

Recycling von Windkraftanlagen

Dipl.-Ing. Elisa Seiler¹, Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Bernd Bilitewski², Dr.-Ing. Jörg Woidasky¹

¹ Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7, 76327 Pfinztal

² Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten, Technische Universität Dresden

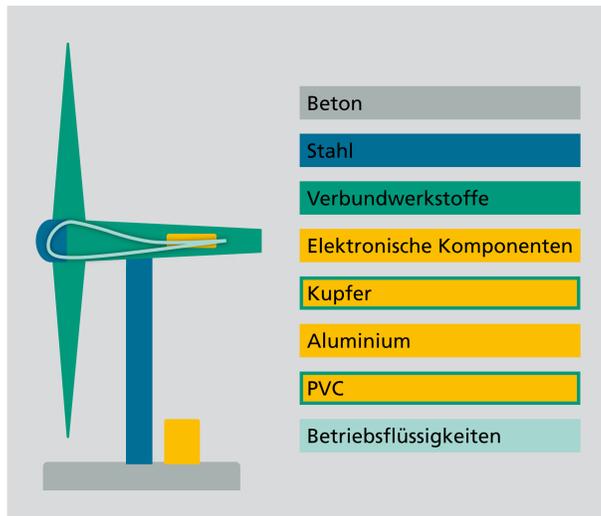


Bild 1 Aufbau WKA und Materialzusammensetzung

Tabelle 1 Übersicht zu den Ergebnissen der durchgeführten Befragung

Befragte Unternehmen	Recycling von WKA und Rotorblättern			Fazit
	Erfahrungen	Verantwortlichkeit	Verfahrensweise	
WKA-Hersteller, Betreiber, Vertreiber	nur vereinzelt	beim Betreiber	Generalüberholt und verkauft	Recycling WKA kein Thema weil Anlagen zu jung sind oder verkauft werden
Rotorblatt-Hersteller	nur vereinzelt	beim Betreiber	Reparatur, thermische/stoffliche Entsorgung oder Deponierung	Aufkommen Rotorblätter derzeit gering; Entsorgung der Totalschäden durch
Rotorblatt Reparatur, Wartung	nur vereinzelt	beim Betreiber	Reparatur, thermische/stoffliche Entsorgung oder Deponierung	Deponierung, thermische oder stoffliche Verwertung (preisabhängig)

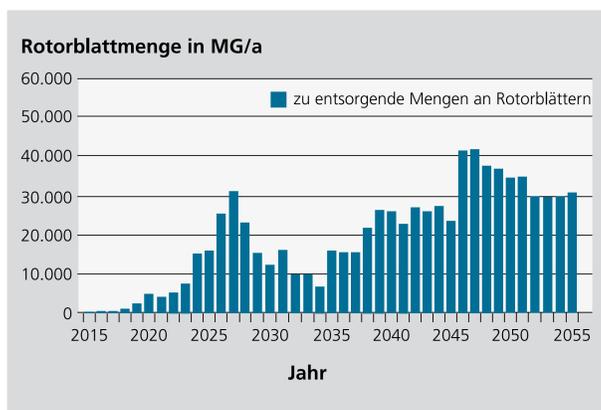


Bild 2 Prognose der zu erwartenden Mengen

Quellen

- [1] Landenberger, D.: Mühlenabbau – für ein 2. Leben oder die Entsorgung? Erneuerbare Energien 06/2004; 34 -36
 [2] Albers, H.G.S.; Seifert, H.; Kühne, U.: Recycling of Wind Turbine Rotor Blades – Fact or Fiction? In: DEWI MAGAZIN NO. 34. 2009.

Aufgabe

Für viele der in einer Windkraftanlage (WKA) verwendeten Materialien existieren bereits angewandte Verfahren für eine umweltverträgliche Entsorgung. Einzig das Recycling der Verbundmaterialien in Form der Rotorblätter und des Gondelmaterials stellt bisher immer noch ein Problem dar. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Beschreibung des aktuellen Standes der Entsorgung von Faserverbundmaterialien und speziell der Rotorblätter. Ein Hauptkapitel der Recherche wurde durch eine Befragung von beteiligten Firmen zur Verfahrensweise mit abgebauten und zu entsorgenden WKA/Rotorblättern abgedeckt. Aus dem Stand der Technik und den Ergebnissen von ersten Aufbereitungsversuchen ist als Ziel dieser Arbeit ein Konzept zur ökologischen und ökonomischen Entsorgung entstanden.

Grundlagen

Eine typische Windkraftanlage besteht aus den Hauptkomponenten Fundament, Turm, Gondel mit Getriebe, Generator und Steuerungselektronik sowie dem Rotor (vgl. Bild 1). In Ihrem Aufbau und den verwendeten Materialien entspricht eine moderne WKA einem komplexen technischen System. Die verwendeten Materialien sind Beton (63,57 %) im Fundament und Stahl (32,17 %) je nach Bauweise des Turmes (Stahlrohrturm oder Betonturm) [1]. Werkstoffe wie faserverstärkte Kunststoffe, Kupfer, Aluminium, Elektronik und Betriebsflüssigkeiten haben im Vergleich dazu eher geringe Gewichtsanteile. Daneben werden Materialien wie Fette/Öle, Gummi, Bremsflüssigkeit und Lacke zur Oberflächenbeschichtung eingesetzt. Für fast alle, in einer WKA verwendeten Materialien existieren geeignete Entsorgungswege, wodurch eine Recyclingquote von 80-90 % erreicht werden kann. Eine Ausnahme bildet die Rotorblattentsorgung, hierbei besteht weiterer Forschungsbedarf nach einer ökonomisch und ökologisch sinnvollen Verwertung. Die Rotorblätter von WKA sind technologisch gesehen ein Verbund aus Kunstharz (Epoxid- oder Polyesterharz) und Fasern (Glas- oder Carbonfasern). Zusätzlich werden Füllstoffe, Kupferkabel als Blitzschutz und Gelcoats zur Imprägnierung verwendet. Die Schwierigkeit besteht in der Zerkleinerung dieses Materialverbundes.

Befragung

Im Rahmen der Studie wurden 49 Unternehmen aus den Bereichen der Windenergie-technik und Faserverbundwerkstoffentsorgung befragt. Eine Übersicht der Ergebnisse zeigt Tabelle 1. Durch die Befragung wurde deutlich, dass derzeit noch keine großen Mengen an zu entsorgenden Materialien vorhanden sind. Wenn Rotorblätter z. B. durch Totalschaden auf Grund von Blitzeinschlag oder Bauteilfehler zur Entsorgung anfallen, werden diese hauptsächlich thermisch verwertet. Ursache für die geringen Mengen sind die sehr gute Wartung, die Möglichkeit mehrfach zu reparieren und der Verkauf von gebrauchten Windkraftanlagen ins Ausland. Bei der Mengenabschätzung des zu erwartenden Rotorblattmaterials wurde der Kennwert 10 kg pro 1 kW [2] herangezogen und mit Hilfe der jährlich installierten Leistung die jährlich anfallenden Mengen an Rotorblattmaterial berechnet. Die so ermittelte Masse wurde auf Grundlage der Befragungsergebnisse um ca. 25 Jahre (prognostizierte Nutzungsdauer) verschoben. Bei den aufgezeigten Mengen in Bild 2 sind zusätzlich die repowerten Anlagen berücksichtigt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass ältere Anlagen nach 10 Jahren durch leistungsstärkere Anlagen ersetzt wurden. Die abgebauten WKA werden dann jedoch nicht entsorgt, sondern ins Ausland verkauft oder zwischengelagert. Zu einer exakten Abschätzung der zur Entsorgung anfallenden Mengen an Verbundwerkstoffen müssen weitere Kennwerte berücksichtigt werden, wie z. B. die Entwicklung des Gebrauchtmärktes, die Ersatzteillagerung, der Produktionsabfall, der Ausschuss, die Wartung und Pflege der Rotorblätter oder mögliche Produktionsfehler. Trotz der bisweilen noch geringen Mengen sind sich die meisten der befragten Firmen des Problems der Entsorgung bewusst. Intensiv mit dem Recycling von WKA und speziell der Rotorblätter beschäftigen sich lediglich zwei große WKA-Hersteller. Die derzeit angewandte Deponierung und thermische Verwertung der Rotorblätter ist bei einer geringen Anzahl ausreichend, wird jedoch bei größeren Mengen zukünftig nicht mehr genügen.

Zusammenfassung

Bei der Untersuchung zum derzeitigen Stand der Entsorgung von Windkraftanlagen wurde deutlich, dass bereits 80-90 Gew.-% der verwendeten Materialien verwertbar sind. Die weitere Betrachtung richtete sich aus diesem Grund auf die nur schwer verwertbaren Verbundwerkstoffe in den Rotorblättern und der Gondelverkleidung. Anhand einer Befragung von beteiligten Firmen aus dem Bereich der Windenergie-technik konnte ein Überblick zur Aktualität und derzeit angewandten Verfahren zur Entsorgung älterer und abgebauter WKA und Rotorblätter gewonnen werden. Obwohl derzeit noch keine größere Mengen an Rotorblattmaterial vorhanden sind, ist mit einem Anstieg in den kommenden Jahren zu rechnen und nach einer ökologisch und ökonomisch vertretbarer Entsorgungsmöglichkeit zu suchen.