblen Prüfaufbauten sammeln

- Betrieb von zwei Systemen parallel (Mechatronik & mechanische Belastung)
- Hoher Bedienaufwand

Optimierungen umsetzen



Konkrete Umsetzung in neue Prüftechnologie

- Möglichkeiten der Automatisierung nutzen
- Standardisierung der Versuche

Anforderungen an den neuen Funktionsprüfstand

Gegenkraftanlage

- Weg (bis 5Hz) $\pm 125\text{mm}$
- Weg (bis 20Hz) $\pm 20\text{mm}$
- Geschwindigkeit $\pm 4\text{m/s}$
- Gegenkraft (statisch) $\pm 20(32)\text{kN}$
- Gegenkraft dynamisch $\pm 18\text{kN}$

Temperaturbereich

- $-40 \dots 140^\circ\text{C}$

Bordnetzsimulation

- Strom $\pm 100\text{A}$
- Spannung $0 \dots 80\text{V}$
- Klemmensteuerung je 2x Kl. 15, 30, 40

Prüflingsgeometrie / Verstellbereich

- Effektiver Hebelarm $100 \dots 410\text{mm}$
- Koppelstangenlänge $50 \dots 470\text{mm}$
- Lagerabstand $500 \dots 950\text{mm}$
- Spurbreite $800 \dots 1600\text{mm}$
- Pfeilung $-25 \dots 25^\circ$

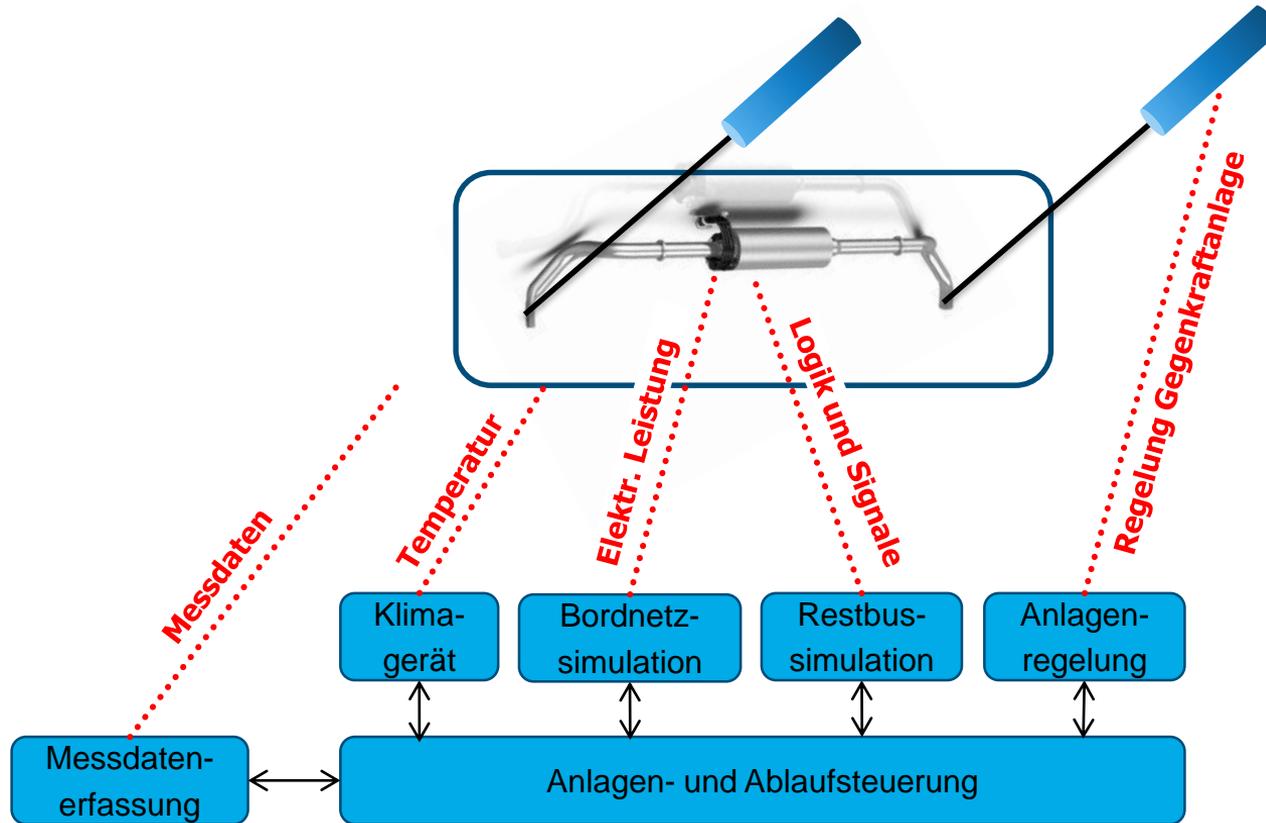
Regelung

- Kraft / Weg
- Folgeregelung
- Störgrößenregelung
- Ohne Iteration
- Ohne Identifikation

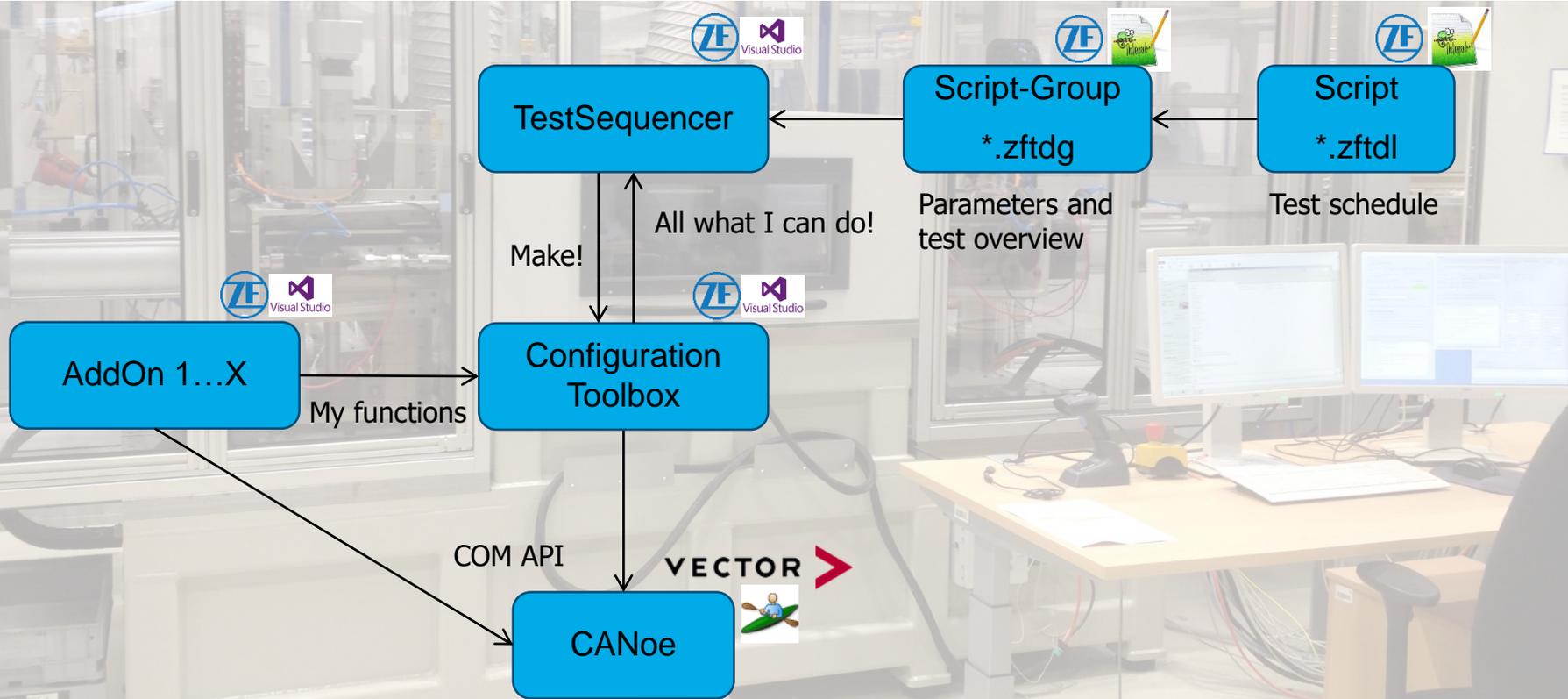
02

Funktionsdefinition und Integrationskonzepte

Funktionsdiagramm ERC Funktionsprüfstand



ZF Softwarebaukasten aus dem Projekt Active Kinematic Control (AKC)



GAP Analyse

Was ist vorhanden

- Testablaufsteuerung
- Restbussimulation
- Diagnose / Fehlerspeicher
- Steuergerätedaten über XCP
- Ansteuerung von Peripherie
 - Klimagerät
 - Bordnetz
- Einfacher PID Regler auf FPGA Basis

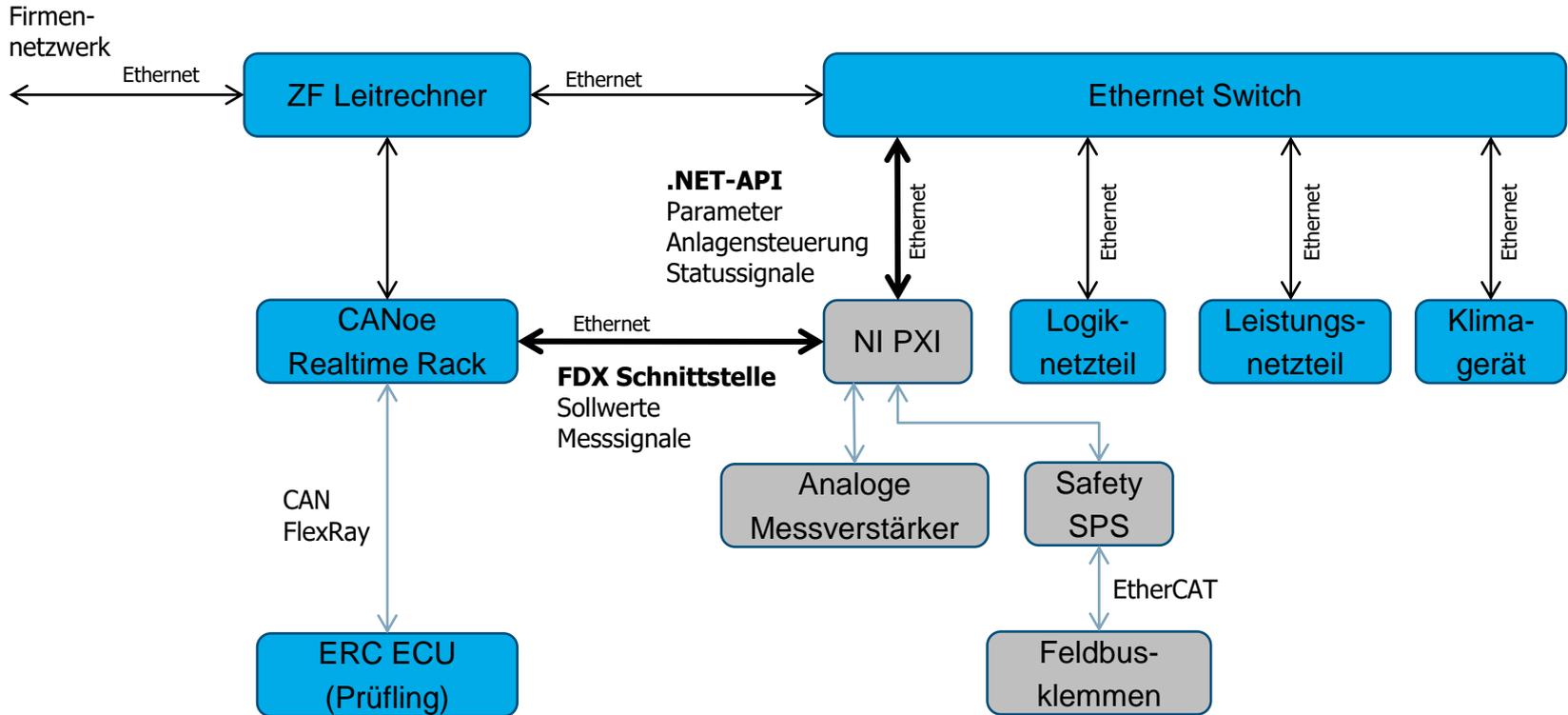


Was fehlt

- Schnelle hydraulische Gegenkraftanlage
- Regelung ohne Iteration
- Integration in die bestehende Toolkette
- Performante Datenschnittstelle ins CANoe
- Planung und Umsetzung des Maschinenbaus

Integration der neuen Systeme in die bestehende Toolkette -Netzwerktopologie

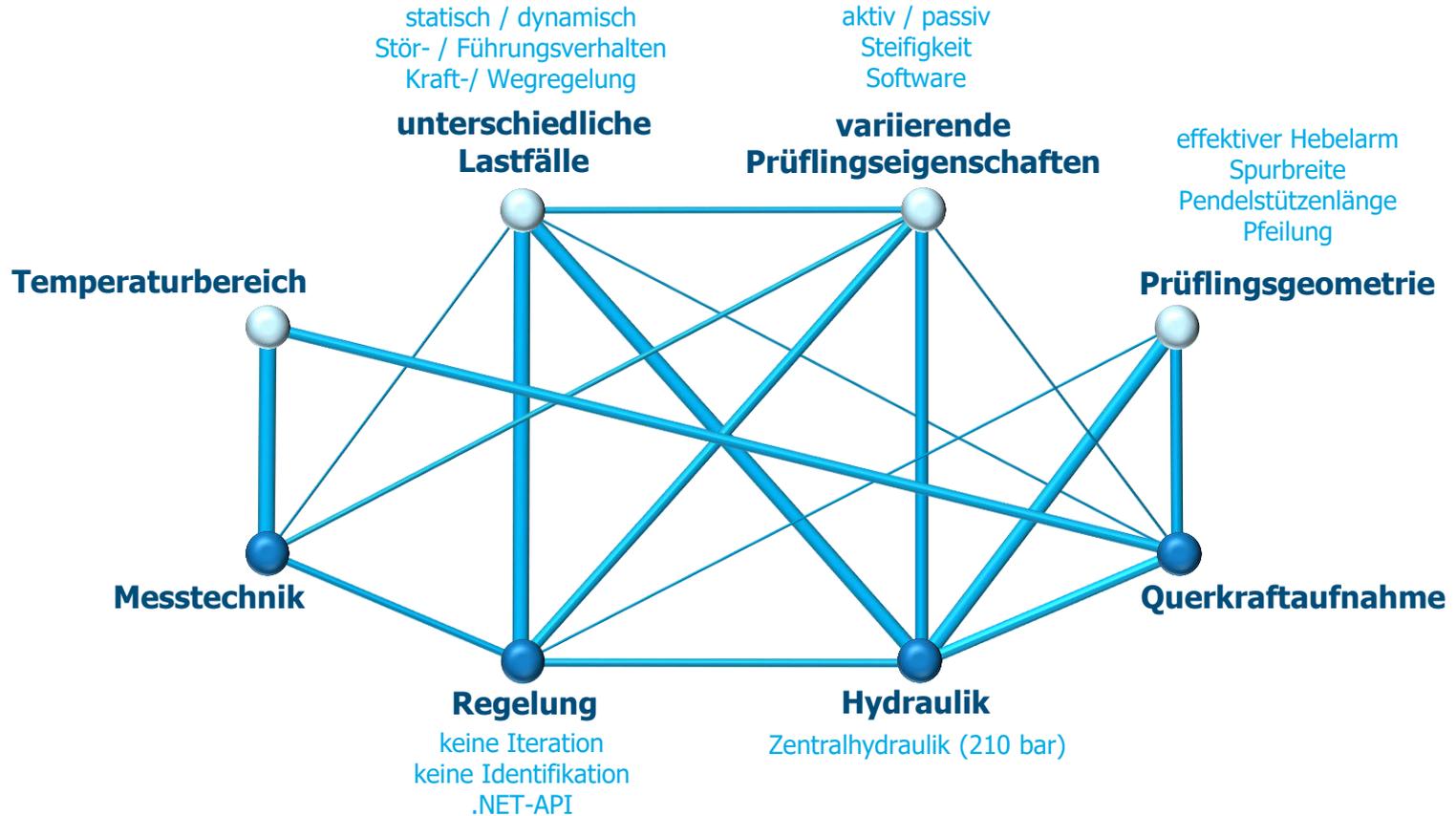
ZF IABG



03

Herausforderungen Maschinenbau

Weitere Herausforderungen



04

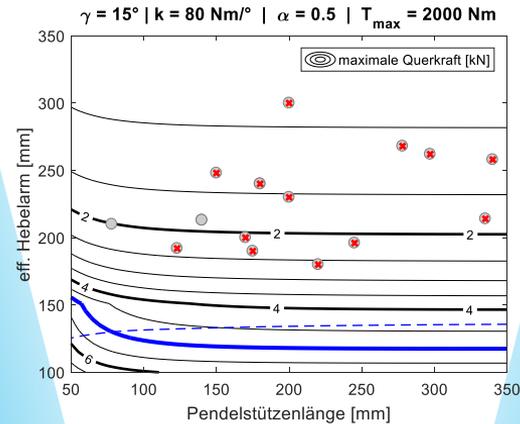
Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

Präzisierung der Anforderungen
Groblegung der Zylinder / Ventile
Groblegung der Querkraftaufnahme

Lineares Modell

- linearisiertes Modell des Prüflings
- ideale Aktorik



Elektrotechnik

Funktionen / Regelung

Mechanik / Hydraulik

Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

Reglerentwurf im Frequenzbereich

Ermittlung wesentlicher Einflussgrößen (Dämpfung, Prüflingsparameter,...)

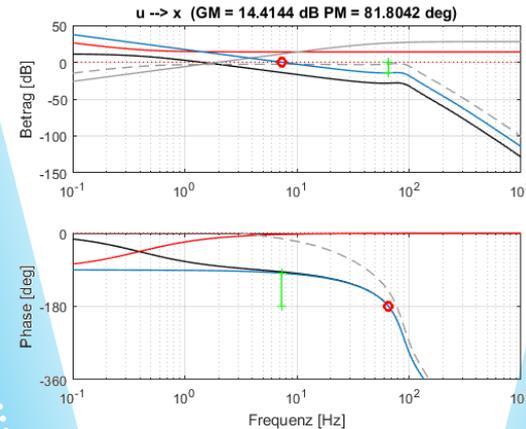
Ableitung von Normierungsvorschriften

Lineares Modell

**Linearisiertes
Entwurfsmodell
(passiver Prüfling)**

**Linearisiertes
Entwurfsmodell
(aktiver Prüfling)**

- linearisiertes Modell des Prüflings
- Linearisiertes Modell der Servohydraulik



Elektrotechnik

Funktionen / Regelung

Mechanik / Hydraulik

Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

Test und Optimierung der Regelung im Zeitbereich

Erweiterung der Regelung um zeitvariante Ansätze (z.B. adaptive Filter)

Untersuchung des Einflusses nichtlinearer Effekte (z.B. Reibung, Totzeit,...)

Feinauslegung der Hydraulik (Zylinder, Ventile, Speicher, Leitungen)

Lineares Modell

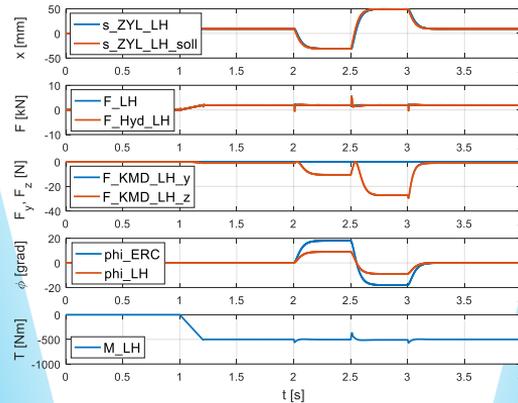
Linearisiertes
Entwurfsmodell
(passiver Prüfling)

Linearisiertes
Entwurfsmodell
(aktiver Prüfling)

**Nichtlin. Modell (SISO) mit
passivem Prüfling**

**Nichtlin. Modell (SISO) mit
aktivem Prüfling**

- nichtlinearisiertes Modell der Servohydraulik
- ideale Sensorik



Elektrotechnik

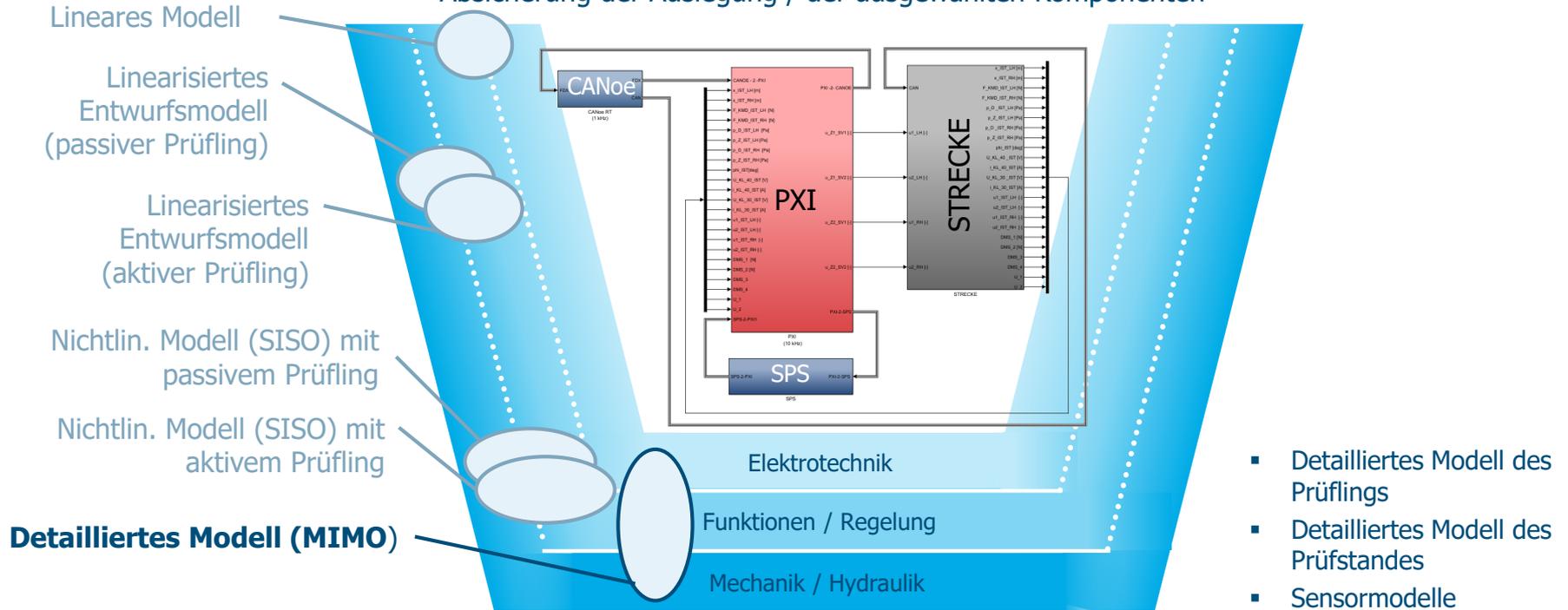
Funktionen / Regelung

Mechanik / Hydraulik

Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

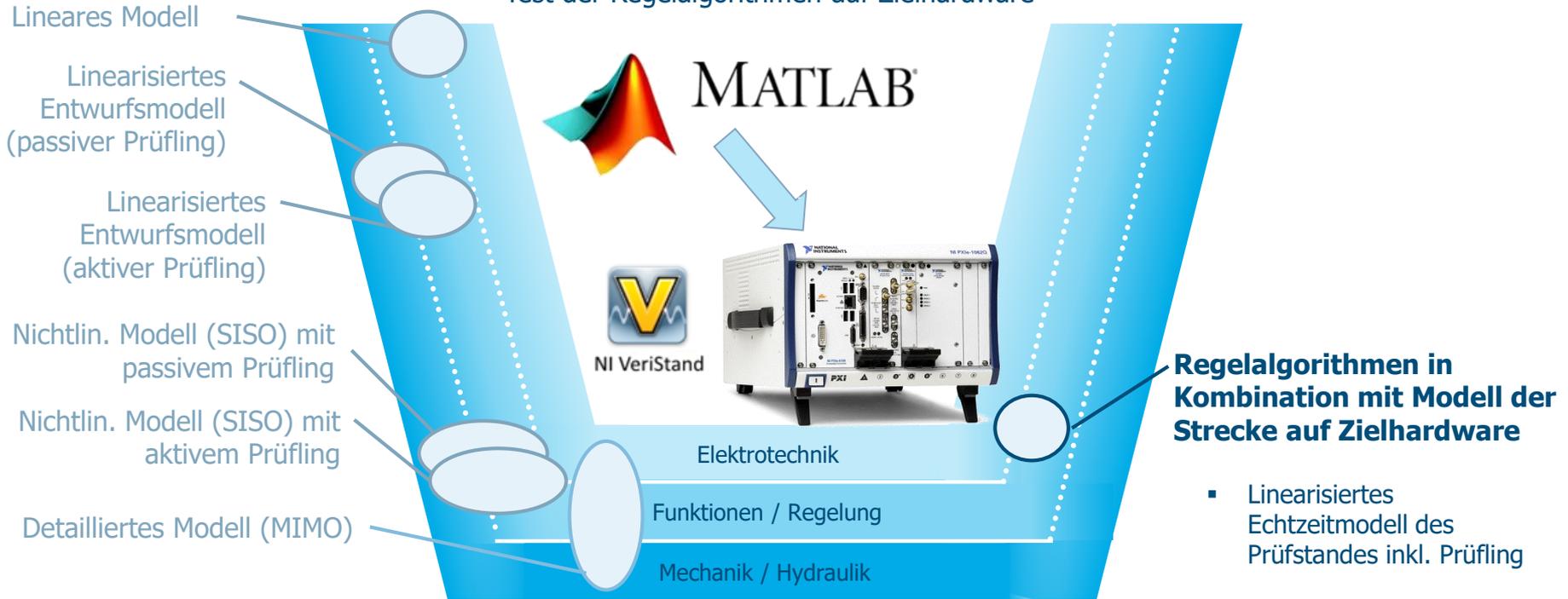
Test der Regelalgorithmen unter Berücksichtigung weiterer Effekte
(Rauschen, DA-Wandlung,..)

Absicherung der Auslegung / der ausgewählten Komponenten



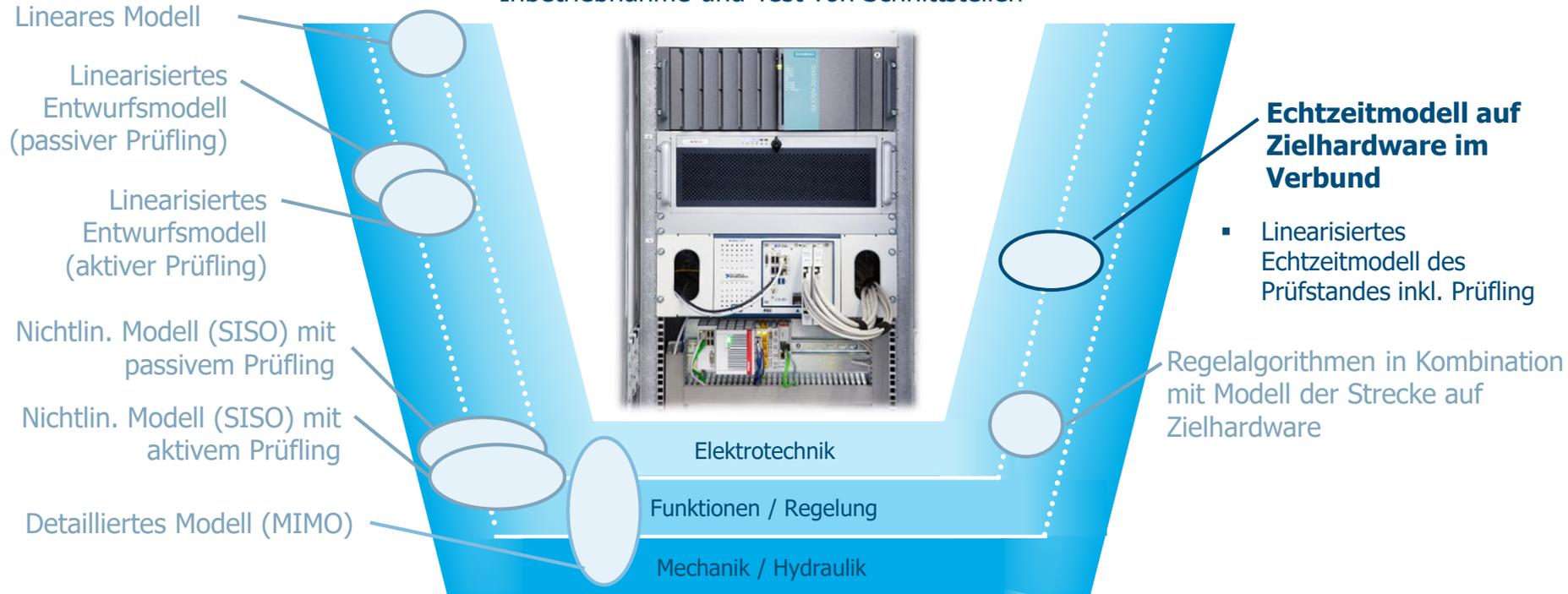
Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

Test der Regelalgorithmen auf Zielhardware



Modellbasierte Entwicklung und Absicherung

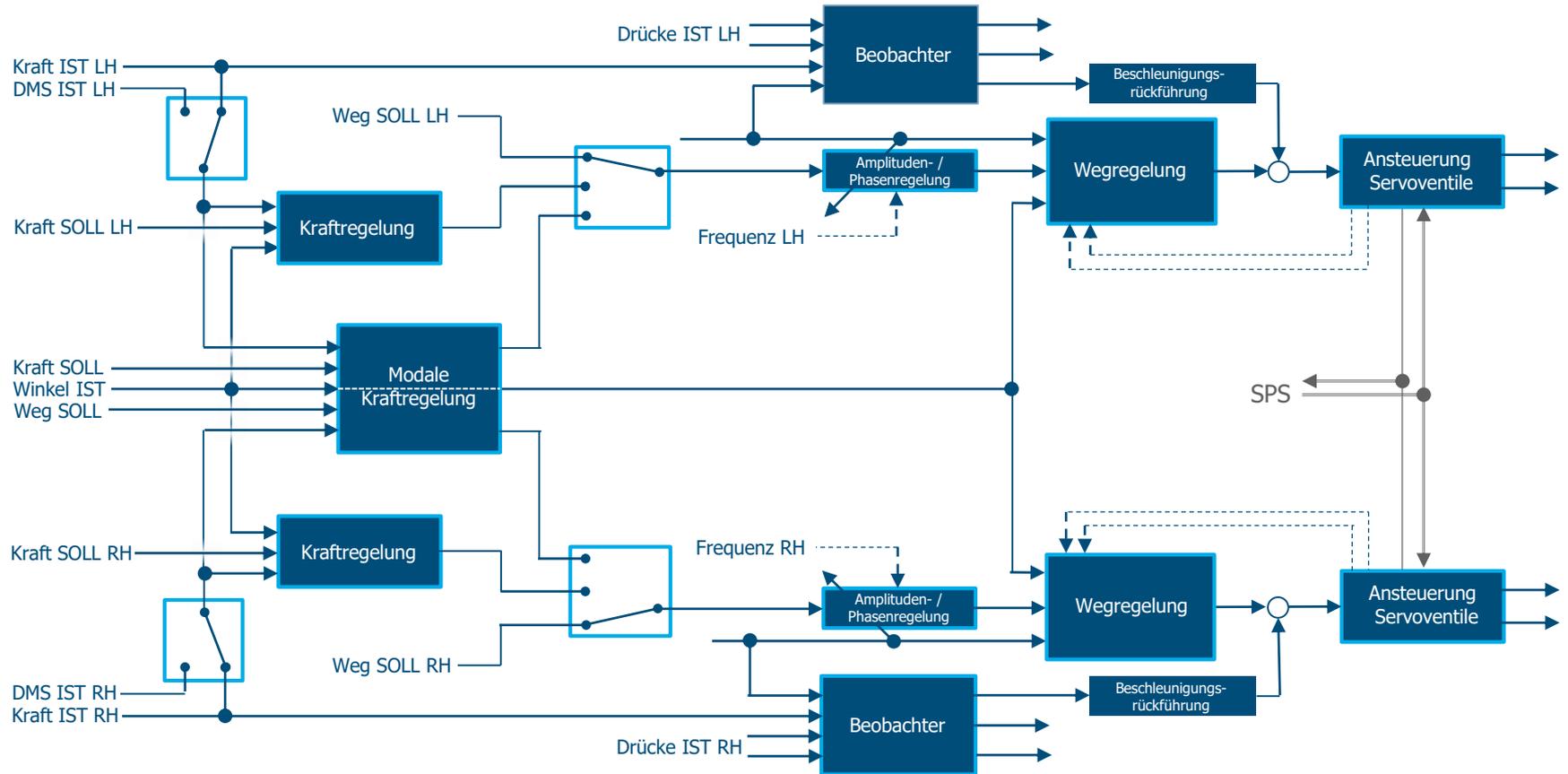
Test der Regelalgorithmen auf realer Hardware im Verbund mit weiteren realen Teilnehmern
Inbetriebnahme und Test von Schnittstellen



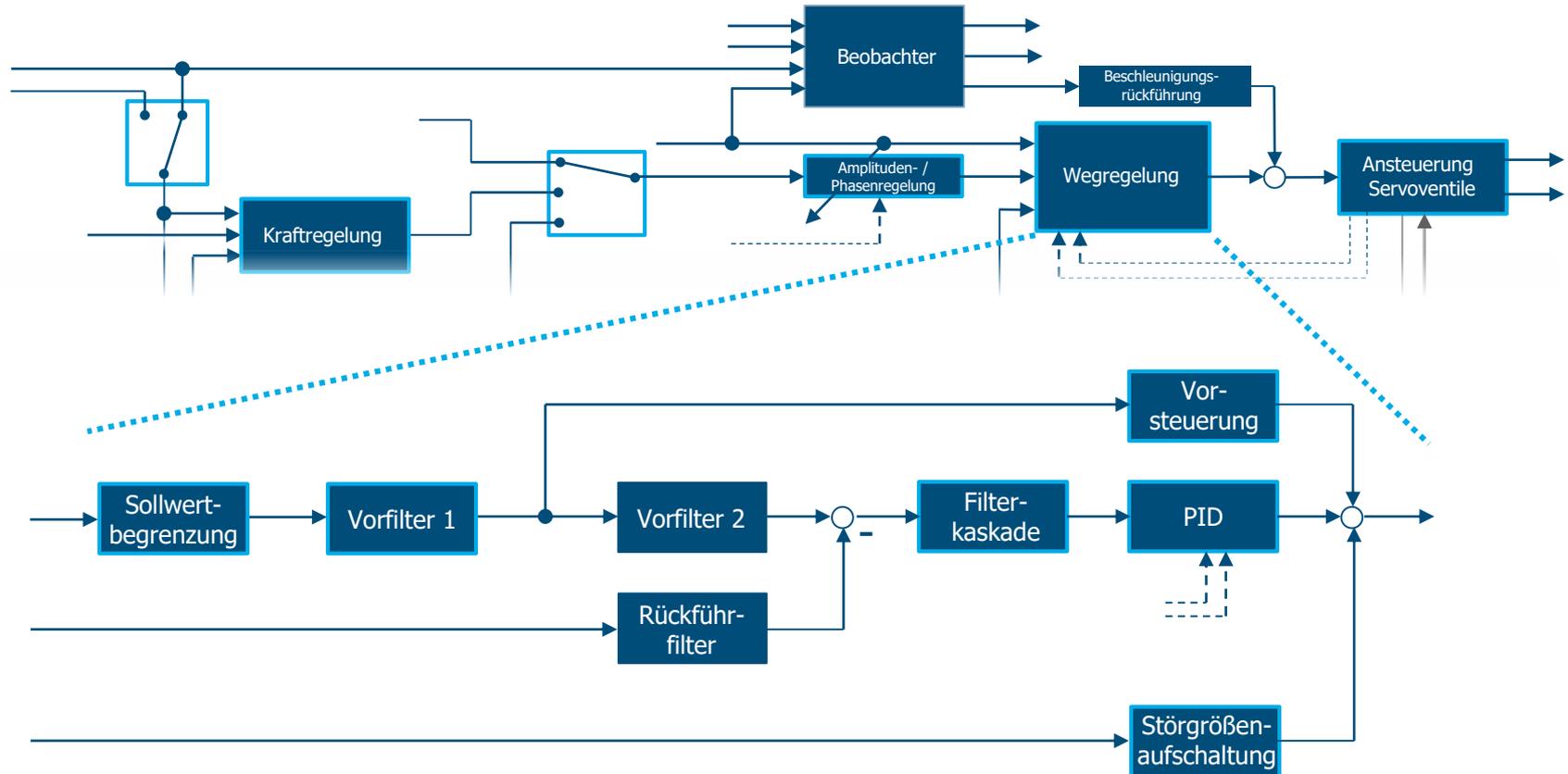
05

Regelungskonzept

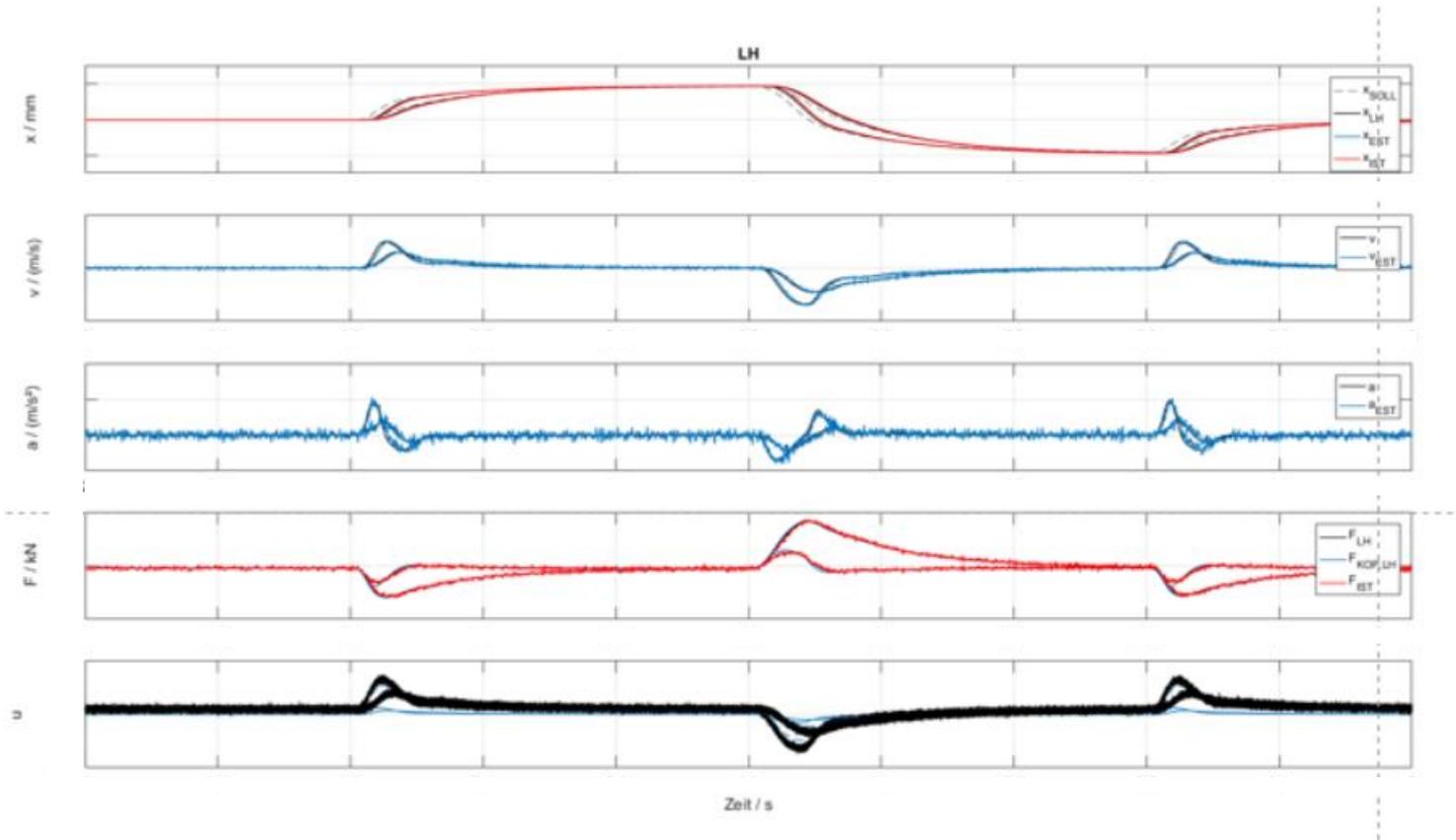
Regelungskonzept



Regelungskonzept



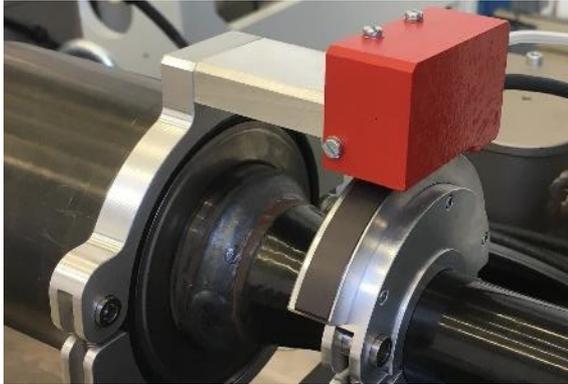
Regelungskonzept



06

Detaillösungen

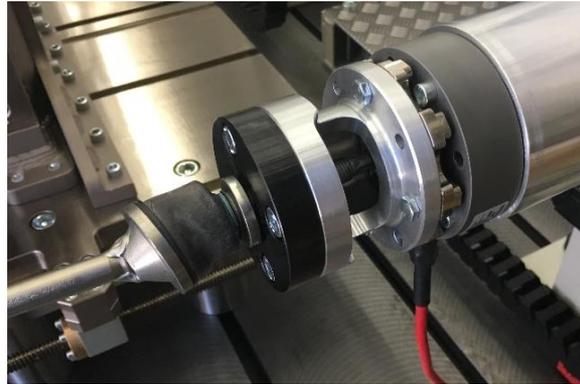
Relativwinkelmessung



Magnetischer, inkrementeller Winkelsensor

- Gehäuse aus Frathernit und Spülung mit getrockneter Druckluft
- Befestigung über Exzenterstapler

Kraftmessung



GTM Serie K mit erweitertem Temperaturbereich

- Kraftmessung unmittelbar an Pendelstütze
- Geringe mitbewegte Masse

Querkraftaufnahme



Führungssystem mit Kugelumlaufrollen

- Durchführung durch Prüfraum mit Druckluftschleuse
- Mitnahme der Platten durch Zylinderbock

Detaillösungen

Hydraulik



Zwei Aufbauplatten pro Zylinder mit je einem Servoventil

- Moog D672
- Kurzschlussventil
- Dämpfungsdrossel

Aufnahmetisch



Manuelle Verstellung aller Rüstachsen

- Spindelhubgetriebe
- Akkuschauber

Anlagensteuerung



Kombinierte dezentrale Anlagen- und Sicherheitssteuerung

- Beckhoff TwinSAFE / TwinCAT
- Dezentrale Feldbusklemmen und IO-Module

07

Integration in das Bedienkonzept

Integration in das Bedienkonzept

Entwicklung der GUI bei ZF

- Erstellung von Anwendung und GUI in getrennten Firmen an verschiedenen Standorten
- Zugriff auf die Anwendung über VeriStand .Net-API
- Schnelle interne Änderung der Bedienoberfläche
- Bedienelemente für Skriptsprache zur Verfügung stellen



Identifer (VeriStand)	Beschreibung	Detailwerte	Unit	Bereich		Stand	Beschreibung	GUI	Schaltzustand	FDX		T
				min	max					Transmitter	Receiver	
Bordnetz	KL15_2	Klemme 15-2 schließen								CANoeRT	PKI	
	KL30_1	Klemme 30-1 schließen	bool							CANoeRT	PKI	
	KL30_2	Klemme 30-2 schließen	bool							CANoeRT	PKI	
	KL40_1	Klemme 40-1 schließen	bool							CANoeRT	PKI	
KL40_2	Klemme 40-2 schließen	bool								CANoeRT	PKI	
SOLLWERTE												
f_Z1_soll	Sollwert Kraft Zylinder 1		kN	-20	20	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
f_Z2_soll	Sollwert Kraft Zylinder 2		kN	-20	20	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
w_Z1_soll	Sollwert Weg Zylinder 1		mm	-125	125	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
w_Z2_soll	Sollwert Weg Zylinder 2		mm	-125	125	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
f_Diff_soll	Differenzkraft		kN			14.06.2018				CANoeRT	PKI	
w_mittel_soll	Mittelwertsweg		mm			14.06.2018				CANoeRT	PKI	
f_Z1	Frequenz Sollwertsignal Zylinder 1		Hz	0,1	20	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
f_Z2	Frequenz Sollwertsignal Zylinder 2		Hz	0,1	20	14.06.2018				CANoeRT	PKI	
w_Z1_soll_amp	Amplitude Wegsollwerte aus Signalgenerator Zylinder 1		mm	1	125	17.09.2018				CANoeRT	PKI	
w_Z2_soll_amp	Amplitude Wegsollwerte aus Signalgenerator Zylinder 2		mm	1	125	17.09.2018				CANoeRT	PKI	
MESSWERTE												
f_Z1	Kraft Zylinder 1		kN	-25	25	23.04.2018				PKI	CANoeRT	
f_Z2	Kraft Zylinder 2		kN	-25	25	23.04.2018				PKI	CANoeRT	
w_Z1	Weg Zylinder 1		mm	-125	125	23.04.2018				PKI	CANoeRT	
w_Z2	Weg Zylinder 2		mm	-125	125	23.04.2018				PKI	CANoeRT	
alpha_rei	Relativwinkel		°			23.04.2018				PKI	CANoeRT	
I_12V	Versorgungsstrom (12V)		A			23.04.2018				PKI	CANoeRT	

Abstimmung der Datenschnittstelle

- Erstellung eines Funktionskataloges
- Parallele Entwicklung von GUI und Prüfstand
- Austausch über Skype und File Cloud
- Abstimmung über eine Datenschnittstellenbeschreibung in Excel (über 250 Variablen)

08

Zusammenfassung

Zusammenfassung

Vorteile der Entwicklungspartnerschaft

- Beide Entwicklungspartner konnten in ihren bewährten Toolketten arbeiten
- Die Anlage ist flexibel erweiterbar durch den Nutzer
- Viele Teillösungen konnten übernommen werden. Reduktion des Entwicklungsaufwandes.

