



# windEXT

## Advanced maintenance, lifetime extension and repowering of wind farms supported by advanced digital tools

Newsletter Edition 4, Dezember 2021

### Projektüberblick

**WindEXT** wurde im Januar 2020 gestartet und ist ein ehrgeiziges, von der EU finanziertes Projekt. Ziel des Projekts ist es, spezielle Schulungen zu entwickeln, welche digitale Tools wie Virtual Reality oder 360°-Videotouren integrieren, um die klassischen theoretischen Methoden zu vervollständigen. Das Projekt vereint Partner aus den Bereichen Universitäten, Berufsbildungszentren und privaten Unternehmen, welche ihr vielfältiges Kno-How einbringen, um eine Lernumgebung zu schaffen, welche in verschiedenen Ländern mit dem Ziel genutzt werden kann, die Ausbildungsqualität von Studenten zu erleichtern, welche sowohl Universitäten als auch private Bildungseinrichtungen verlassen.

Das übergeordnete Ziel der Lernumgebung und des Inhalts besteht darin, die Stromgestehungskosten (LCOE) der bestehenden und/oder neuen Windparks zu reduzieren, indem die Qualität der O&M-Services erhöht wird, die Lebensdauer der Anlagen verlängert wird und die Arbeitsbedingungen des Wartungspersonals optimiert werden. Das Projekt **WindEXT** hat eine Laufzeit von drei Jahren und endet im Dezember 2022.

Nach fast zwei Jahren seit dem Start im Januar 2020 hat das Konsortium die Entwicklung eines Trainingskurses grundlegend abgeschlossen und alle Inhalte, sowie die verschiedenen digitalen Tools, welche im Folgenden vorgestellt werden, auf einer Moodle-Plattform zusammengefasst. Die Absicht des Konsortiums besteht darin, die Nutzung des Studiengangs insgesamt oder einzelner unabhängiger Module oder Werkzeuge zu fördern, die immer als praktische Grundlage der theoretischen Lehre dienen sollen.

Das **WindEXT** Projekt wird im Rahmen des [ERASMUS + Programms](#) der Europäischen Union gefördert.

Die Struktur von **WindEXT** besteht aus vier Abschnitten und jeder Abschnitt hat unterschiedliche Module. Die Abschnitte sind:

- Einführung in die Windturbinentechnologie
- Wartung und Instandhaltung
- Lebensdauerverlängerung und Repowering
- Digitale Werkzeuge

Innerhalb der digitalen Tools beinhaltet **WindEXT**: **WExSiM**, **WExLaB**, **WindViR** und die 'Failure Tree'-Software.

Durch das **WExSiM** -Tool können verschiedene Szenarien in einer 3D-Simulationssoftware abgebildet werden. **WExLaB** zeigt den Studierenden die grundlegenden Konzepte und das Design einer Windkraftanlage. Insbesondere die Auslegung von Windkraftanlagen wird mit Hilfe von MATLAB Simulink® erklärt. **WindViR** zeigt die verschiedenen Wartungsbereiche (präventiv, korrektiv und prädiktiv) von Windkraftanlagen mit Hilfe des H5P-Tool. Schließlich ermöglicht die Software "Failure Tree" durch eine mathematische Funktion, einen Datensatz als Eingabe zu verwenden und die Ausfallwahrscheinlichkeit verschiedener Komponenten als Ausgabe zu erhalten.

### Projektstatus

Nach 2 von 3 Jahren Projektlaufzeit haben wir die ersten Entwicklungen und Ergebnisse abgeschlossen. Damit liegen wir für unser **WindEXT** -Projekt im Zeitplan und starten im Frühjahr 2023 mit den Pilotversuchen. Nach erfolgreichem Abschluss können die Ergebnisse unseres **WindEXT** -Projekts der Öffentlichkeit präsentiert und von dieser auch aktiv genutzt werden. Bis dahin stellen wir unsere entwickelte Ausbildungsstruktur und die einzelnen Module auf unserer Homepage vor.

Ein digitales Tool, welches entwickelt wird, ist die Software „Failure Tree“. Derzeit wird es für das Getriebe entwickelt, aber es wird auch für andere Komponenten der Windkraftanlage anpassbar sein.

Darüber hinaus arbeitet das Konsortium an einer Harmonisierung zwischen Simulwind, dem ersten Simulator, der in einem anderen Erasmus+-Projekt entwickelt wurde und **WExSiM**, mit dem Ziel, dass sowohl die Software als auch die Hardware von Simulwind mit **WExSiM** kompatibel sind. Parallel dazu wird das letzte Szenario des **WExSiM** -Simulators programmiert.

Wir blicken zuversichtlich auf das letzte Jahr unseres **WindEXT** -Projekts und sind optimistisch, dass wir es entsprechend den erwarteten Ergebnissen zu einem erfolgreichen Abschluss bringen können.

### Projektfortschritt

Alle Inhalte des **WindEXT** -Projekts werden auf einer MOODLE-Plattform zusammengefasst, von den theoretischen Inhalten bis hin zu den digitalen Tools, mit Ausnahme von **WExSiM**, auf das extern (via APP) zugegriffen wird.



Abbildung 1: Struktur des WindEXT Kurses

### WindEXT . Digital tool: WExSiM

Die Simulation läuft auf der Oculus Quest 2. Wir haben nun 5 Trainingsszenarien fertiggestellt, die auf unserer Homepage [www.windext.com](http://www.windext.com) und auf unserem YouTube®-Kanal WindEXT zu sehen sind. Die 5 Trainingsszenarien sind:

- Wartung und Austausch eines Azimutmotors (oben links)
- Verwendung der hydraulischen Haltebremse
- Evakuierung aus dem Servicelift (unten rechts)
- Hydraulisches Anziehen von Schraubverbindungen (oben rechts)
- Austausch einer Sicherung (unten links)

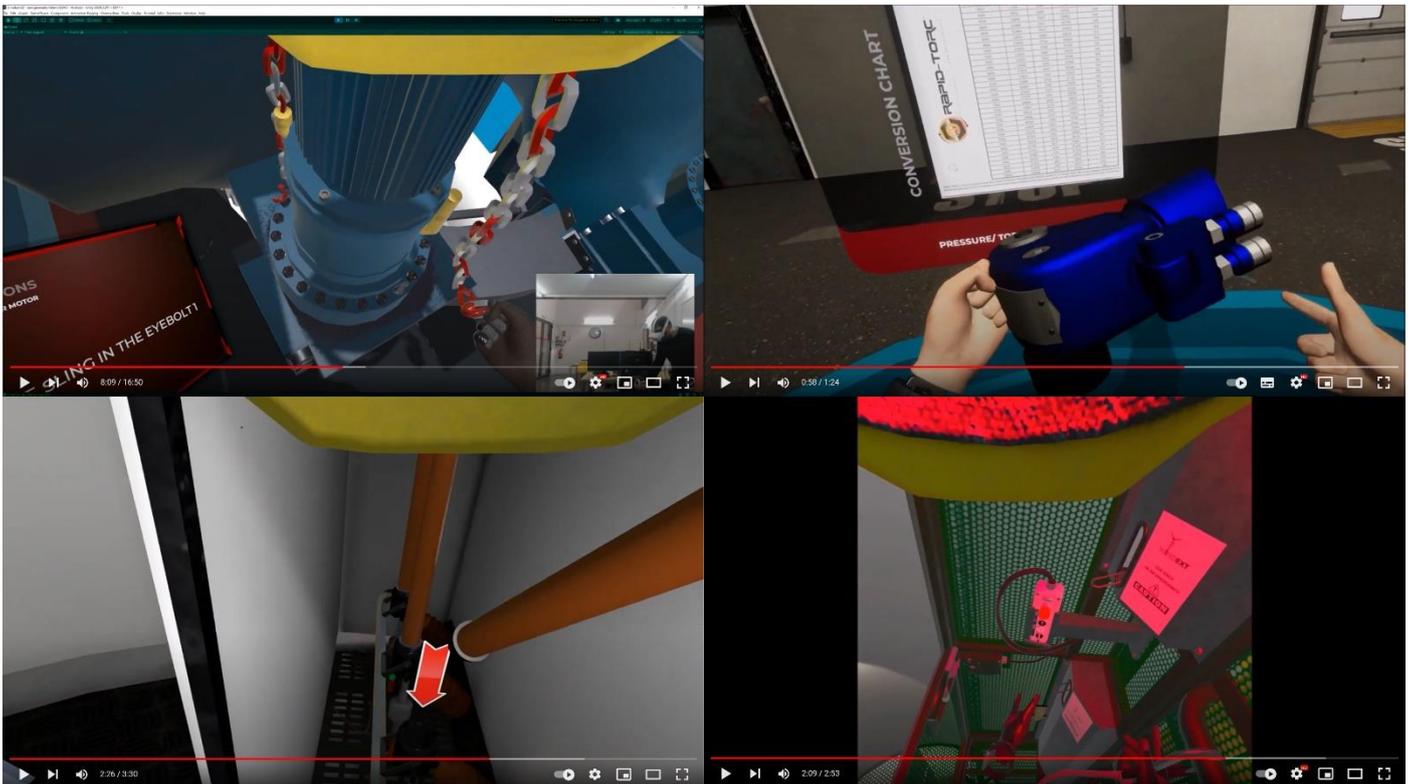


Abbildung 2: verschiedene Trainingsszenarien mit Oculus Quest

Dieser Teil des Projekts ist in seiner Entwicklung abgeschlossen und wir warten nun auf die Rückmeldungen aus den Pilotversuchen, um die einzelnen Szenarien entsprechend zu verbessern und zu optimieren.

Unser Ziel ist es, dass die Simulation am Ende des Projekts im Oculus Store zum Download zur Verfügung steht.

## **WindEXT. Sektion 1: Einführung in die Windenergieanlagentechnologie. Digital tool: WindLaB**

Der erste Abschnitt von MOODLE, „Einführung in die Windenergieanlagentechnologie“, ist in sieben Module unterteilt:

- Einführung in die einzelnen Komponenten einer Windenergieanlage
- Design einer Windenergieanlage
- Lastanalyse einer Windenergieanlage
- Betrieb und Steuerung einer Windenergieanlage
- Layout- und Designkriterien für Windparks
- Zuverlässigkeit, Ausfälle, Fehler und Fehlerbaumanalyse
- Vertragsmodelle

Ziel dieser Abschnitte ist es, die Kursteilnehmer mit verschiedenen technologischen Aspekten und Herausforderungen rund um die Windenergieanlage vertraut zu machen. Der Kurs zielt darauf ab, die wichtigsten Fragen zu beantworten, die sich Menschen stellen werden, wenn sie in den Bereich

Betrieb und Wartung von Windkraftanlagen einsteigen.

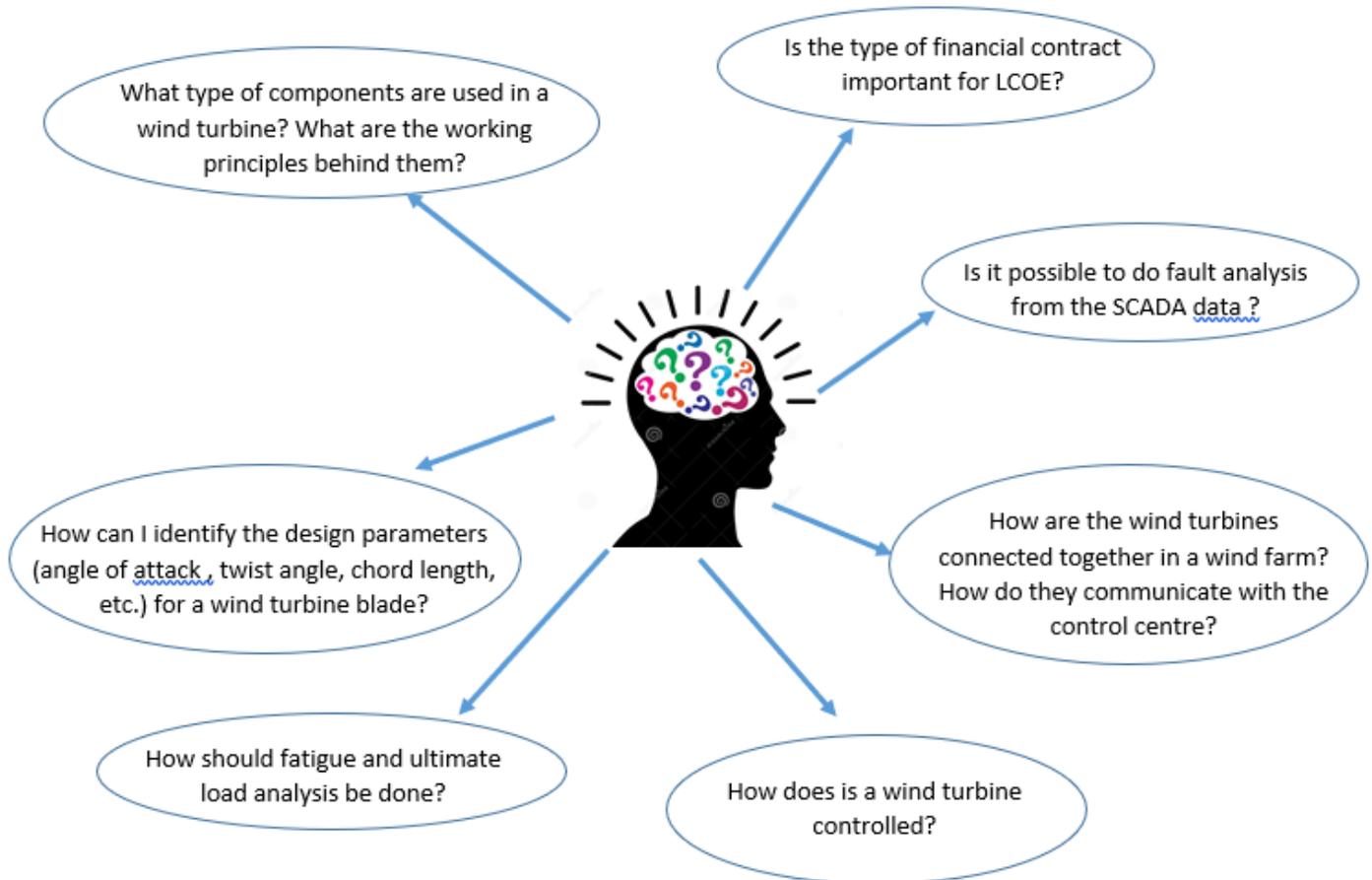


Abbildung 3: Grundlegende Gedanken zum WExLaB

Das mit diesem Abschnitt verbundene digitale Werkzeug ist WExLaB. Diese Software integriert OpenFAST-Quellcode mit einer eigenständigen MATLAB-Anwendung als grafische Benutzeroberfläche. Die Software Analyse auf Systemebene:

- Modalanalyse
- Lastanalyse
- Betrieb und Steuerung der Windkraftanlage

### Systemlevel Analyse

Bei der Analyse auf Systemebene berechnet die Software basierend auf der Nennleistung der Windkraftanlage die Leistungskurve, CAPEX, OPEX-Kosten und Stromgestehungskosten für eine Windkraftanlage. Darüber hinaus wird auch die optimale Blattlänge für die niedrigsten Stromgestehungskosten berechnet. Die grafische Benutzeroberfläche der Analysesoftware auf Systemebene ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

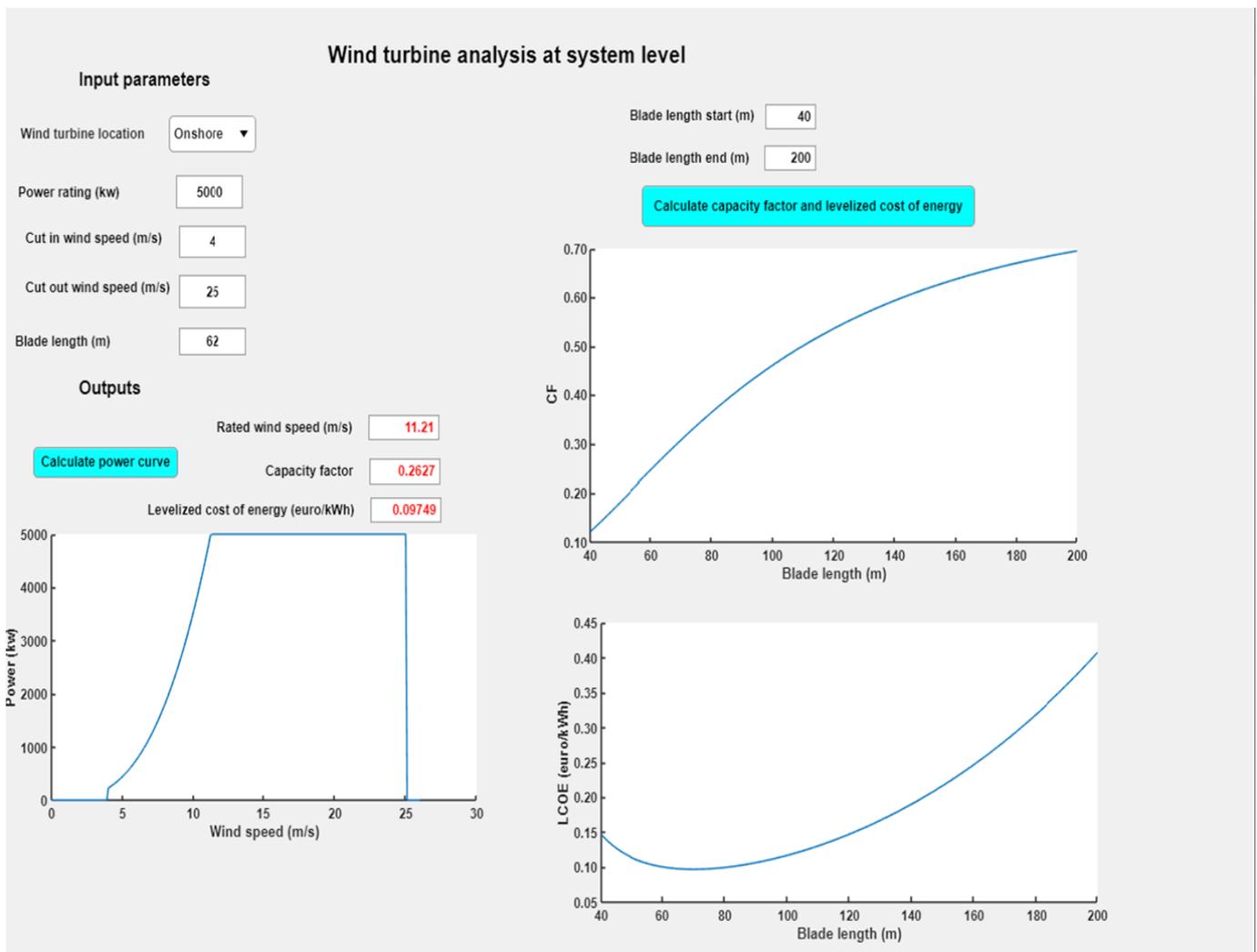


Abbildung 4: Analyse auf Systemebene

### Modalanalyse

Einer der herausfordernden Aspekte einer Windkraftanlage im Vergleich zu vielen anderen Konstruktionen besteht darin, dass die Windkraftanlage aufgrund der Rotation zyklische Belastungen zusätzlich zu den statischen und stochastischen Belastungen durch den turbulenten Wind erfährt. Wenn diese zyklischen Belastungen die gleiche Frequenz wie die Eigenfrequenzen des Rotorblatts oder Turms haben, kann dies zum Versagen der Windturbinenstruktur führen. Daher ist die Modalanalyse als Werkzeug zur Untersuchung dieses Problems ein wichtiger Bestandteil des Windturbinendesigns. Dies ist kritisch bei den Ermüdungslasten der Anlage, die verwendet werden, um die DEL (Damage Equivalent Load) der verschiedenen Komponenten zu bestimmen und darüber hinaus wirkt es sich auf den in anderen Schulungskursabschnitten bewerteten Fehlerbaum aus.

Die Modalanalyse-Software berechnet zunächst die Eigenfrequenzen von Rotorblatt und Turm und erstellt dann ein Campbell-Diagramm, um zu beurteilen, ob die zyklischen Belastungsfrequenzen mit den Eigenfrequenzen von Rotorblatt oder Turm innerhalb des Betriebsbereichs der Windenergieanlage übereinstimmen. Die grafische Benutzeroberfläche der Modalanalyse-Software ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

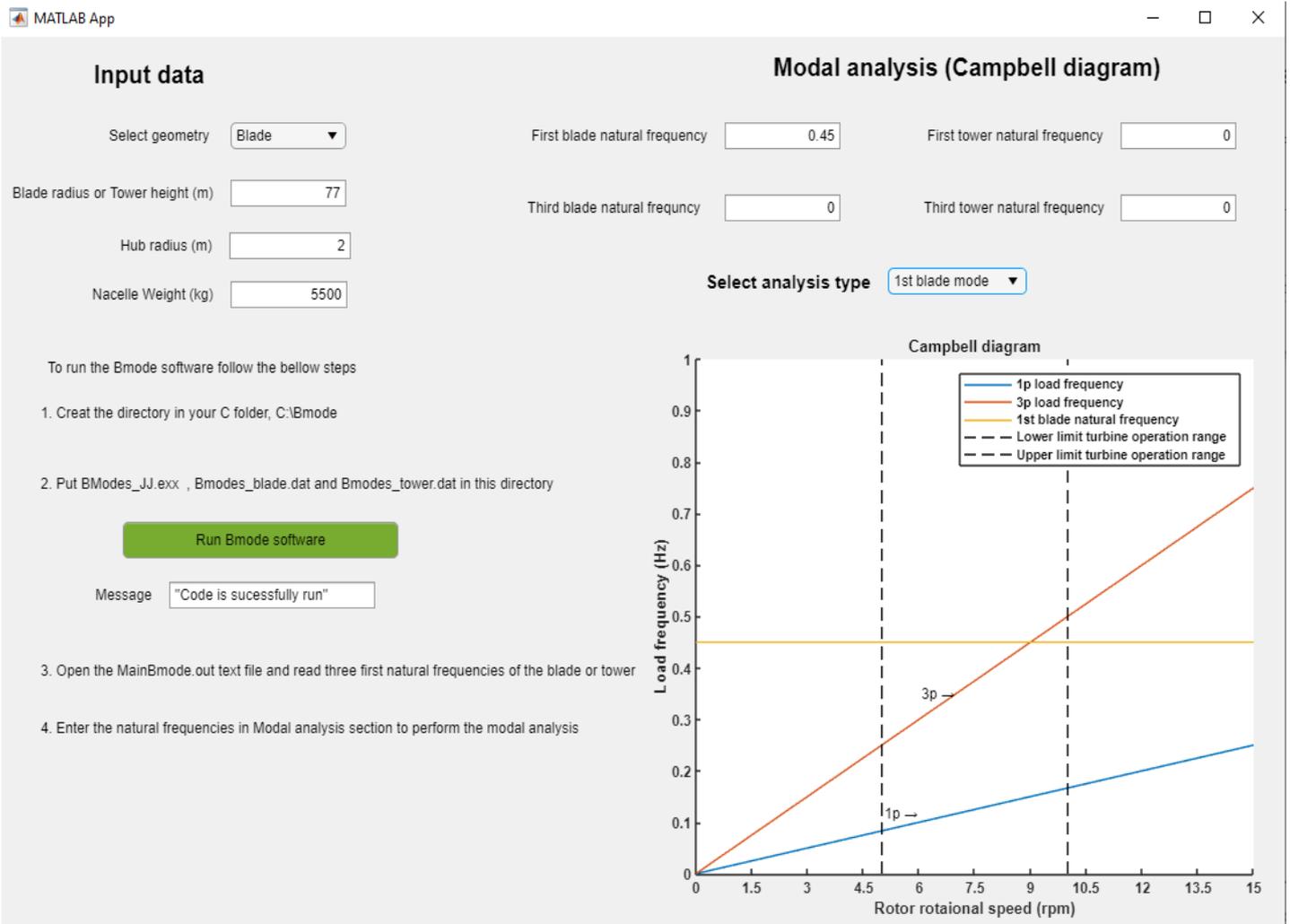


Abbildung 5: Modalanalyse Software

### Lastanalyse

Der Hauptzweck dieses Teils der Softwaresimulation besteht darin, die Belastung jedes Rotorblatts zu berechnen und die verschiedenen Parameter der Windkraftanlage zu verstehen, die die Belastung des Rotorblatts oder Turms verändern können. In diesem Teil der Software kann zusätzlich zur Belastung jedes Blattes die Blatt-Performance und  $C_p$ - $\lambda$ -Kurve berechnet werden. Dieser Teil der Software befindet sich noch im Aufbau.

### Betriebs- und Kontrollsystem einer Windenergieanlage

Dieser Teil der Software zeigt, wie die Windkraftanlage über ihren Betriebsbereich der Windgeschwindigkeit gesteuert wird. Das Blattmoment und der Blattstellwinkel können während des Betriebs der Windenergieanlage berechnet werden. Dieser Teil der Software befindet sich noch im Aufbau.

### WindEXT. Sektion 2: Instandhaltung: Digital tool: Virtual Reality WindViR

Im zweiten Abschnitt des Trainingskurses werden den Studierenden die unterschiedlichen Ansätze für Instandhaltungsstrategien vermittelt. Dies umfasst vorbeugende, korrigierende und vorausschauende Wartung. Die theoretischen Lehrmaterialien für jeden Abschnitt werden auf der Moodle-Plattform verfügbar sein.

Durch das digitale Tool WindViR können die theoretischen Konzepte dieses Abschnitts mit virtuellen Rundgängen durch eine Windkraftanlage mit 360°-Bildern mit dem H5P-Tool besser verstanden werden.

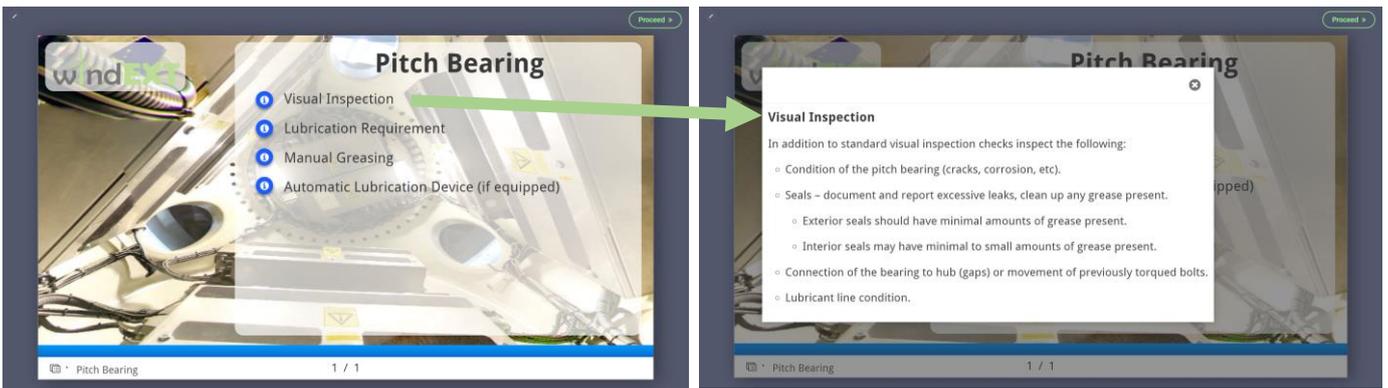


Abbildung 6: Beispiel für eine vorbeugende Wartungsaufgabe an einem Pitch-Lager.

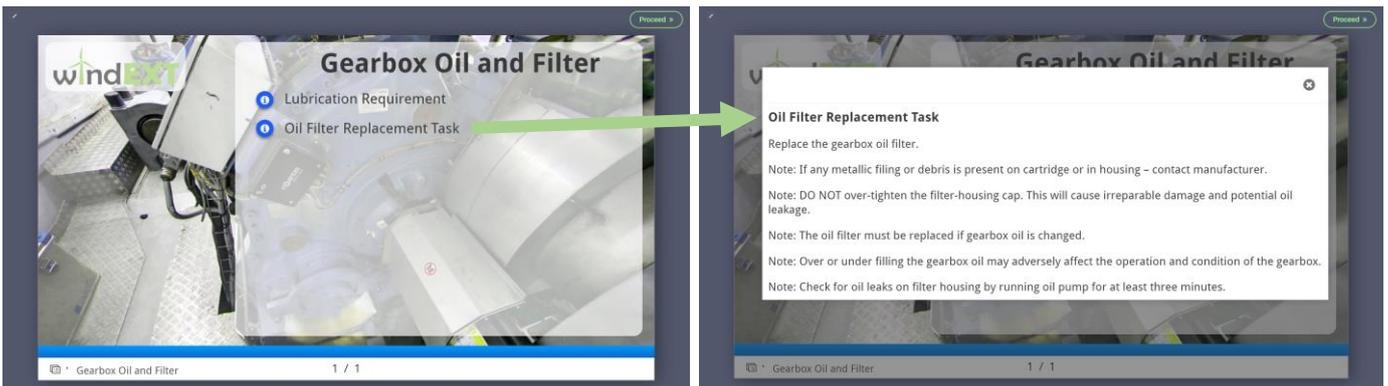


Abbildung 7: Beispiel für eine vorbeugende Wartungsaufgabe an Gearbox.

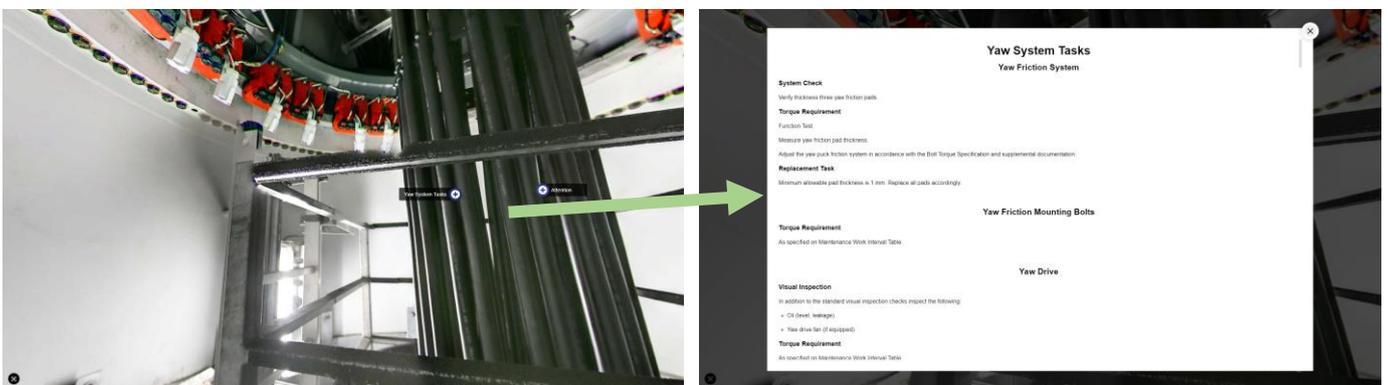


Abbildung 8: Beispiel einer vorbeugenden Wartungsaufgabe im YAW-Bereich.

## WindEXT. Digital tool: Failure Tree

Im Bereich der Fehlerbaumanalyse liegt der Schwerpunkt auf dem Getriebe. Alle möglichen Fehler wurden analysiert und aufgelistet. Die Folgefehler wurden für jeden einzelnen Fehler mit nachfolgenden Nummern definiert, wie in den folgenden Tabellen ersichtlich, so dass ein vollständiger Fehlerbaum entstand. Anhand dieses Fehlerbaums können die Studierenden nun lernen, wie sich einzelne Fehler im Getriebe einer Windkraftanlage entwickeln. Das Lernmaterial soll auch zeigen, wann und wie auf die jeweiligen Fehler richtig reagiert werden soll.

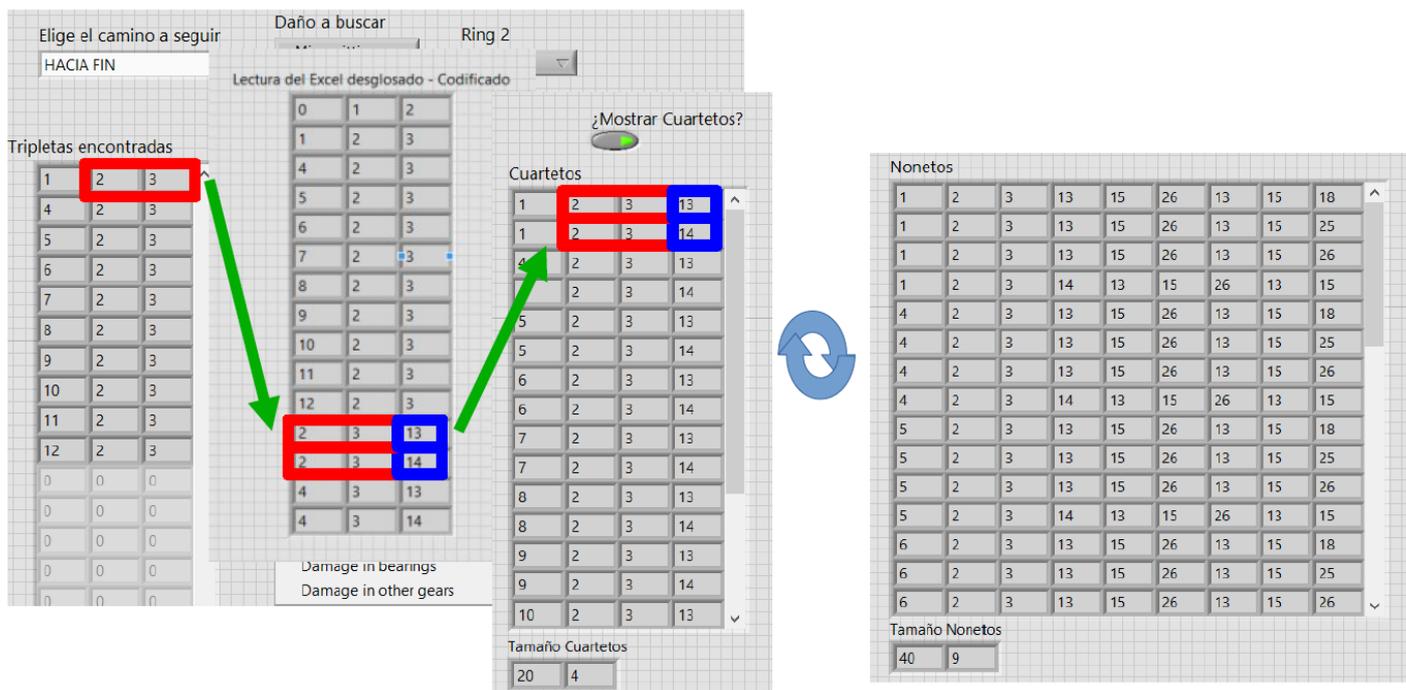


Abbildung 9: Fehlerbaumanalyse

## Testlauf

Vor der Veröffentlichung des fünften Newsletters werden einige Pilottests organisiert, um die wichtigsten Projektergebnisse zu präsentieren und Feedback von den Teilnehmern über die Anwendbarkeit und potenzielle Verbesserungen der verschiedenen Trainings zu erhalten.

Der erste Pilottest wird von TESICNOR in Pamplona organisiert und neben der Präsentation der verschiedenen Projektinhalte, insbesondere der präventiven und korrektiven Wartung, werden die verschiedenen Tools unter Verwendung spezifischer Hardware überprüft. Dieses erste Pilotprojekt dient als Referenz für die anderen drei, die vor dem Ende des Projekts organisiert werden sollen.

## Projektmeetings

### Third meeting, October 7 and 8, 2021, Cyprus

Nach Aufhebung der Reisebeschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie konnten wir endlich wieder unser drittes TPM in Anwesenheit durchführen. Daher trafen wir uns am 7. und 8. Oktober in Zypern an der Universität von Zypern in Nikosia. Da jedoch nicht alle Projektpartner nach Zypern reisen konnten, wurden diese Partner online zugeschaltet.

Das Treffen fokussierte sich auf den Fortschritt des Projekts. Unsere entwickelte Moodle-Plattform, die alle entwickelten Schulungsinhalte vereinen soll, ist bereits fertiggestellt. Die ersten 3D-Videos von Windkraftanlagen aus unserem WP3 sind fertiggestellt und auch die Simulation wurde weiterentwickelt. Auch die ersten Trainingsszenarien sind abgeschlossen und wurden von den

Partnern in Zypern getestet. Eine erste MATLAB-Simulation aus WP4 ist abgeschlossen, mit deren Hilfe eine Windkraftanlage entworfen werden kann. Das Programm kann als eigenständiges Programm ausgeführt werden. In WP5 wurden umfangreiche Dokumente zu den Themen präventive, vorausschauende und korrektive Instandhaltung erstellt. Zudem wurden auf der Moodle-Plattform erste Fragebögen erstellt, die nach dem Studium der Dokumente beantwortet werden können. In WP6 wurden umfangreiche Fehlerbäume erstellt, die jede mögliche Schadensentwicklung in Windkraftgetrieben darstellen. Im nächsten Schritt werden hier entsprechende Lernprogramme erstellt.



Darüber hinaus wurden alle administrativen Angelegenheiten besprochen und auch bei diesen nicht immer so spannenden Themen um eine ständige Zusammenarbeit gebeten.

Insgesamt können wir als Projektkonsortium mit den Fortschritten zufrieden sein. Dies wurde uns auch im Zwischenbericht bestätigt.

### Verbreitung und Verwertung der Projektergebnisse

Auf der Projektwebsite [www.windext.com](http://www.windext.com) werden alle Ergebnisse veröffentlicht. Während des Projekts werden außerdem 6 Newsletter veröffentlicht. Wenn Sie an diesen Newslettern interessiert sind, können Sie sich in unserer Datenbank unter [info@windext.com](mailto:info@windext.com) registrieren, um die Newsletter automatisch zu erhalten.

Schließlich hat das Projekt einen eigenen Twitter-Kanal. Folgen Sie [@Wind\\_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT) und Sie werden kontinuierlich über den aktuellen Projektstatus informiert.

### Projektkonsortium

Ein Konsortium aus europäischen Schlüsselakteuren der Windindustrie (Unternehmerverbände und Wartungsunternehmen), Universitäten und Schulungszentren kommen zusammen, um den Referenzschulungskurs **WindEXT** zu erstellen. Die Anwesenheit von UTEC / CEFOMER aus Uruguay wird als grundlegend angesehen, um die Inhalte an ein anderes soziologisches / rechtliches Szenario wie die LATAM-Länder anzupassen.

#### Project Leader:

Association Empresarial Eólica (AEE)



#### Projectpartner



8.2 | The Experts in  
Renewable Energy



Web: [www.windext.com](http://www.windext.com) | E-Mail: [info@windext.com](mailto:info@windext.com) | Twitter: [@Wind\\_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT)