



Asymmetrischer Wingtail

1 Kontext

Neben Photovoltaik und Wasserkraft wird Windenergie eine zentrale Säule der zukünftigen Energiegewinnung sein. Dabei sind im Bereich der Windenergie aktuell vorwiegend Großwindenergieanlagen (GWA) in on-shore und off-shore Grids im Fokus. Dezentrale Kleinwindenergieanlagen (KWA) spielen aktuell eine untergeordnete Rolle und sind technologisch nicht mit dem Stand der Großwindanlagen vergleichbar.

siWING nutzt das vorhandene wissenschaftliche Potenzial und fokussiert es auf konstruktive Innovation, Effizienz, Leichtbau und Nachhaltigkeit in der dezentralen Windenergieerzeugung. siWING entwickelt ROTOLUS als Hightech Massenprodukt mit wirkungsvollem Beitrag zur Energiezukunft durch breite Marktakzeptanz und Attraktivität.

2 ROTOLUS Innovationen

ROTOLUS enthält eine ganze Reihe von Innovationen, für die unter anderem auch Schutzrechte beantragt wurden und werden. Neben dem gekoppelten Verbundflügel (Entwicklung seit etwa 10 Jahren) werden beispielsweise ein neuartiger innovativer Generator mit Luftspaltwicklung mit besonderer Eignung für geringe Drehzahl-niveaus bei gleichzeitig hoher Leistung und eine funktionsintegrierte Generator-Naben-Lager-Bremse-Flügelanschluss Bauweise eingesetzt, die erheblich Gewicht sparen.

Ebenso wird ROTOLUS so entwickelt, dass immer eine optimale Anströmung als Basis für ein hohes Leistungspotential eingestellt ist.

siWING hat hierfür eine neuartige rein aerodynamische Windnachführung – die asymmetrischen Wingtail Steuerung - entwickelt und als Patent angemeldet.

Diese Windnachführung liefert einerseits schon bei sehr kleinen Abweichungen von der optimalen Richtung sehr hohe Rückstellmomente und kann diese auch noch in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit variieren.

Mit der asymmetrischen Wingtail Steuerung kann das aerodynamische Regelkennfeld sehr feingranular auf die jeweiligen Erfordernisse eingestellt werden.

Für die Konstruktion nutzt siWING ein vollständiges SolidWorks Ökosystem.

Für alle aerodynamische und Strukturberechnungen bei siWING wird das umfangreiche Ansys Startup Bundle Structures & Fluids eingesetzt.

Mit der Geometrieschnittstelle werden die Daten aus SolidWorks übernommen und mit den dortigen Änderungen synchron gehalten.

Die Aufbereitung für die Strömungssimulation erfolgt in Spaceclaim.



Die Verknüpfung aller Modellierungen erfolgt in der einzigartigen Ansys Workbench, die insbesondere bei den gekoppelten Berechnungen wie der Fluid Struktur Interaktion ihre großen Vorteile ausspielt.

3 Ansys Simulationen

Die asymmetrische Wingtail Steuerung – im Prinzip relativ einfach – erfordert in der praktischen Umsetzung bis zu dem gewünschten Produktziel aufgrund der vielen Steuerungsgrößen einen nicht unerheblichen Simulationsaufwand:

- Variation der Flügelprofile,
- Größe und Form der Flügel,
- feine Justage des Anstellwinkels,
- wirkungseffektive Positionierung im Rotornachlauf,
- Verstellmechanik der Geschwindigkeitsvariation und
- Kopplung jeweils mit der Strukturanalyse der Bauteile zur Gewichtsminimierung und Maximierung der Betriebsfestigkeit.

In diesem sehr großen Aufgabenfeld werden schnell Limitierungen erreicht, für die alternative Lösungswege entwickelt werden müssen.

Ansys Simulationstools liefern daher dank ihrer Vielfalt und Flexibilität hervorragende Ausgangsbedingungen für Ingenieure, systematisch und übersichtlich komplexe Problemstellungen wie diese zu bearbeiten.

Das Wingtail als solches ist an der Gondel der KWA angebracht und besteht aus zwei nebeneinander liegenden und senkrecht angeordneten Tragflügeln, welche einen definierten Abstand zueinander besitzen.

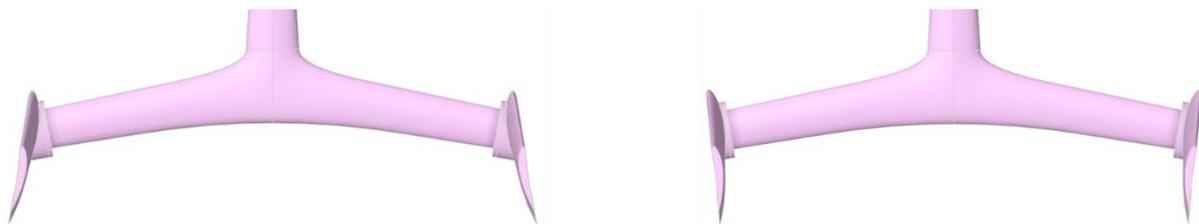


Abbildung 1 Wingtail in der Draufsicht mit verschiedenen Anstellwinkelkonfigurationen des Profils

Bei der grundsätzlichen Auslegung des Wingtails wurden zunächst aerodynamische Profile der NACA-Baureihe mit hohen Auftriebsbeiwerten und optimierten Gleitzahlen ausgewählt, da die überschlägige Betrachtung der physikalischen Sachverhalte nahelegt, dass so schon bei kleinen Strömungsrichtungsabweichungen größtmögliche Giermomente erzeugt werden können.

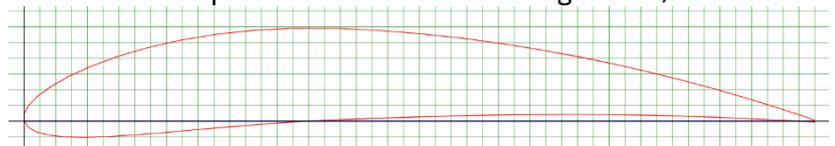


Abbildung 2 Ausgewähltes NACA Profil



Hohe Giermomente sind sehr vorteilhaft, da der gesamte Windanlagenkopf, also die Verbindung aus Rotor, Generator, Bremse und Gondel, um die Hochachse in eine optimale Anströmposition gedreht wird.

Je höher das Giermoment ist, desto kleiner ist die Zeit für die benötigte Nachregelung und desto effektiver ist das Windrad.

Aus der detaillierten Betrachtung der Kennfelder der favorisierten Profile folgte die Bestimmung geeigneter Betriebsmodi, im Speziellen also die Festlegung lokaler Anstellwinkel der aerodynamischen Flügelkomponenten für verschiedene Windgeschwindigkeiten. Diese wurden gezielt anhand der größten zu erwartenden Differenz der resultierenden Kräfte an den zwei gegenüberliegenden Profilgeometrien konzipiert und konstruiert. Entsprechende Konstruktionen sind in SolidWorks entwickelt und in Spaceclaim für die CFD-Berechnung bzw. FSI-Berechnung weiter aufbereitet worden (Abbildung 1).

Diese ‚empirische‘ Vorarbeit wurde folgend durch eine repräsentative Menge an Belastungsfällen hinsichtlich der globalen Strömungsrichtung relativ zur Gondel der Windanlage sowie variierender Anströmgeschwindigkeiten mit dem Ansys Fluid & Structures Paket analysiert und ausgewertet (Abbildung 3 bis 6).

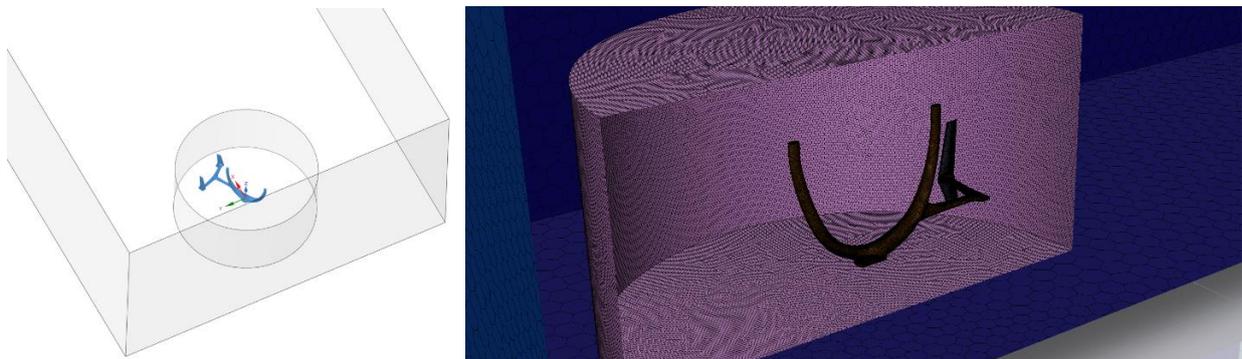


Abbildung 3 ANSYS Fluent Setup: Domains und Vernetzung

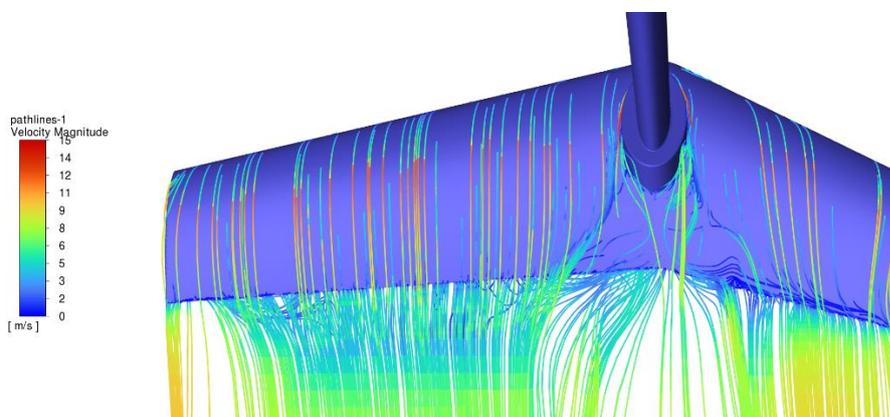


Abbildung 4 ANSYS Fluent detaillierte Analyse eines Profils inklusive Befestigung

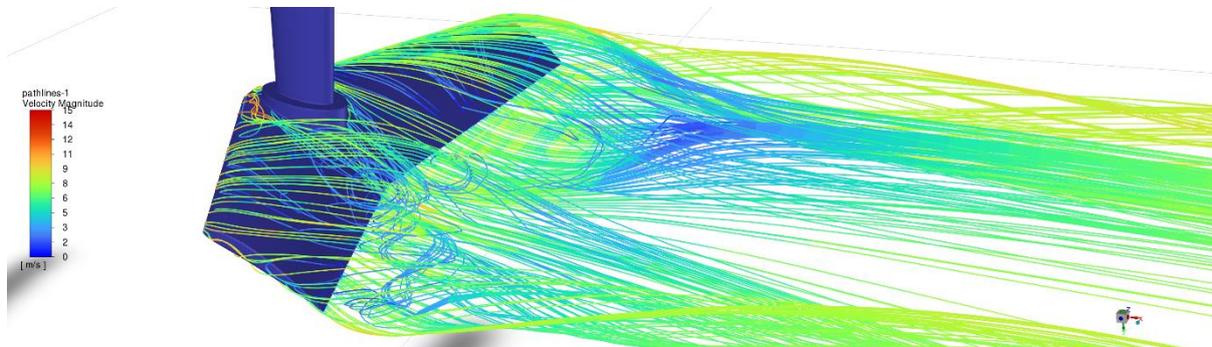


Abbildung 5 ANSYS Fluent detaillierte Analyse eines Profils in den verschiedenen Szenarien (Matrixvariation Anstellwinkel, Strömungsgeschwindigkeit)

Anhand der ermittelten Daten konnten anlagenspezifische Kennlinien generiert und miteinander verglichen werden. Mit viel Sorgfalt ist die Feinjustage der ‚Schaltpunkte und -gradienten‘ dieses ‚strömungsmechanischen Aktors‘ erfolgt.

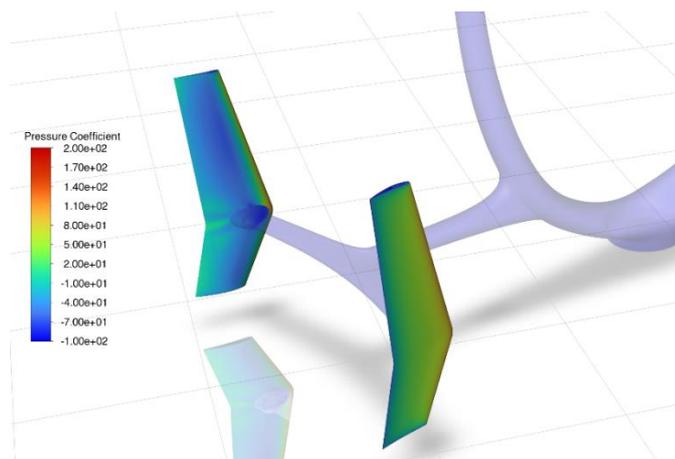


Abbildung 6 ANSYS Fluent detaillierte Druckverteilung einer Konstellation, Basis für die Strukturanalyse und die folgende FSI (Fluid Structure Interaction) für die finale Auslegung und Bewertung

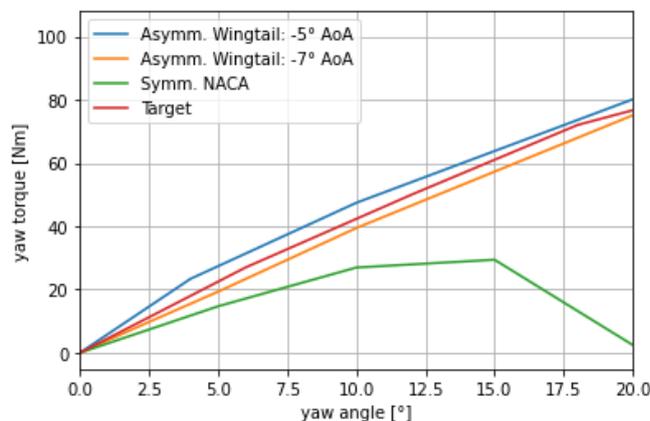


Abbildung 7 Drehmomentkurven ausgewählter Beispiele im Vergleich untereinander und zu einem symmetrischen Standardprofil: der asymmetrische Wingtail erzeugt das doppelte Moment in den wichtigen Bereichen



Die verbliebenen Freiheitsgrade der Bauteilgestaltung werden in dem finalen Design genutzt für Verbindung der Funktionalität mit ansprechender Ästhetik.

Dank der einfach zu bedienenden Oberfläche der Ansys Workbench ist die weitere Kopplung von Ergebnissen der Strömungsberechnung mit strukturmechanischen Komponenten (FSI) relativ einfach umsetzbar, wenn auch mit erheblichen Rechenkapazitäten verbunden.

Als Startup mit sehr überschaubaren Möglichkeiten ist CFD und FSI diesbezüglich eine sehr große Herausforderung, dennoch unverzichtbar für die Lösung der Aufgabe. Da es praktisch keine detaillierte Ableitung von einem Aufgabenset wie diesem zu einer optimalen Rechner- (Hardware-) Konfiguration mit einer sicheren Kalkulation der Rechenzeit und damit der Lösbarkeit der Aufgabe gibt, sind eigene Untersuchungen unternommen worden.

Es wurden eine Vielzahl von Fällen mit möglicher Vergleichbarkeit in der Literatur ausgewertet und empirisch ‚normiert‘, praktische Erfahrungen thematisch ‚benachbarter‘ Unternehmen einbezogen und natürlich die eigenen laufenden Berechnungen auf sehr gut ausgestatteten, aber immer noch Standard-Workstations mit Intel® Core™ i9-10980XE Prozessoren mit 18 Kernen als wertigste Information berücksichtigt.

Im Ergebnis ist eine individuelle Workstation Konfiguration erstellt, die den besten Kompromiss zwischen der anspruchsvollen Aufgabe, den Kosten und den potentiellen Rechenzeiten darstellt:

- Workstation mit Serverboard, zwei AMD EPYC 7573X Prozessoren mit je 32 Kernen,
- maximaler Speicherversorgung (Geschwindigkeit, Bandbreite) für diese Prozessoren,
- kleinste passende Grafikkarte für Ansys GPU Unterstützung und
- sehr hoher Kühlleistung in dem Gehäuseformat.

Die laufenden Erfahrungen legen nahe, dass mit dieser Konfiguration bis auf die extrem anspruchsvollen FSI Fälle die Mehrzahl der Berechnungen möglich gemacht wird.

Parallel wird versucht werden, die beginnende Ansys GPU Unterstützung durch eine entsprechende Grafikkarte mit zu nutzen.

Mit dieser Konfiguration ist es selbst so einen kleinen Startup wie siWING möglich, quasi noch unter dem Bürotisch diese höchstanspruchsvollen Berechnungen durchzuführen.

Der gesamte asymmetrische Wingtail wird so präzise, zuverlässig und belastbar für die dauerhafte Betriebsfestigkeit ausgelegt und für die Fertigung optimiert.

Im Ergebnis entsteht ein hocheffektives und extrem leichtes Funktionsbauteil, das einen wesentlichen Beitrag für die hohe Effizienz der Anlage leistet.

Der Ansys Partner INNEO Solutions unterstützt diesen gesamten Prozess mit intensiver Beratung und wertvollen Hinweisen im Detail bei dem kontinuierlichen Streben nach qualitativer Ergebnisverbesserung und Reduktion der Rechenzeit.



siWING

siWING
smart intelligent Wings

ROTOLUS Innovation

Fabian Schumacher / Helmut Gutzmann

06.11.2022

Mit dem Einsatz der CFD, der FSI, der enormen Rechenpower moderner Prozessoren und natürlich des Know-hows ist die feinjustierte Realisierung dieses ‚strömungsmechanischen Aktors‘ selbst durch ein kleines Startup wie siWING von einem intuitiven Prozess zu einem sehr deterministischen geworden.

4 Ansys Einsatz für die weitere Entwicklung

Das Ansys Paket wird auch genutzt werden, um die große ROTOLUS Innovation in die Realität zu bringen: den aerodynamisch leistungsbegrenzten Rotor mit asymptotischer Drehmomentkurve!

Diese ROTOLUS Innovation ist die Grundlage für ‚always on‘.