

windEXT

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

Newsletter Edition 6, Dezember 2022

Projektüberblick

WindEXT ist ein ehrgeiziges 3-Jahres-Projekt, das durch das ERASMUS+-Programm der Europäischen Union gefördert wird. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Standardisierung spezialisierter Schulungen, die digitale Tools wie Virtual Reality oder 360°-Videotouren integrieren, um die klassischen theoretischen Methoden zu vervollständigen. Darüber hinaus integriert das Projekt Partnern mit unterschiedlichen Profilen und Erfahrungen, um den Wissensaustausch zwischen Universitäten, Berufsbildungszentren und Privatunternehmen zu fördern. Die Partner kommen aus verschiedenen Ländern, wodurch auch eine Vereinheitlichung erreicht wird.



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.

Projektergebnisse

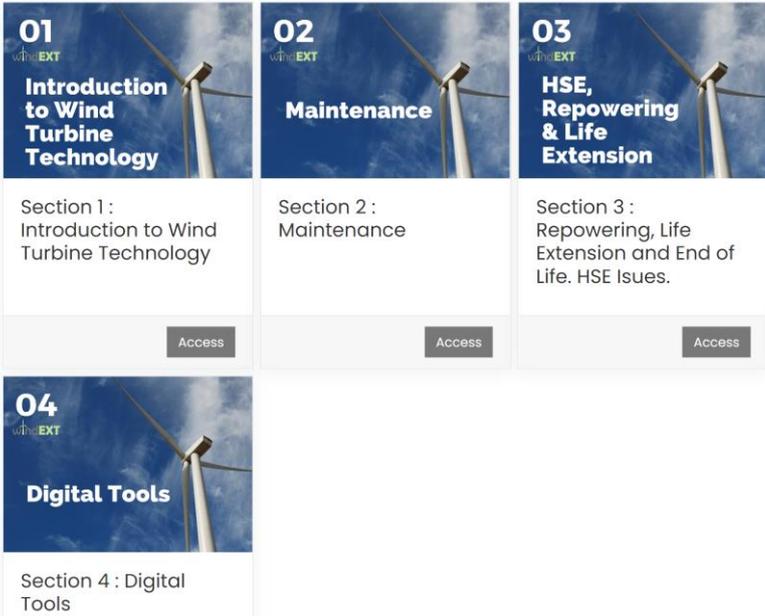
Das Projekt hat einen Standardschulungskurs, der auf einer MOODLE-Plattform basiert, erstellt, auf der alle Inhalte integriert sind, sowie die verschiedenen digitalen Tools, die im weiteren Verlauf vorgestellt werden. Das Ziel des Konsortiums besteht darin, die Nutzung entweder des Kurses als Ganzes oder die Nutzung einzelner unabhängiger Module oder Tools zu fördern, die immer als praktische Grundlage des theoretischen Unterrichts dienen.

Der Kurs vermittelt die Ausbildungsinhalte der Windenergieanlagentechnik (WEA) inklusive der Beschreibung der verschiedenen Komponenten einer WEA und deren Funktion. Er befasst sich auch mit der Wartung von einzelnen WEA und Windparks aus allgemeiner und spezifischer Sicht sowie mit den Hauptaufgaben zur Verlängerung der Lebensdauer oder zum Repowering von Windenergieanlagen.

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

Available sections of WindEXT Course



Section ID	Section Title	Description	Action
01	Introduction to Wind Turbine Technology	Section 1: Introduction to Wind Turbine Technology	Access
02	Maintenance	Section 2: Maintenance	Access
03	HSE, Repowering & Life Extension	Section 3: Repowering, Life Extension and End of Life. HSE Issues.	Access
04	Digital Tools	Section 4: Digital Tools	

Abbildung 1: Überblick der Kursstruktur auf der Moodle-Plattform

WindEXT beinhaltet die folgenden digitalen Tools: **WExSiM**, **WExLaB**, **WExViR** und die 'Failure Tree'-Software **CaDWEx**, sowie eine neue Version von SimulWIND.

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.

WExViR zeigt die verschiedenen Wartungsbereiche (präventiv, korrektiv und prädiktiv) von Windkraftanlagen mit Hilfe des H5P-Tools.

Schließlich ermöglicht die Software **CaDWEEx** durch eine mathematische Funktion, einen Datensatz als Eingabe zu verwenden, und die Ausfallwahrscheinlichkeit verschiedener Komponenten als Ausgabe zu berechnen.

Eine neue Version von SIMULWIND, eine Software, die in einem früheren ERASMUS-Projekt entwickelt wurde, wurde ebenfalls in diesem Projekt fertiggestellt.

Darüber hinaus erweitern verschiedene interaktive Videos die Nutzung der digitalen Tools, um einen vollständigen Überblick über verschiedene Wartungs- und Betriebsaufgaben im Zusammenhang mit Repowerings, Lebenszeitverlängerung und Recycling zu geben.

Alle Inhalte des **WindEXT** Projekts werden auf der MOODLE-Plattform verfügbar sein, von den theoretischen Inhalten bis zu den digitalen Tools, mit Ausnahme von **WExSiM**, auf welches extern über die entsprechende VR Brille zugegriffen wird.



Abbildung 2: Aufbau 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 und auf unserem YouTube®-Kanal **WindEXT** zu sehen sind. Die 5 Trainingsszenarien sind:

- Wartung und Austausch eines Azimutmotors
- Verwendung der hydraulischen Haltebremse
- Evakuierung aus dem Servicelift
- Hydraulisches Anziehen von Schraubverbindungen
- Austausch einer Sicherung

WindEXT .Digital Tool: Neue Version von SimulWind

WindEXT hat eine neue Version von SimulWind entwickelt, mit der die Software in bis zu vier VR-Brillen (Vive PRO, Vive Pro 2, Oculus Rift und Oculus Quest 2) verwendet werden kann. Das macht es möglich, dass 13 Berufsbildungszentren in Spanien SimulWind jetzt als Trainingsgerät verwenden. Die neue Version kann unter www.simulwind.com heruntergeladen werden.

WindEXT. Section 1: Einführung in die Windturbinentechnologie. Digital tool:

WExLaB

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.

Das mit diesem Abschnitt verbundene digitale Werkzeug ist WExLaB. Diese Software integriert OpenFAST-Quellcode mit einer eigenständigen MATLAB-Anwendung als grafische Benutzeroberfläche. Wir haben die 4 folgenden Teilprogramme entwickelt, die in den Newslettern 4 und 5 beschrieben worden sind:

- Systemlevel Analyse
- Modalanalyse
- Lastanalyse
- Betrieb und Steuerung der Windkraftanlage

WindEXT. Digital tool: Failure Tree CaDWEx

CaDWEx (Cascade Damage Explorer) ist eine Software, die es den Studierenden ermöglicht, die Schadensketten eines bestimmten Bauteils im Bereich der Fehlerbaumanalyse zu untersuchen. Jede Schadenskette ist eine zeitlich geordnete Liste von Schäden, die eine Komponente betreffen, da sich ein Schaden im Laufe der Zeit entwickelt und unterschiedliche Schäden verursacht. Innerhalb des WindEXT Projekts hat sich CaDWEx auf das Getriebe einer Windenergieanlage konzentriert, da dieses Bauteil in der Windindustrie mit am kritischsten anzusehen ist.

Alle möglichen Fehler am Getriebe der Windenergieanlage wurden mit Hilfe von Experten analysiert und aufgelistet. Die Sachverständigen haben für jeden einzelnen Fehler auch die Vor- und Folgeschäden angegeben, also die vorangegangenen Schäden, die den gegenwärtigen Schaden verursachen könnten, und die zukünftigen Schäden, die der gegenwärtige Schaden verursachen kann.

Die Software nimmt diese Informationen und baut die Verschlechterungsketten von einem bestimmten Fehler (Schaden) auf. Dazu wandelt CaDWEx die Informationen in Zahlen um und baut die Zahlen zu Ketten durch Vergleich auf (siehe Abbildung 3), sodass ein vollständiger Fehlerbaum vom Schüler erstellt werden kann.

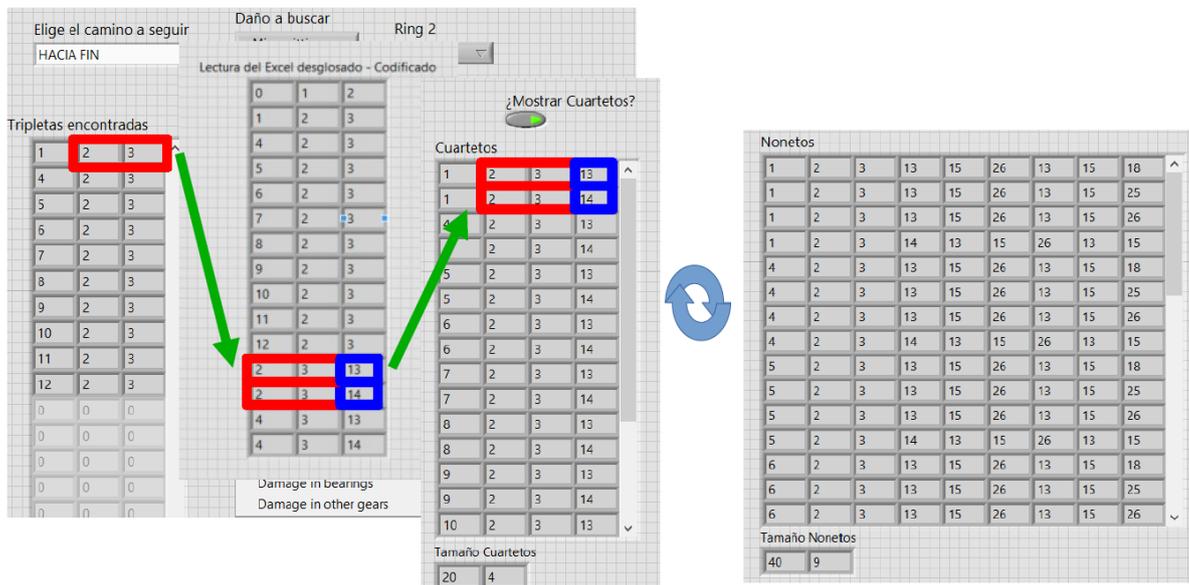


Abbildung 3: Theorie der Fehlerbaumanalyse

Anhand dieses Fehlerbaums können sich die Schüler nun über die Fehler informieren und erhalten auch Informationen darüber, wie sich die einzelnen Fehler im Getriebe einer Windenergieanlage im Laufe der Zeit entwickeln. Das Lernmaterial zeigt dem Schüler auch, wann und wie er auf die jeweiligen Störungen richtig reagieren muss.

Die Software passt sich leicht und mit geringen Modifikationen an andere Komponenten an, wenn die Informationen der Fehlerentwicklung von Experten für die Komponenten bereitgestellt werden.

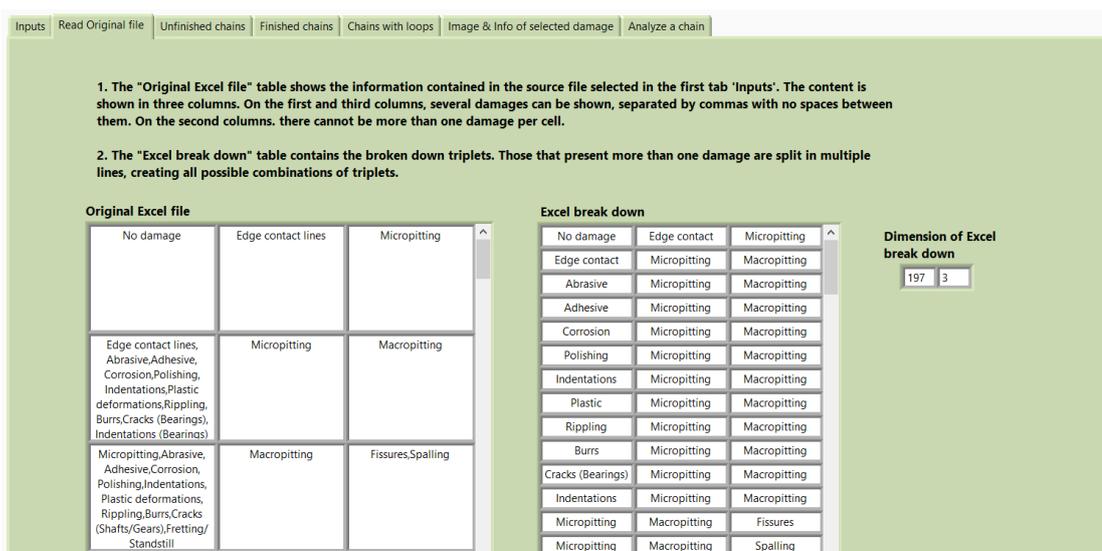


Abbildung 4: Oberfläche von CaDWEx

WindEXT. Section 2: Instandhaltung: Digitales Tool: Virtual Reality WExViR

Im zweiten Abschnitt des Kurses werden den Studierenden die unterschiedlichen Herangehensweisen an Instandhaltungsstrategien vermittelt. Dazu gehören vorbeugende,

korrektive und vorausschauende Wartung. Das theoretische Lehrmaterial für jeden Abschnitt ist auf der Moodle-Plattform verfügbar.

Durch das digitale Tool WExViR können die theoretischen Konzepte dieses Abschnitts besser assimiliert werden, indem interaktive Inhalte in H5P als Guided Tool entwickelt wurden, die einen freundlicheren Zugang ermöglichen als das traditionelle schriftliche Material. Außerdem wurden virtuelle Rundgänge durch eine Windkraftanlage mit 360°-Bildern unter Verwendung des H5P-Tools entwickelt, in diesem Fall als "Move-around-Tool", das eine unabhängige Nutzung ermöglicht, damit die Schüler einen vollständigen Überblick über die verschiedenen Bereiche einer Windenergieanlage und die dort anzuwendenden Wartungsverfahren erhalten.



Abbildung 5: Eindrücke des WExViR Tool

WindEXT. Section 3: Lebenszeitverlängerung, Refitting, Repowering: Interaktive videos.

Dieser Abschnitt behandelt die Thematik, wie die Lebensdauer von Windparks verlängert werden kann; es befasst sich mit den Kosten des Repowering und stellt die Aufarbeitung von Windkraftanlagen als Alternative vor.

Die Inhalte werden durch verschiedene Schulungsvideos zum Thema vermittelt, mit der besonderen Funktion der Interaktivität. Die Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Pädagogen und Lehrern.

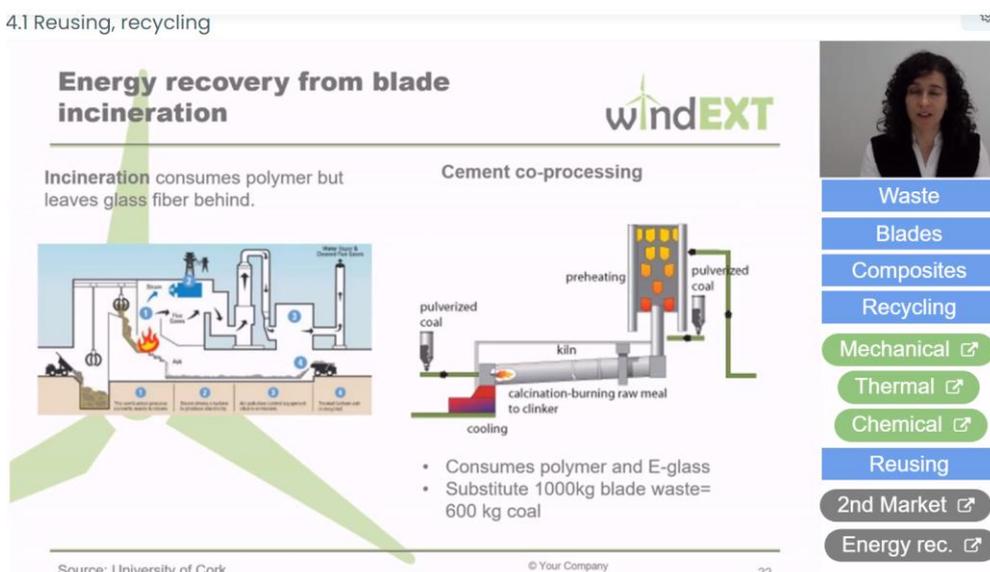


Abbildung 6: Interaktives Trainingsvideo

Testlauf

Nach Fertigstellung der **WindEXT** -Plattform und der während des Projekts erstellten digitalen Tools wurden von einigen Partnern Pilottests organisiert, um die oben präsentierten Projektergebnisse zu testen. Zum Beispiel:

- **UCLM** führte die Pilotversuche an der Fakultät für Wirtschaftsingenieure in Albacete durch, die Teil der Universität Castilla-La Mancha (UCLM) ist. Die Teilnehmer waren Studierende des Studiengangs Elektrotechnik. Die Sitzungen wurden für den Zugriff auf die **WindEXT** Moodle-Plattform entwickelt und deckten einen Teil des **WExViR** -Tools und einen Teil des **WExSiM** -Tools ab.

Im Allgemeinen sahen die Studierenden die erwähnten digitalen Tools als Experimente mit realitätsnahen Wartungstätigkeiten an, die normalerweise an laufenden Windkraftanlagen durchgeführt werden.

- **TESICNOR** führte die Pilotversuche im CENIFER-Zentrum (Centro de Referencia Nacional en Energías Renovables y Eficiencia Energética) in einer Sitzung von drei Stunden mit 24 Teilnehmern durch. Die Inhalte für diesen Testlauf waren: Aufzüge: Sicherheitsgebrauch und Evakuierungsverfahren; Elektroarbeiten: Mittelspannungsschaltanlagen; 360° Windturbinentour.

Der **WExSiM** -Simulator zog eine sehr positive Bilanz. Die Studenten zeigten großes Interesse an den erhaltenen Kursen und die Methodik passte sehr gut zu ihren Bedürfnissen. Enthusiasmus und Eigeninitiative sind die Adjektive, die den Pilottests am besten beschreiben. Jeder Schüler führte die Übungen mit Freude aus.

- **AEE** führte mehrere kleine Pilottests bei verschiedenen Veranstaltungen durch, bei denen das **WindEXT** -Projekt vorgestellt wurde und die Teilnehmer das digitale Tool **WExSiM** testen konnten.

Diese Pilottests fanden in Bilbao (WindEurope Jahreskongress) und WindTalent (Madrid, Veranstaltung organisiert von AEE und der School of Industrial Organization (EOI) statt. Die Teilnehmer hatten unterschiedliche Hintergründe und Profile: Arbeitnehmer von Unternehmen der Branche, Universitätsstudenten, Berufstätige. Viele von ihnen waren noch nie in einer Windkraftanlage gewesen, daher war Sie durch **WExSiM** begeistert, so nah an verschiedenen Teilen der Gondel sein zu können. Sie freuten sich, das für sie sehr lohnende in die Praxis umsetzen zu können und erzählten uns, wie real es war, im Aufzug zu sein und die Wartungsaufgaben zu sehen, die sie aus ihren Büchern im Klassenzimmer gelernt hatten. Lehrer fanden es auch ein perfektes Werkzeug, um ihren Unterricht zu ergänzen.

- **INESTEC** führt einen eigenen Pilottest mit Hilfe von **AEE**-Techniker durch, insgesamt 15 Studenten hatten die Möglichkeit, die verschiedenen **WindEXT** -Tools zu testen. In ähnlicher Weise wurde ein Pilottest in Einrichtungen der **TU Delft** und bei **RSC** mit einem ähnlichen Schema durchgeführt: Insgesamt 20 Studenten nahmen an diesen Pilottest unter Beteiligung von AEE-Mitarbeitern teil.
- **Dp2i** führte 4 Pilottests durch, um die digitalen Tools **SIMULWIND/ WExSiM** und **CaDWEx** in verschiedenen Städten Spaniens zu testen; Valencia, Leon, Barcelona und Lleida. Die Professoren waren sehr begeistert von den Möglichkeiten, insbesondere von **WExSiM**.

Schließlich testete **AEE** das **WExSiM** mit marokkanischen Studenten im Rahmen des MOVE Green-Projekts, das darauf abzielte, das Wissen über erneuerbare Energien zu erweitern, um die Gründung von KMU im Zusammenhang mit dem Vermögensverwaltungssektor in Marokko unter Beteiligung spanischer Unternehmen zu fördern.



Abbildung 7: Eindrücke von den Testläufen

Projektmeetings

Fünftes transnationales Meeting, Oktober 13 und 14, 2022, Hamburg

Unsere fünfte TPM fand am 13. und 14. Oktober in Hamburg statt. Alle Projektpartner konnten auch persönlich an diesem Treffen teilnehmen. Zwei Monate vor Projektende konnten hier alle noch offenen Punkte besprochen werden. Dazu gehörte vor allem, wie und auf welche Weise die Ergebnisse unseres Projekts der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Weiterhin wurden die Ergebnisse der ersten Pilotversuche diskutiert und die verantwortlichen Projektpartner erläuterten, wie das Feedback in die einzelnen Module integriert wurde.

Zum Abschluss des ersten Tagungstages hatten wir Gelegenheit zu einer kleinen Stadtrundfahrt durch Hamburg, bevor wir abends in einer örtlichen Brauerei zu Abend gegessen haben.

Am zweiten Tag unseres Treffens machten wir eine Exkursion zu einem Windpark, um allen Projektbeteiligten die Möglichkeit zu geben, eine reale Windkraftanlage hautnah zu sehen. Einige Projektbeteiligte (mit gültigem Zertifikat „Arbeiten in der Höhe“) konnten auch mit dem Aufzug in die Gondel fahren. Auch die Übung 2 aus unserem WExSiM -Modul „Notabstieg aus einem Aufzug“ konnten wir in einem echten Aufzug durchführen.

Abschließend besuchten wir den Windpark Westküste in der Gemeinde Kaiser-Wilhelm-Koog in Schleswig-Holstein. Er ging 1987 als erster Windpark in Deutschland in Betrieb und markiert damit den Beginn des Ausbaus der heutigen modernen Nutzung der Windenergie durch Windenergieanlagen in Windparks in Deutschland.



Abbildung 8: Projektkonsortium beim Projektmeeting in Hamburg

Abschlusskonferenz in Madrid, Dezember 15, 2022

Am 15.12.2022 fand die Abschlusskonferenz zu unserem Projekt **WindEXT** in Madrid statt. Unser Projektkoordinator AEE hat diese Veranstaltung beim spanischen *Institute for Diversification and Saving of Energy* (IDAE) organisiert. Wir konnten mehr als 40 Teilnehmer begrüßen. Nach einer kurzen Begrüßung durch den General Director Joan Groizard vom IDAE und dem technischen Direktor von AEE, Tomas Romagosa wurde unser Projekt **WindEXT** von verschiedenen Projektteilnehmern (Alberto Cena (AEE), Elena Tylko (SGS), Victoria Campos (AEE) und Estefania Artigao (UCLM)) vorgestellt. An der anschließenden Diskussion und Bewertung unseres Projekts wurde sich von Seiten der Konferenzteilnehmer rege beteiligt, da die Entwicklungsergebnisse großes Interesse geweckt haben. Neben den o.g. Projektteilnehmern waren auch die Konsortiumsmitglieder aus den Niederlanden, Frankreich und Deutschland bei der Abschlusskonferenz vertreten.



Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Erfahrung bei der Entwicklung des Projekts hat es erlaubt, mehrere Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Die Bedeutung und das Interesse, Verbindungen zwischen Universitäten und Berufsbildungszentren herzustellen, war nicht immer einfach. Universtäten haben Schwierigkeiten, das Inhaltsniveau zu senken, und für Berufsbildungszentren ist es nicht einfach, den theoretischen Hintergrund zu verstehen, um die Fehler und Ursachen zu erklären.
- Die Schwierigkeiten bei der Koordinierung von Teams mit unterschiedlichen professionellen Herangehensweisen und unterschiedlichen Herangehensweisen an die vorgesehenen Aufgaben des Projekts.
- Die Arbeit mit so unterschiedlichen Einrichtungen war jedoch auch motivierend und hat den Teilnehmern ermöglicht, voneinander zu lernen. Tatsächlich hatte die COVID-Pandemie

einen positiven Einfluss, da sie durch die deutlich mehr Videokonferenzen abgehalten wurden und dadurch ein kontinuierlicher Austausch zum Projektfortschritt möglich war.

- Die Piloterfahrungen und die ersten Simulationen wurden von Berufsbildungszentren begrüßt und ermutigen, diesen Weg in der Zukunft zu gehen.

In diesem Sinne und in der oben genannten Richtung wird die Möglichkeit erwogen, die durchgeführten Arbeiten sowohl mit eigenen Mitteln der Partner als auch mit möglicher öffentlicher Unterstützung fortzusetzen. In diesem Sinne basiert der strategische Ansatz für die Zukunft auf folgenden Punkten:

- Nachverfolgung der Auswirkungen der Verwendung der **WindEXT**-Tools in den Berufsbildungszentren auf weltweiter Ebene.
- Mögliche Erweiterung mit neuen Wartungsverfahren.
- Bewertung der möglichen Aktualisierung der Tools, um die Hard- und Softwarefortschritte bei VR zu verfolgen.
- Integration neuer Bereiche unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus anderen nationalen und ERASMUS+-Projekten, wie z.B. Offshore-Wind- und PV-Wartung.

Verbreitung und Verwertung der Projektergebnisse

Auf der Projektwebsite www.windext.com sind alle Ergebnisse veröffentlicht und für die nächsten 5 Jahre verfügbar. Sollten Sie Fragen haben oder weitere Informationen wünschen, können Sie uns weiterhin unter info@windext.com kontaktieren. Darüber hinaus können Sie selbstverständlich auch die einzelnen Konsortiumsmitglieder direkt kontaktieren.

Projektkonsortium

Ein Konsortium aus europäischen Schlüsselakteuren der Windindustrie (Unternehmerverbände und Wartungsunternehmen), Universitäten und Schulungszentren ist zusammengekommen, um den Referenzschulungskurs **WindEXT** zu erstellen. Durch die Anwesenheit von UTEC / CEFOMER aus Uruguay im Konsortium konnten wir die Inhalte an ein anderes soziologisches / rechtliches Regime wie die LATAM-Länder anzupassen.

Projekt Leader:

Asociation Empresarial Eolica (AEE)



Projektpartner

