

# Der Rückbau tausender Windkraftanlagen steht bevor: Herausforderungen und Lösungsansätze

VDI-Fachkonferenz „Rückbau von Windkraftanlagen“ in Bremen

📅 EUWID + 06.05.2024 Tina Schramm | ⌚ ca. 8 Min



13.000 Windräder gelangen bis 2025 an ihr Lebensende.  
(Symbolbild)

**Die Windkraftbranche ist in den kommenden Jahren mit einer großen Herausforderung konfrontiert: der umweltgerechten Entsorgung und Wiederverwertung von Abfällen aus alten Windenergieanlagen (WEA). Nach Ende der 20-jährigen Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) stehe Deutschland vor einer Rückbauwelle. Bis 2025 rechnet der Industrieverband für Repowering, Demontage und Recycling von Windenergieanlagen (RDRWind) mit 13.000 Anlagen, die deinstalliert und zum Großteil im Rahmen von Repowering-Projekten durch leistungsstärkere ersetzt werden.**

Um die Aufgaben am End of Life (EoL) der WEA zu bewältigen, arbeiten zahlreiche Akteure aus Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft an Lösungskonzepten. Ein zentraler Punkt sei dabei die Schaffung eines einheitlichen rechtlichen Rahmens: „Wir brauchen klare, definierte Vorgaben und Regeln für den Rückbau“, forderte der Vorsitzende von RDRWind Frank Kroll bei der VDI-Fachkonferenz „Rückbau von Windkraftanlagen“ Ende April in Bremen.

Die Etablierung nachvollziehbarer Kriterien und Standards gebe nicht nur den Anlagenbetreibern eine Richtlinie zur effizienten EoL-Behandlung, führte Kroll weiter aus. Auch die Behörden, die Rückbau-Genehmigungen erteilen, würden dadurch mit Sachverstand versorgt, um letztlich den Zeitaufwand für derartige Prozesse zu reduzieren. Daher habe der Verband die sogenannte „DIN SPEC 4866“ entworfen. Das Ziel bestehe nun darin, diese bis voraussichtlich Ende 2024 zur bundesweit verbindlichen DIN-Norm weiterzuentwickeln. Das soll unter anderem auch für mehr Transparenz bezüglich der zu erwartenden Kosten sorgen.

## Angenommene und tatsächliche Rückbaukosten

© 2024 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH | Alle Rechte vorbehalten.

**Hinweis zum Urheberrecht** Die einzelnen von EUWID veröffentlichten Artikel, Tabellen und sonstigen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt und ausschließlich zum eigenen Gebrauch des Kunden und seiner Mitarbeiter bestimmt. Sofern keine weitergehende Lizenzvereinbarung besteht, darf lediglich ein Ausdruck erstellt werden, der in Form eines betriebsinternen Umlaufs an einem einzelnen, mit dem Kunden vereinbarten Standort weitergegeben wird. Das digitale Verbreiten von EUWID-Inhalten, insbesondere per Intranet oder per E-Mail, betriebsintern, konzernweit oder außerhalb des Unternehmens ist nicht erlaubt und stellt einen Verstoß gegen das Urheberrecht dar. Mehr lesen Sie in unseren FAQ.

Die Verpflichtung zum Rückbau ist seit 2004 als Genehmigungsvoraussetzung im Baugesetzbuch geregelt und für die Kosten sind Sicherheitsleistungen zu hinterlegen. Die Höhe dieser Rückstellungen, beispielsweise in Form einer Bankbürgschaft oder eines Festgeldkontos, wird jedoch von den Bundesländern derzeit sehr unterschiedlich definiert: Einige setzen zehn Prozent der Rohbaukosten an, andere kalkulieren 1.000 € pro Meter bis zur Nabenhöhe der WEA, erklärte Peter Spengemann, der als Director Repowering bei WPD Windmanager an der Schnittstelle zwischen Rückbau und Neuerrichtung tätig ist. Der Realsituation würden solche Pauschalisierungen selten entsprechen. Erfahrungsgemäß liegen die Rückbaukosten deutlich darüber.



*Bei der Konferenz des VDI-Wissensforums in Bremen diskutierten Vertreter aus Industrie und Forschung über die Herausforderungen des WEA-Rückbaus.*

Aber auch falls dies nicht möglich ist, seien Erlöse durch Materialverkäufe, etwa von Schrotten, ein erheblicher Faktor. Jens Monsees, Projektleiter bei der Firma Neowa, die Abfallströme zur stofflichen Verwendung in unterschiedlichen Branchen aufbereitet, geht davon aus, dass sich ca. 80 Prozent einer WEA verwerten lassen.

## Mineralische Bauabfälle: Haftungsfragen und fehlendes Abfallende sorgen für Unsicherheit

Zu den gut verwertbaren Materialien aus dem WEA-Rückbau zählen die nicht gefährlichen mineralischen Bauabfälle – enthalten in Turm (Beton), Fundament (Beton), Wegen und Kranstellflächen (Bauschutt, Naturschotter) und Bodenaushub. Daraus können mineralische Ersatzbaustoffe hergestellt werden. Das regelt die 2023 in Kraft getretene Ersatzbaustoffverordnung. Auch Pflichten des Aufbereiteters etwa zur Güteüberwachung und Dokumentation sowie zur Bestimmung der Einbauweise sind darin festgehalten. Laut Walburga Sodermanns-Peschel, Leiterin der Abteilung Umwelt & Recycling beim Deutschen Abbruchverband, gebe es hier jedoch noch Klärungsbedarf, unter anderem zu Fragen der Haftung. Diese werde letztlich an den Eigentümer des Grundstücks, auf dem Ersatzbaustoffe verwendet werden, übertragen.

In den letzten Jahren hätten sich aufgrund der hohen Strompreise viele Betreiber trotz Auslaufen der EEG-Förderung Ende 2020 für einen längeren Weiterbetrieb ihrer WEA entschieden als ursprünglich kalkuliert. Bei größeren Anlagen sei dies aufgrund geringerer Grenzkosten in den meisten Projekten wirtschaftlich darstellbar gewesen.

Wenn der Rückbau schließlich ansteht, sei laut Spengemann das Refurbishment – also der Verkauf der Altanlage zum Weiterbetrieb an einem neuen Standort – ein „Supertrumpf“, um die Kosten teilweise auszugleichen.

Außerdem Sorge auch die fehlende Abfallende-Verordnung für Rechtsunsicherheit. Dass die Abfalleigenschaft und die damit verbundene Verantwortung nie endet, mache die Ersatzbaustoffe für Bauträger unattraktiv. „Obwohl die Ersatzbaustoffe rundum güteüberwacht, analysiert und bautechnisch für den Einbau geprüft sind wie kein Naturbaustoff, ist es leider nicht gelungen, das schlechte Image, das ihnen anhaftet, zu verbessern“, erklärte Sodermanns-Peschel. „Das wäre aus meiner Sicht einfach zu kippen, wenn man sie als Produkte zulässt.“

Ein ähnliches Problem ergibt sich bei allen Materialien, die das Abfallende per Definition nicht erreichen. Beispielsweise sei auch die zweckentfremdende Verwendung von Rotorblättern als Möbel oder Terrassendielen rechtlich bedenklich: „Sobald ich das Rotorblatt auseinanderschneide, ist es nicht mehr als Rotorblatt nutzbar. Dann ist es Abfall und ich bewege mich im Abfallrecht“, gab Niels Ludwig vom Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES zu bedenken.

## Schwer zu recyceln: Über 60.000 Tonnen Rotorblätter erreichen 2034 ihr Lebensende

Im Vergleich zu anderen Bestandteilen einer WEA stellt die sinnvolle Verwendung von ausgedienten Rotorblättern eine besondere Schwierigkeit dar. Denn die darin verarbeiteten komplexen Faserverbundstoffe lassen sich bisher sehr schwer oder nur unter hohem Energieaufwand recyceln. Ludwigs in Bremerhaven ansässige IWES-Abteilung Rotorblätter erforscht daher mit Industriepartnern verschiedene Verfahren, um die Flügel der Anlagen soweit wie möglich in ihre Bestandteile wie Glas- und Carbonfasern, Harz, PET-Schaum und Balsaholz zu trennen.

„Wir werden in den nächsten Jahren einen sprunghaften Anstieg von Rotorblatt-Materialien haben“, sagte Ludwig. Bis 2025 rechnet er jeweils mit unter 10.000 Jahrestonnen aus der Onshore-Demontage und anschließend mit einer Erhöhung auf knapp 40.000 Jahrestonnen bis 2033. Für 2034 und 2037 seien Peaks zu erwarten – mit deutschlandweit jeweils über 60.000 Tonnen Rotorblättern, die an ihr Lebensende gelangen. Aus dem Offshore-Bereich kommen weitere Mengen hinzu. Der Knackpunkt sei vor allem, dass diese Mengen nicht auf diesem Level bleiben: Zwischen 2038 und 2040 könnten sie, nur auf Onshore-WEA bezogen, auf jeweils ca. 30.000 Jahrestonnen zurückfallen. Damit sich der Betrieb einer Recyclinganlage lohnt, müsse diese jedoch mit einer gewissen Konstanz arbeiten.

Auf eine vorgelagerte Herausforderung, die zugleich die Grundvoraussetzung für das Recyceln von Rotorblättern bildet, wies Martin Wittmaier, Leiter des Instituts für Energie und Kreislaufwirtschaft an der Hochschule Bremen, hin: Man brauche, um den Stoffstrom zu handhaben, ein effizientes Verfahren zum Zerkleinern – aus logistischen Gründen am besten schon auf der Baustelle. Hier sieht er wichtigen Forschungsbedarf.

Ludwig berichtete in diesem Zusammenhang von einem Projekt des Fraunhofer IWES, bei dem ein etwa 83 Meter langes und 35 Tonnen schweres Rotorblatt demontiert wurde: Zunächst habe man per Thermografie ermittelt, an welchen Positionen sich einzelne Materialien befinden. Anhand dessen wurden anschließend einzelne Stücke herausgeschnitten. Fünf bis sechs Tage habe es insgesamt gedauert. Ludwigs Fazit: „So werden wir große Blätter nicht in Serie zerlegen können. Das bezahlt keiner.“ Selbst wenn man sie schreddern will, müsse man sie vorher in eine praktikable Stückelung bringen.

Bisher wurden WEA-Flügel zum Teil in Zementöfen thermisch mitbehandelt, einschließlich stofflicher Verwertung des Glasanteils. Zur Verbrennung in Müllheizkraftwerken seien die speziellen Verbundstoffe laut Wittmaier ungeeignet, unter anderem weil die enthaltenen Fasern im Abgasstrom beziehungsweise Filtersystem Probleme verursachen können. Daher und im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens müsse man sinnvolle Recyclinglösungen für die Rotorblätter finden.

## Ökonomisch interessant: Rückgewinnung von Glasfasern und Harzen

Zu den Materialien, deren Rückgewinnung ökonomisch besonders interessant ist, zählen Ludwig zufolge Glasfasern, die etwa 60 Prozent des Gesamtgewichts ausmachen, sowie Harze in Form von faserverstärkten Kunststoffen mit ca. 20 bis 30 Prozent Gewichtsanteil. Hochwertige Recyclingprodukte wie Schaumglas, Pyrolyseöl und -gas könnten Verfahren wie die Pyrolyse und die Solvolyse wirtschaftlich machen, so Ludwig.

Im Projekt „Resort“ testet das Fraunhofer IWES zusammen mit dem Bremer Hochschul-Institut für Energie und Kreislaufwirtschaft sowie weiteren Partnern die Pyrolyse, bei der es durch Hitze zur Trennung von Harz und den anderen Komponenten kommt. Eine Herausforderung bestehe darin, die gewonnenen Glasfasern wieder verarbeitbar zu machen: Eine Oberflächenbehandlung sei nötig, damit das Glas anschließend aufnahmefähig für Harz ist.

Beim chemischen Verfahren der Solvolyse werden zur Zerlegung der Materialien spezielle Lösungsmittel eingesetzt. Auch dazu gibt es ein Forschungsprojekt am Fraunhofer IWES: „ReusaBlade“. Vielversprechend in diesem Bereich sei laut Wittmaier zudem die dänische Initiative „Cetec“: Ein Zusammenschluss von Akteuren aus Industrie und Wissenschaft unter der Leitung von Vestas, einem der weltweit führenden WEA-Anbieter. „Das Pilotprojekt hat gezeigt, dass wir Epoxidharz wiederaufbereiten und zurück in den Kreislauf bringen können“, sagte Jannik Ott von Vestas Deutschland bei der Bremer Konferenz über den aktuellen Stand. „Mittlerweile sind wir dabei, das Ganze mit unseren Partnerfirmen größer aufzuziehen.“

## Verlängerung der Lebensdauer durch Reparatur und Produktdesign

Insgesamt verfolgt Vestas eine ehrgeizige Kreislaufstrategie: 55 Prozent der WEA-Komponenten sollen bis 2030 wiederverwendet werden. Bis dahin will das Unternehmen außerdem die Abfallintensität in der Lieferkette um die Hälfte reduzieren. Man habe bereits intern eine Reparaturwerkstatt und ein großes Lager für gebrauchte Ersatzteile aufgebaut. Rotorblätter sollen künftig nach dem Zero-Waste-Prinzip so hergestellt werden, dass sie vollständig recycelbar sind.

In Bezug auf die Recyclingfähigkeit der Flügel wies Alexander Krimmer von TPI Composites, einem der größten Rotorblatt-Hersteller der Welt, auf einen grundsätzlichen Zielkonflikt hin: „Wir wollen diese Blätter 25 Jahre lang im Feld betreiben. Das heißt, sie sollen nicht chemisch degradieren oder auf andere Weise ihre mechanischen Eigenschaften verlieren.“ Man müsse sich daher die Frage stellen, ob es sinnvoll sei, ihre Struktur für die bessere Verwertbarkeit am EoL zu kompromittieren.

Krimmers Hauptaugenmerk, um Rotorblatt-Abfälle zu reduzieren, liegt auf einer Verlängerung der Lebensdauer durch das Produktdesign. TPI Composites habe ein Verfahren entwickelt, mit dem sich das Ermüdungsverhalten von Faserverbundwerkstoffen mittlerweile gut vorhersagen lasse. Man arbeite daran, durch Optimierung der Materialzusammensetzung die Haltbarkeit zu verbessern: Krimmers Berechnungen zufolge könnte man bei nur 1,2 Prozent mehr Gewicht pro Flügel eine Verdoppelung der Einsatzdauer erreichen. Selbst wenn andere Komponenten einer WEA früher ausgetauscht werden müssen, ließe sich allein durch die längere Nutzung der Flügel die Hälfte des Abfallaufkommens einsparen. Das sei nicht wenig: Wenn man heute gebaute Anlagen mit entsprechend großen und schweren Flügeln betrachte, deren Lebensdauer in etwa 25 Jahren endet, rechnet Krimmer für 2048 mit bis zu 1,5 Mio Jahrestonnen Rotorblatt-Abfall weltweit. Trotzdem handle es sich um vergleichsweise überschaubare Mengen. Laut TPI Composites sind Windkraftanlagen immer noch die abfalleffizienteste Technologie zur Erzeugung von elektrischer Energie in größerem Maßstab.

---

© 2024 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH | Alle Rechte vorbehalten.

**Hinweis zum Urheberrecht** Die einzelnen von EUWID veröffentlichten Artikel, Tabellen und sonstigen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt und ausschließlich zum eigenen Gebrauch des Kunden und seiner Mitarbeiter bestimmt. Sofern keine weitergehende Lizenzvereinbarung besteht, darf lediglich ein Ausdruck erstellt werden, der in Form eines betriebsinternen Umlaufs an einem einzelnen, mit dem Kunden vereinbarten Standort weitergegeben wird. Das digitale Verbreiten von EUWID-Inhalten, insbesondere per Intranet oder per E-Mail, betriebsintern, konzernweit oder außerhalb des Unternehmens ist nicht erlaubt und stellt einen Verstoß gegen das Urheberrecht dar. Mehr lesen Sie in unseren FAQ.