

Entwicklung einer Bugfahrwerkslenkung für ein Regionalflugzeug - Anforderungen und Auslegung

FLUIDON Konferenz 2014
André Rauch, Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH

Inhalt

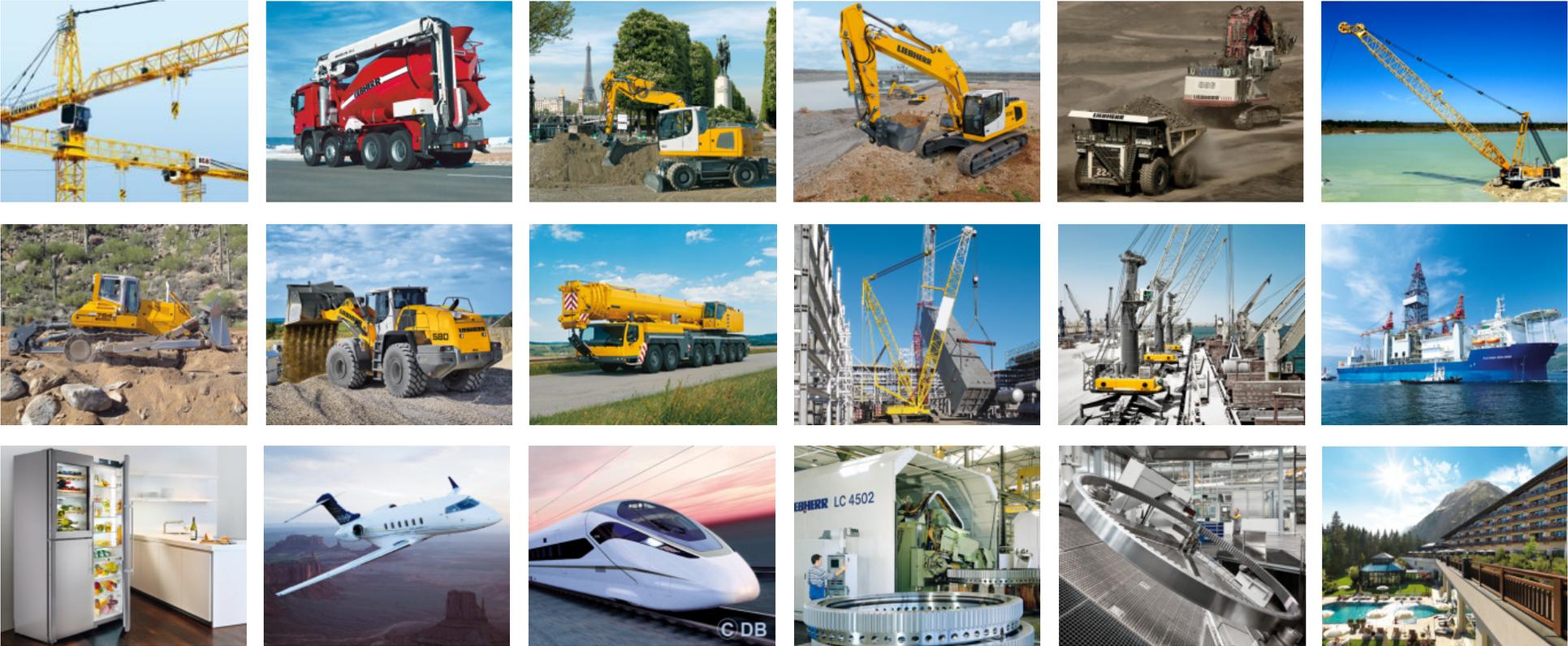
- Die Firmengruppe Liebherr
- Die Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH
- Anforderungen Flugzeugfahrwerkssystem
- Anforderungen Lenkungssystem
- Architektur
- Vorgehensweise bei der Auslegung
- Anwendungen der Simulation
- Zusammenfassung und Ausblick

Die Firmengruppe Liebherr

- Gründung des Unternehmens durch Dr.-Ing. E.h. Hans Liebherr im Jahr 1949
- Firmengruppe heute:
 - über 130 Gesellschaften weltweit
 - rund 40.000 Mitarbeiter
 - 9 Mrd. Euro Umsatz (2013)
- Dezentraler Aufbau mit überschaubaren, eigenverantwortlichen Unternehmens-einheiten (Spartenstruktur)
- Dachgesellschaft: Liebherr-International AG, Bulle/Schweiz

Die Firmengruppe Liebherr

Vielfältiges Produktspektrum



Copyright Liebherr 2014

Die Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH

- Standort: Lindenberg im Allgäu (Landkreis Lindau am Bodensee)
- Mitarbeiter 2013: über 2700
- Umsatz 2013: 580 Mio. Euro
- Produktprogramm:
 - Flugsteuerungssysteme
 - Betätigungssysteme
 - Fahrwerkssysteme



Liebherr-Fahrwerkskomponenten



Anforderungen Flugzeugfahrwerkssystem

Anforderungen an ein Flugzeugfahrwerkssystem eines Regionalflugzeuges:

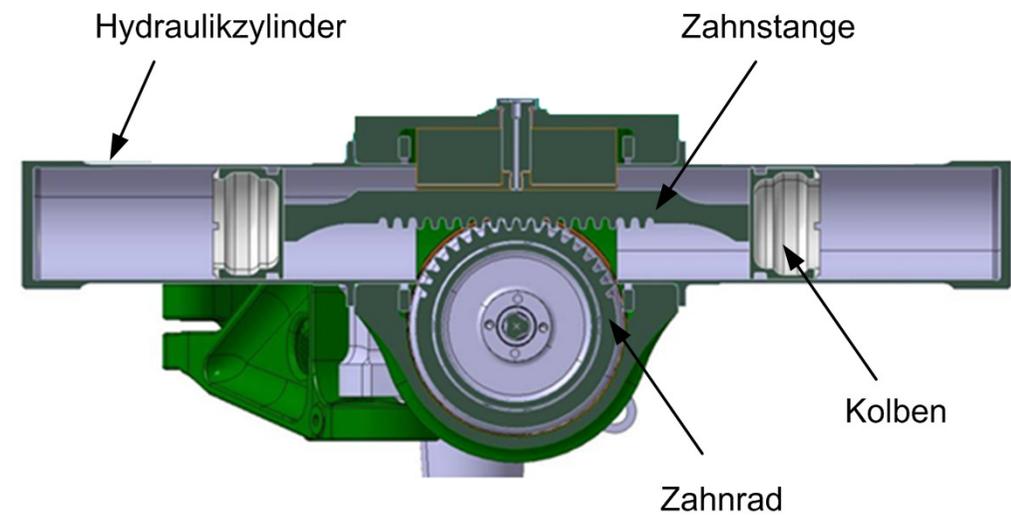
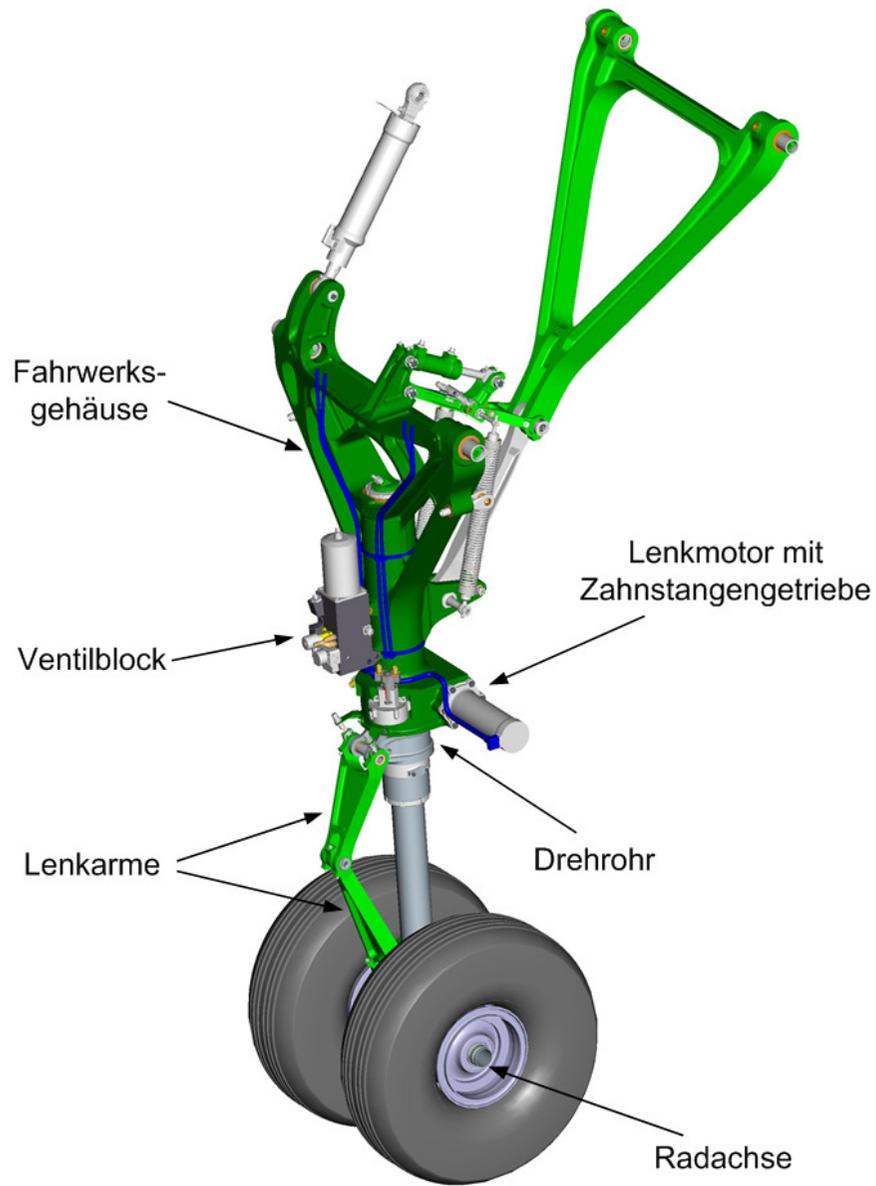
- Energieaufnahme des Landestoßes
- Manövrierfähigkeit und Stabilität am Boden (Rollen, Schleppen, **Lenken**, Bremsen)
- Betätigungssystem zum Einziehen während des Reisefluges
- Kleiner Einbauraum und geringes Gewicht
- Hohe Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit



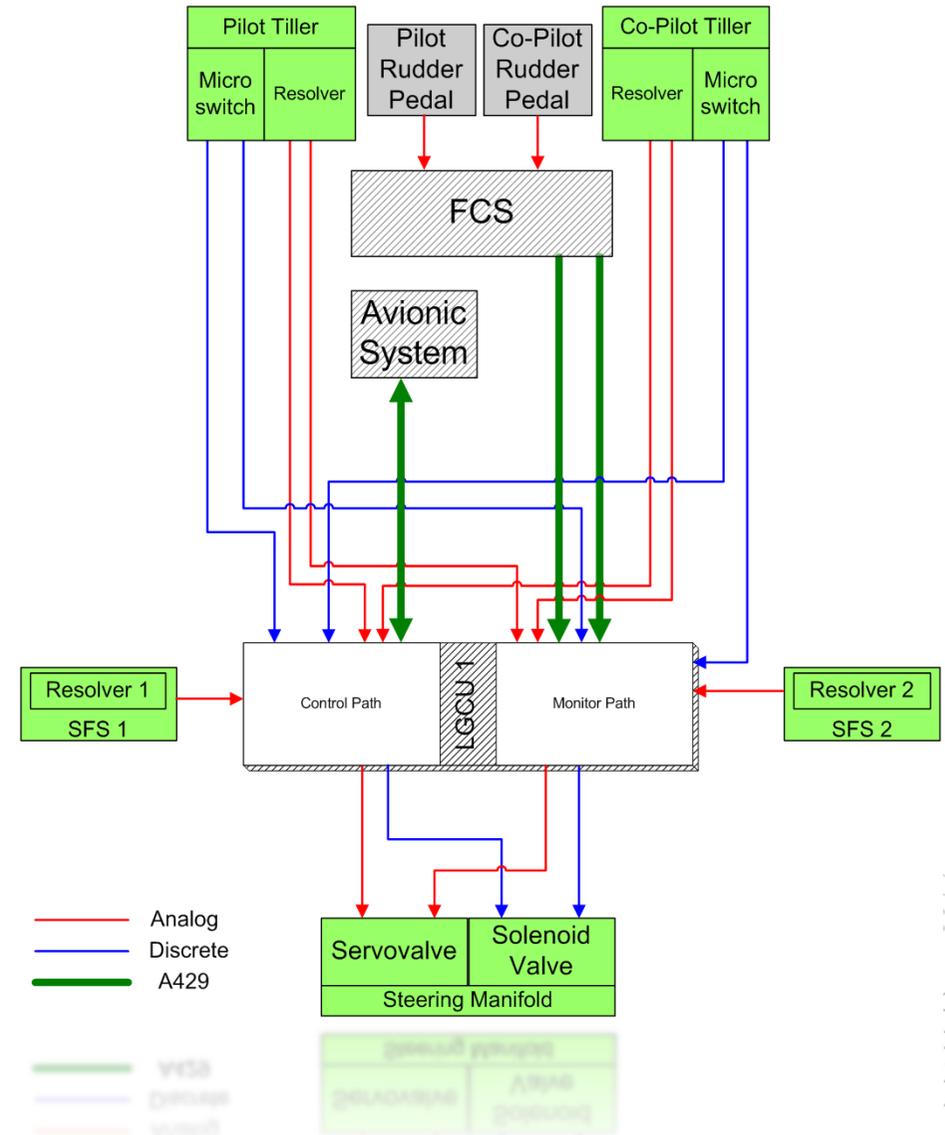
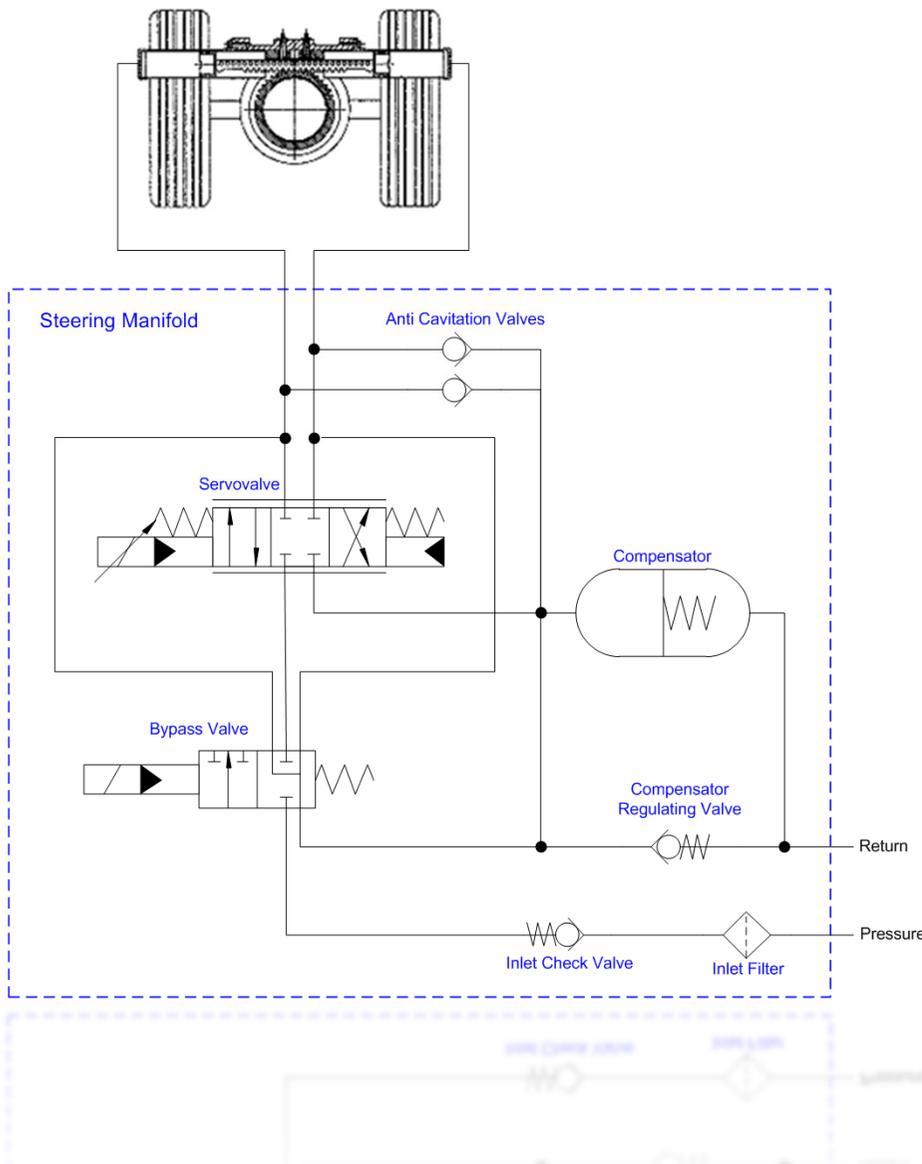
Anforderungen Lenkungssystem

- Vorgabe der Führungsgröße durch Handrad und Ruderpedal (Pilot und Copilot)
- Hydraulische Betätigung und elektro-hydraulische Regelung (Steer-by-Wire)
- Ausreichender Lenkwinkel (erforderlich für enges Kurvenrollen des Flugzeugs)
- Entkoppeln des mechanischen Systems zum Schleppen (Towing)
- Erreichen der geforderten Lenkrate bei maximalem Bodenmoment unter verschiedenen Betriebsbedingungen (Temperatur, Versorgungsdruck)
- Gutes Führungsverhalten und ausreichende Stabilität des Regelkreises
- Schnelles Abschalten der Regelung im Fehlerfall (Bypass-Mode)

Architektur - Mechanisch



Architektur - Hydraulisch und Elektrisch



Vorgehensweise bei der Auslegung

- Definition der Systemarchitektur (elektrisch, hydraulisch und mechanisch)
- Ermittlung des maximal erforderlichen Bodenmoments
- Statische Auslegung des Lenkmotors (Zylinderdurchmesser, Zahnstangengeometrie)
- Definition der Anforderungen an den hydraulischen Ventilblock (inkl. Servoventil)
- Dynamische Simulation der Lenkung mit Lastkurven
- Stabilitätsbetrachtung des Regelkreises
- Simulation verschiedener Manöver auf Flugzeugebene

Anwendungen der Simulation

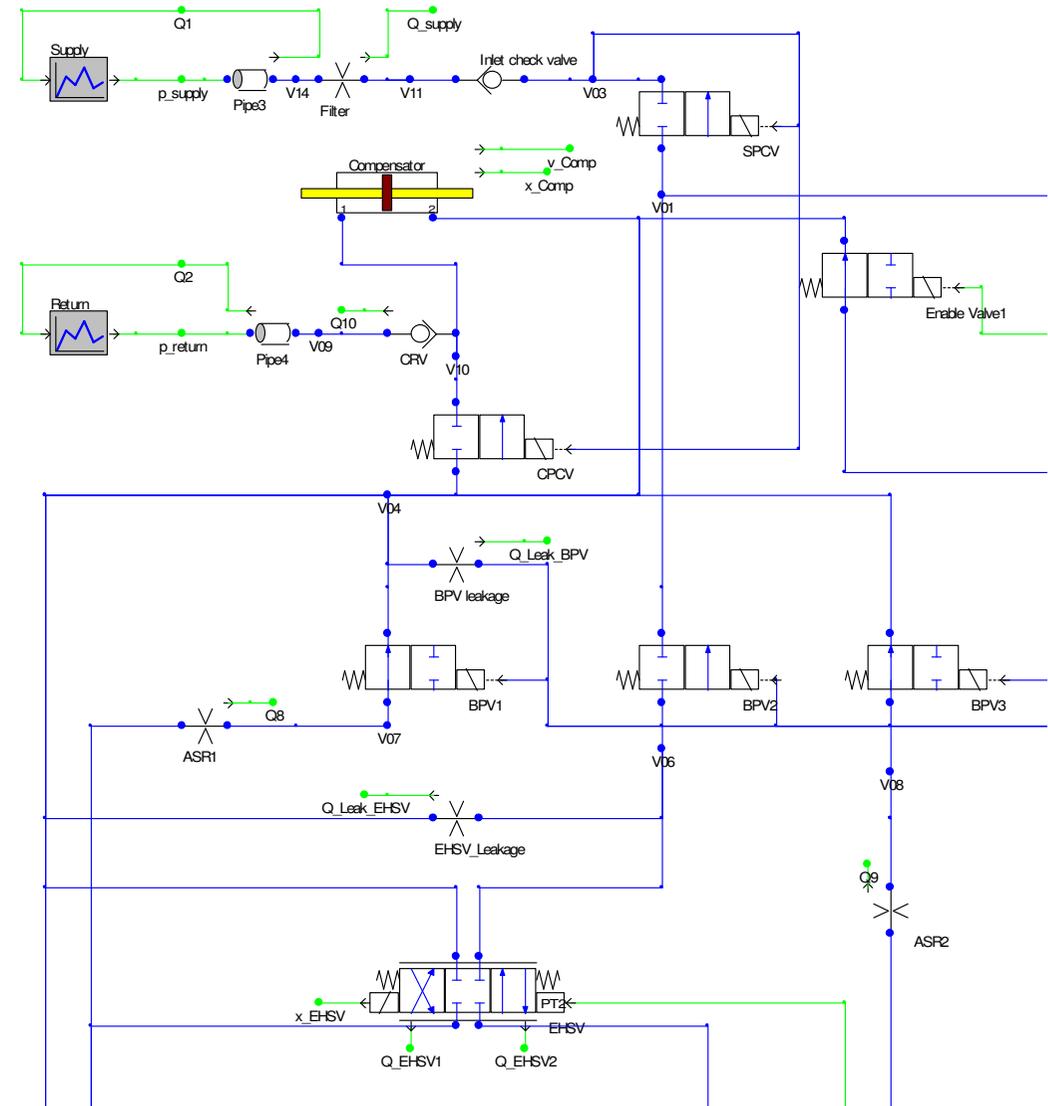
Leistungsberechnung Lenkung

■ Lenkungsmodell mit Vorgabe von

- Druckversorgung
- Temperatur
- Bodenmoment
- Lenkwinkelvorgabe

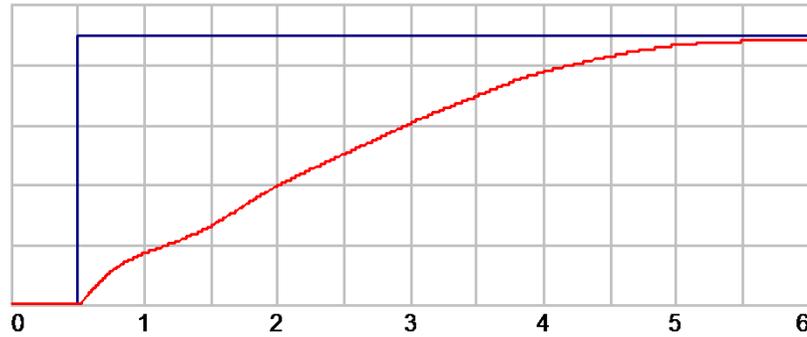
■ Ergebnis:

- Lenkgeschwindigkeit
- Interne Drücke
- Volumenströme

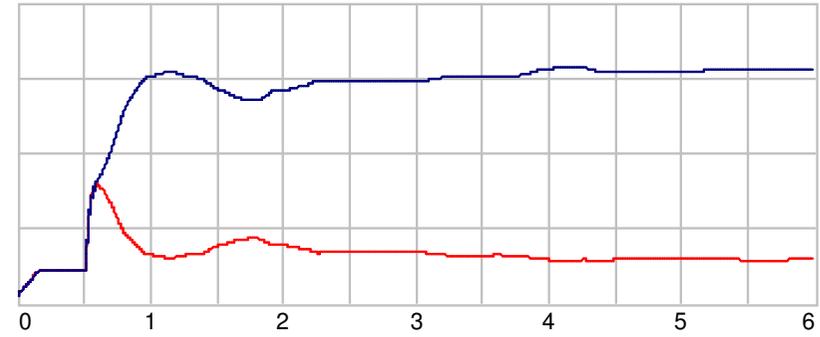


Anwendungen der Simulation

Leistungsberechnung Lenkung



Steer_Angle_Cmd.Wert 0 bis 50 deg
Steer_Angle_Ctrl.Wert 0 bis 50 deg



p_Mot_RH.Druck 0 bis 200 bar
p_Mot_LH.Druck 0 bis 200 bar



Steer_Ang_Vel.Wert 0 bis 50 deg/s

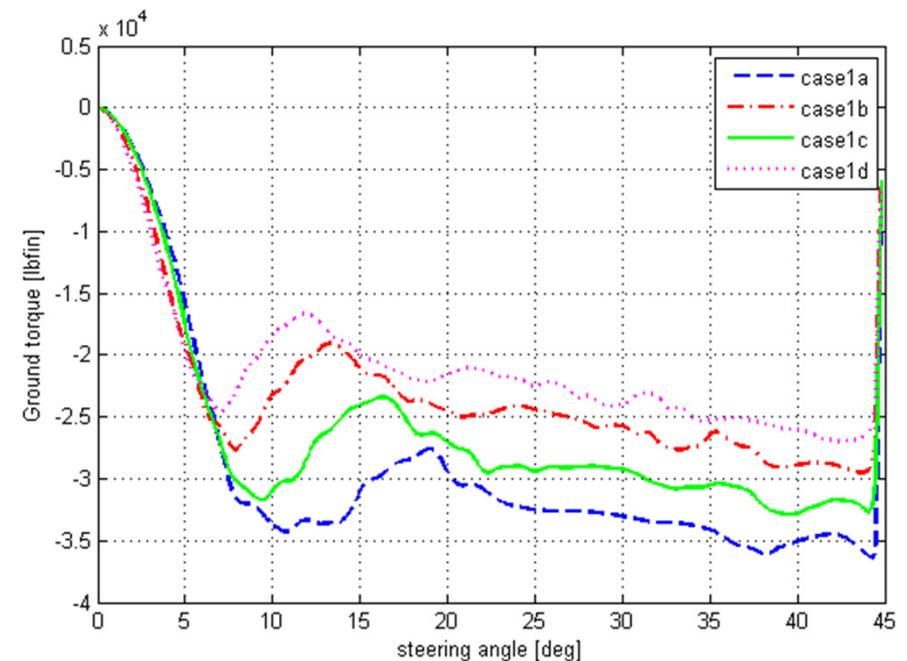
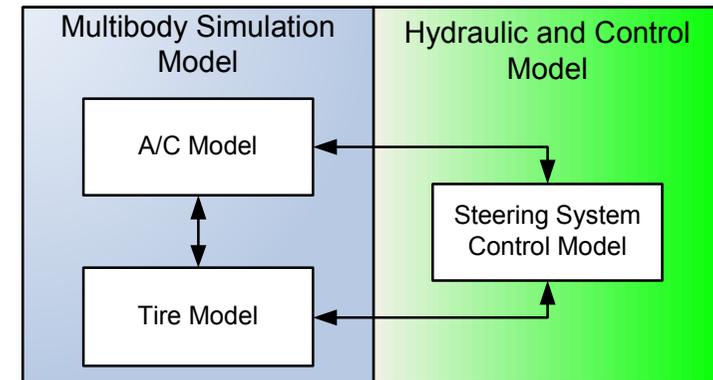


Q_supply.Wert 0 bis 20 l/min
I_EHSV.Wert -10 bis 10 mA

Anwendungen der Simulation

Lastermittlung eines Lenkungsmanövers

- Gesamtflugzeugmodell mit Vorgabe von
 - Vorwärtsgeschwindigkeit
 - Lenkwinkelvorgabe
 - Flugzeug-Massenkonfiguration
- Modell berücksichtigt
 - Flugzeugmodell
 - Reifenmodell
 - Lenkungsmodell
- Ergebnis: Bodenmoment über Lenkwinkel



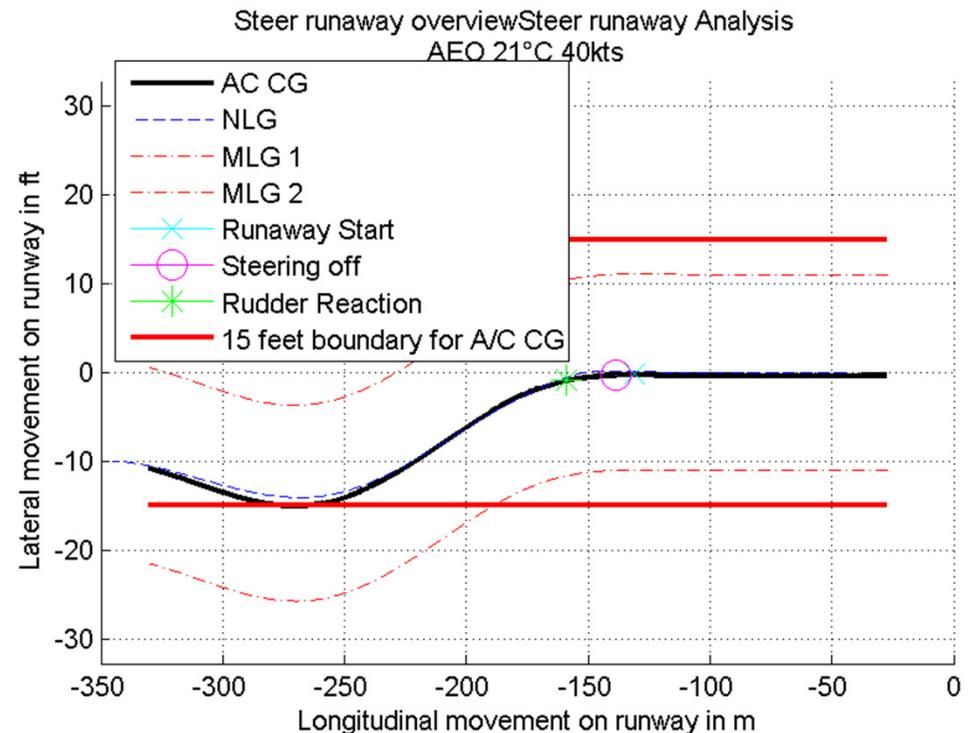
Copyright Liebherr 2014

LIEBHERR

Anwendungen der Simulation

Definition einer Überwachungsfunktion (Monitor-Auslegung)

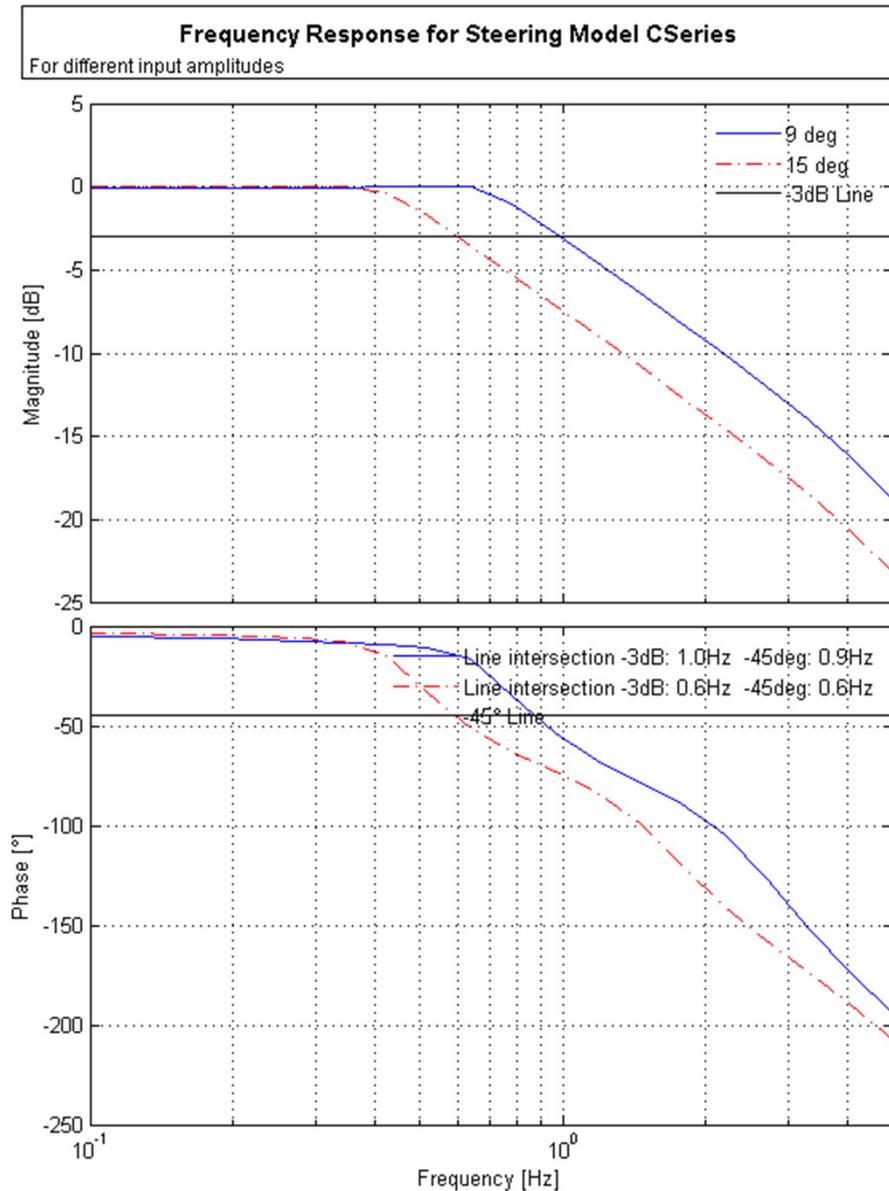
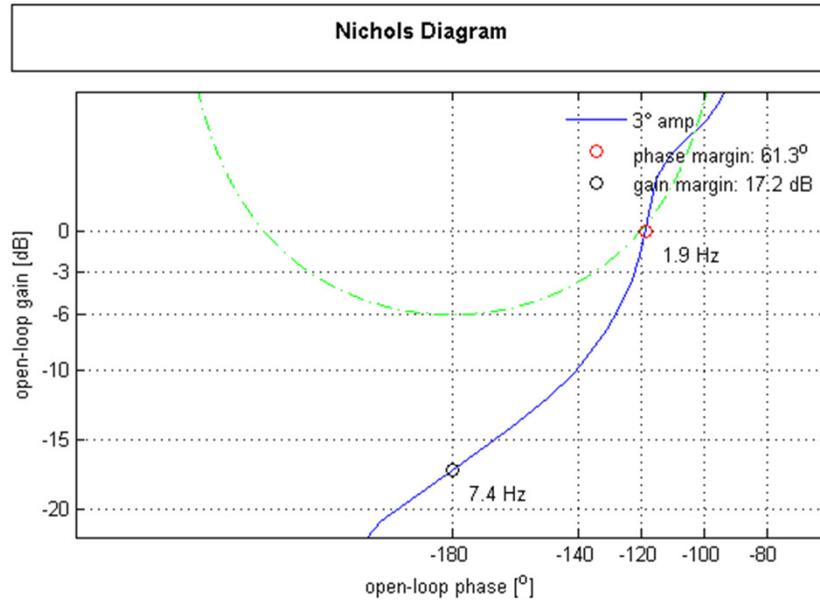
- Gesamtflugzeugmodell mit Vorgabe von
 - Flugzeug-Massenkonfiguration
 - Triebwerksschub
 - Seitenruderverhalten
 - Aktive Lenkung geradeaus
 - Fehlverhalten der Lenkung (Volleinschlag)
 - Reaktion des Piloten
- Ergebnis:
 - Trajektorie des Flugzeugs
 - Aussage, ob Flugzeugschwerpunkt die maximal zulässige laterale Abweichung überschreitet



Anwendungen der Simulation

Stabilitätsuntersuchung des Regelkreises

- Offener Regelkreis (Nichols-Diagramm)
- Geschlossener Regelkreis (Bode-Diagramm)



Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Zur Auslegung eines Lenkungssystems sind in der Entwurfs- und Detaillierungsphase verschiedenste Simulationsaufgaben durchzuführen (Design-Verifikation)
- In der Qualifikationsphase werden die Simulationsergebnisse mit Testergebnissen abgeglichen und die Modelle ggf. angepasst (Modellvalidierung)
- Der Nachweis der Produktanforderungen erfolgt dann über Simulation mit validierten Modellen (Qualification by Analysis)

Ausblick

- Modellierung von elektrischen Komponenten (v. a. elektrohydraulische Antriebe)
- Systemsimulationen auf Flugzeugebene gewinnen an Bedeutung
- Echtzeit-Simulationsmodelle mit ausreichender Genauigkeit sind erforderlich

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2014. Alle Rechte vorbehalten. Ausdrücklich eingeschlossen sind, ohne Begrenzung, die Rechte der Übersetzung, der Bearbeitung für andere Sprachen, der auszugsweisen Wiedergabe, der Herstellung von Photokopien oder Mikrofilmen, der Reproduktion durch Xerox oder ähnliche Methoden, der elektronischen Bearbeitung (Speicherung, Reproduktion usw.), der weiteren Verarbeitung und der Zusammenstellung des Inhaltes oder von Teilen derselben in anderer Anordnung.
- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2014. Tous droits réservés, y compris expressément, mais sans limitation, les droits de traduction, d'adaptation en d'autres langues, de la reproduction d'extraits, de la production de copies par photocopies, microfilms, copy Xerox et autres méthodes similaires, de traitement électronique (mémorisation, reproduction etc.), ou par regroupement dans un autre ordre des termes ou d'une partie des termes sous quelque forme que ce soit.
- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2014. All rights reserved, expressly including, without limitation, the rights of translation, of adaptation to other languages, of reproduction by way of abstracts, photocopies, microfilms, Xerox and similar methods, electronic processing (storage, reproduction and the like), and of rearranging the contents.