# ip INNOVATIVE PROJEKTE für den deutschen Windmarkt

Auf den folgenden Seiten präsentieren sich Unternehmen, die mit neuen Produkten, Verfahren oder Methoden für die Weiterentwicklung der Windindustrie sorgen.

Ein Auszug aus dem BWE-Branchenreport **‚Windindustrie in Deutschland 2026'**

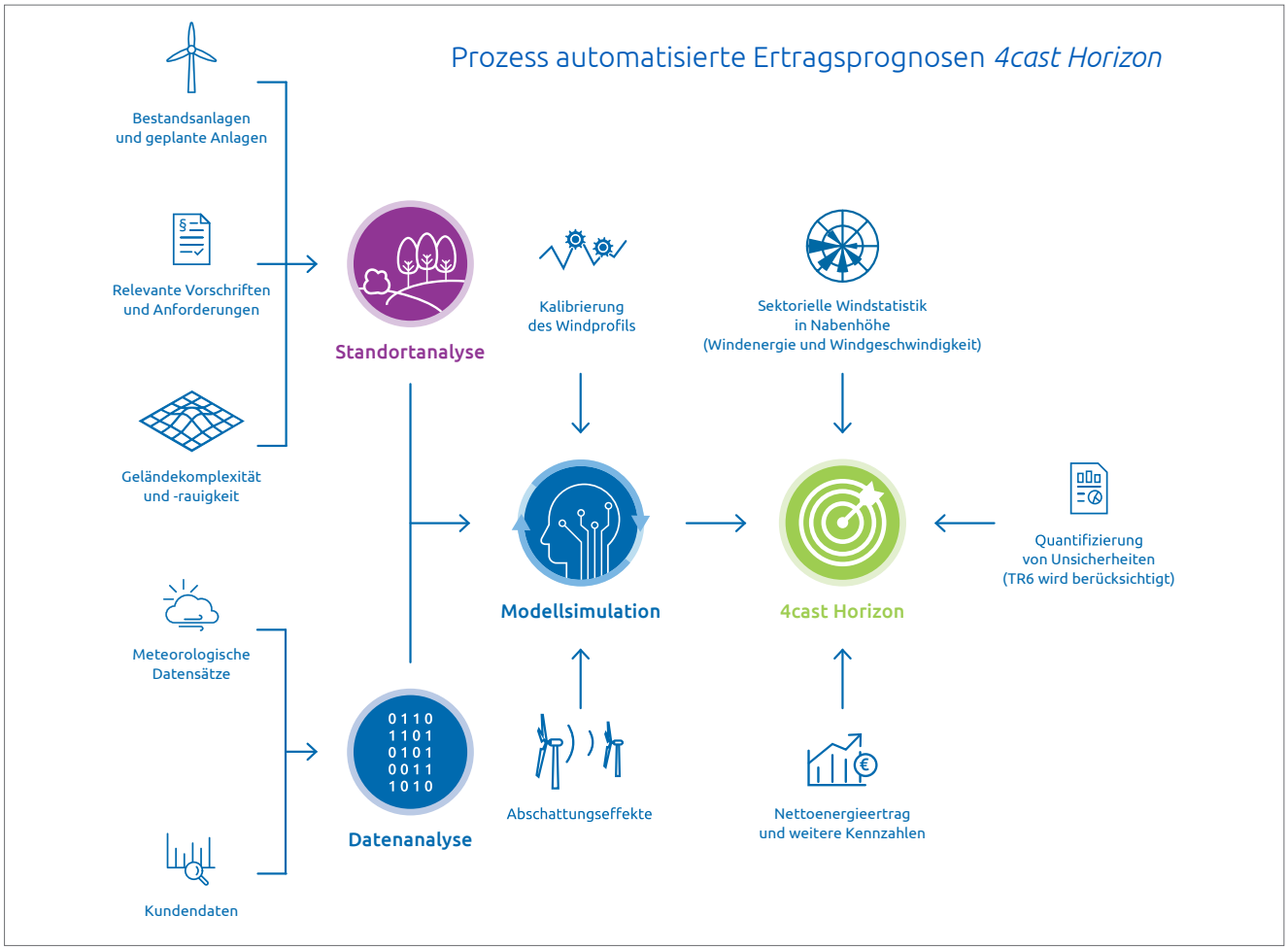
Foto: © Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

# In zwei Tagen zur Entscheidung: Wie 4cast Horizon die Standortanalyse neu denkt

Automatisiert, nachvollziehbar und bereit für Repowering: Mit 4cast Horizon bringt 4cast Geschwindigkeit und Präzision in die Windplanung.

**Die Herausforderung:**
**Zeitdruck in der Standortplanung**
Die Energiewende braucht Tempo – und trotzdem dauern viele Genehmigungs- und Planungsverfahren in der Windenergie unnötig lang. Einer der Hauptgründe: Standortanalysen, die Wochen in Anspruch nehmen, oft nicht vergleichbar sind und Unsicherheiten nicht früh genug offenlegen. Wer Entscheidungen treffen will, braucht aber Klarheit – schnell, zuverlässig und wirtschaftlich sinnvoll.

**Die Lösung:**
**Standortanalyse in zwei Tagen**
Genau hier setzt 4cast Horizon an. Die automatisierte Lösung analysiert neue oder bestehende Windparkstandorte innerhalb von nur zwei Arbeitstagen. Sie liefert eine nachvollziehbare Einschätzung zur langfristigen Energieproduktion – basierend auf öffentlich verfügbaren Daten, intelligenten Modellierungsverfahren und über zehn Jahren Fachwissen im Bereich Windprognosen und Standortbewertung. Planer*innen erhalten nicht nur einen soliden Ertragswert, sondern auch Variantenvergleiche, Karten, Visualisierungen und Handlungsempfehlungen – klar strukturiert, direkt anwendbar und im Einklang mit aktuellen Standards. Auf Wunsch kann die Analyse durch ein DAkkS-akkreditiertes Gutachten ergänzt werden.



**Das Prinzip:**
**Automatisierung mit Qualitätssicherung**
Die Innovation hinter 4cast Horizon liegt in der einzigartigen Verbindung aus Softwarelogik und menschlicher Kontrolle. Die relevanten Standort- und Klimadaten werden automatisiert verarbeitet, Szenarien direkt berechnet und die Ergebnisse durch erfahrene Fachkräfte validiert. Das spart nicht nur Zeit, sondern minimiert auch Fehlerquellen – ein klarer Vorteil gegenüber rein manuellen Prozessen.

**Der Anwendungsbereich:**
**Repowering und mehr**
Besonders stark spielt 4cast Horizon seine Vorteile im Repowering-Bereich aus. Bestehende Produktionsdaten und Standortinformationen können direkt integriert werden, um präzisere Vorhersagen zu ermöglichen. So lassen sich Potenziale besser ausschöpfen, Wirtschaftlichkeit sicherer bewerten und der nächste Projektschritt fundiert einleiten.

Auch bei hybriden Projekten und Flächenerweiterungen liefert die Lösung klare Entscheidungsgrundlagen – frühzeitig, strukturiert und belastbar.

**Kontakt- und Vernetzungsmöglichkeiten:**
Wir laden interessierte Unternehmen und Fachleute ein, sich mit uns zu vernetzen und gemeinsam an der Optimierung von 4cast Horizon zu arbeiten.
Für ein Gespräch schreiben Sie uns an unter **alex@4-cast.de** oder scannen direkt diesen QR-Code:

## Fazit

**4cast Horizon steht für eine neue Herangehensweise in der Windplanung: schnellere Abläufe, sichere Aussagen und flexible Anwendungsmöglichkeiten. So werden Genehmigungsprozesse effizienter, Investitionsentscheidungen fundierter und Ausbauziele greifbarer. Wer Standorte neu denkt, braucht neue Werkzeuge – 4cast Horizon ist die Lösung für schnelle Standortanalysen.**

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Initiator | **4Cast GmbH & Co. KG** |
| Status | **Projektstart im Mai 2024, kontinuierliche Weiterentwicklung** |
| Standort | **Weltweit** |
| Telefon<br>E-Mail<br>Web | +49 (0)331 98223830<br>alex@4-cast.de<br>4-cast.de |

4cast
heartbeat of renewables

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann?
Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 142.** ▶

# Eine runde Sache

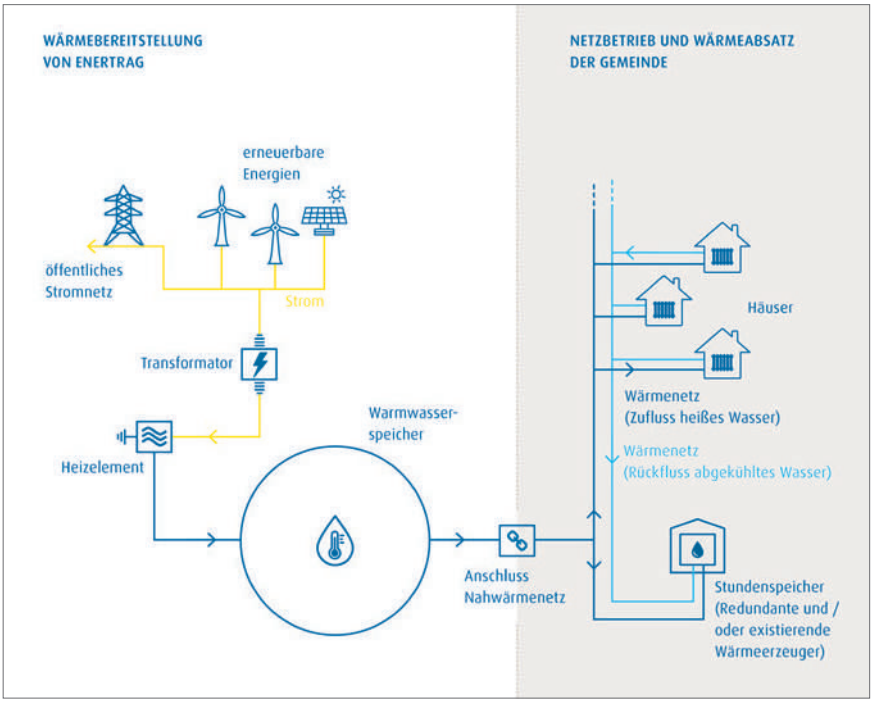
Nachhaltige Wärme aus der Region für die Region von ENERTRAG.

Zahlen, Daten, Fakten: Windwärmespeicher Nechlin

In Deutschland macht die Wärmeversorgung mehr als die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs aus. Weil rund 80 Prozent der Nachfrage aktuell durch den Einsatz von fossilen Brennstoffen gedeckt werden, verursacht die Versorgung mit Wärme auch einen Großteil des $CO_2$-Ausstoßes. Schließlich heizt hierzulande etwa jeder zweite Haushalt mit Gas und jeder vierte mit Heizöl. Nur 14 Prozent macht die Fernwärme aus und auch diese wird bislang überwiegend mit fossilen Brennstoffen erzeugt. Ab 2026 ist der Einbau von Ölheizungen bundesweit prinzipiell nicht mehr erlaubt. Die meisten vorhandenen Ölheizungen wurden zudem in den 1990er Jahren eingebaut, sodass nun Neuinvestitionen anstehen. Zeit also, sich nach Alternativen umzusehen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels liegt die Antwort auf der Hand: Wärme aus erneuerbaren Energien. Aber ist das verlässlich und vor allem bezahlbar – auch für kleinere Städte und Dörfer?

**Das Dorf Nechlin gibt die Antwort**

Ein Beispiel, wie eine klimafreundliche Wärmeversorgung gelingen kann, findet sich im brandenburgischen Nechlin. Hier liefern Wind und Sonne die Wärme für die Gemeinde. Nechlin arbeitet seit einigen Jahren an einer intelligenten und nachhaltigen Energieversorgung. Bürger beteiligten sich am Bau eines Netzes mit mehreren regenerativen Energiequellen einschließlich Photovoltaikanlagen. Zusätzlich entstand ein Nahwärmenetz. Die nahegelegenen Windenergieanlagen




Vom Wind- und PV-Feld bis ins Nahwärmenetz – kommunale Wärmeplanung mit erneuerbaren Energien

des Windfeldes Nechlin erzeugen jährlich etwa 70 Millionen Kilowattstunden Strom – rund 5 Prozent davon an besonders windigen Tagen. Zwar können diese Energiemengen nicht komplett ins Netz eingespeist werden, doch lohnt die Nutzung vor Ort. So verwendet Nechlin seit Anfang 2020 jenen Windstrom, für den es sonst keine Abnehmer bzw. keine Netzkapazität gibt, zum Beheizen eines Windwärmespeichers, der wiederum das ganze Dorf mit Wärme versorgt.

**So funktioniert es**

Die Zuschaltung der Heizelemente im Windwärmespeicher erfolgt automatisch über die Software ENERTRAG Powersystem. Sobald der Übertragungsnetzbetreiber ein Abschaltsignal für Windenergie gibt, wird die Heizung im Windwärmespeicher eingeschaltet. Der Windstrom erhitzt das Wasser im Speicher also in genau den windreichen Zeiträumen, wenn die Windenergieanlagen zuvor abgeregelt wurden. Je nach Wetterlage kann der Speicher die im Nahwärmenetz angeschlossenen Gebäude, in den kältesten Tagen des Jahres bis zu eine Woche, mit Wärme versorgen – ohne dass eine erneute Abregelung und damit Aufladung nötig ist. Effizient und ökonomisch sinnvoll bildet dieser windstrombetriebene Wärmespeicher eine sichere Energiequelle für das örtliche Nahwärmenetz.

## Fazit

**Die Vorteile der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien mit Hilfe eines Wärmespeichers sind für alle Beteiligten vielfältig. So können sich Bürgerinnen und Bürger auf niedrige und langfristig kalkulierbare Wärmekosten einstellen. Die Preise sind gegenüber den Bestandskosten und marktüblichen Wärmepreisen in der Region wettbewerbsfähig. Dabei ist die Wärme 100 % klimaneutral, zukunftssicher und nicht von den schwankenden Weltmarktpreisen fossiler Rohstoffe betroffen. Die Technik ist zuverlässig und unkompliziert, in den Häusern müssen keine Heizkörper ausgetauscht werden und es gibt keine Pflicht zur Nachrüstung von Wärmedämmsystemen.**

## ENERTRAG Betrieb und der Windwärmespeicher

**Warum ist die Betriebsführung entscheidend?**

- Sicherstellung eines effizienten Wärmespeichersystems durch regelmäßige Inspektionen
- Optimierung der Steuerung, um Wärmeverluste zu minimieren
- Überwachung von Isolierung und Wärmetauschern

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Initiator | **ENERTRAG SE und Nechlin (Gemeinde Uckerland)** |
| Zahlen, Daten, Fakten | **• 2.000 kW Nennleistung<br>• 780 MWh Jahresproduktion<br>• 2020 Inbetriebnahme<br>• 35 Haushalte** |
| Standort | **Nechlin, Brandenburg** |

ENERTRAG
Eine Energie voraus

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann?
Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 164.** ▶

# Digitalisierung mit Weitblick: Wie DenkerWulf und node.energy Windkraftprozesse in die Zukunft führen

Durch smarte Automatisierung und digitale Prozessinnovation setzt die Kooperation zwischen DenkerWulf und node.energy neue Maßstäbe im Betrieb von Windenergieanlagen und zeigt, wie Effizienz und Rechtskonformität in der Energiewirtschaft Hand in Hand gehen.

opti.node Cockpit senkt die Kosten der Betriebsführung in Wind- und Solarparks durch Automatisierung und erhöht Renditen durch Erlösoptimierung.

## Highlights

- Digitalisierung komplexer energiewirtschaftlicher Prozesse bei rund 600 Windenergieanlagen
- Rechtskonforme, automatisierte Stromsteuermeldungen
- Effizienzsteigerung durch die Reduktion manueller Behörden- und Netzbetreiberkommunikation
- Innovationspartnerschaft zweier Pioniere der Energiewende mit Fokus auf Skalierbarkeit und Zukunftssicherheit

**Erfolg durch Standardisierung: Wie smarte Digitalisierung die Windkraft beschleunigt**

Wer über die Zukunft der Energiewende spricht, kommt an der Digitalisierung nicht vorbei, insbesondere nicht, wenn es um die betriebswirtschaftliche Verwaltung großer Windparkportfolios geht. DenkerWulf, einer der erfahrensten Onshore-Windparkentwickler Deutschlands, hat diese Herausforderung frühzeitig erkannt. In Kooperation mit dem Software-Spezialisten node.energy wurden Prozesse in der kaufmännischen Betriebsführung digitalisiert und neu aufgesetzt.

Mit über 1.300 betreuten Windenergieanlagen zählt DenkerWulf zu den Schwergewichten im deutschen Windenergiemarkt. Der Anspruch des Unternehmens: höchste Qualität, transparente Prozesse und rechtssichere Umsetzung komplexer Anforderungen wie Stromsteuermeldungen. Doch mit steigender Projektanzahl wurde die Abwicklung über manuelle Verfahren zunehmend zum Engpass.

Durch smarte Automatisierung und digitale Innovation setzt die Kooperation von DenkerWulf und node.energy neue Maßstäbe im Windanlagenbetrieb.

**Drastische Reduzierung des manuellen Verwaltungsaufwands**

Die Lösung: opti.node Cockpit von node.energy, eine führende Energiedatenplattform, die speziell auf die Anforderungen professioneller Betreiber von Erneuerbare-Energien-Anlagen zugeschnitten ist. Gemeinsam mit dem Team von node.energy hat DenkerWulf zentrale Arbeitsschritte in der Kommunikation mit Hauptzollämtern, Netzbetreibern und Kommunen digitalisiert. Das Ergebnis: automatisierte Prozesse, minimierte Fehlerquellen und eine Reduktion des Verwaltungsaufwands, bei voller Rechtssicherheit.

## Fazit

**Für DenkerWulf ist die Kooperation mehr als nur ein Digitalisierungsschritt: Sie ist ein weiterer Hebel für den professionellen Anlagenbetrieb. In einem immer dynamischeren regulatorischen Umfeld – innerhalb der Energiewirtschaft – wo Daten und Wissen vereint werden müssen, ist es unerlässlich, die Kommunikation mit Partnern zu vereinfachen und den Weg gemeinsam zu gehen. Auch Julia Liesenberg, Abteilungsleiterin Kaufmännisches Windparkmanagement, sieht in der Kooperation mit node.energy eine deutliche Arbeitserleichterung in der Abwicklung der Stromsteueranträge und insbesondere auch bei der Stromsteuerprüfung der von DenkerWulf betreuten Betreibergesellschaften durch das Hauptzollamt.**

**„Durch die enge Zusammenarbeit mit DenkerWulf konnten wir zeigen, wie unsere Plattform selbst hochkomplexe Betreiberstrukturen effizient abbildet. Die Digitalisierung insbesondere der Stromsteuer ist ein Paradebeispiel dafür, wie aus regulatorischen Pflichten digitale Routinen werden, schnell, präzise und skalierbar."**

*Phillip Micke, Sales Manager bei node.energy*

**Mehr erfahren? Einfach scannen.**
Scannen Sie den QR-Code und erhalten Sie weitere Informationen schnell und bequem:

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Initiator | **DenkerWulf & node.energy** |
| Zahlen, Daten, Fakten | **Digitalisierung komplexer energiewirtschaftlicher Prozesse bei rund 600 WKA** |
| Status | **in Betrieb** |
| Web | www.node.energy/referenzen/denkerwulf |

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann?
Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 153 (DenkerWulf) und auf S. 186 (node.energy).** ▶

# Das Zweitmarktbarometer für die Windbranche

Das Zweitmarktbarometer von wind-turbine.com liefert datenbasierte Einblicke in Angebot und Nachfrage gebrauchter Windkraftanlagen – eine wertvolle Orientierungshilfe für Betreiber, Käufer und Investoren.

**Orientierung im dynamischen Zweitmarkt**
Der Markt für gebrauchte Windkraftanlagen ist in Bewegung – geprägt durch Rückbau, Repowering, internationale Nachfrage und neue regulatorische Rahmenbedingungen. Umso wichtiger ist ein klares Bild von Markttrends. Genau hier setzt das Zweitmarktbarometer von wind-turbine.com an. Es analysiert kontinuierlich und anonymisiert die Bewegungsdaten auf dem größten internationalen Marktplatz für gebrauchte Windenergieanlagen und liefert so wertvolle Einblicke für Marktteilnehmer.

Die Datenbasis beruht auf über 13 Jahren Marktentwicklung und ermöglicht eine fundierte Einschätzung darüber, welche Windenergieanlagen in welchen Regionen besonders gefragt oder im Angebot sind. Damit dient das Barometer als strategisches Werkzeug für Betreiber, Käufer, Dienstleister und Investoren.

**Was das Barometer sichtbar macht**

- **Nachfragetrends:** Welche Windkraftanlagen von welchen Herstellern sind besonders gefragt? Welche Länder zeigen eine hohe Kaufaktivität?
- **Angebotsstruktur:** Aus welchen Regionen stammt das größte Angebot an gebrauchten Windkraftanlagen? Welche Hersteller dominieren den Zweitmarkt?
- **Regionale Unterschiede:** Während manche Märkte von starker Exportaktivität geprägt sind, fungieren andere eher als Käufermärkte.
- **Zeitliche Entwicklungen:** Durch die langfristige Betrachtung lassen sich saisonale Schwankungen ebenso erkennen wie strukturelle Verschiebungen auf dem Gebrauchtmarkt.

**Hersteller, Märkte und Marktlogik**
Das Barometer bildet die Aktivitäten rund um die weltweit gängigen Windkraftanlagenhersteller ab – darunter Enercon, Vestas, Nordex, Siemens Gamesa und General Electric. Über die Jahre lassen sich wechselnde Nachfrageprofile und neue Märkte identifizieren. Besonders in aufstrebenden Märkten, in denen der Ausbau erneuerbarer Energien politisch gefördert wird, ist der Bedarf an gebrauchten Anlagen deutlich erkennbar.

Gleichzeitig zeigt das Barometer auch, welche Länder traditionell viele Altanlagen exportieren – etwa nach Stilllegung oder im Zuge von Repowering-Projekten. Diese Informationen helfen Käufern und Verkäufern, ihre Entscheidungen gezielt auszurichten.

**Mehr Transparenz für bessere Entscheidungen**
Für Betreiber bietet das Zweitmarktbarometer eine fundierte Entscheidungsgrundlage, wenn es darum geht, Altanlagen zu veräußern oder neue Käufermärkte zu erschließen. Käufer wiederum gewinnen Klarheit über typische Angebotspreise, verfügbare Stückzahlen und regionale Besonderheiten.

Auch Projektentwickler, Dienstleister und Investoren profitieren von den Marktdaten: Sie können Entwicklungen frühzeitig erkennen, Geschäftsmodelle gezielt anpassen und ihre Angebote auf reale Nachfrage ausrichten.

Hier geht`s zum Zweitmarktbarometer:
wind-turbine.com/marktbarometer

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Initiator | **wind-turbine.com** |
| Status | **Website ist online unter wind-turbine.com/marktbarometer** |
| Zahlen, Daten, Fakten | **Basierend auf 13 Jahren Marktdaten von wind-turbine.com zeigen wir, welche Windkraftanlagen weltweit besonders gefragt sind – und woher Angebot und Nachfrage stammen.** |

## Fazit

**Der Markt für gebrauchte Windkraftanlagen ist international, vielschichtig und in ständiger Bewegung. Das Zweitmarktbarometer von wind-turbine.com schafft Orientierung durch belastbare Daten und zeigt, wohin sich der Markt bewegt. Es stärkt die Transparenz und unterstützt alle Marktakteure dabei, informierte und nachhaltige Entscheidungen zu treffen – im Sinne eines effizienten, internationalen Zweitmarkts für Windkraftanlagen.**

wind-turbine.com

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann?
Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 217.** ▶

# Forschung in Deutschland

## Einblick in die Wirtschaft von morgen

Deutschland nimmt eine herausragende Position in der internationalen Windkraft-Forschung ein. Die folgenden Seiten stellen Ihnen einige Forschungsergebnisse der industrienahen Wissenschaft vor, mit denen Sie wertvolle Einblicke in die neuesten Technologietrends gewinnen können.

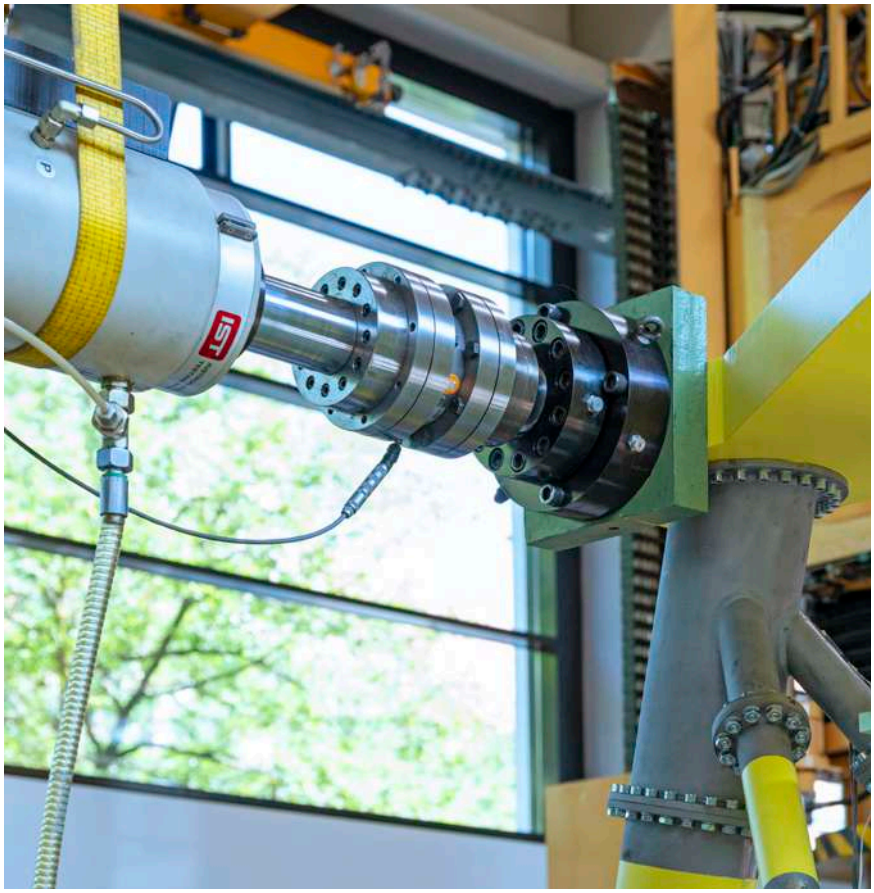
# Digitales Tool optimiert Windausbeute

Ein digitales Entscheidungstool unterstützt Betreiber*innen von Windparks bei der Frage, ob Anlagen weiterbetrieben oder ausgetauscht werden sollen.

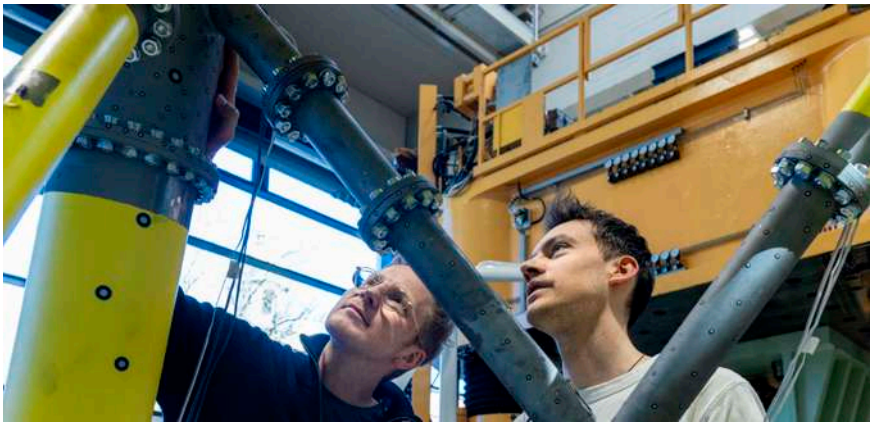
Jedes Jahr erreichen Hunderte Windenergieanlagen das Ende ihrer vorgesehenen Nutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren. Ingenieurtechnische Untersuchungen zeigen jedoch, dass viele ältere Anlagen sicher und standfest genug sind, um länger genutzt zu werden.

**Komplexe Entscheidungsfindung**
Für diejenigen, die Windparks betreiben, stellen sich damit viele Fragen: Rechnet sich ein Weiterbetrieb? Sind die Tragstrukturen noch belastbar? Lohnt es sich, die Anlagen zu ertüchtigen oder sind ein vollständiger Rückbau und die Investition in eine neue Anlage wirtschaftlicher?

„Bislang werden Windparkbetreiber*innen mit dieser Entscheidung allein gelassen“, so Ronald Schneider vom Kompetenzzentrum Wind@BAM. „Jede Demontage bindet gleichzeitig knappe Ressourcen, die in Deutschland für einen beschleunigten Windausbau benötigt werden.“ Um diese Herausforderungen zu bewältigen, entwickelt die BAM zusammen mit der Jörss-Blunck-Ordemann GmbH und der



Ermüdungsversuch an Jacket Modell für Offshore-Windkraftanlagen



oben: 3D Jacket – Teststrukturen für Offshore-Jacket-Substrukturen
unten: Die Schweißnähte stehen besonders im Fokus der Bewertung.

RWE Renewables GmbH ein digitales Entscheidungstool, das alle relevanten Gesichtspunkte berücksichtigt.

**Digitales Entscheidungstool nach Baukastenart**

Das Tool wird an einen digitalen Zwilling der Anlage gekoppelt, in den über Sensoren und Monitoringsysteme alle aktuellen Daten zum Erhaltungszustand einfließen. Zeigt das Tool Schwachstellen auf, bietet das Kompetenzzentrum Wind@BAM konkrete Lösungen zur Ertüchtigung der Tragstrukturen an oder berät, wie sich Schweißnähte nachträglich wieder verstärken lassen.

Das digitale Entscheidungstool wird an einem Offshore-Windpark in der Nordsee auf seine Praxistauglichkeit geprüft.

## Fazit

**Das Ziel des Projekts ist es, Betreiber*innen ein einfaches Baukastensystem zur Verfügung zu stellen, damit sie in wenigen Schritten die optimale Entscheidung über Weiterbetrieb oder Neubau treffen können.**

**„Der Bedarf für solch ein Tool ist in der Branche sehr groß."**

*Dr. Ronald Schneider (BAM)*

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **laufend; „ReNEW" BMWE Förderkennzeichen: 03EE3090A** |
| Standort | **Berlin** |

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**
**Fachbereich: Ingenieurbau**

Dr. Matthias Baeßler

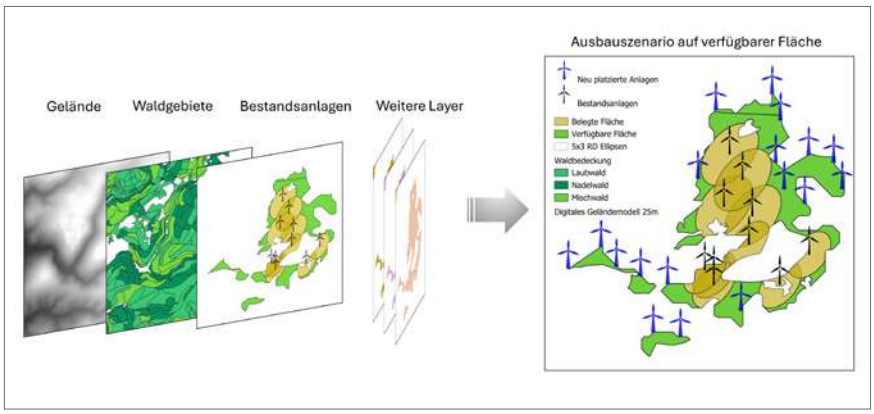
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
Telefon +49 (0)30 8104 1724
E-Mail matthias.baessler@bam.de
Web www.bam.de

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

# Sind die Windenergieziele erreichbar?

Im Projekt MENTOR werden Methoden zur Analyse der Leistungs- und Ertragspotenziale von Windenergieflächen entwickelt.

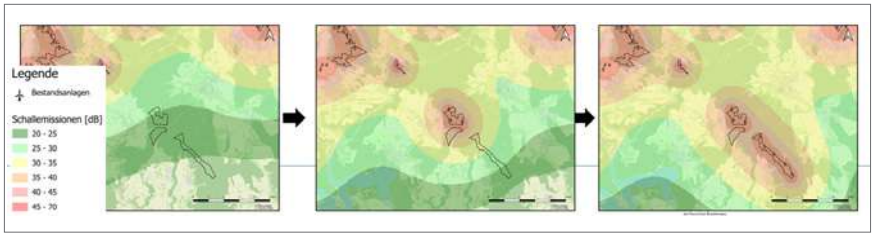
Um die Ausbauziele für die Windenergie zu erreichen, legt das Windenergieflächenbedarfsgesetz Flächenziele für die Bundesländer fest. Demnach müssen diese durchschnittlich 2 % ihrer Fläche für die Windenergienutzung ausweisen. Von zentraler Bedeutung für die Energiewende ist dabei der Stromertrag auf diesen Flächen. Dieser kann durch Restriktionen auf zwei Ebenen gemindert sein: Zum einen kann die installierbare Leistung eingeschränkt sein, beispielsweise durch die Topographie oder genehmigungsrechtliche Hürden wie Tiefflugstrecken. Zum anderen kann die Stromproduktion gemindert sein, z. B. aufgrund von Abschaltungen aus Gründen des Arten- oder Imissionsschutzes.




Überlagerung von GIS-Layern mit den ausgewiesenen Windenergieflächen zur Berechnung von Ausbauszenarien.

Im Projekt MENTOR (Entwicklung von **Me**thode**n** zur Bewer**t**ung v**o**n Windener**g**ieflächen unter Berücksichtigung von Restriktionen) wird ein Optimierungsmodell entwickelt, das unter Berücksichtigung der Restriktionen realistische Szenarien für die künftige Bebauung der Flächen ermöglicht. Die Projektpartner Fraunhofer IEE, Universität Kassel, Fachagentur Wind und Solar und der assoziierte Partner Umweltbundesamt bewerten die Windenergieflächen anhand von Restriktionen. Grundlage sind Modellierungen mit GIS-Daten sowie zeitreihenbasierte meteorologische Daten. Auf dieser Basis wird eine Pipeline entwickelt, die automatisierte Ertragsberechnungen auf den Flächen durchführt. Diese dienen dazu, die Auswirkungen auftretender Restriktionen zu erfassen und zu quantifizieren.

Die Ergebnisse werden mit Akteuren der Windindustrie, Politik und Regionalplanung diskutiert sowie über ein Webinterface der FA Wind und Solar der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.




Restriktion Schall: Die Vorbelastung steigt durch stetigen Zubau, Schallkontingente werden ausgereizt. © OpenStreetMap Contributors

## Fazit

**Die im Projekt MENTOR entwickelten Methoden ermöglichen die automatisierte Bewertung von Windenergieflächen. Darauf aufbauend können Maßnahmen für einen effizienten, beschleunigten Windenergieausbau abgeleitet werden.**

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **Juni 2024–November 2026** |
| Standort | **Kassel** |

**Fraunhofer IEE**

Barbara Rieß

Joseph-Beuys-Straße 8, 34117 Kassel
Telefon +49 (0)561 7294-1575
E-Mail barbara.riess@iee.fraunhofer.de
Web www.iee.fraunhofer.de

Fraunhofer IEE
FACHAGENTUR WIND UND SOLAR
UNIKASSEL VERSITÄT
Umwelt Bundesamt

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

# Fortschritte im Rotorblatt-Recycling

Das Fraunhofer IWES forscht gemeinsam mit Partnern an Methoden zum Rotorblatt-Recycling und erprobt dabei unterschiedliche Wege.

Geschredderte und voneinander getrennte Fraktionen aus einem Rotorblatt: GFK, PVC Schaum, Balsaholz (von links nach rechts)
Foto: Fraunhofer IWES

In kleinere Teile zerschnitten liefern die Rotorblatt-Filets weitere Erkenntnisse über die Materialeigenschaften.
Foto: Fraunhofer IWES

Die Voraussetzung für hochwertiges Recycling von Rotorblättern ist die saubere Trennung der Materialien – nur dann ist eine Wiederverwertung möglich. Die größte Herausforderung besteht dabei in der Trennung von Glas- und Kohlenstofffasern vom umgebenden Epoxidharz.

Balsaholz und Schaumstoffe lassen sich vergleichsweise einfach mechanisch trennen und anschließend als Bau- oder Dämmmaterial wiederverwenden. Bei Verbundstoffen wie CFK (carbonfaserverstärkter Kunststoff) und GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) ist der Aufwand jedoch deutlich größer. Das Fraunhofer IWES verfolgt das Ziel, ein hochwertiges Recyclingverfahren zu entwickeln, das möglichst viele der ursprünglichen Materialeigenschaften erhält und untersucht dafür in verschiedenen Forschungsprojekten unterschiedliche Methoden wie u. a. thermische Verfahren.

**Recyclingkonzept steht – Details werden weiterentwickelt**

Im Projekt ReusaBlade arbeitet das Fraunhofer IWES gemeinsam mit einem Rotorblatt-Hersteller und weiteren Projektpartnern an einem chemischen Verfahren. Der Einsatz von Solvolyse mit Essigsäure soll das Epoxidharz auflösen. Nach ersten Tests im Labormaßstab werden unter industrienahen Bedingungen Rotorblattteile wie Flansche oder Sandwichelemente in einem drei mal fünf Meter großen Säurebecken gelöst.

## Fazit

**Bei der Forschung an Recyclingverfahren stehen auch Energieeffizienz und $CO_2$-Reduktion im Fokus. Im Laufe mehrerer Forschungsprojekte hat das Fraunhofer IWES ein wirtschaftlich rentables Entsorgungskonzept für Rotorblätter entwickelt, das nun in seinen einzelnen Prozessschritten weiter optimiert wird.**

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **Dezember 2023–November 2026** |
| Standort | **Bremerhaven** |

**Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES**

Niels Ludwig
Senior Engineer Abteilung Rotorblätter

Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven
Telefon +49 (0)471 14290 398
Web www.iwes.fraunhofer.de

Fraunhofer IWES

# Beteiligung, Akzeptanz, Internationaler Austausch

Forschungsprojekt IEA Wind TCP Task 62 – Fortführung der deutschen Beteiligung am IEA Wind TCP Task 62 “Social Science to Support Wind Energy Planning and Participation”.

Der Ausbau der Windenergie ist eine zentrale Säule der erneuerbaren Stromwende in Deutschland. Neben technischen Weiterentwicklungen ist und bleibt die öffentliche Akzeptanz ein relevanter Erfolgsfaktor für den weiteren und vor allem beschleunigten Ausbau von Windenergieanlagen.

Das Projekt Task 62 ermöglicht einen Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer, sodass von Good-Practice-Beispielen anderer Länder profitiert werden kann. Die Zusammenarbeit erfolgt interdisziplinär und die Ergebnisse werden laufend den jeweiligen Windakteuren der teilnehmenden Länder zugänglich gemacht:

Im Rahmen von offenen Webinaren werden konkrete Ansätze zur Optimierung von Planungs- und Beteiligungsprozessen bei Windenergieprojekten vorgestellt.

In anschaulichen Praxisbeispielen wird gezeigt, wie die lokale Einbindung über gesetzliche Anforderungen hinaus anhand frühzeitiger und transparenter Kommunikation gelingen kann und wie innovative Methoden der Visualisierung und Gamification diese Prozesse unterstützen können. Ein weiterer inhaltlicher Schwerpunkt liegt auf der Identifikation von Strategien zur ökonomischen Beteiligung und regionalen Wertschöpfung wie kommunale Teilhabe, Bürgerbeteiligung oder Co-Ownership, die sowohl lokale Unterstützung stärken als auch wirtschaftliche Vorteile für die Projekte selbst bieten können. Bisherige Forschungsergebnisse betonen zudem die Bedeutung einer organisational verankerten Beteiligungskultur. Unternehmen, die Dialogprozesse als festen Bestandteil ihrer Projektentwicklung integrieren, vermeiden interne Reibungsverluste und können Projekte langfristig erfolgreicher umsetzen. Hierzu werden internationale Beispiele vorgestellt.

## Fazit

**Die gesellschaftliche Akzeptanz und damit verbundene Beteiligungsmöglichkeiten sind relevante Einflussgrößen für die erfolgreiche und zügige Umsetzung weiterer Windenergieprojekte, sowohl in Deutschland wie auch in anderen Ländern. Daher stellt der internationale Erfahrungsaustausch eine wichtige Möglichkeit dar, voneinander zu lernen und erfolgreiche Ansätze zu übertragen.**

### Work Packages

**Task 62 work is divided up into ”work packages” which are projects with international participation focused on a common goal that furthers the mission of the task. Each work package has its own deliverables, and Task 62 reports on these each year.**

**Work Package 1** — **Socio-Enviro-Technical collaboration:**
Addressing impacts like noise and environmental factors and sharing challenges and solutions with technologists and environmental scientists. This Work Package comes from the Grand Challenges of Wind Energy and seeking greater collaboration among researchers and practitioners.

**Work Package 2** — **Local engagement and approval:**
Enhancing planning processes to foster community approval – where to go beyond what the law requires to achieve better outcomes for the community, local authorities, and developers.

**Work Package 3** — **Organisational culture:**
The power of integrating meaningful engagement into core business of wind deployment and the obstacles created by not doing so.

**Work Package 4** — **Project participation and business models:**
Exploring models for shared economic and other benefits such as community ownership or co-ownership.

**Work Package 5** — **Tools for improved planning:**
Using gamification and other methods for better dialogue.

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **Laufend (2025–2028)** |
| Standort | **International** |

**Institut für ZukunftsEnergie- und StoffstromSysteme, IZES gGmbH**
**Arbeitsfeld Umweltpsychologie**

Jan Hildebrand

Telefon +49 (0)681 844972 29
E-Mail hildebrand@izes.de
Web www.izes.de
iea-wind.org/task-62

IZES Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme

Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

# hyBit: Ganzheitlicher Blick auf die Gestaltung von $H_2$-Hubs

Großforschungsprojekt generiert grundlegendes Wissen zum Aufbau der Wasserstoff-Wirtschaft in Norddeutschland.

Wasserstoff gilt als „Energieträger von morgen“. Im Wasserstoff-Großforschungsprojekt hyBit, welches von der Universität Bremen geleitet wird, generieren die Forschenden grundlegendes Wissen zum Aufbau der Wasserstoff-Wirtschaft in Norddeutschland. Im Fokus steht die Transformation von großskaligen industriellen Infrastrukturen (sogenannten Wasserstoff-Hubs) in Bremen und Norddeutschland. Ein erster Nukleus ist der Bremer Industriehafen mit seinen Schlüsselakteur*innen wie dem Bremer Stahlwerk und der swb. Der Forschungsansatz verfolgt dabei neben der Analyse technologischer Lösungen auch innovative Ansätze zur aktiven Einbindung von Akteur*innen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.

Der $H_2$-Hub als der zentrale Untersuchungsgegenstand im hyBit-Projekt: der Bremer Industriehafen mit seinen Schlüsselakteur*innen wie dem Bremer Stahlwerk und der swb. © hyBit/Universität Bremen

hyBit entwickelt in diesem Sinne neue methodische Ansätze zur ganzheitlichen Evaluation und Hebung von Standortpotenzialen. Die Arbeiten münden in der Entstehung einer virtuellen Transformationsplattform, welche mit einem Digitalen Zwilling des Standorts vielfältige Möglichkeiten zur Analyse des Transformationsprozesses bietet und letztlich ein resilientes Management von Transformationsprozessen ermöglicht.

Das Wuppertal Institut entwickelt in diesem Kontext Konzepte eines zukünftigen wasserstoffbasierten Energie- und Wirtschaftssystems und analysiert insbesondere die Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung einzelner Wasserstoff-Hubs und dem Gesamtsystem.

## Fazit

**Die Forschenden haben große Fortschritte erarbeitet: Die notwendige Daten- und Modellbasis wurde geschaffen, Szenarien für eine mögliche Entwicklung des $H_2$-Hubs Bremens, eingebettet in eine überregionale $H_2$-Wirtschaft, wurden erstellt sowie das Expert*innenwissen lokaler Akteur*innen vor Ort und darüber hinaus wurde im Rahmen zahlreicher Workshops einbezogen.**

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **September 2022–Februar 2026** |
| Standort | **Bremen** |

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH**

PD Dr. Peter Viebahn
Telefon +49 (0)202 2492-306
E-Mail peter.viebahn@wupperinst.org

Dr. Larissa Doré
Telefon +49 (0)202 2492-181
E-Mail larissa.dore@wupperinst.org

Web wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/2093
hybit.org/

# WINSENT – Forschungsplattform in bergigem, komplexem Gelände

Das ZSW betreibt ein weltweit einzigartiges Windenergietestfeld im komplexem Gelände, das mit Partnern des Forschungsclusters WindForS entwickelt wurde.

Das Testfeld WINSENT befindet sich auf etwa 670 Metern Höhe (NHN) oberhalb einer Geländesteilstufe auf der Schwäbischen Alb. Auf dem Testfeld werden meteorologische Größen und Umweltdaten mit unterschiedlichster Sensorik erfasst. Gleichzeitig werden elektrische und mechanische Größen an den beiden für die Forschung konzipierten und mit Sensoren instrumentierten Windenergieanlagen (FWEA) gemessen.

Die Plattform steht sowohl der Forschung als auch der Industrie zur Verfügung und bietet Zugang zum Softwarecode des Reglers, der Anlagensteuerung sowie zu aeroelastischen Computermodellen. Dadurch wird unter anderem die Erprobung neuer Technologien und Regelungsstrategien ermöglicht. Die über die gesamte Höhe der FWEA gesammelten Messdaten erlauben eine detaillierte Analyse spezifischer Strömungsmechanismen und des daraus resultierenden dynamischen Verhaltens von Windenergieanlagen in komplexen, bergigen Geländestrukturen. Ein Großteil der erfassten Daten steht der Wissenschaft und der Öffentlichkeit zur Verfügung (Open Science). Diese Daten finden bereits heute sowohl national als auch international großes Interesse in verschiedenen Projekten und dem IEA Wind Technology Collaboration Programme.

Neben der technischen Forschung bietet das Testfeld auch einmalige Möglichkeiten für die Naturschutzforschung. Im Zuge des vom BfN geförderten Vorhabens NatForWINSENT untersuchen renommierte WissenschaftlerInnen das Verhalten von Fledermäusen, Vögeln und Insekten im und um das Testfeldgebiet.

Fotos: ZSW / David Arzt

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **in Betrieb, Validierung bis Ende 2026** |
| Standort | **Donzdorf / Geislingen an der Steige, Baden-Württemberg** |

**Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)**

Andreas Rettenmeier

Meitnerstr. 1, 70563 Stuttgart
Telefon +49 (0)711 7870-229
E-Mail andreas.rettenmeier@zsw-bw.de
Web www.winsent.de

Förderung durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie der Bundesrepublik Deutschland.

## Fazit

**Die offene Forschungsplattform WINSENT unterstützt die Nutzung der Windenergie an Standorten in bergig-komplexem Gelände durch verbesserte Windleistungsvorhersagen, durch das Aufzeigen und Erschließen von Potenzialen zur Ertragssteigerung ebenso wie zur Reduktion mechanischer Lasten.**

# BirdRecorder – Antikollisionssystem für Windenergieanlagen

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) nutzt dafür Künstliche Intelligenz.

Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz sind die zentralen Elemente im vom ZSW entwickelten Antikollisionssystem **BirdRecorder.** Für die Vogel- und Vogelarterkennung kommen innovative KI-Methoden zum Einsatz. „Mit unserer selbst entwickelten KI-Lösung leisten wir einen zentralen Beitrag zum naturverträglichen Ausbau der Windenergie“, erklärt Projektleiter Nico Klar. Das System kann gefährdete Vogelarten wie den Rotmilan frühzeitig erkennen und Windenergieanlagen rechtzeitig in den sicheren Trudelbetrieb versetzen. Es ist modular aufgebaut, mit insgesamt zwölf Kameras ausgestattet und lässt sich dadurch flexibel an unterschiedliche Windpark-Layouts anpassen.

**Arterkennung bis zu 1.500 Metern**

Die Interventionszone von Windenergieanlagen muss mindestens 500 Meter betragen, um bei den typischen Fluggeschwindigkeiten gefährdeter Vogelarten wie dem Rotmilan rechtzeitig reagieren zu können. Der BirdRecorder erkennt solche Vögel bereits ab 800 Metern zuverlässig. Bei einem Einflug in die Interventionszone gibt das System ein Signal zum sofortigen Übergang der Anlage in den sicheren Trudelmodus. Sobald das Tier den Gefahrenbereich verlassen hat, wird der Normalbetrieb automatisch wieder aufgenommen. BirdRecorder wurde im Jahr 2024 auf dem Windenergieforschungstestfeld des ZSW auf der Schwäbischen Alb bei Geislingen umfassend validiert. Dabei erreichte die Klassifikation von Vogelarten eine sehr beeindruckende Genauigkeit von 96,9 % im Erfassungsbereich von 0 bis 1.500 Metern – ein wichtiger Meilenstein für die artspezifische Reaktion von Windenergieanlagen.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Praxis fließen fortlaufend in die Weiterentwicklung des Systems ein – mit dem Ziel, die Integration in bestehende Windparks zu erleichtern und die Erkennungsempfindlichkeit weiter zu erhöhen. Aktuell wird das System auf weitere windkraftempfindliche Arten erweitert. Gleichzeitig wird die Detektionsleistung unter anspruchsvollen Bedingungen – etwa bei ungünstiger Witterung oder kleinen Zielobjekten – weiter optimiert, um die Erkennungszuverlässigkeit kontinuierlich zu verbessern.

## Fazit

**Der naturverträgliche Ausbau der Windenergie wird in den kommenden Jahren zunehmend an Standorten mit hohem Artenschutzbedarf stattfinden. Antikollisionssysteme wie der BirdRecorder sind dabei eine Schlüsseltechnologie, um den Schutz sensibler Arten mit einer effizienten Stromerzeugung in Einklang zu bringen.**

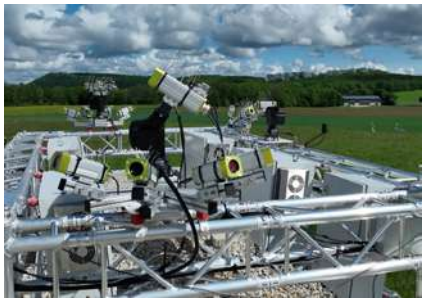


Foto: ZSW / David Arzt

## Projektübersicht

| | |
|---|---|
| Status | **Geplante Markteinführung Ende 2025 / Beginn 2026** |
| Standort | **Schwäbische Alb** |

**Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)**

Nico Klar
Ursula Amann

Meitnerstr. 1, 70563 Stuttgart
Telefon +49 (0)711 7870 337
E-Mail birdrecorder@zsw-bw.de
Web birdrecorder.zsw-bw.de

Förderung durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie der Bundesrepublik Deutschland