

# windEXT

**Maintenance avancée, allongement de la durée de vie et repowering des parcs éoliens soutenus par des outils numériques avancés**

Newsletter Edition du 06 décembre 2022



## Aperçu du projet

WindEXT est un projet ambitieux de 3 ans, financé par le programme ERASMUS+ de l'Union Européenne. Son objectif est de développer et standardiser des formations spécialisées intégrant des outils numériques comme la Réalité Virtuelle ou les visites vidéo 360° pour compléter les méthodes théoriques classiques. En outre, le projet est une forte association de partenaires avec des profils et des expériences différents permettant l'échange des connaissances entre universités, centres de formation professionnelle et entreprises privées, dans un modèle repris par plusieurs pays en vue d'assurer l'employabilité de leurs étudiants arrivés en fin de cursus de formation :



L'objectif de cette approche est de réduire le **LCOE** des parcs éoliens en exploitation, existants ou nouveaux, en augmentant la qualité des services O&M tout en allongeant la durée de vie des installations et assurant les conditions de sécurité du personnel de maintenance.

## Résultats du projet

Le projet a produit une **formation standard sur une plateforme MOODLE** où tous les contenus sont intégrés avec les différents outils numériques présentés ci-dessous. L'objectif du consortium est de promouvoir l'utilisation soit du cours dans son ensemble, soit de certains modules ou outils indépendants, pour apporter le volet pratique complémentaire à l'enseignement théorique.

Le cours fournit les connaissances sur la technologie des éoliennes (WTG), en décrivant les différents composants d'un WTG et leur fonction. Il traite également de la maintenance des éoliennes et des parcs éoliens (WF) d'un point de vue général et spécifique, ainsi que des tâches principales pour prolonger la durée de vie ou repowering des installations WF.

La structure de WindEXT est basée sur quatre sections avec plusieurs modules dans chaque section. Les rubriques sont :

1. Introduction à la technologie éolienne
2. Entretien
3. Prolongation de la durée de vie et repowering
4. Outils numériques

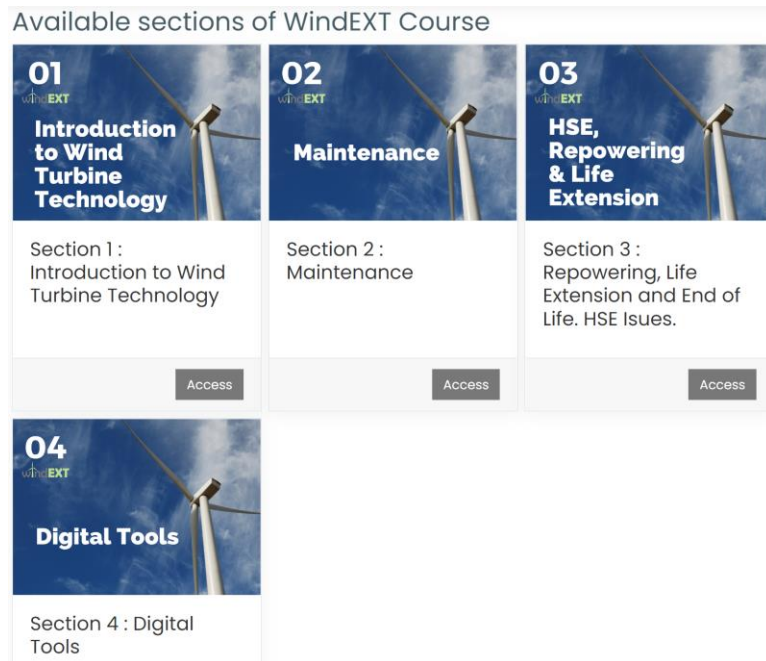


Image 1 : aperçu de la structure du cours sur Moodle

WindEXT a développé les outils numériques suivants :

Grâce à l'outil WExSiM, différentes procédures de maintenance ont été développées à l'aide d'un logiciel de simulation 3D.

Le WExLaB montre les concepts de base et la conception d'une éolienne. En particulier, la conception des éoliennes est expliquée à l'aide de MATLAB Simulink®.

De son côté WExViR présente les différents domaines de la maintenance (préventive, corrective et prédictive) des éoliennes à travers l'outil H5P.

Enfin, le logiciel CaDWEx "Failure Tree" permet, grâce à une fonction mathématique, de prendre en entrée un ensemble de données et d'obtenir en sortie l'évolution dans le temps de l'endommagement des composants de la machine.

Une nouvelle version de SIMULWIND, développée dans un précédent projet ERASMUS a également été complétée dans ce projet

De plus, différentes vidéos interactives étendent l'utilisation des outils numériques pour donner un aperçu complet des différentes tâches de maintenance et d'exploitation liées au repower, à la prolongation de la durée de vie et au recyclage. Tout le contenu du projet WindEXT sera dans la plateforme MOODLE, du contenu théorique aux outils numériques, à l'exception de WExSiM, qui sera accessible en externe.

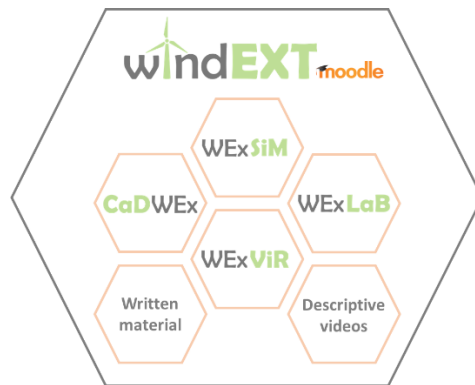


Image 2 : structure de notre cours WindEXT

### **WindEXT . Outil numérique : WExSiM**

La simulation s'exécute sur l'Oculus Quest 2. Nous avons maintenant terminé 5 procédures de formation, qui peuvent être consultées sur notre page d'accueil [www.windext.com](http://www.windext.com) et sur notre chaîne YouTube® WindEXT. Les 5 scénarios de formation sont :

- Maintenance et remplacement d'un lecteur de lacet
- Blocage de **l'arbre principal**
- Évacuation depuis l'ascenseur de service
- Fonctionnement de la clé dynamométrique hydraulique
- Remplacement du fusible de l'armoire haute tension

### **WindEXT .Digital Tool : nouvelle version de SimulWind**

WindEXT a développé une nouvelle version du SimulWind qui permet au logiciel d'être utilisé jusqu'à quatre Googles VR (Vive PRO, Vive Pro 2, Oculus Rift et Oculus Quest 2). Cela permet déjà à 13 centres de formation professionnelle en Espagne d'utiliser SimulWind comme outil de formation. La nouvelle version de SimulWind peut être téléchargée depuis la page Web [www.simulwind.com](http://www.simulwind.com) après une courte inscription.

### **VentEXT. Section 1 : Introduction à la technologie éolienne. Outil numérique : WExLaB**

La première section de MOODLE, «Introduction à la technologie des éoliennes», est divisée en sept modules:

- Introduction aux composants de l'éolienne
- Conception d'un rotor d'éolienne
- Analyse de charge d'une éolienne
- Exploitation et contrôle d'une éolienne
- Critères de disposition et de conception des composants du parc éolien

- Analyse de la fiabilité, des pannes, des pannes et de l'arbre de pannes
- Modèles contractuels

L'objectif de cette section est de familiariser les participants avec les différents aspects et défis technologiques liés à l'éolienne. Le cours vise à répondre aux principales questions auxquelles nous sommes confrontés lorsque nous débutons dans le domaine de l'exploitation et de la maintenance des éoliennes.

L'outil numérique associé à cette section se nomme WExLaB. Ce logiciel intègre le code source OpenFAST avec une application MATLAB autonome en tant qu'interface utilisateur graphique. Nous avons développé 4 parties dans ce logiciel, qui ont été décrites dans les newsletters précédentes numéro 04 et 05 :

- Analyse du système
- Analyse modale
- Analyse de charge
- Exploitation et contrôle de l'éolienne

### **WindEXT. Outil numérique : Arbre des défaillances CaDWEx**

CaDWEx (Cascading Damage Explorer) est un logiciel qui permet aux étudiants d'explorer les chaînes d'endommagement d'un composant spécifié dans le domaine de l'analyse par arbre de défaillance. Chaque chaîne séquence dans le temps la liste des dommages pouvant affecter un composant, tenant compte ainsi de l'évolution d'un dommage dans le temps avec les conséquences qui en découlent.

Dans le cadre du projet WindEXT, CaDWEx s'est concentré sur la boîte de vitesses d'une éolienne, un des composants les plus critiques de l'industrie éolienne. Tous les défauts potentiels d'une boîte de vitesses d'éolienne ont été analysés et répertoriés avec l'aide d'experts. Les experts ont également indiqué les défauts antérieurs et ultérieurs pour chaque défaut individuel, c'est-à-dire les ceux qui sont susceptibles d'être à l'origine du défaut étudié, et les dommages futurs pouvant apparaître à la suite du défaut.

Le logiciel prend ces informations et construit les chaînes de dégradation à partir d'une panne spécifique (endommagement). Pour ce faire, CaDWEx convertit les informations en nombres et construit les nombres en chaînes par comparaison (voir image 3), de sorte qu'un arbre de défaillances complet peut être créé par l'étudiant.

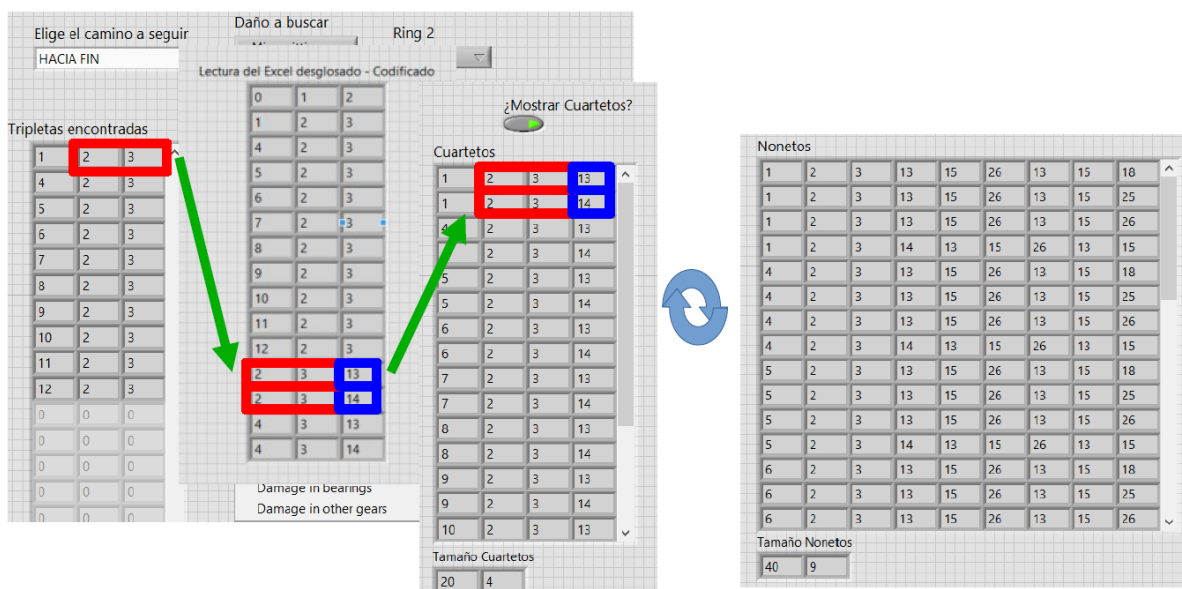


Image 3 : analyse de l'arbre de défaillance en cascade

À l'aide de cet arbre de défaillances en cascade, les étudiants peuvent désormais en savoir plus sur les défauts et sur la manière dont les défauts individuels se développent dans une boîte de vitesses d'éolienne au fil du temps. Le matériel d'apprentissage montre également à l'élève quand et comment réagir correctement face aux défauts respectifs.

Le logiciel s'adapte facilement, et avec peu de modifications, à d'autres composants si les informations sur l'évolution de la panne sont fournies par des experts des composants.

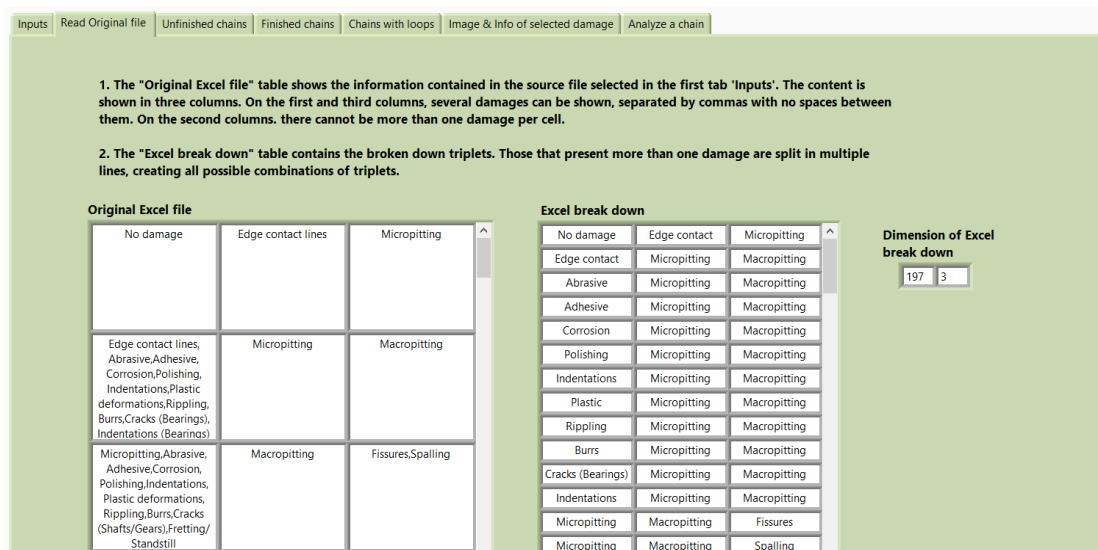


Image 4 : Conception du CaDWEx

## WindEXT. Section 2 : Maintenance : Outil numérique : Réalité Virtuelle WExViR

Dans la deuxième partie du cours, les étudiants apprennent les différentes approches en matière de stratégie de maintenance. Cela comprend la maintenance préventive, corrective et prédictive. Le matériel pédagogique théorique de chaque section est disponible sur la plateforme Moodle.

Grâce à l'outil numérique WExViR, les concepts théoriques de cette section peuvent être mieux assimilés à l'aide de contenus interactifs développés dans H5P en tant qu'outil guidé et qui permettent

une approche plus conviviale qu'un support de formation écrit traditionnel. En outre, des visites virtuelles d'une éolienne ont été développées avec des images à 360° en utilisant également l'outil H5P comme outil de déplacement permettant une utilisation plus indépendante, pour que les étudiants aient un aperçu complet des différents procédures de maintenance.



Photo 5 : impressions de l'outil WExViR

### VentEXT. Section 3 : Allongement de la durée de vie, Refitting, Repowering : Vidéos interactives.

Cette section couvre une réflexion sur la manière dont la durée de vie des parcs éoliens peut être prolongée ; il aborde le coût du repowering et présente le **reconditionnement** des éoliennes comme une alternative.

Le contenu est présenté à travers différentes vidéos de formation sur le sujet, avec la fonction particulière d'interactivité. Le développement a été fait avec la collaboration de différents éducateurs et enseignants.

#### 4.1 Reusing, recycling

### Energy recovery from blade incineration

Incineration consumes polymer but leaves glass fiber behind.

**Cement co-processing**

- Consumes polymer and E-glass
- Substitute 1000kg blade waste= 600 kg coal

Source: University of Cork © Your Company 22

- Waste
- Blades
- Composites
- Recycling
- Mechanical [↗](#)
- Thermal [↗](#)
- Chemical [↗](#)
- Reusing
- 2nd Market [↗](#)
- Energy rec. [↗](#)

Image 6 : Vidéo de formation interactive

### Pilot tests

Après avoir terminé la plateforme WindEXT et les outils numériques produits par le projet, des tests pilotes ont été organisés par certains des partenaires. Par exemple :

- L'UCLM a réalisé des tests pilotes à la Faculté d'ingénieurs industriels d'Albacete, qui fait partie de l'Université de Castilla-La Mancha (UCLM). Les participants étaient des étudiants du diplôme d'ingénieur en électricité. Les sessions ont été développées en accédant à la plateforme WindEXT Moodle et couvraient une partie de l'outil WExViR et une partie de l'outil WExSiM.

En général, les étudiants ont perçu les outils numériques mentionnés comme expérimentant des activités de maintenance proches de la réalité qui sont normalement effectuées sur des éoliennes en fonctionnement.

- TESICNOR a réalisé des tests pilotes au centre CENIFER (Centro de Referencia Nacional en Energías Renovables y Eficiencia Energética) lors d'une session de trois heures avec 24 participants. Le contenu de ces pilotes portait sur : Ascenseurs : Procédures d'utilisation et d'évacuation de sécurité ; Travaux électriques : appareillage moyenne tension ; Tour d'éolienne à 360°; Identifier les bugs.

Le simulateur WExSiM a obtenu un bilan très positif. Les étudiants ont manifesté un grand intérêt pour la formation reçue et la méthodologie s'est très bien adaptée à leurs besoins. Enthousiasme et proactivité seraient les adjectifs qui capturent le mieux l'essence du test pilote. Chaque élève a pu pratiquer.

- AEE a réalisé plusieurs petits tests pilotes lors de différents événements où le projet WindEXT a été présenté où les participants ont pu tester l'outil numérique WExSiM.

Ces tests pilotes ont eu lieu à Bilbao (congrès annuel WindEurope) et WindTalent (Madrid, événement organisé par l'AEE et l'école d'organisation industrielle (EOI). Les participants avaient des parcours et des profils différents : travailleurs d'entreprises du secteur, étudiants universitaires, professionnels. Beaucoup d'entre eux n'avaient jamais été à l'intérieur d'une éolienne, et à travers de WExSiM ont pu expérimenter une visite des différentes parties de la nacelle très proche de la réalité. Ils étaient heureux de vivre cette expérience très enrichissante pour eux. Parmi les commentaires reçus, les participants ont souligné à quel point l'intérieur de l'ascenseur semblait réel et la satisfaction de visualiser les tâches de maintenance apprises dans leurs livres de classe. Les enseignants ont également trouvé que c'était un outil parfait pour compléter leurs cours.

- INESTEC effectue son propre test pilote avec l'assistant des techniciens de l'AEE, un total de 15 étudiants ont l'opportunité de tester les différents outils WindEXT. De même, un test pilote a été réalisé dans les installations de TUDelft et au RSC avec un schéma similaire : 20 étudiants au total participent à ce test pilote avec la participation du personnel de l'AEE également.
- Dp2i a réalisé 4 tests pilotes pour tester les outils numériques SIMULWIND/ WExSiM et CaD-WEx dans différentes villes d'Espagne ; Valence, Leon, Barcelone et Lleida. Les professeurs sont très enthousiastes quant aux possibilités, en particulier à propos de WexSiM et SIMULWIND



Enfin, AEE a testé le WExSiM avec des étudiants marocains dans le cadre du projet MOVE Green visant à étendre les connaissances sur les énergies renouvelables pour favoriser la création de PME liées au secteur de la gestion d'actifs au Maroc avec la participation d'entreprises espagnoles.



*Image 7 : Impressions des pilot tests*

### Réunions de projet

### Cinquième rencontre transnationale, 13 et 14 octobre 2022, Hambourg

Notre cinquième TPM a eu lieu les 13 et 14 octobre à Hambourg. Tous les partenaires du projet ont pu assister en personne à cette réunion. Nous sommes maintenant à deux mois de la fin du projet, si bien que les points en suspens ont notamment été abordés. Cela a surtout porté sur comment les résultats de notre projet seront mis à la disposition du public. En outre, les résultats des premiers tests pilotes ont été discutés et les partenaires de projet responsables ont expliqué comment les commentaires ont été intégrés dans les modules individuels. Nous sommes d'avis que nous avons développé un produit fini, que nous allons pouvoir enfin tester dans d'autres tests pilotes dans les prochaines semaines.

A la fin de la première journée de la réunion, nous avons eu l'occasion de faire un petit tour de ville de Hambourg avant de dîner dans une brasserie locale le soir.

Le deuxième jour de notre réunion, nous avons fait la visite d'un parc éolien pour donner à tous les participants au projet l'opportunité de voir une éolienne en vrai. Certains participants au projet (avec une attestation "travail en hauteur" valide) ont également pu emprunter l'ascenseur jusqu'à la nacelle. Nous avons également pu faire l'exercice 2 de notre module WExSiM "Descente d'urgence d'un ascenseur" dans un véritable ascenseur.

Enfin, nous avons visité le parc éolien West Coast dans la municipalité de Kaiser-Wilhelm-Koog dans le Schleswig-Holstein. Ce fut le premier parc éolien en Allemagne à entrer en service en 1987 et marque ainsi le début de l'expansion de l'utilisation moderne actuelle de l'énergie éolienne par les éoliennes dans les parcs éoliens en Allemagne.



*Photo 8 : Consortium du projet lors de la réunion du projet à Hambourg*

### Conférence finale à Madrid, le 15 décembre 2022

Le 15 décembre 2022, la conférence finale de notre projet WindEXT a eu lieu à Madrid. L'événement final vise à publier et diffuser les résultats du projet à un large public. Notre coordinateur de projet AEE a organisé cet événement à l'Institut espagnol pour la diversification et l'économie d'énergie (IDAE). Nous avons pu accueillir plus de 40 participants. Après un bref accueil par Juan Ramon Ayuso, directeur du département de l'énergie éolienne à l'IDAE, et Tomas Romagosa, directeur technique de l'AEE, notre projet WindEXT a été présenté par différents participants au projet (Alberto Cena (AEE), Elena Tylko (SGS), Victoria Campos (AEE) et Estefania Artigao (UCLM)). Les participants à la conférence ont participé activement à la discussion et à l'évaluation ultérieures de notre projet, car les résultats du développement ont suscité un grand intérêt. Outre les participants au projet mentionnés ci-dessus, les membres du consortium des Pays-Bas, de France et d'Allemagne étaient également représentés à la conférence finale.



## Conclusions et recommandations stratégiques

L'expérience dans le développement du projet a permis de tirer plusieurs conclusions :

- L'importance et l'intérêt de créer des liens entre universités et centres de formation professionnelle, pas toujours aussi simple. Les premiers ont du mal à baisser le niveau du contenu et pour les seconds, il n'est pas aisé de comprendre le fond théorique pour expliquer les échecs et les causes profondes.

- Les difficultés de coordination des équipes avec différentes approches professionnelles et différentes façons d'aborder les tâches prévues du projet.

- Cependant, travailler avec des entités aussi diverses a été vraiment motivant et a permis un apprentissage mutuel entre les participants. En fait, la pandémie COVID a eu une influence positive car elle a permis d'avoir un contact plus continu à travers les réunions à distance.

- L'importance des outils numériques pour aborder le réseau de maintenance éolien, complexe du fait de la multitude de technologies impliquées et de la nécessité de le faire dans des conditions physiques exigeantes : travail en hauteur et espace restreint.

- Les expériences pilotes et les premières simulations ont été bien accueillies par les centres de formation professionnelle et encouragent à suivre cette voie à l'avenir.

En ce sens et dans la ligne indiquée ci-dessus, la possibilité de donner une continuité aux travaux réalisés est envisagée, avec les moyens propres des partenaires ainsi qu'avec un éventuel soutien public. En ce sens, l'approche stratégique pour l'avenir repose sur les points suivants :

- Suivi de l'impact de l'utilisation des outils WindEXT dans les centres de formation professionnelle au niveau mondial.
- Prolongation possible sur de nouvelles procédures de maintenance.
- Evaluation de l'éventuelle mise à jour des outils pour suivre les avancées matérielles et logicielles en Réalité Virtuelle.
- Intégration de nouveaux domaines, en tenant compte de l'expérience d'autres projets nationaux et ERASMUS+, comme par exemple la maintenance éolienne et photovoltaïque offshore.

## Diffusion et Valorisation des résultats du projet

Tous les résultats sont publiés sur le site web du projet [www.windext.com](http://www.windext.com) et sont disponibles pour les 5 prochaines années. Si vous avez des questions ou souhaitez obtenir plus d'informations, vous pouvez toujours nous contacter à [info@windext.com](mailto:info@windext.com). En outre, vous pouvez bien sûr également contacter directement les membres individuels du consortium.

## Consortium du projet

Un consortium d'acteurs européens clés de l'industrie éolienne (associations d'entrepreneurs et sociétés de maintenance), des universités et des centres de formation professionnelle, et des entreprises de conseil se réunissent pour créer la formation de référence WindEXT. La présence de l'UTEC/CEFOMER de l'Uruguay est considérée comme fondamentale pour adapter le contenu à un autre scénario sociologique/juridique comme les pays LATAM.

**Projekt Leader:**  
Asociación Empresarial Eólica (AEE)



**Projektpartner**



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