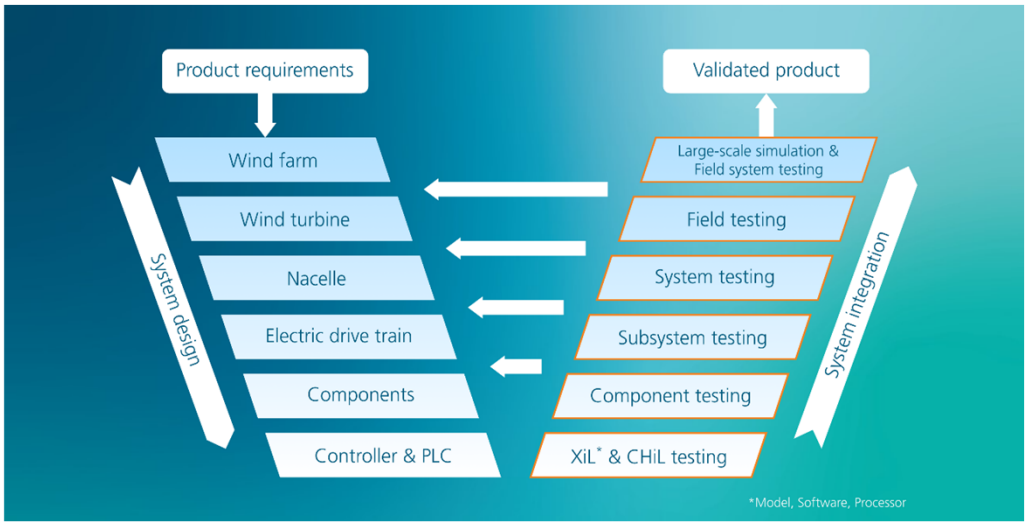
Ein Einblick in die komponentenbasierte Einheitenzertifizierung

Gesa Quistorf, Fraunhofer IWES

FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien
Oranienburger Straße 45
10117 Berlin

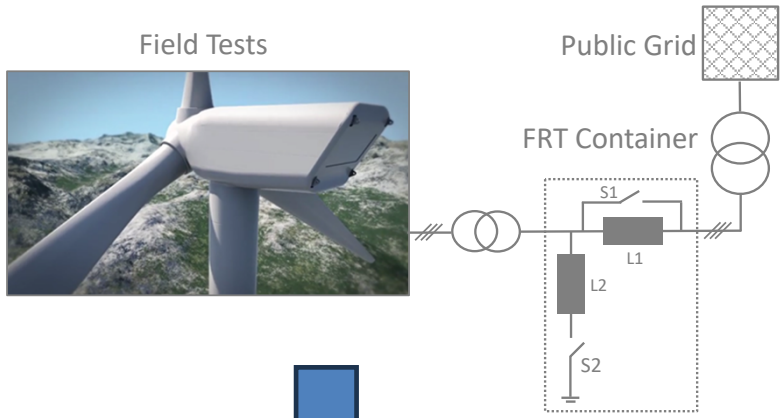
Motivation

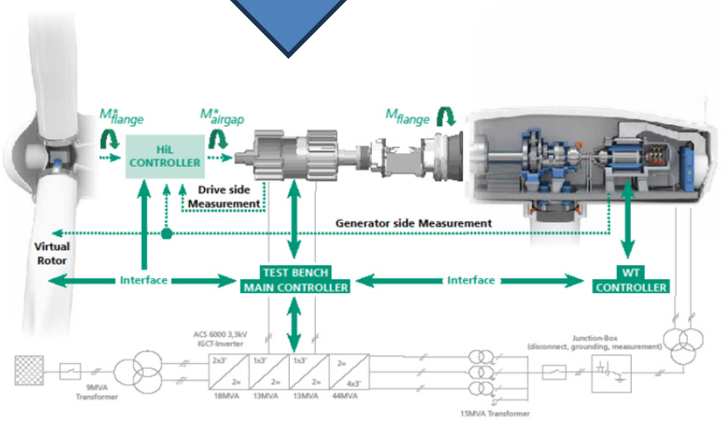
- Herausforderung allgemein:
  - Steigende elektrische Anforderungen an die Erzeugungseinheiten (EZE) und Speicher führen zu größeren Aufwänden für alle an den Prozessen beteiligten Stakeholdern
  - Bedarf an validen Modellen besteht schon in der Entwicklungsphase der Systeme
- Herausforderung Windenergieanlagen (WEA) - Hersteller:
  - Netzintegrationstests an den Prototypen im Feld erst am Ende der Systementwicklung
  - Messkampagnen im Feld sind zeitintensiv



Motivation

- Aktueller Prozess:
  - WEA: Einsatz von Systemprüfständen und Subsystemprüfständen
  - PV- und Speichersysteme: Vermessung am Umrichtersystem
- Technische Anschlussrichtlinien:
  - Komponentenzertifizierung grundsätzlich erlaubt
  - Herstellerprüfungen auf Testständen von relevanten Baugruppen innerhalb des Zertifizierungsprozesses zugelassen, wenn die Äquivalenz zu Feldmessungen gegeben sind
- International:
  - Allgemein: CENELEC 50549-10
  - WEA: IEC 61400-21-4 (Vermessung) und IECRE Assessment (OD-0551-16)

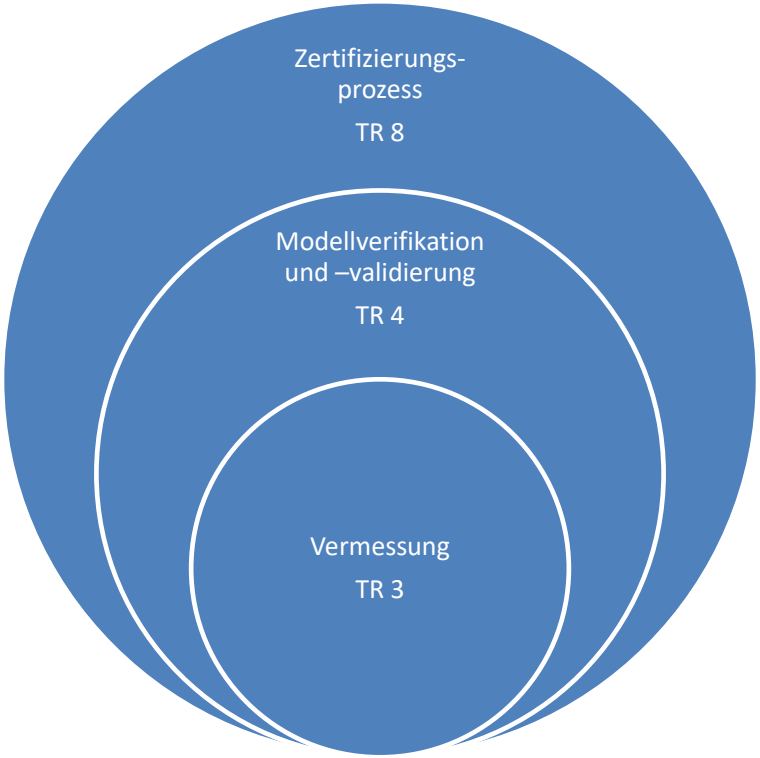




Test Bench Tests

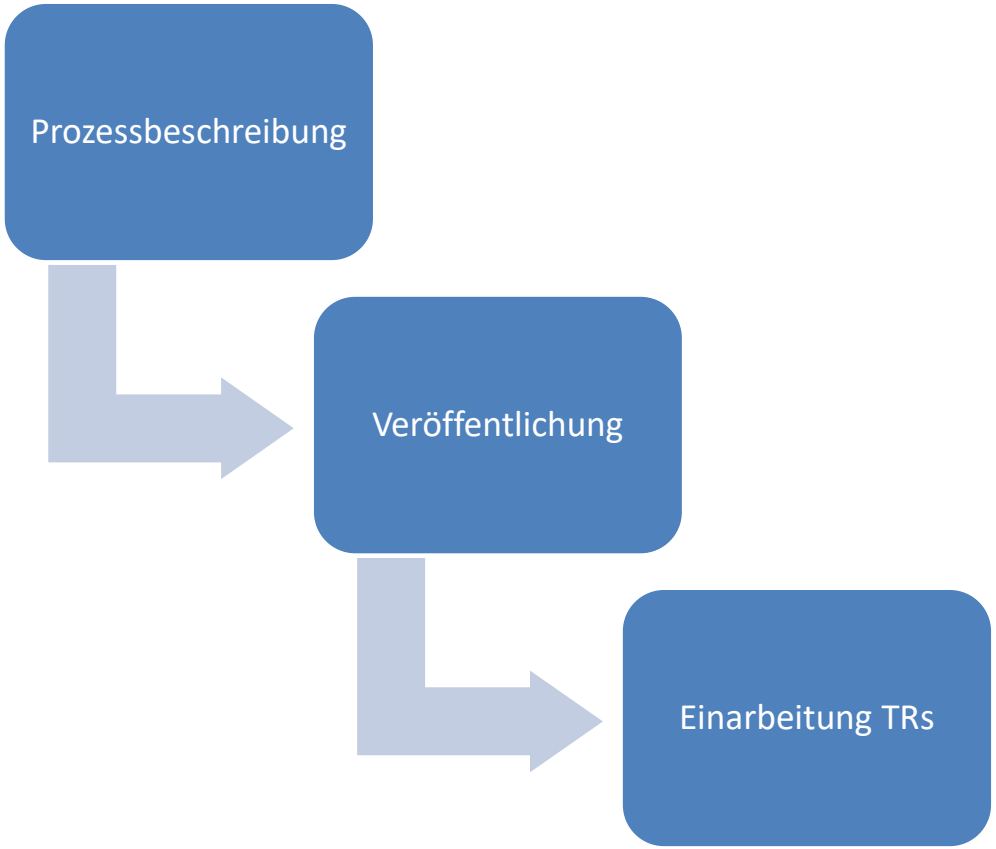
Ziel des Arbeitskreises

- Entwicklung eines zukünftigen Mess- & Validierungsprozesses für die komponentenbasierte Einheitenzertifizierung
- Verfahren soll für EZE-Typ 1 und Typ 2 und Speicher gelten
- Verfahren soll…
  - …erneute Validierung und Rezertifizierung kostengünstig und schnell ermöglichen
  - …großen Gültigkeitsbereich aufweisen
  - …zuverlässig und vertrauenswürdig sein
- Arbeitskreis:
  - Start: Januar 2021
  - Gruppenstruktur: Expert/-innen aus TR 3, TR 4, TR 8

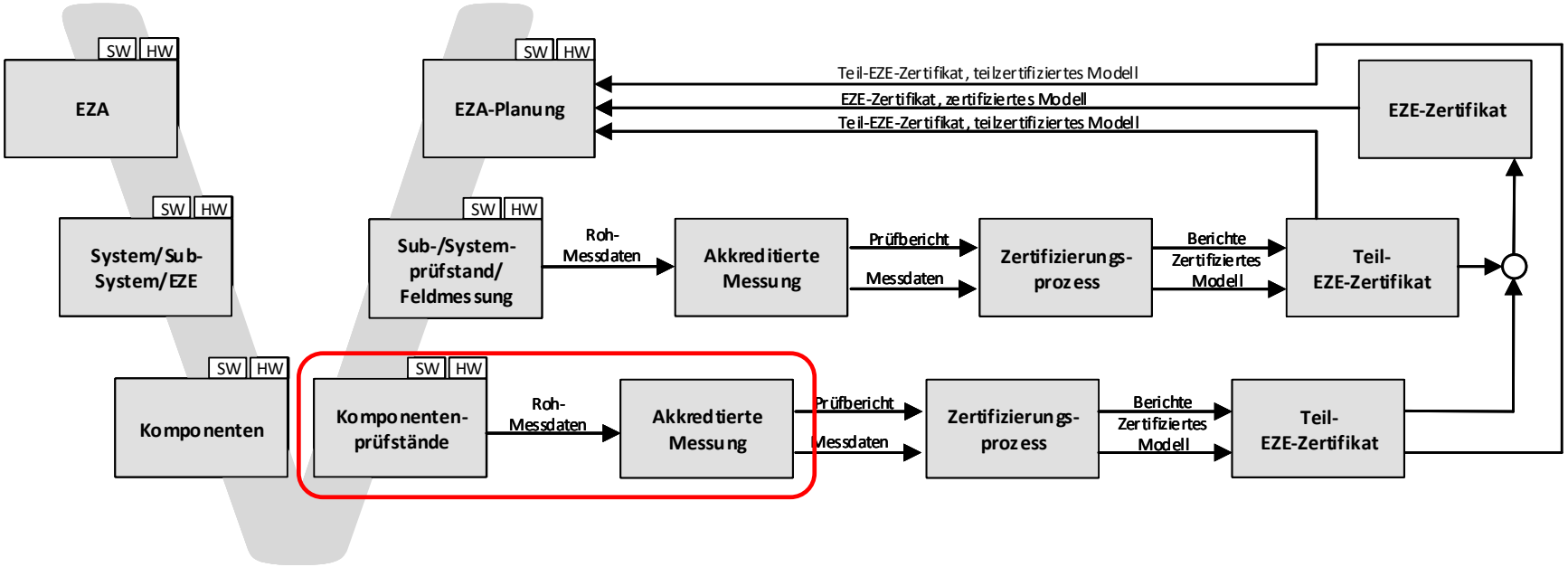


Aufgaben des Arbeitskreises

- Inhaltlich:
  - Beschreibung eines grundsätzlichen Ablaufs für komponentenbasierte Einheitenzertifizierung
  - Erstellung von Handlungsempfehlungen für die jeweiligen AKs TR 3, TR 4, TR 8
  - Begleitung der Integration des Verfahrens in die TR 3, TR 4, TR 8
- Ergebnisse:
  - Zusammenfassung der Ergebnisse und Veröffentlichung als White Paper

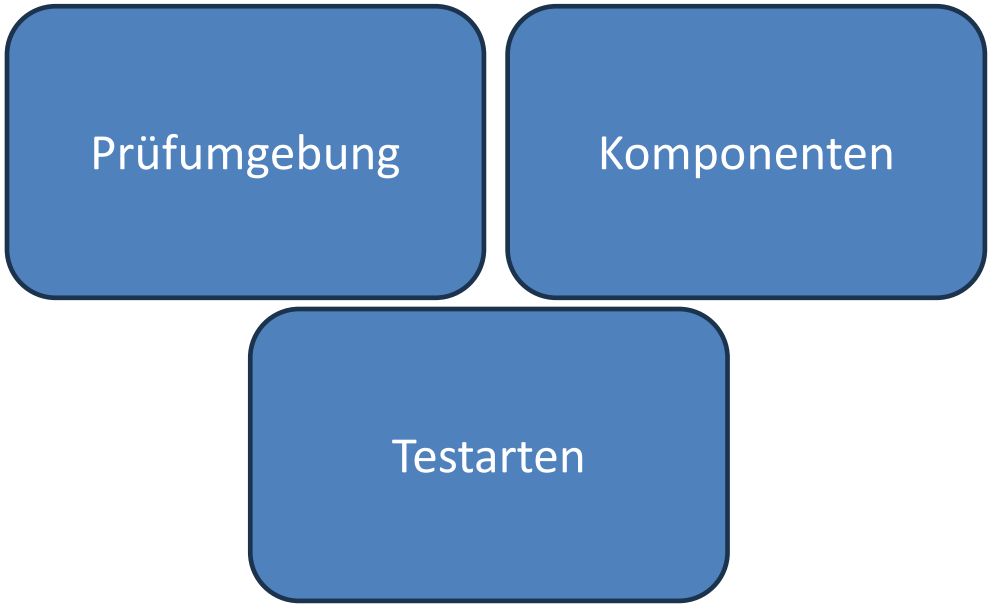


Prozess der komponentenbasierten Einheitenzertifizierung



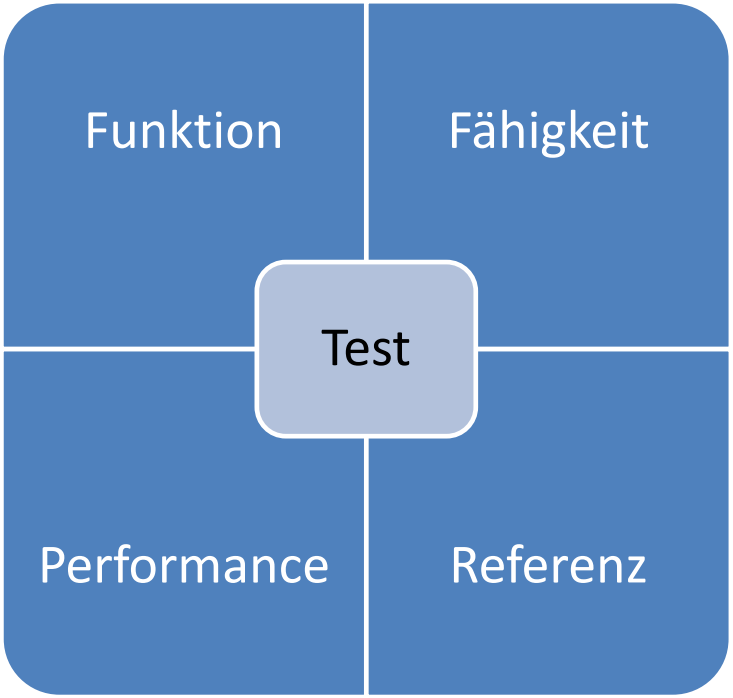
Methodisches Vorgehen

- Was soll mit dem jeweiligen Test überprüft oder gezeigt werden?
- Welche Komponenten haben einen Einfluss auf die Ergebnisse des jeweiligen Tests?
- Welche Prüfumgebungen können zum Einsatz kommen?
- Welche Anforderungen müssen die Prüfumgebungen erfüllen?



Testarten

- Was ist das Ziel des jeweiligen Tests?
- Was soll mit dem jeweiligen Test überprüft oder gezeigt werden?
- Wird ein Test zu Ergebnisabsicherung benötigt?



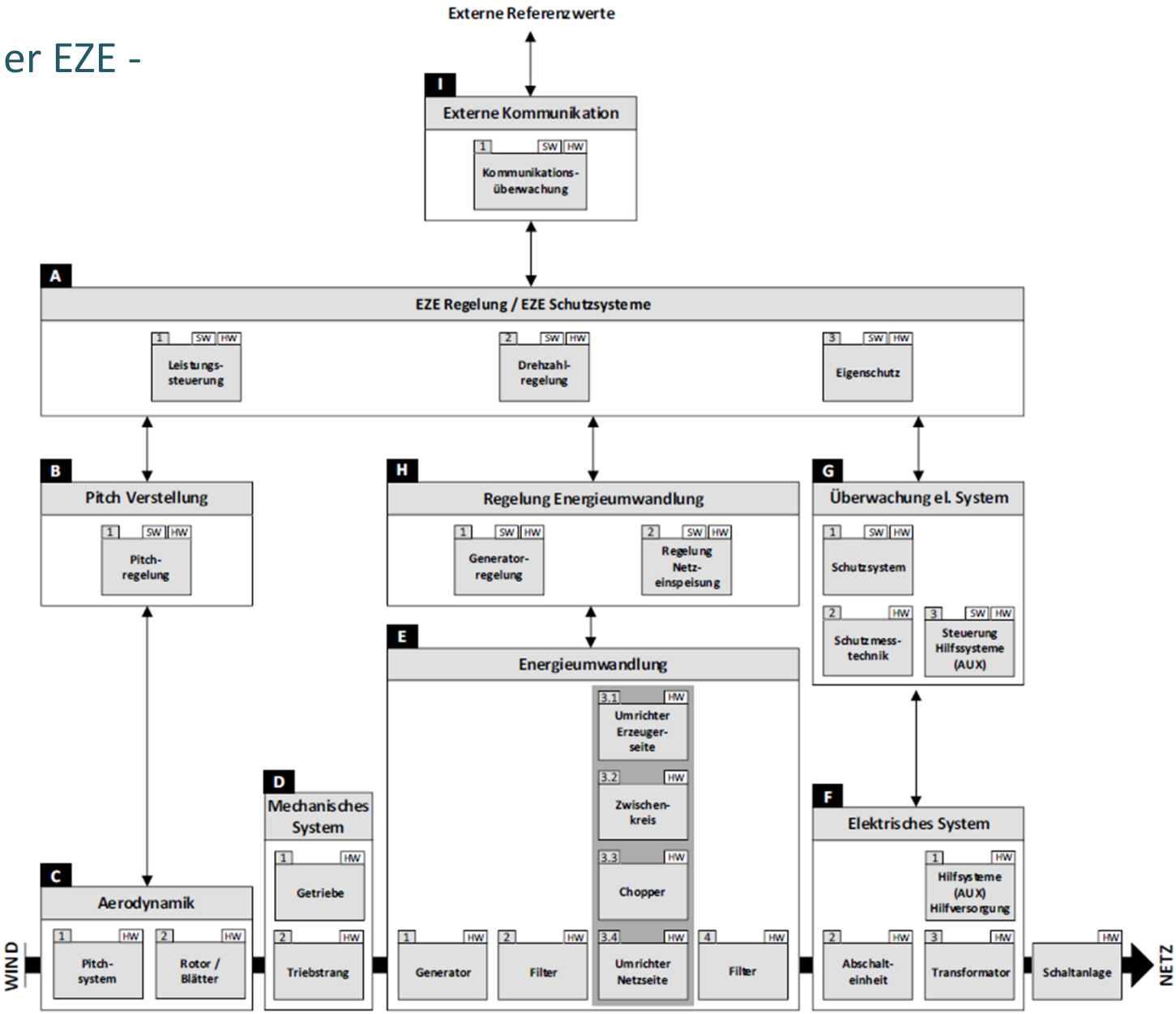
Testarten - Beispiele

- Funktionstest
  - Überprüfung der eingesetzten Software und/oder Zielhardware auf eine definierte Funktion
  - Anforderung Prüfstand:
    - Kein Leistungsfluss erforderlich
  - Beispiel: Reglerfunktionen

- Performancetest
  - Überprüfung oder Vermessung des Betriebsverhaltens und Dynamik einer Komponente unter Berücksichtigung der Anlagendynamik
  - Anforderung Prüfstand:
    - Leistungsfluss erforderlich
    - Abbildung der gesamten Anlagendynamik
    - Hardware in the Loop (HiL)-Regelung ist erforderlich
  - Beispiel: Fault Ride Through Verhalten (FRT)

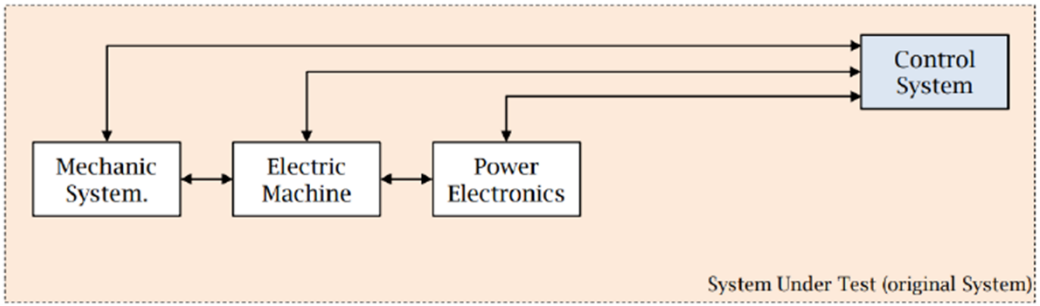
Komponenten der EZE - Beispiel WEA

- Blockschaltbild
  - Teilsysteme A bis I inklusive zugehörige Komponenten
  - Darstellung in Leistungsflussrichtung
  - Interaktionen werden über Pfeile dargestellt
  - HW – Hardware
  - SW – Software



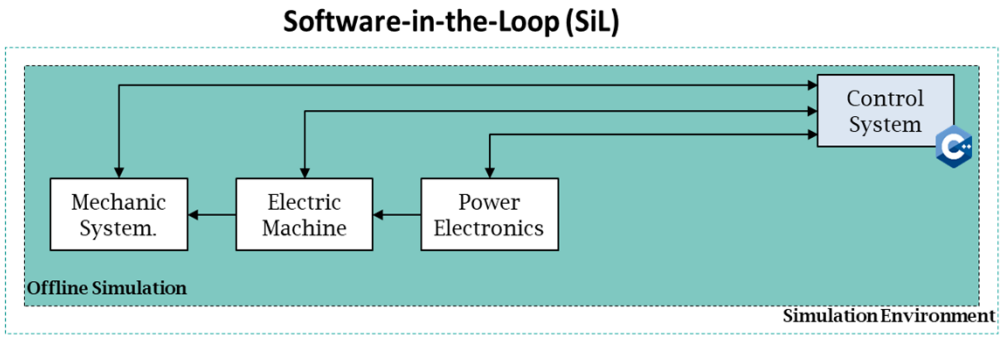
Prüfumgebungen

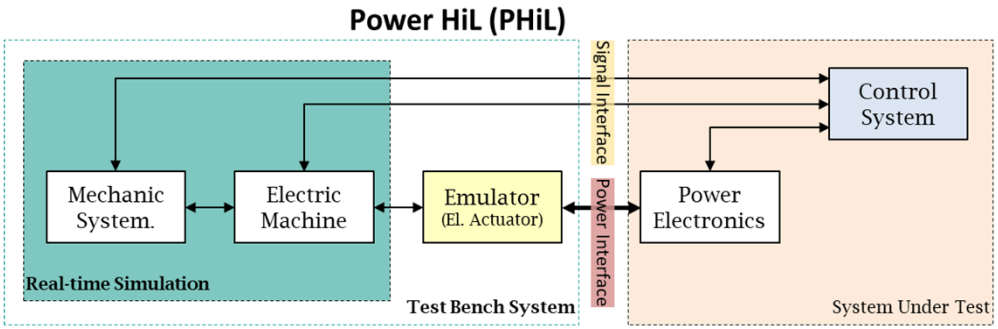
- Allgemein
  - Unterteilung der EZE in mechanische-, elektrische-/ leistungselektronische Teilsysteme und EZE-Regler
- Komponentenprüfstände
  - Einsatz von Modellen mit unterschiedlichen Detailierungsgrad
  - Untersuchung des Verhaltens einzelner Komponenten und der resultierenden Gesamtdynamik der EZE
  - Definition von 6 unterschiedlichen Prüfumgebungen
- Vereinfachte Komponentenprüfstände
  - Ohne Einsatz von Modellen
  - Leistungsfluss vorhanden
  - Einsatz zum Nachweis der Leistungsfähigkeit
  - Beispiel: Generator-/ Umrichterprüfstand ohne HiL



Prüfumgebungen - Beispiele

- Software in the Loop (SiL)
  - Einsatz des Simulationsmodells der EZE
  - Modell muss entscheidende elektrische Merkmale beinhalten und diese ausreichend genau abbilden
  - Prüfling: Quellcode des EZE-Reglers wird in die Simulation eingebunden
- Power Hardware in the Loop (PHiL)
  - Einsatz von Netzemulatoren und Echtzeitmodellen
  - Prüfling: Hardware (Umrichter)
  - Daten- und Signalschnittstelle und Leistungsschnittstelle (elektrisch)



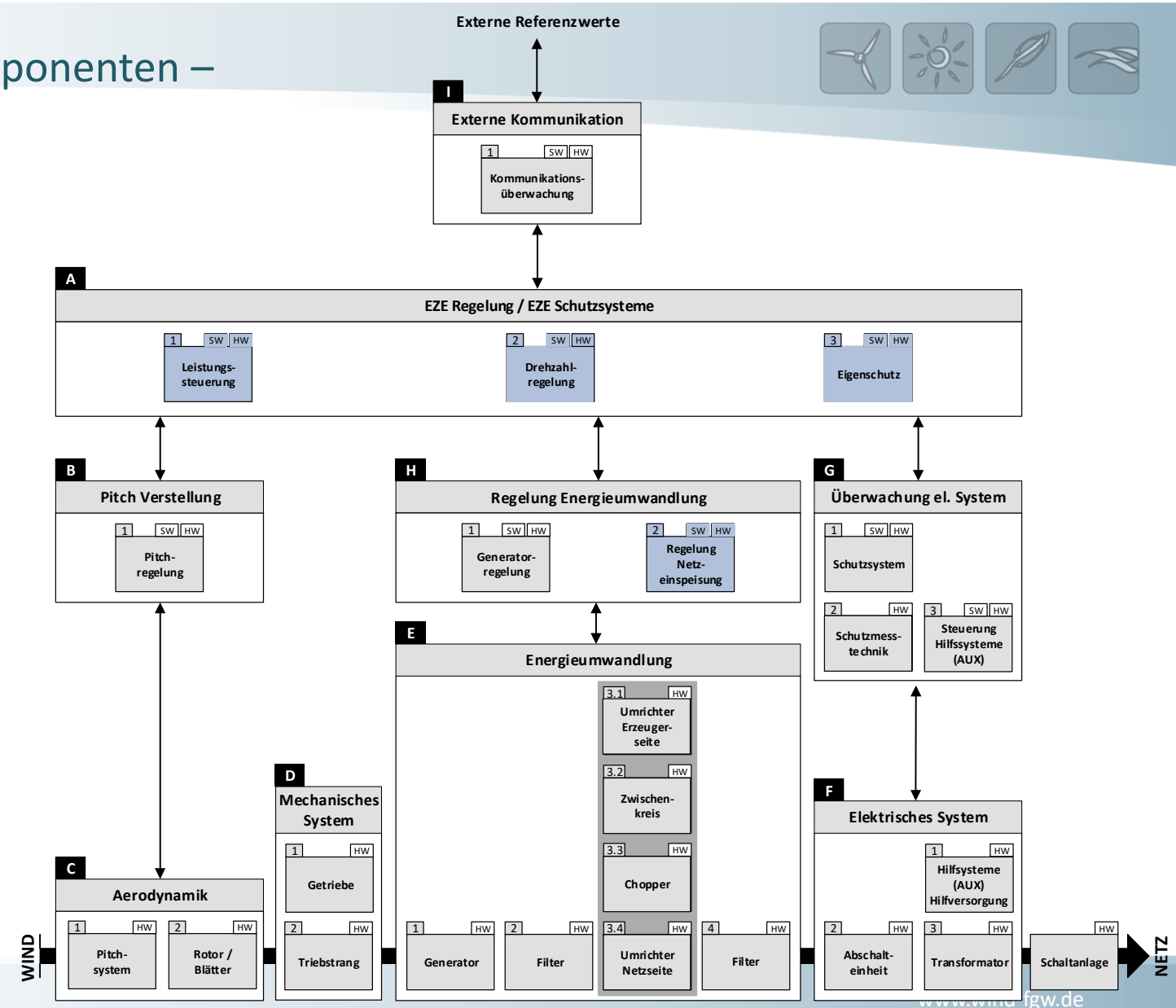


Testdefinition – Beispiel: FRT-Test

- Ziel gemäß FGW TR 3 Rev. 26:
  - Die Tests sollen dazu dienen:
    - …die Leistungsfähigkeit der EZE bei Überspannungs- und Unterspannungsereignissen zu bewerten
    - …den Strom, welcher im Fehlerfall bereitgestellt wird, zu vermessen

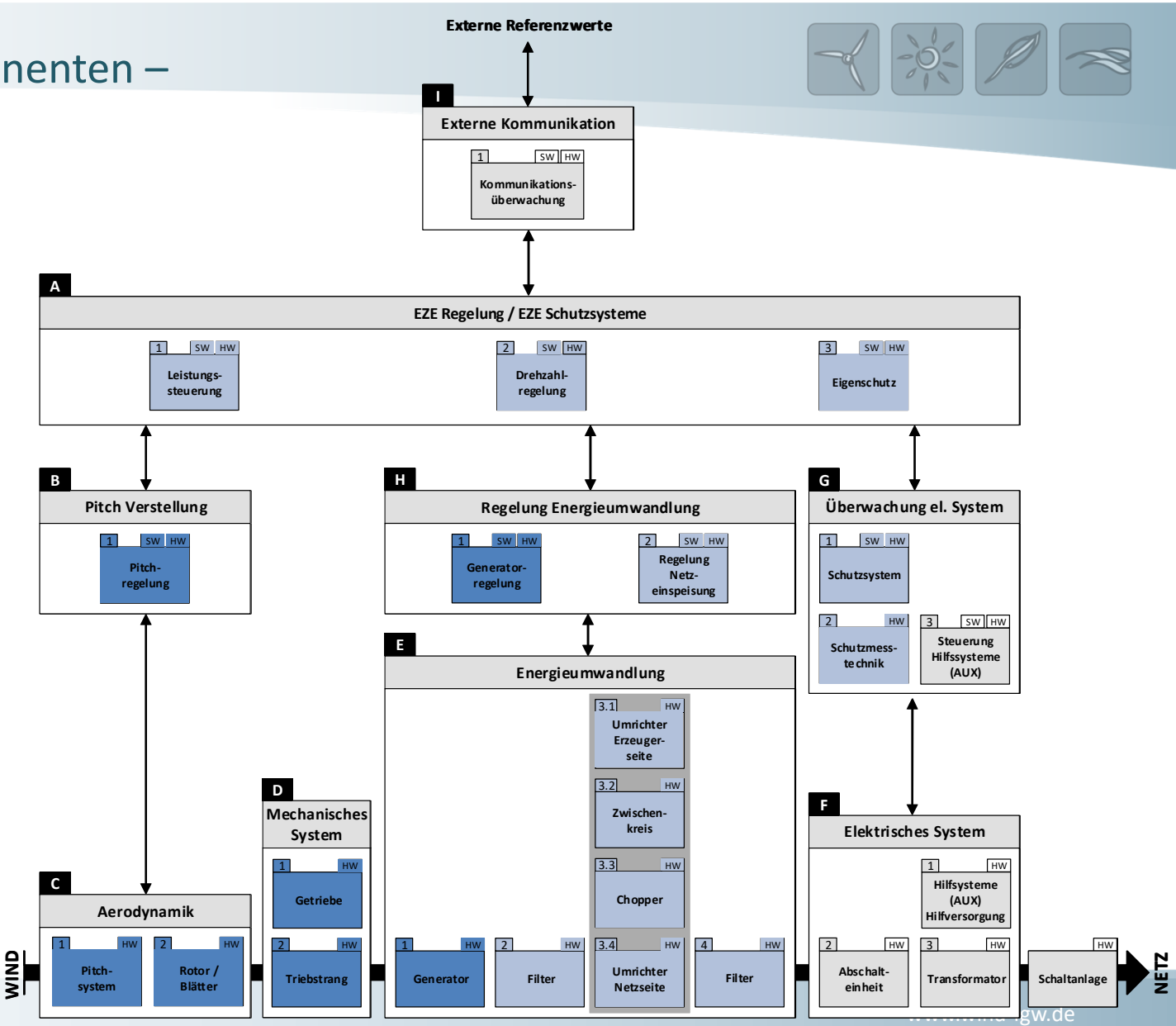
Relevanten Komponenten – Funktionstest

- WEA Typ IV:
  - Modell: Abhängig von der zu prüfende Funktion
  - Hardware: EZE-Regelung (A), Regelung Netzeinspeisung (H.2)
- Minimale Prüfumgebung für den Funktionstest:
  - WEA: Software in the Loop (SiL)



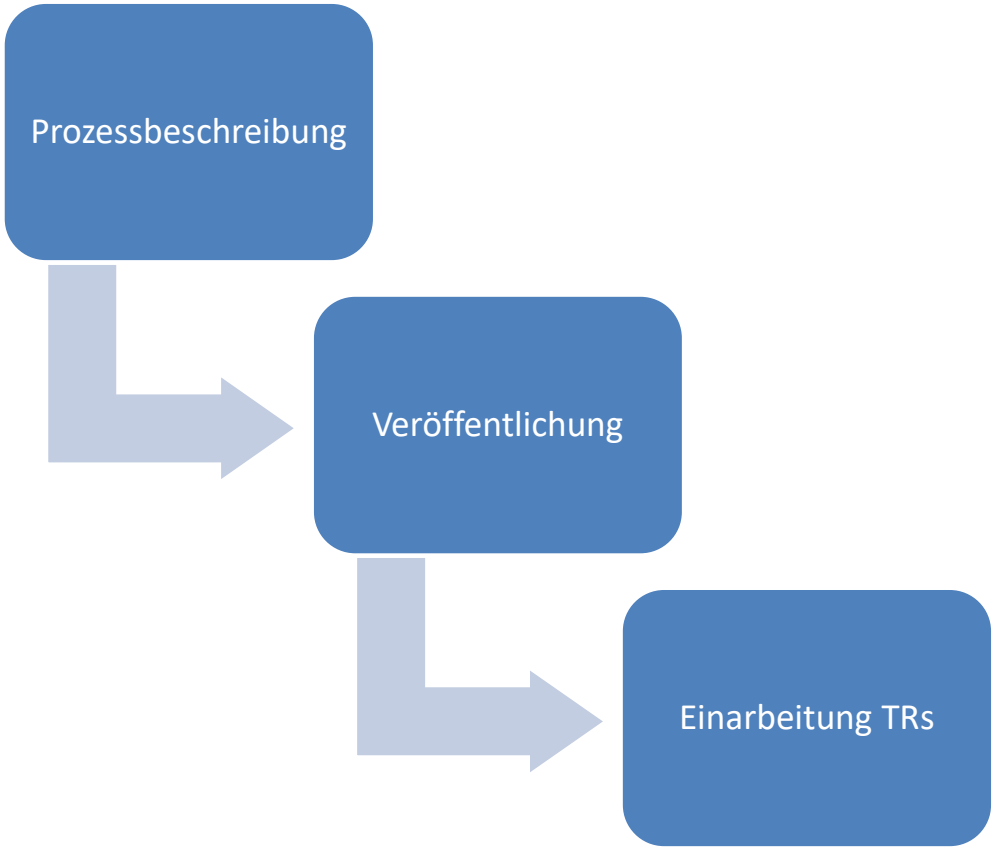
Relevante Komponenten – Performancetest

- WEA IV:
  - Hardware: EZE-Regelung (A), Umrichter + Filter (E.2-E.4), Netzschutz (G.1), Schutzmesstechnik G.2, H.2
  - Modell: Pitch-Verstellung (B), Aerodynamik (C), Mechanisches System (D), Generator (E.1), Generatorregelung (H.1)
- Minimale Prüfumgebung für Performancetest:
  - WEA – Typ IV: PHiL



Wie geht‘s weiter?

- Einarbeitung der Kommentare
  - Kommentierungsphase endete am 03.11.2025
- Veröffentlichung des White Papers:
  - im Januar 2026
- Treffen des Arbeitskreises mit den Arbeitskreisen der TR 3, TR 4, TR 8
- Best Practice Erfahrung sammeln und teilen



Vielen Dank für Ihr Interesse!

FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien

Oranienburger Straße 45
10117 Berlin

Fon: +49 30 3010 1505 – 0

E-Mail: info@wind-fgw.de
Internet: www.wind-fgw.de

Kontakt

Gesa Quistorf
Business Unit Electrical System Integration
Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES

Am Luneort 100,
27572 Bremerhaven, Germany

E-Mail: gesa.quistorf@iwes.fraunhofer.de
Telefon: +49(0) 471 / 14290-491
Mobil: +49(0)160 / 3230891