Institut für Mechatronik

Heiko Freudenberg

Der Einsatz von alaska bei der Entwicklung von Windkraftanlagen

Institut für Mechatronik e.V.
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

www.ifm-chemnitz.de

Warum Simulation?

Soll-Zustand

zu vermeidender GAU

Inhalt

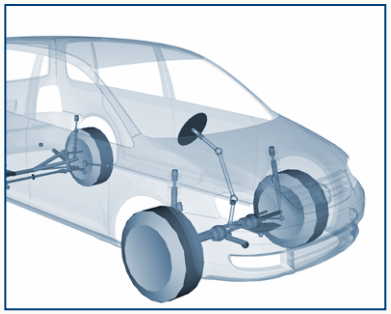
- Vorstellung
- Simulationswerkzeug alaska
- Erweiterungsmodul alaska/Wind
- Anwendung beim Entwickler / Hersteller von Windkraftanlagen

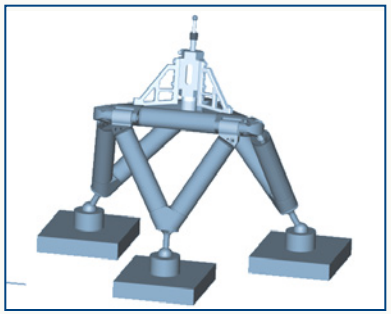
Das Institut für Mechatronik e.V.

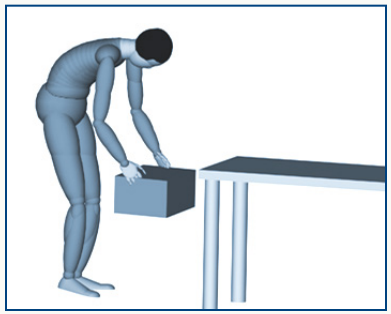
- ist eine gemeinnützige Industrieforschungseinrichtung
- befindet sich am Campus der TU Chemnitz
- beschäftigt sich mit Methoden der Mehrkörpersysteme (MKS) und der FEM-MKS-Kopplung
- hat Kompetenz in der Berechnung von Bewegungen und Belastungen

Das Institut für Mechatronik e.V.

- entwickelt die allgemeine MKS-Simulationssoftware **alaska**
- entwickelt branchen- und kundenspezifische Spezialsoftware
- Produkte werden eingesetzt für die Simulation der Dynamik von
  - technischen Systemen
  - Mensch-Maschine-Systemen

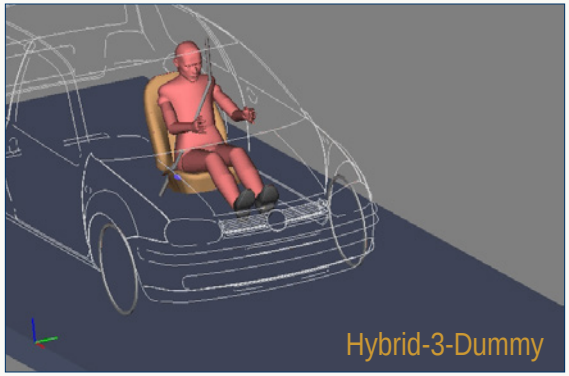


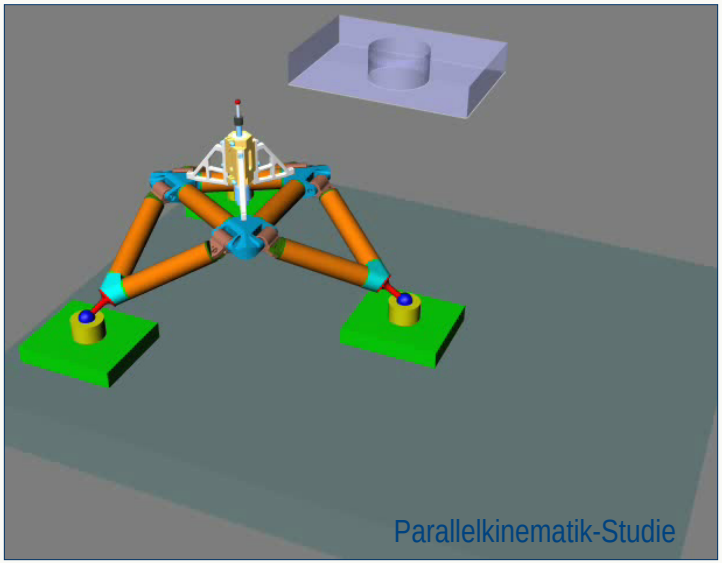


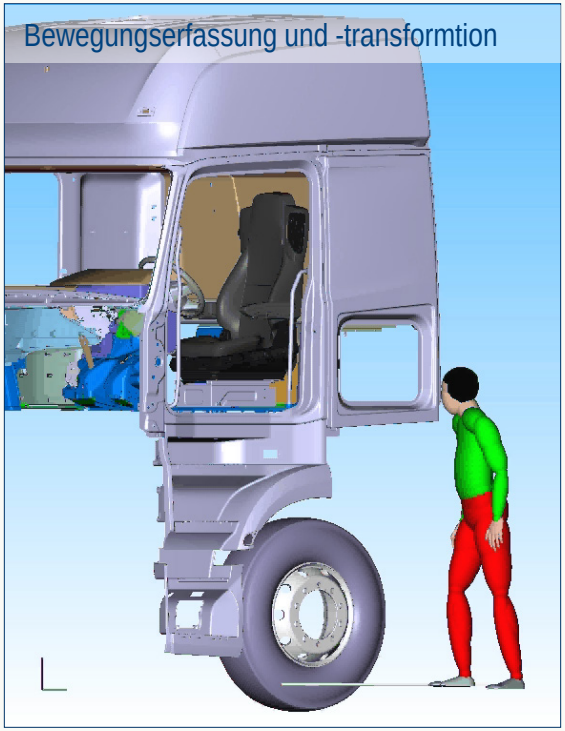


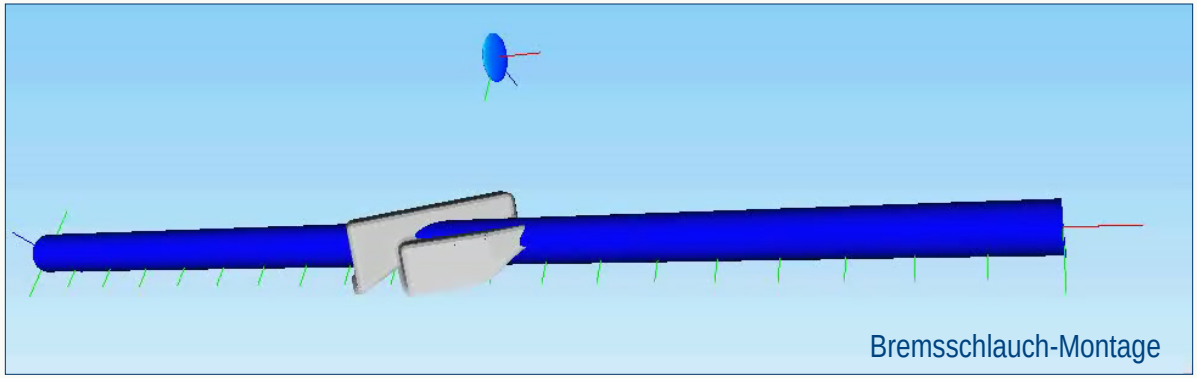
Institut für Mechatronik

Anwendungen

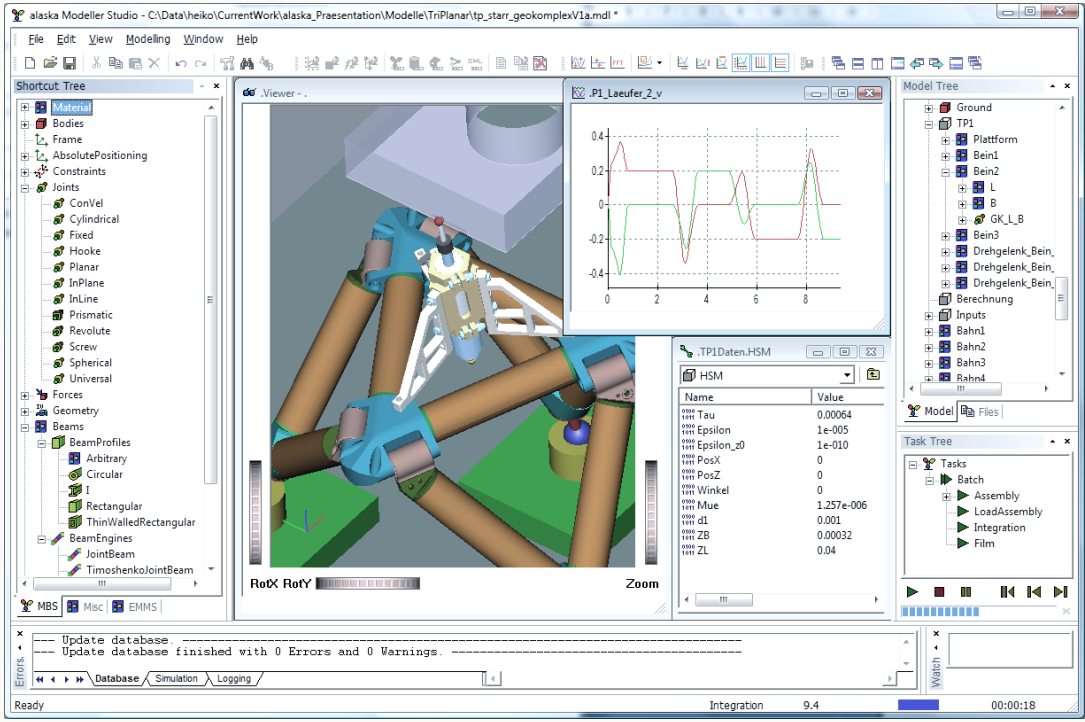








Das Simulationswerkzeug alaska

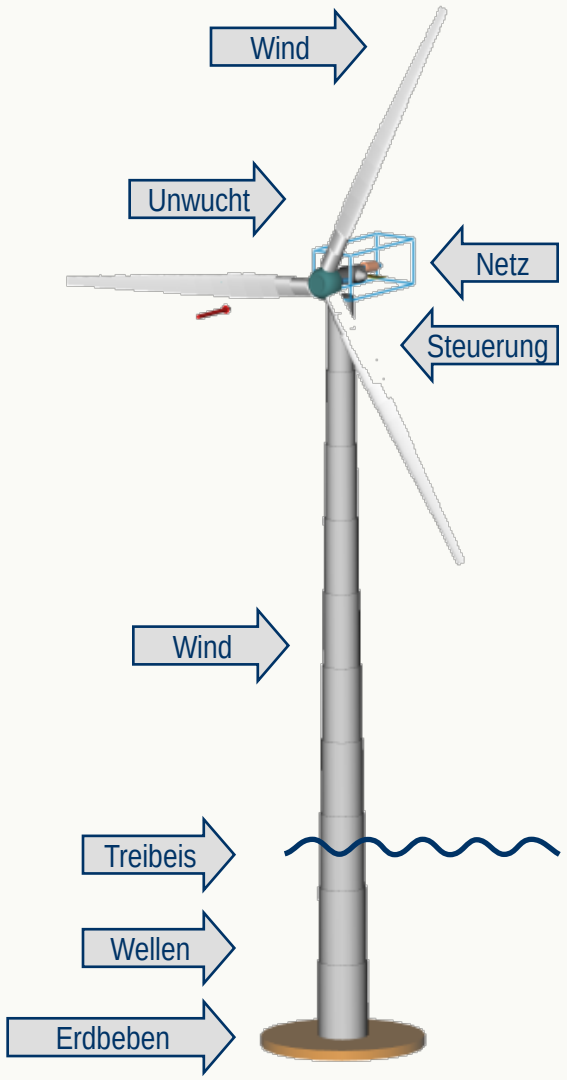


- allgemeines MKS-Simulationswerkzeug
- leistungsfähige Beschreibungs-sprache
- IDE für interaktive Modellierung
- Konsolen-Anwendung für automatisierte Nutzung und Prozess-Integration
- erweiterbar durch branchenspezifische Module (Gear, Dynamicus, Wind, …)

Institut für Mechatronik

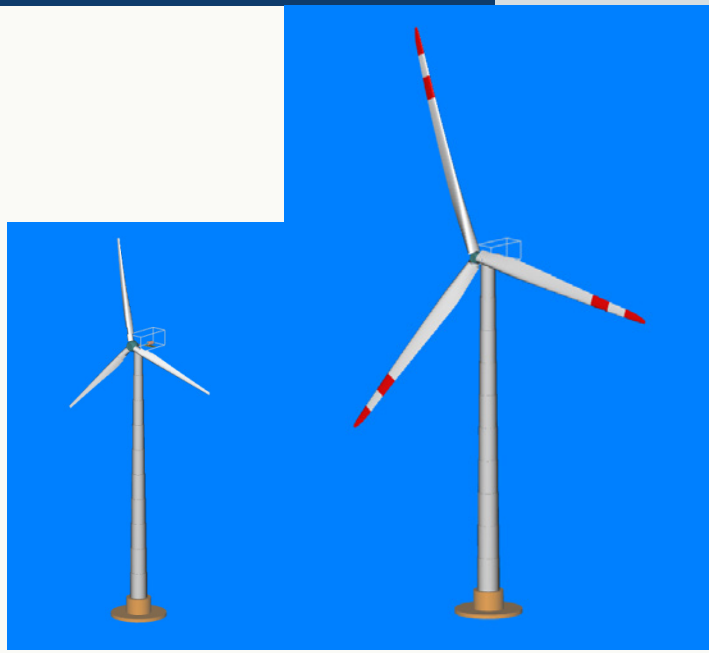
Erweiterungsmodul alaska/Wind

- Modellkomponenten zur Definition von Wind (Böen, Turbulenz) und Wellen (deterministische/stochastische Wellen, Strömungen)
- Modellkomponenten zur Definition aerodynamischer und hydrodynamischer Kräfte
- WORKBENCH als User-Interface zur Modellgenerierung -parametrierung und -konfiguration
- Basis-WKA-Simulationsmodell



Institut für Mechatronik

Basis-WKA-Simulationsmodell



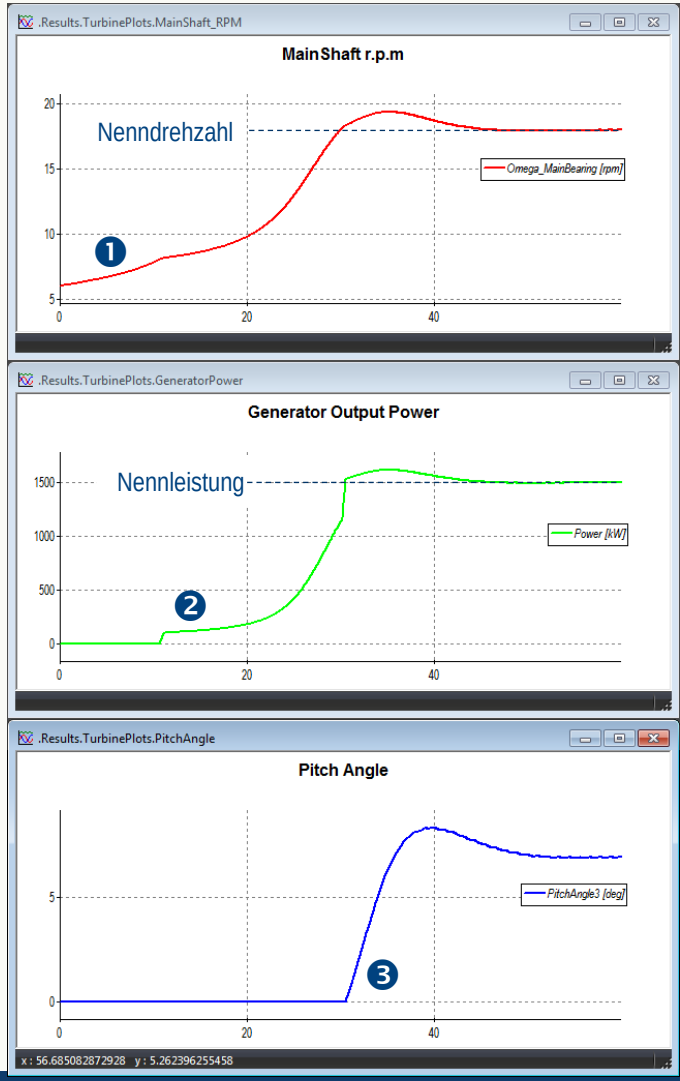
2.5 MW, Turm 82 m, Rotor-D 64 m 5 MW, Turm 90 m, Rotor-D 120 m

- "ready to use", mit Parameterwerten zweier Referenz-Anlagen
- besteht aus parametrierbaren Submodellen der Hauptbaugruppen
- diese sind Grundlage der Nutzeranpassung und -erweiterung
- Schnittstellen für extern definierte Funktionalität (flexible Körper, Steuerungen, …)
- Resultate als Zeitverlauf beliebiger "Sensoren", Schnittstellenlasten

Institut für Mechatronik

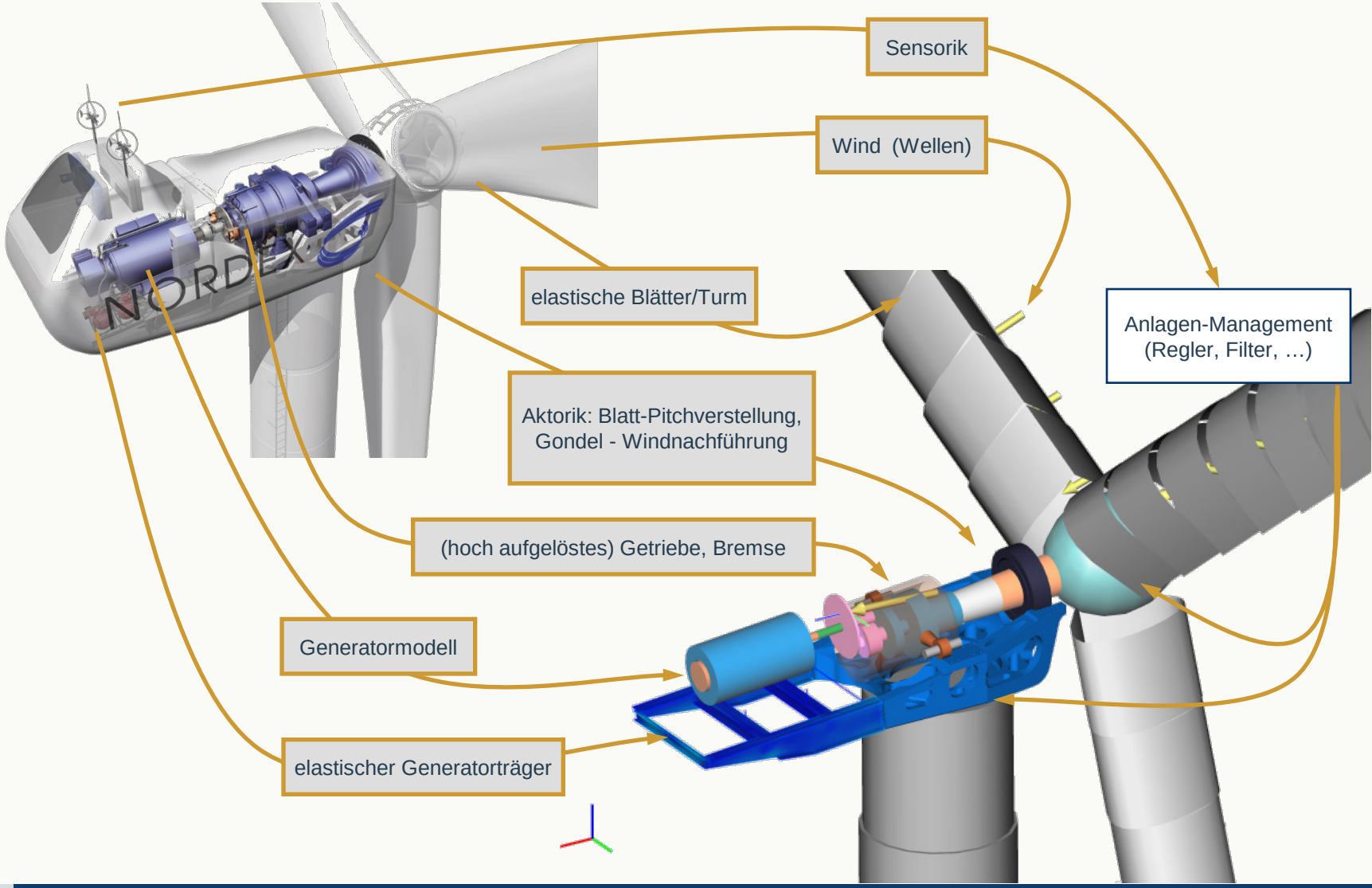
Prinzipielles Betriebsverhalten einer WKA

- Ausgangslage: WKA steht im Wind, Rotordrehzahl gleich Null bzw. Rotor trudelt
- durch die Wirkung aerodynamischer Autriebskräfte beginnt der Rotor sich zu drehen ❶
- bei bestimmter Drehzahl schaltet der Generator zu (Gegenmoment zum aerodynamischen Rotormoment) ❷
- ab Erreichen der Rotor-Nenndrehzahl (Nennleistung der WKA) Drehzahlregelung über der Verdrehen (Pitchen) der Rotorblätter ❸
- bei Änderung der Windrichtung Nachführung der WKA (yawing - drehen der Gondel um die Hochachse)



Institut für Mechatronik

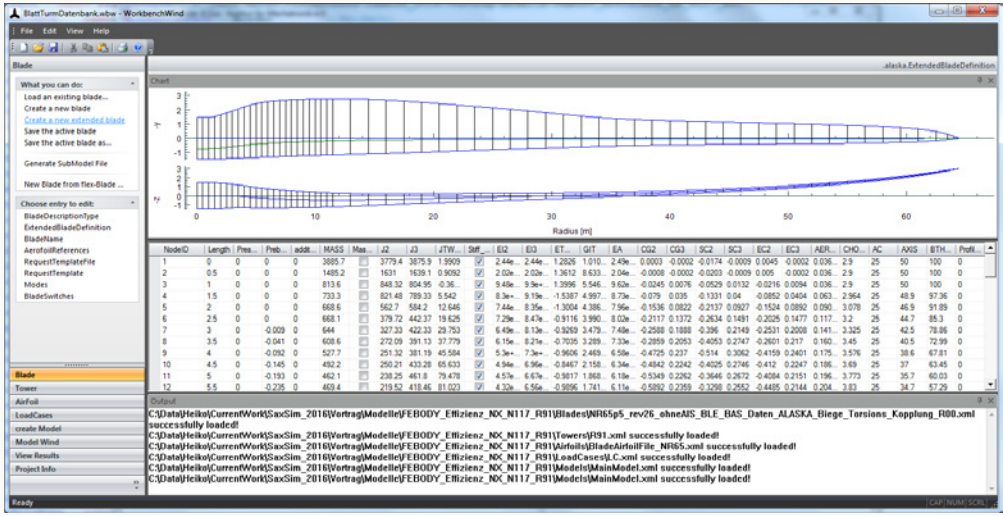
WKA als mechatronisches System



Modellanpassung durch den Anwender (I)

- Generierung von Blatt- und Turm-Modellen mit WORKBENCH
- Steuerung/Betriebsführung (DLL, Kopplung zu Matlab/Simlink, RTW-Export)
- ev. Erweiterung der Basis-Submodelle
- Parametrierung der Submodelle (z.B. über Kunden-SDM)

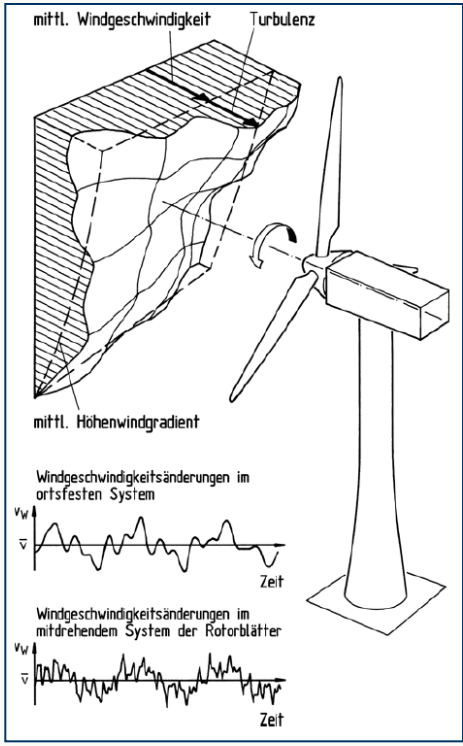
Nordex N117/2400



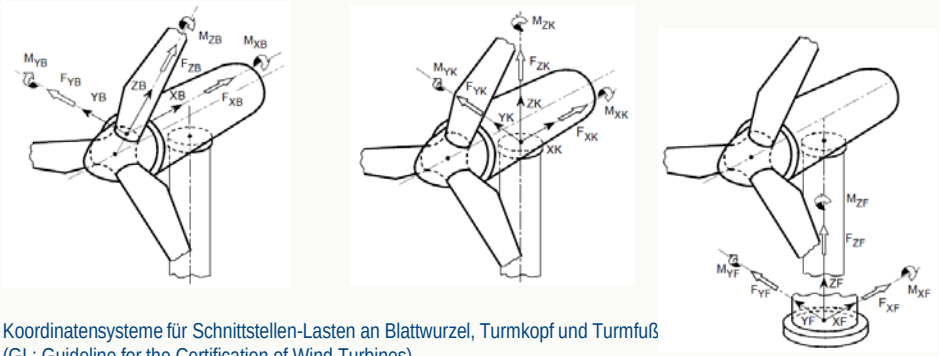
Institut für Mechatronik

Modellanpassung durch den Anwender (II)

- Generierung 'statistisch gesicherten' Windes (Geschwindigkeitsvektoren für kartesisches Gitter)
- Generierung von Belastungsszenarien, sog. Load Cases
- kundenspezifische Resultate in beliebigem Datenformat (primäre Modellgrößen, daraus berechnete sekundäre Resultate, Zeitreihen, Statistik, Skalare)



E.Hau: Windkraftanlagen, Springer Vieweg, 2014

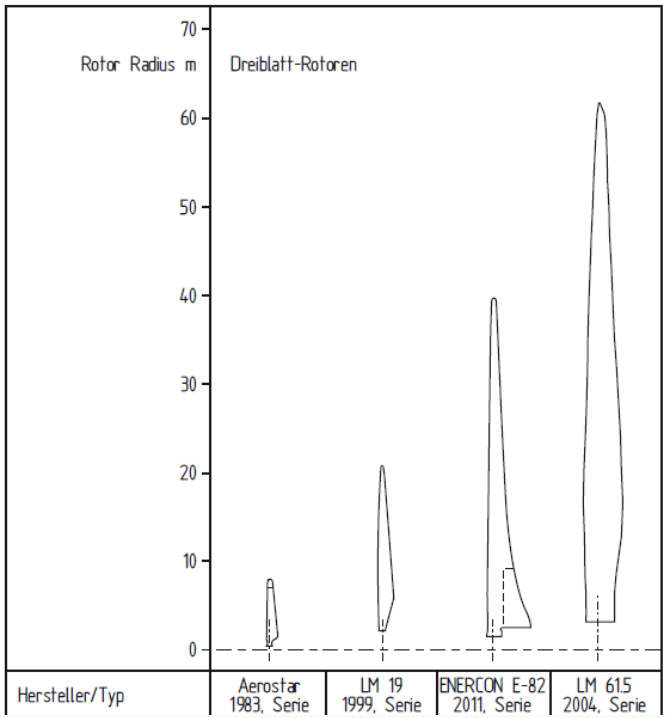


Koordinatensysteme für Schnittstellen-Lasten an Blattwurzel, Turmkopf und Turmfuß (GL: Guideline for the Certification of Wind Turbines)

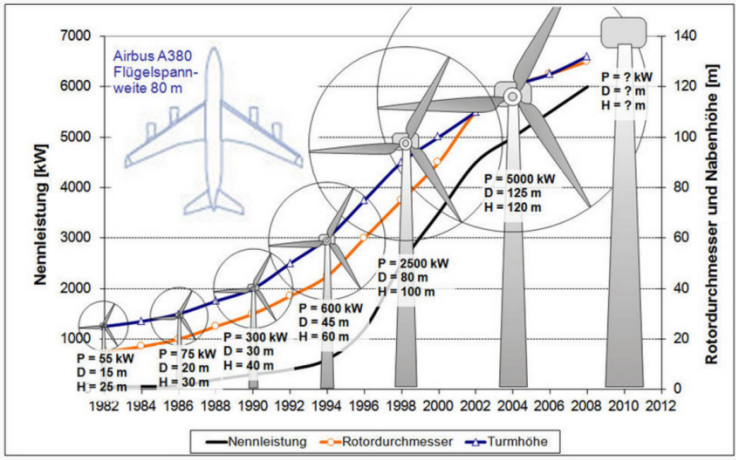
Institut für Mechatronik

Warum Lastrechnung?

- rasante Entwicklung in 30 Jahren, vor allem bei Rotorblättern (Leichtbau, Flexibilität, Biege-Torsions-Kopplung)
- Zertifizierung (TÜV, GL, …)
- versprochene Lebensdauer (20 Jahre)
- Ermittlung Design-treibender Lasten (Absicherung der Konstruktion)
- keine einfache Skalierung möglich (→ Growian: 1983, Turmhöhe 100m, RotorD 100m)
- Überprüfung der Funktionalität der Anlage als mechatronisches Gesamtsystem



E.Hau: Windkraftanlagen, Springer Vieweg, 2014



www.ski-consult.de

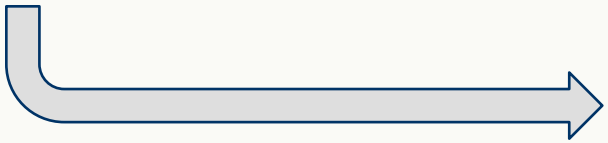
Was sind Lastfälle?

- Vorgaben in Richtlinie *IEC 61400-1 Design Requirements* (bzw. entsprechenden Normen), dort sogenannte *Design Load Cases* für unterschiedliche Betriebsbedingungen (*Design Situations*):
  - Power production, Power production plus occurence of fault
  - Start up
  - Normal shut down, Emergency shut down
  - Parked (standing still or idling), Parked an fault conditions
  - Transport, assembly, maintenance and repair

  (jeweils für unterschiedliche Windbedingungen: wind speed, turbulence, shear, gusts, direction change, ...)

- Auslegung durch die Zertifizierer

- Interpretation durch den Entwickler/Hersteller (z.B. Wind mit Zufall, hohe Sensibilität bzgl. Änderungen der Anströmbedingungen)

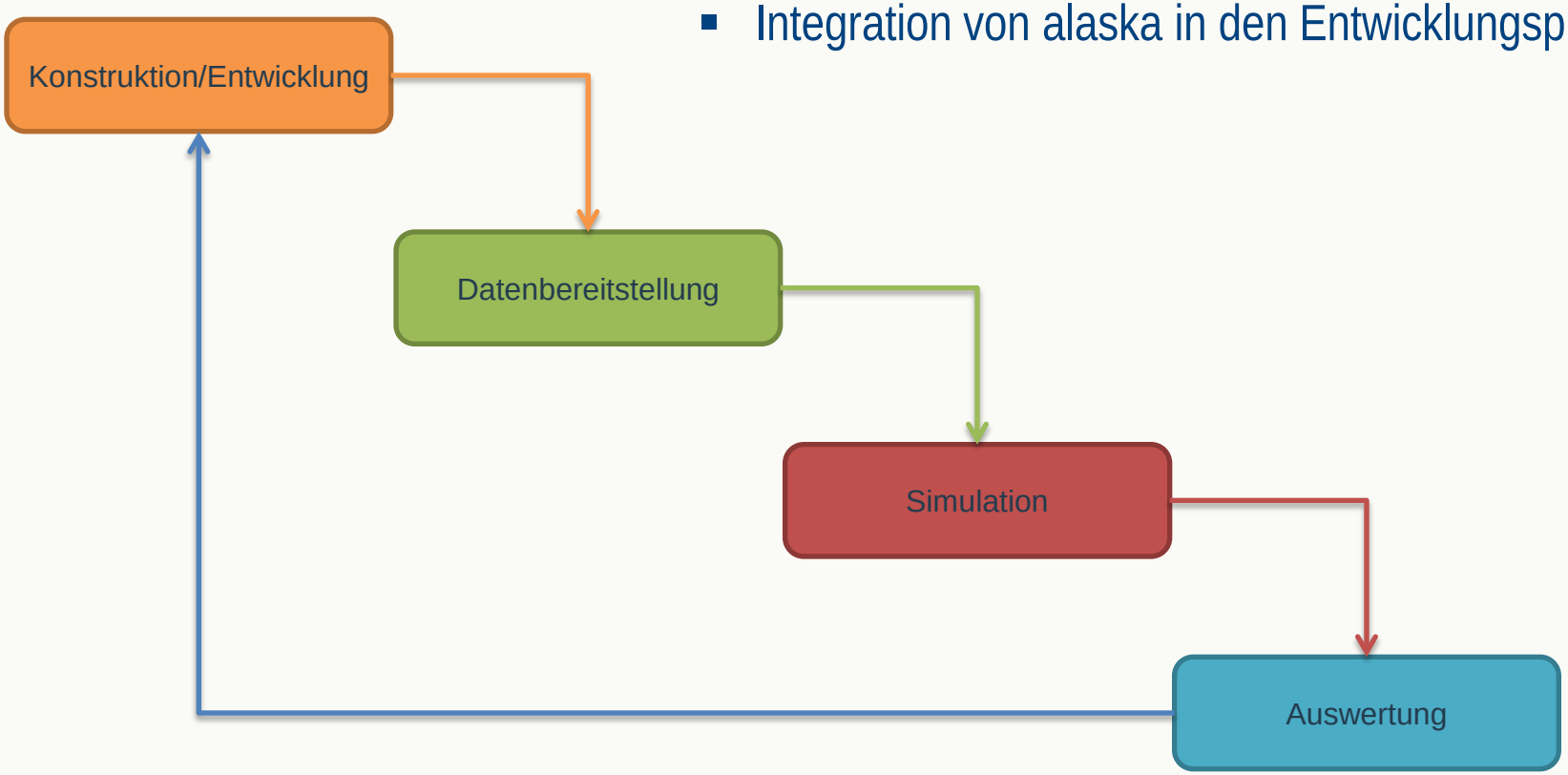


Tabellarische Zusammenfassung von Anfangs-, Rand- und Betriebsbedingungen (XML-Format)

Institut für Mechatronik

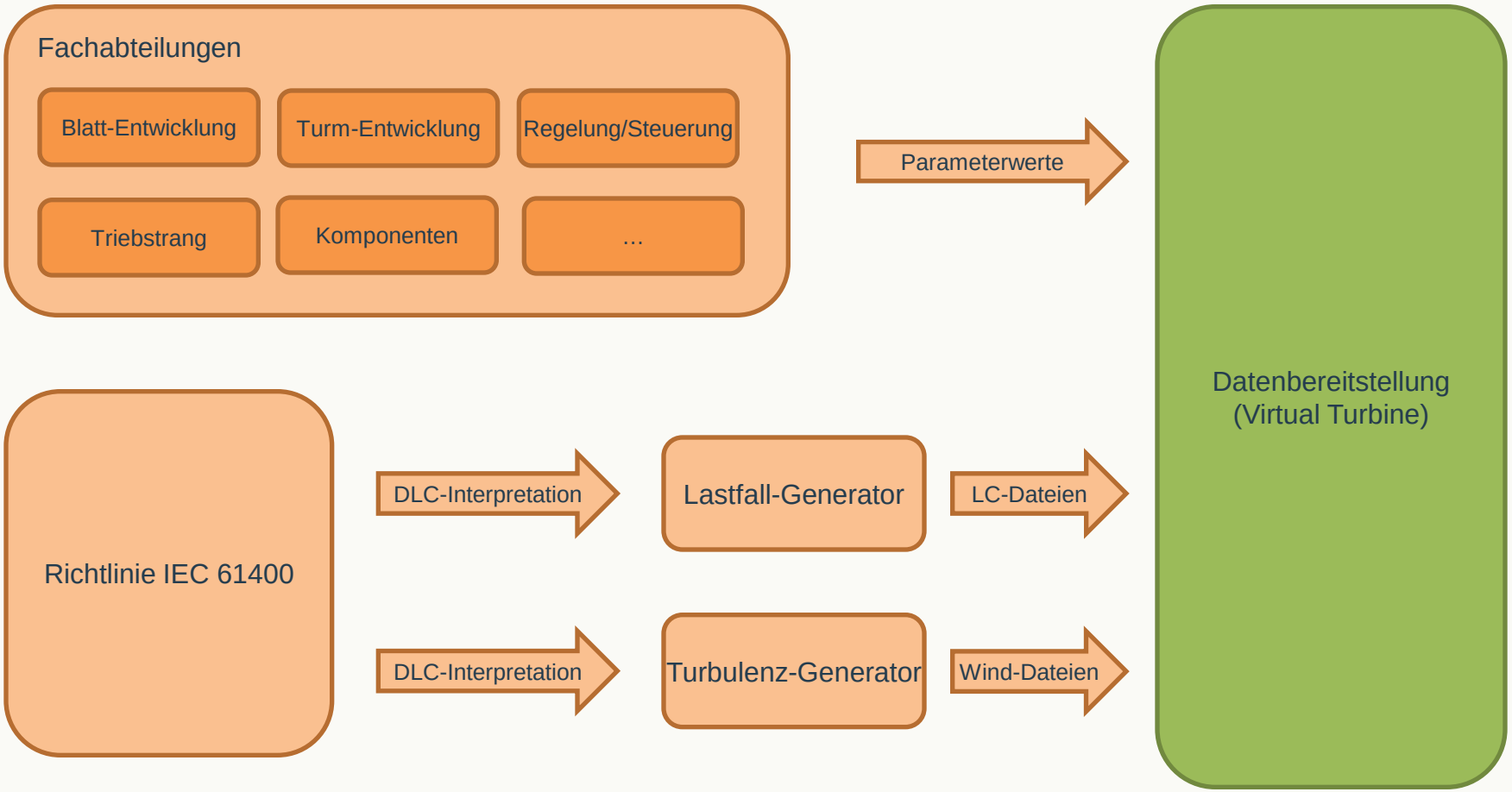
Lastrechnungs-Prozess (Nordex)

- hoher Automatisierungsgrad des Prozesses
- Integration von alaska in den Entwicklungsprozess



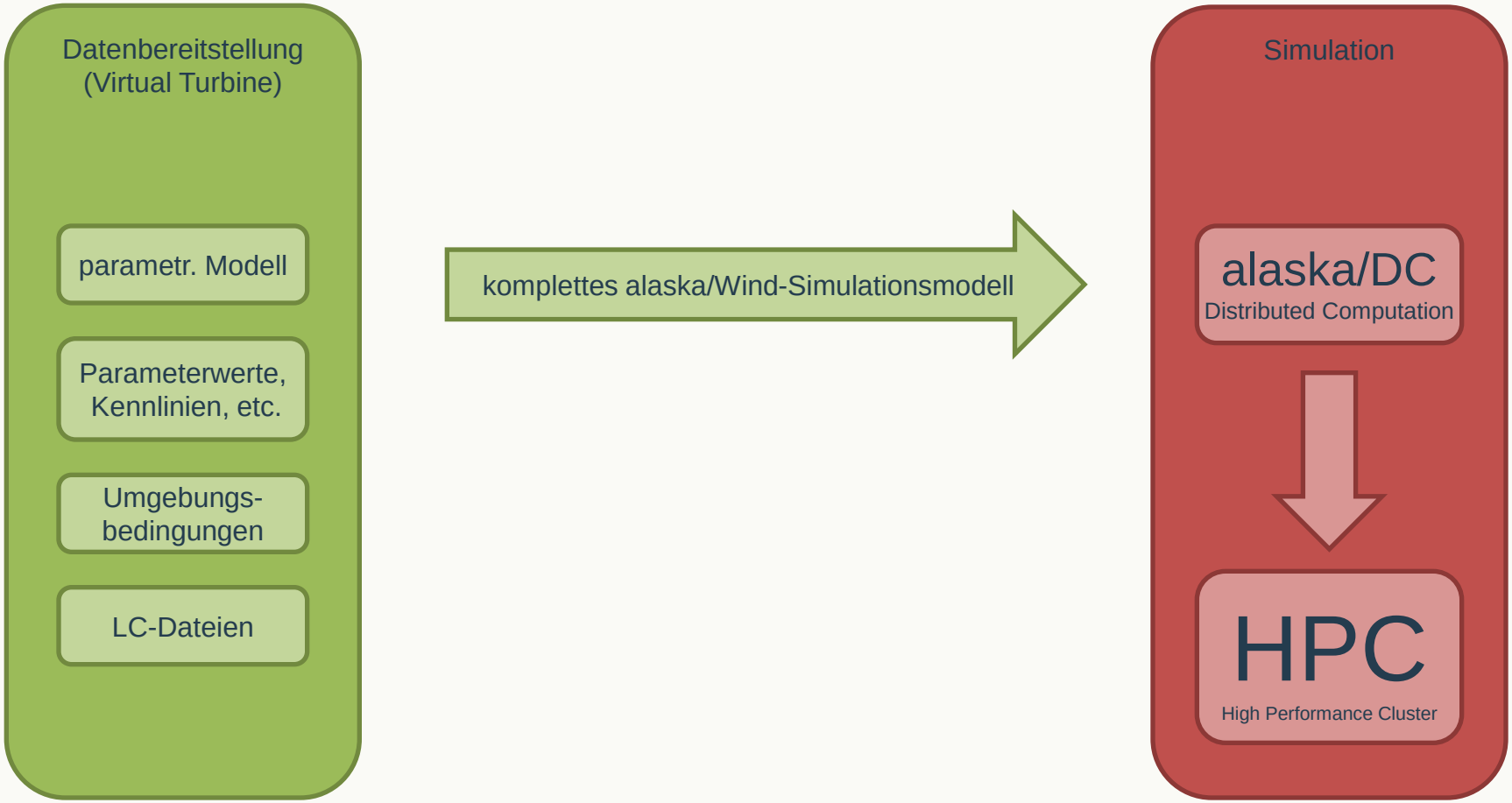
Institut für Mechatronik

Lastrechnungs-Prozess (II)



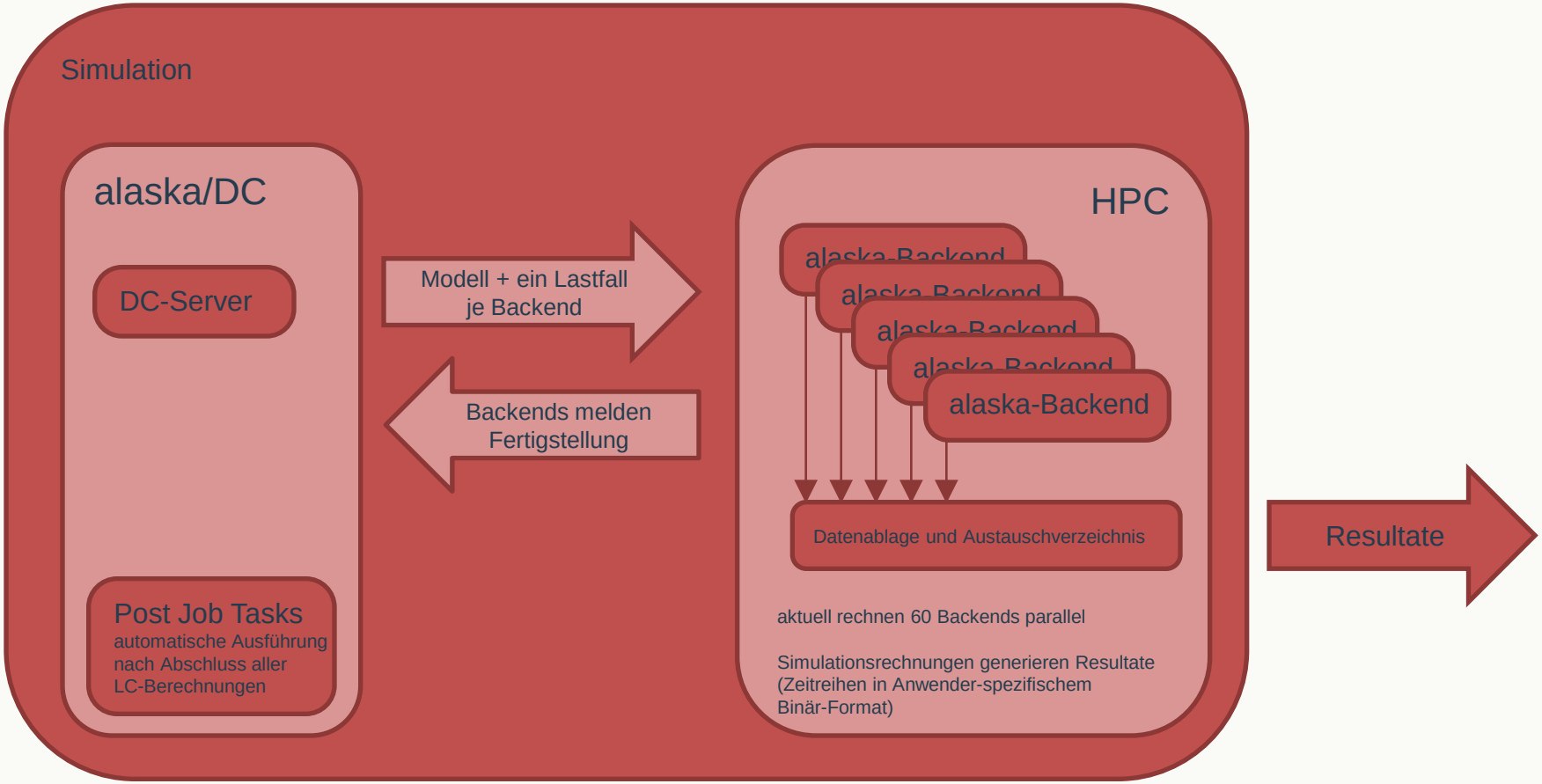
Institut für Mechatronik

Lastrechnungs-Prozess (III)



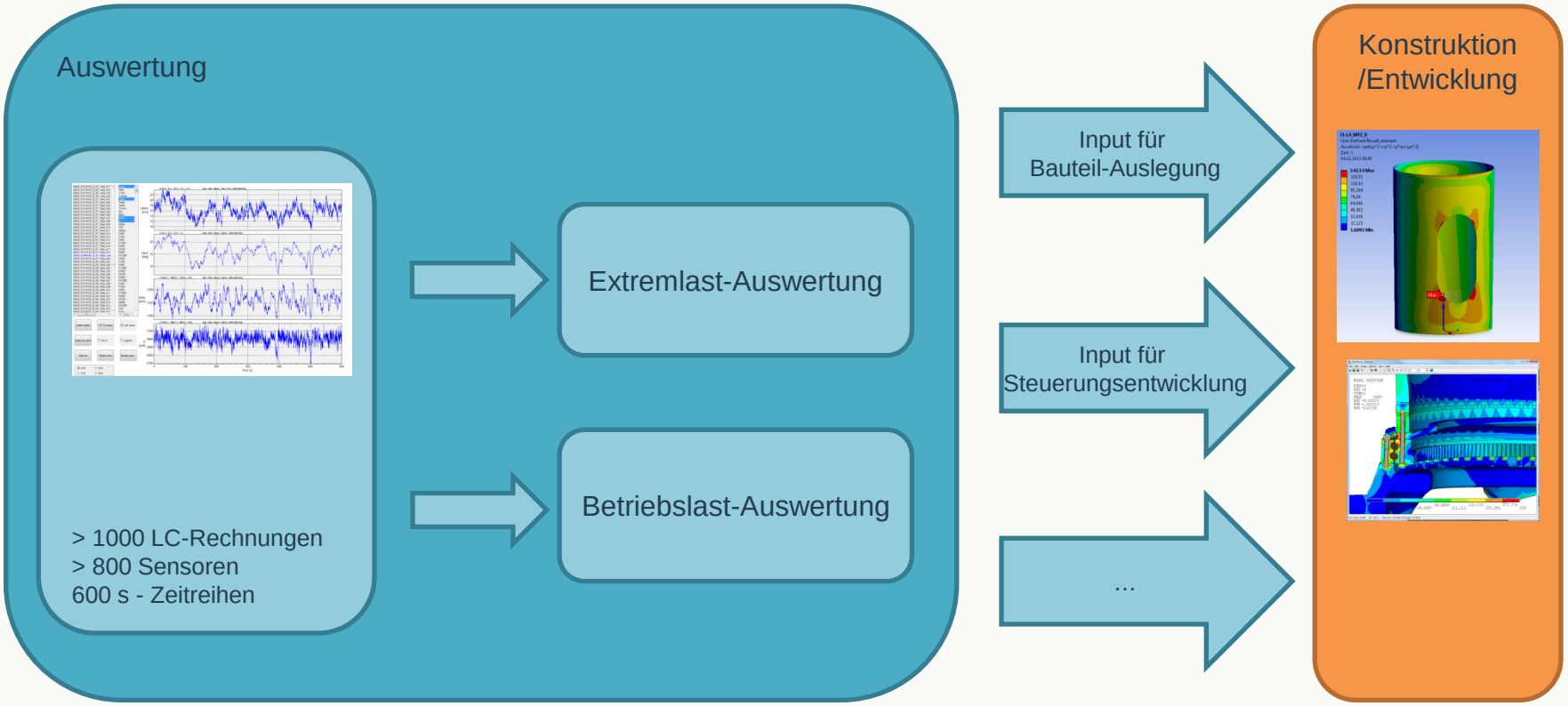
Institut für Mechatronik

Lastrechnungs-Prozess (IV)



Institut für Mechatronik

Lastrechnungs-Prozess (IV)



Institut für Mechatronik

Zusammenfassung

- Software alaska als allgemeines MKS-Simulationswerkzeug
- Erweiterungsmodul alaska/Wind für die Simulation der Dynamik von Windkraftanlagen
- Verwendung im WKA-Entwicklungsprozess

Ausblick

- Performance-Steigerung, um weiter wachsendnen Anforderungen (z.B. Modellierungstiefe) gerecht zu werden
- Erweiterung der Funktionalität (z.B. Stabilitätsuntersuchungen), um Modellaustausch zwischen unterschiedlichen Werkzeugen zu vermeiden

alaska-Testversion

- Download unter

www.ifm-chemnitz.de → Produkte → alaska → Testversion

Danke für Ihr Interesse!