

04

Trends & Innovationen Windenergie



WER WIND SÄT, KANN STROM ERNTEN

Im Sommer eine erfrischende Brise, im Winter ein Frostverstärker und immer häufiger zerstörerische Naturgewalt: Der Wind ist für den Menschen seit jeher Fluch und Segen zugleich. Früher trieb Wind Schlachtschiffe und Kornmühlen an, heute ist er eine vielversprechende Quelle für die Energie der Zukunft. Der Anteil der Windenergie an der Stromproduktion steigt weltweit rasant, davon zeugen Windparks wie der Thanet nahe der Themsemündung oder das 2011 eingeweihte Offshore-Windkraftwerk Baltic I von EnBW. Mit einer Nennleistung von 48,3 Megawatt deckt es den Energiebedarf von rund 50 000 Haushalten. Noch gewaltiger ist das neue Projekt von RWE Innogy, bei dem unsere Fachleute im Einsatz sind: Der Windpark Nordsee-Ost, bei dem wir die Fertigung überwachen, hat mit einer Nennleistung von 295 MW gleich die sechsfache Kapazität. Bis 2012 werden nahe der Insel Helgoland gleich 48 Anlagen von REpower errichtet – mit jeweils rund 6,15 MW Nennleistung. Die daraus resultierenden 1,1 Mio. MWh jährlich werden bis zu 300 000 Haushalte mit Energie versorgen. Mehr auf den folgenden Seiten.

VON SCHUTZMAUERN UND WINDMÜHLEN

Der Mensch macht sich den Wind seit Urzeiten untertan, doch die Geschichte der Windenergie als Quelle der Stromerzeugung ist noch jung. Welches Potenzial haben Passat, Monsun, Föhn, Mistral, Bora und Scirocco für den Weltenergiebedarf? Welche Perspektiven gibt es im Verbund mit anderen erneuerbaren Energien?

DAS GRÖSSTE WINDKRAFTWERK



Der Offshore-Windpark Thanet liegt zwölf Kilometer nordöstlich der Themsemündung. Er besteht aus 100 Windkraftanlagen vom Typ Vestas V90 und wird von Vattenfall UK betrieben. Der Rotordurchmesser der einzelnen Anlagen beträgt jeweils 90 Meter; die Generatoren erzeugen eine elektrische Nennleistung von je 3 MW, insgesamt etwa 300 MW. Der Park steht auf einer Fläche von etwa 35 Quadratkilometern. Die Nordsee hat an dieser Stelle eine Wassertiefe von 20 bis 25 Metern.

Die klugen Ägypter erweiterten bereits um 5000 v. Chr. mithilfe von Segelbooten ihr Weltreich und Windmühlen zum Mahlen von Mehl oder Schrot standen keineswegs zuerst in Holland, sondern bereits um 1750 v. Chr. in Babylonien. Acht Jahrhunderte unserer Zeitrechnung später prägten in Persien Mühlen mit senkrechten Rotationsachsen und stehenden Flügeln, Schaufeln oder Segeln die Landschaft. Erst seit dem 16. Jahrhundert sind Windmühlen die Wahrzeichen der Niederlande und seit 1605 reitet Don Quichotte auf Rosinante vergeblich gegen die geflügelten Ungetüme an. Der schottische Elektroingenieur James Blyth setzte als Erster 1887 Windkraft für die Beleuchtung seines Ferienhauses ein. Doch die Technik galt lange als teuer und ineffizient, obwohl der Göttinger Strömungsforscher Albert Betz rund 30 Jahre später die theoretischen Grundlagen für die Aerodynamik von Rotoren entwickelte. Dem-

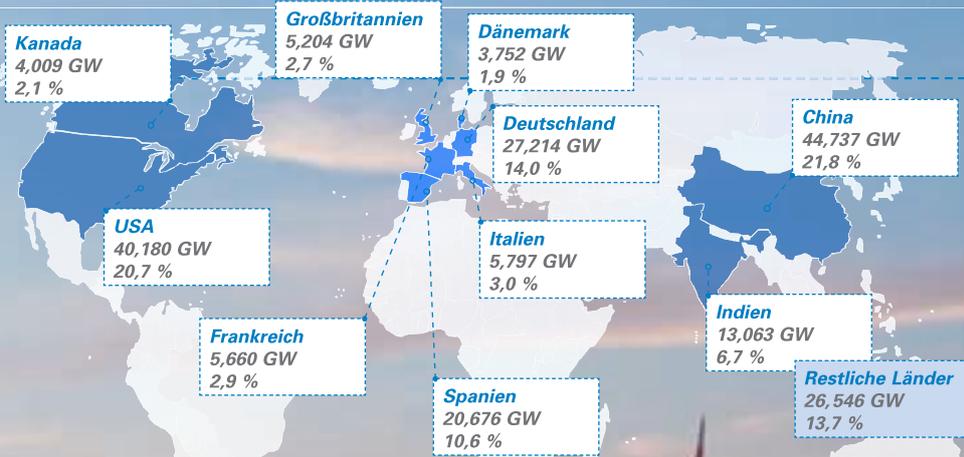
nach lassen sich maximal 59,3 Prozent der verfügbaren Energie durch aerodynamisch optimierte Rotoren in mechanische Leistung umsetzen: das Betz'sche Gesetz, das bis heute gültig ist. Seit Verschärfung der Energiediskussion vor 20 Jahren und einem verstärkten öffentlichen Bewusstsein für den Klimawandel erlebt auch Windkraft einen Aufschwung.

Windkraftanlagen können in allen Klimazonen zu Land und zu Wasser eingesetzt werden. Greenpeace hält es für möglich, dass bis zur Mitte dieses Jahrhunderts mehr als ein Drittel des benötigten Stroms über Windenergie erzeugt werden kann – erhebliche CO₂-Einsparungen wären die Folge. Doch keine Nation ist so konsequent wie die kleinste Insel Norwegens: Auf Utsira leben 215 Menschen. Die benötigte Energie wird von zwei modernen Windkraftgeneratoren erzeugt, deren Strom in der ersten Wind-Wasserstoff-Anlage der Welt gespeichert wird. Überschüssige En-



WINDKRAFTNATIONEN 2010

Alle Windkraftanlagen weltweit haben zusammen eine Nennleistung von rund 200 GW, damit können sie rund 200 Millionen Haushalte mit sauberem Strom versorgen. Der „Wind state number one“ befindet sich heute in China: Bereits 2010 löste das Reich der Mitte Spitzenreiter USA ab. In den Top Ten folgen Deutschland, Spanien und Indien, das heute fast gleichauf liegt mit Italien, Frankreich, Großbritannien sowie Kanada und Dänemark.



Mächtig im Auftrieb: Der Windenergiemarkt wuchs 2010 um 36 Gigawatt oder rund 22,5 Prozent. Wohin der aktuelle Jetstream die Branche trägt – mehr auf S. 10.

ergie wird durch Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert. Bei Windstille oder Sturm erhalten die Bürger Utsiras Strom aus Wasserstoff. Dazu gibt es eine Brennstoffzelle, die mit einem Generator wieder Strom erzeugt.

Neue Technologien verwandeln Windenergie in Wasserstoff

Die Universität Harvard kommt zum Schluss, Windenergie reiche aus, um den gesamten Weltenergiebedarf nicht nur zu decken, sondern etwa das 40-fache dessen bereitzustellen. Doch die erneuerbare Energie hat nicht nur Fans: Seit Jahren blockieren bürgerliche Umweltschützer die „Verspargelung der Landschaft“ und die Gefährdung der Vogelwelt, Anlieger klagen über gesundheitliche Beschwerden, hervorgerufen durch den sogenannten Infraschall der Rotorblätter. Amerikanische Mediziner haben dies inzwischen widerlegt, die Geräuschbelästigung liegt in einer Dis-

tanz von bis zu 300 Metern durchschnittlich bei 40 bis 50 dB(A) – leiser als so mancher Arbeitsplatz. Noch allerdings fehlen großtechnische Lösungen, die den Stromüberschuss bis zur nächsten Nachfragespitze zwischenspeichern. Das Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnologie stellte 2009 eine Technologie vor, die Strom zu Gas verwandelt: Mithilfe der Elektrolyse wird aus Strom Wasserstoff und unter Zugabe von CO₂ Methan erzeugt. Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas. So erzeugte Energie könnte in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden, Erdgasautos direkt antreiben oder zu Benzin oder Diesel weiterverarbeitet werden. Ab Mitte 2011 soll in Berlin das erste Hybridkraftwerk zur Wasserstoffproduktion aus Windenergie starten. Das Pilotprojekt vernetzt erstmals die Energiequellen Wind, Wasserstoff und Biogas zu einem Verbund.

SO ENTSTEHT WIND

Hauptursache für Winde sind Unterschiede im Luftdruck zwischen Luftmassen zu Lande (wärmer) und zu Wasser (kälter). Je größer der Unterschied zwischen den Luftdrücken, desto heftiger die Strömung der wärmeren Luftmassen in das Gebiet niedrigeren Luftdrucks – und desto stärker der Wind. Die Windgeschwindigkeit wird in km/h angegeben, die Stärke gibt die Beaufort-Skala zwischen 2 (Brise) und 12 (Orkan) an.



Globales Puzzle

Der Windpark Nordsee-Ost (NSO) von RWE Innogy steht für viele Superlative. Wir begleiten die Fertigung der einzelnen Komponenten. Die Vormontage der über 34 Meter langen Turmsegmente erfolgt in Cuxhaven. Ein Reisebericht.

Ortstermin mit unserem Windenergieteam in Cuxhaven: (v.l.) Gundolf Wehrmeister, unser Projektleiter NSO Johann Grapengiesser, Vertriebsleiterin Katja Flöther und Thomas Meinert von der Firma Ambau.

Im Innern des Goliaths: Gundolf Wehrmeister misst die Dicke des Korrosionsschutzes an einem Turmsegment.

DIE LEISTUNGSSTÄRKSTE UND HÖCHSTE WINDKRAFTANLAGE DER WELT

Der Gigant unter den Windrädern ist zurzeit die ENERCON E-126 mit 7,5 Megawatt Nennleistung. Die Nabenhöhe beträgt 135 Meter, die Gesamthöhe liegt bei 198 Metern; damit fehlen nur 29 Meter bis zur Golden Gate Bridge in San Francisco. Der Rotor hat einen Durchmesser von 127 Metern, was länger ist als ein Fußballfeld. Am 27. Januar 2011 ging die Anlage bei Magdeburg ans Netz, erzeugt bei guten Windverhältnissen rund 14000 MWh pro Jahr und versorgt bis zu 15000 Menschen mit sauberem Strom.



Dieses Puzzle zu legen ist eigentlich eine Aufgabe für Riesen. So ähnlich sieht Johann Grapengiesser die Entstehung einer Windenergieanlage. Der Projektleiter bei TÜV Rheinland und sein Team für die Fertigungsüberwachung der Komponenten für den Windpark NSO in der Nähe von Helgoland sind zurzeit europaweit unterwegs. Die Rahmen für Gondel und Maschinen werden in Deutschland sowie von Excon in Tschechien geschweißt. Die Getriebe entstehen bei Winergy in Vörde am Niederrhein, nahe der niederländischen Grenze. Die Rotorblätter baut die dänische Firma LM Wind Power in Lunderskov sowie das Unternehmen Powerblades in Bremerhaven. Aus Glasfaser-Kunststoff-Laminaten formen sie die jeweils 62 Meter langen Flügel, die nach der Fertigung in einem genau vorgegebenen Prüfverfahren auf ihre Eigenschaften geprüft werden.

Auge und Ohr

Unsere Ingenieure sind fast überall mit von der Partie. Als „Third Party“-Inspektoren beauftragte RWE Innogy sie mit der Überwachung der vorgegebenen Testpläne. „Wir sind Auge und Ohr für RWE in der Produktion. Mein Team und ich unterstützen die Prozesse, identifizieren Fehler, geben Empfehlungen für Korrekturen und stellen Fertigungsdifferenzen fest“, fasst Johann Grapengiesser seine Funktionen zusammen. Als Vermittler zwischen Bauträger und Lieferanten moderieren sie die Zusammenarbeit und achten darauf, dass die vertraglich definierten Spezifikationen eingehalten werden.

Sicher auch bei Windstärke 10

Mit dieser Qualitätssicherung in der Produktion will RWE Innogy Nachbesserungen auf hoher See vermeiden. Reparaturen unter rauen Witterungsbedingungen sind schließlich um ein Vielfaches aufwendiger und teurer als direkt in den Hallen der Komponentenhersteller. Der harte Offshore-Ein-

satz stellt an Stahlkomponenten von Turm und Gondel extreme Anforderungen; Schweißnähte und Korrosionsschutz müssen über Jahrzehnte halten. Die zerstörungsfreie Prüfung jeder Naht erfolgt nach Schleifen und Sandstrahlen. Vor allem die Beschichtung mit Zink oder speziellen, auf Harz basierenden Kunststoffen müssen den rostgefährdeten Stahl über viele Jahre vor dem aggressiven Meersalz schützen.

Turm auf großer Fahrt

In Cuxhaven bei der Firma Ambau Stahl- und Anlagenbau entstehen die so genannten „Turmsegmente“. Dies sind einzelne Abschnitte des späteren Turms, jeweils 34,5 Meter hoch und 121,5 Tonnen schwer. Sie werden komplett mit ihrem Innenleben aus Vorrichtungen für Fahrstuhl, Leitungsschächten sowie Leitern zusammenschweißt.

Die einzelnen Elemente werden dann per Lkw als Schwertransport über Nacht nach Bremerhaven gebracht. Dort erfolgt die Verladung auf ein Spezialschiff. Dieses transportiert die vormontierten Anlagen zu ihren Standorten vor Helgoland. Dieses extra für NSO konstruierte Schiff kann trotz seiner Länge von über 100 Metern und einer Breite von rund 40 Metern satellitengesteuert und zentimetergenau für die Bauarbeiten auf See fixiert werden und in Wassertiefen von über 40 Metern arbeiten.

INFORMATION

Johann Grapengiesser
johann.grapengiesser@de.tuv.com
+ 49 221 806-4385
+ 49 40 378 79 04-67

www.tuv.com

„NACH OBEN HIN IST

Die Welt hat ehrgeizige Pläne für den Ausbau der Windkraft, nicht nur China, Indien und die USA. Bis 2020 könnte die Europäische Union ihre Energieversorgung zu 14 Prozent durch Windkraft abdecken; bis 2030 wären laut European Wind Energy Association sogar bis zu 28 Prozent möglich. Wir begleiten weltweit Projekte fast aller namhaften Hersteller. Frank Witte koordiniert für uns die globalen Aktivitäten. Er rechnet mit einem Ausbau von Offshore-Windfarmen.

*Begleitet unsere
Windenergie-
projekte welt-
weit: Dipl.-Ing.
Frank Witte.*

Wohin steuert die weltweite Windenergie- wirtschaft bis 2020?

Ende 2010 waren rund um den Globus über 194 Gigawatt Nennleistung installiert. Das entspricht etwa 20 mittelgroßen Atomkraftwerken vom Typ des noch laufenden Reaktors Fukushima I-6. Nach Schätzungen des Global Wind Energy Councils wird sich diese Kapazität in den nächsten drei bis vier Jahren verdoppeln. Bis 2020 sollen 1000 Gigawatt weltweit installiert sein. Allein 2010 wuchs die Branche global um 22,5 Prozent.

Wird Windenergie die Atomkraft ersetzen?

Sicherlich nicht so schnell, wie das vielfach prognostiziert wird. Das liegt an den Kosten des Atomstroms, die Schwellenländern ihren wirtschaftlichen Aufschwung ermöglichen. Wobei die Windenergie durch Skaleneffekte in der Serienfertigung immer günstiger wird. Denn je größer die Anlagen und je mehr sie in industriellen Maßstäben produziert werden, desto günstiger wird Windstrom.



NOCH LUFT“



Woher kommt diese Dynamik?

Nicht erst seit Fukushima wissen Forscher und Versicherungsmathematiker, dass die Menschheit eine neue Energiepolitik braucht. Fossile Energieträger müssen wegen ihrer CO₂-Emissionen reduziert werden, die Risikoeinschätzung der Atomkraft hat sich geändert. In der Windenergie stecken noch enorme Effizienzpotenziale. Auch für die Umwelt.

Wie geht's technologisch weiter?

Die größte Windkraftanlage hat zurzeit eine Nennleistung von 7,5 MW. Schon 2020 könnten Anlagen mit 20 MW zur Verfügung stehen. Die Turm- und Nabenhöhe wird von gegenwärtig durchschnittlich 100 Meter auf bis zu 150 Meter steigen. Experten rechnen bei jedem zusätzlichen Höhenmeter mit rund einem Prozent mehr Stromertrag. Der Radius der Rotoren lässt sich von gegenwärtig etwa 120 auf über 200 Meter steigern, sagen

weltweit führende Forschungsinstitutionen voraus. Vor allem die Einführung der Carbon-Faser-Kunststofftechnik wird dies ermöglichen. Auch in der Aerodynamik der Rotorblätter steckt noch Potenzial, die Stromproduktion zu erhöhen. Gegenwärtig liegt die durchschnittliche Windausbeute bei ungefähr 30 Prozent. Bis zur theoretischen Größe nach Albert Betz von 59,3 Prozent ist also noch Entwicklungsspielraum. Vor allem in den Küstenregionen Europas, der USA und China werden Offshore-Windfarmen aus mehreren Hundert Anlagen entstehen; also dort, wo auch die meisten Menschen leben.

Ist die Industrie mit ihren Produktionskapazitäten darauf vorbereitet?

Was wir weltweit bei den Betreibern und ihren Herstellern beobachten, ist vergleichbar mit der Automobilindustrie in den achtziger Jahren. Die industrielle Massenfertigung ist auf dem Vormarsch. Allerdings hat sie noch nicht das Niveau des konventionellen Motorenbaus erreicht. Die Serienfertigung und die Qualitätssicherung im Offshore-Bereich, also im maritimen Umfeld, erfordert gerade beim Korrosionsschutz noch sehr viel Entwicklungsarbeit.

FRISCHE BILDUNGSBRISE

Die TÜV Rheinland Akademie ist der ideale Partner der Windenergiebranche für die Qualifizierung von Mitarbeitern. Für Vestas entwickelte sie vor kurzem mit der TU Berlin ein einzigartiges Schulungsprogramm, um Fachkräfte im Umgang mit dem neuen Carbon-Faserverbund-Kunststoff weiterzubilden. Vestas ist ein weltweit führender Hersteller für Offshore-Windenergieanlagen und betreibt seit 2002 eine Rotorblattfabrik in Lauchhammer. In unmittelbarer Nachbarschaft hat auch die TÜV Rheinland Akademie einen Standort. „Wir sind mit unserem Kunststoff-Kompetenzzentrum ein bedeutsamer Bildungsdienstleister für erneuerbare Energien“, erklärt Akademieleiter Rainer Erbisch. Weltweit bereitet die TÜV Rheinland Akademie Fachkräfte auf neue Herausforderungen vor, bietet Sicherheitsschulungen an und bildet Menschen im Umgang mit neuer Energietechnik aus.

DAS SALZ IN DER SUPPE

Der Job mancher Ingenieure gleicht dem von Drahtseilartisten. Ob Inbetriebnahme, wiederkehrende Prüfungen oder Wartungsmanagement – alles muss in luftiger Höhe geschehen. Und selbst bei Windstärke 6 haben unsere Sachverständigen Spaß an ihrer abenteuerlichen Arbeit.

Es gibt gemütlichere Arbeitsplätze: Frank Kunkel lässt sich für eine Prüfung mit einer Außenseilwinde an einem 150 Meter hohen Turm von Alpha Ventus ab, „befahren“ heißt das in der Fachsprache.

Morgens um 8.00 Uhr, ein ungemütlicher Tag im Herbst 2010 über der Trainingswindkraftanlage von Alpha Ventus in Cuxhaven. Direkt am Strand, Windstärke 6 auf der Beaufort-Skala, also Starkwind, grobe See mit weißen Schaumkronen. Für die Nordsee völlig normales Wetter. Für Frank Kunkel auch. Er hat bereits seine persönliche Schutzausrüstung angelegt, in wenigen Minuten wird unser Ingenieur aussteigen – aus dem Helikopter D-HTMA, mit dem er aufgestiegen ist, um seinen Hubschrauber-Abseilkurs abzuschließen. Die Frage, ob er Angst hat, beantwortet er mit einem Lächeln. „Für einen Ingenieur ist das das Salz in der Suppe“, sagt der begeisterte

Taucher und Segler. Er liebt das Meer und das Wetter. Der moderne Hubschrauber, zwei Turbinen mit jeweils 650 PS, ist speziell für den Offshore-Einsatz ausgelegt. Über eine Außenwinde lässt sich Frank Kunkel zum Objekt seines Sachverständigen ab. Er muss diesen Kurs absolvieren, um im Notfall auf Alpha Ventus sich oder Kollegen aus einer prekären Lage retten zu können. Bisher hatte er Glück. Die Inbetriebnahmeprüfung der Aufstiegshilfe für die Eigentümer des ersten deutschen Offshore-Windparks, E.ON, Vattenfall und RWE, konnte er mit dem Schiff durchführen. Die Inbetriebnahme der Offshore-Windkraftanlage ist der letzte Akt eines großen Auftrags, der 2008

begann. Frank Kunkel „befuhr“ die acht, mit riesigen Rotoren bestückten Türme, die REpower und Areva aufgebaut hatten. Jeweils 5 MW Nennleistung sichern künftig die Stromversorgung von bis zu 6000 Haushalten. Frank Kunkel war zufrieden: Die Vorschriften der Maschinenrichtlinie und der Betriebssicherheitsverordnung wurden penibel eingehalten, der Abnahme stand nichts im Wege.

Alles aus einer Hand

Ob Off- oder Onshore: Frank Kunkel ist einer unserer zwölf Ingenieure, die in Deutschland die Windriesen erklimmen. So sichern sie einen Teil unserer Stromversorgung. Als

**WINDKRAFTANLAGE – TECHNISCHES MEISTERWERK MIT PROBLEMZONEN**

Moderne Windkraftanlagen bestehen aus einem Rotor mit horizontal ausgerichteter Achse, an dessen Nabe drei aerodynamisch geformte Rotorblätter angebracht sind. Sie ähneln Flugzeugtragflächen.

Mit ihrer Hilfe wird die Bewegungsenergie des Windes in Rotationsenergie des Rotors umgewandelt. Über eine Antriebswelle und in einigen Anlagen über ein Getriebe gibt der Rotor die Energie an einen Generator weiter, der wie ein Fahrraddynamo arbeitet.

Ein drehbares Maschinenhaus, die Gondel, mit der sich die Anlage in den Wind drehen lässt, beherbergt die gesamte Technik. Je höher der Turm, desto höher die Windgeschwindigkeit und die Energieausbeute.

Rotor

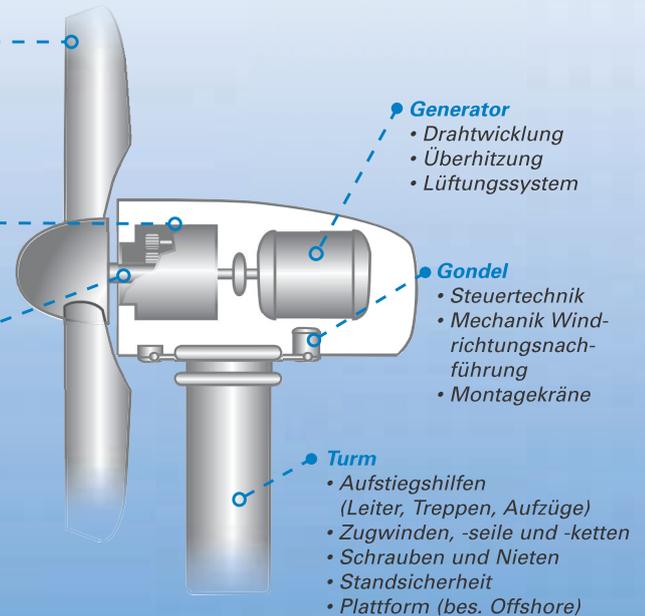
- Ermüdungsbrüche
- Rissbildung
- Blitzschlag
- Rotorblattverstelleinrichtung

Getriebe

- Zahnräder
- Dichtungen

Lager und Wellen

- Wellenunwucht
- Lagerschäden

**INFORMATION**

Katja Flöther

katja.floether@de.tuv.com

+49 40 378 79 04-20

www.tuv.com/windenergie

Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) sind wir die Lösungsanbieter für Windenergieanlagenbetreiber. Neben der „Erstbesteigung“ prüfen unsere Sachverständigen alle zwei Jahre vorschriftsgemäß die sicherheitsrelevanten Bauteile: Rotorblätter etwa sind enormen Belastungen ausgesetzt. Unsere Ingenieure machen bei ihren „Begehungen“ Sichtprüfungen, achten auf Materialermüdungen oder Beschädigungen durch Blitzeinschlag oder Vögel. Vor allem Aufstiegshilfen wie Aufzüge und Leitern können für das Wartungspersonal zur tödlichen Falle werden. Überall auf der Welt stellen die Gesetzgeber deshalb hohe Sicherheitsanforderungen an den Betrieb der Anlagen, ihre

Aufstiegshilfen und die ZÜS. Kein Job für Bürohengste. „Wichtig ist, dass man keine Angst und Vertrauen ins Material hat“, meint Frank Kunkel. Der Maschinenbauer und Diplomingenieur hat keine Höhenangst, aber Respekt vor den Gefahren, denen er sich aussetzt. Er braucht rund zwei Stunden für die Prüfung einer Windkraftanlage und findet auch in 90 bis 100 Metern Höhe einen festen Tritt. „Das A und O ist eine gute Körperkontrolle und Fitness, sonst kann man den Job nicht machen.“ Bisher sind alle heil wieder runtergekommen. Damit das so bleibt, besuchen unsere Windkletterer regelmäßig Seminare wie das Höhenrettungs-, das Offshore- und Hubschraubertraining.

Liebt seine Arbeit und vertraut auf gutes Material: Frank Kunkel, der Drahtseilartist von Alpha Ventus.

