

## Stichpunktartige Darstellung des Rückbaus von WEA im Allgemeinen und Rotorblättern im Speziellen - Bestandsaufnahme mit Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

### Rückbau von WEA im Allgemeinen:

Der Rückbau von WEA erfolgt unter Gesichtspunkten diverser Rechtsvorschriften, darunter (auszugsweise):

- Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- Abfallverbringungs-gesetz (AbfVerbrG)
- Abfallrahmenrichtlinie EU 2018/851
- Nachweisverordnung (NachwV)
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)
- Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz der Länder (ABG)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
- Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV)
- Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)
- Wasserhaushaltgesetz (WHG)
- u.a.

Eine typische WEA besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- Fundament
- Turm
- Maschinenhaus
- Nabe
- Getriebe
- Generator
- Steuerungselektronik
- Rotor

Die stoffliche Zusammensetzung verteilt sich dabei wie folgt<sup>\*1</sup>:

- |                         |         |
|-------------------------|---------|
| - Beton                 | 60-65 % |
| - Stahl                 | 30-35 % |
| - Verbundmaterialien    | 2-3 %   |
| - Elektro-Komponenten   | < 1%    |
| - Kupfer                | < 1%    |
| - Aluminium             | < 1%    |
| - PVC                   | < 1%    |
| - Betriebsflüssigkeiten | < 1%    |

---

<sup>1</sup> Quelle: Hintergrundpapier des BWE; Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen; Nov. 2019

Der Rückbau erfolgt stufenweise:

1. Erstellung eines Rückbau- und Entsorgungskonzeptes
2. Einholung erforderlicher Genehmigungen
3. Baustelleneinrichtung + Arbeitsschutzunterweisung
4. Abnahme Rotorblätter und Gondel
5. Zerlegung am Boden/abtransportieren
6. Abtragen des Turmes
7. Stahlrohrsegmente am Boden zerschneiden/abtransportieren
8. Betonteile am Boden mechanisch zerkleinern/abtransportieren
9. Fundament inkl. Sauberkeitsschicht hydraulisch zermeißeln<sup>2</sup>/abtransportieren
10. Abtragen der Stellflächen und Wege
11. Renaturierung der Eingriffsflächen
12. Dokumentation und Nachweise bei Behörden hinterlegen

Verwertung der Stoffe:

- 90 %<sup>3</sup> der Gesamtmasse einer WEA gelangen in einen geregelten Verwertungsprozess.
- Die Art der Verwertung wird grob unterschieden in:
  1. Zweitnutzung (Second-Hand-Markt)
  2. Stoffliches Recycling
  3. Thermische Verwertung
  4. Deponierung

### Verwertung von Verbundstoffen (Rotorblättern)

- Rotorblätter werden nach Demontage vor Ort zersägt. Dazu werden speziell abgeschirmte Sägen verwendet, die den anfallenden Staub auffangen.
- Verbundstoffe bestehen zu je 50% aus Fasern und Harzen.
- Die Harze werden thermisch zur Energiegewinnung in Verbrennungsanlagen als Kohlesubstitut verwertet und ersetzen damit fossile Brennstoffe.
- Die übrig gebliebene Glasasche wird als Silikatsubstitut (Sandsubstitut) in der Zementindustrie weiterverwertet.
- Rotorblätter werden zu 100% verwertet.

Kapazitäten der Verbundstoffverwertung

- Schätzungen zufolge belaufen sich die jährlich anfallenden Mengen an Alt-GFK aus Windenergieanlagen auf 16.000t bis 2021<sup>4</sup>.
- Bereits eine einzelne Firma bei Bremen (neocomp GmbH) kann jährlich bis zu 80.000t Alt-GFK zerkleinern<sup>5</sup>.
- Dazu kommen zahlreiche weitere Akteure in Deutschland.
- Kapazitätsengpässe sind nicht zu erwarten.

---

<sup>2</sup> Eventuell vorhandene Tiefgründungen (z.B. Pfahlgründung oder Rüttelstopfsäulen) verbleiben im Boden, da eine Beseitigung zu einer unverhältnismäßigen Störung der Bodenstruktur führen würde.

<sup>3</sup> Quelle: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2014): Ressourceneffizienz von Windenergieanlagen

<sup>4</sup> Quelle: Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung; <https://www.bvse.de/recycling/recycling-nachrichten/1777-wie-entsorgt-man-ein-harzverklebtes-windrad.html>; abgerufen am 12.08.2020

<sup>5</sup> Quelle: <https://www.neocomp.eu/de/Leistungen>; abgerufen am 12.08.2020

#### Forschung & Entwicklung<sup>6</sup>

- Thermische und stoffliche Substitution (siehe oben) stellen derzeit die sinnvollste Lösung dar.
- Weitere Verfahren sind Gegenstand zahlreicher Forschungs- und Entwicklungsprojekte.
- Dabei wird in mechanische, chemische und thermische Trennverfahren unterschieden.
- Bei den mechanischen Verfahren wird der feste Verbund z.B. durch Querstromzerspannung aufgeschlossen und mithilfe von Sieb- oder Aufschwemmverfahren das Gemisch aus Fasern, Harzresten und weiteren Stoffen separiert. Die erhaltenen Fasern können in neue (niedriger belastete) GFK- und Beton-Bauteile eingearbeitet werden. Die Harzreste können als Füllstoffe für Kunststoffe Verwendung finden.
- Bei der chemischen Trennung (Solvolyse) werden die Molekülbindungen der Kunstharzmatrix aufgelöst. Durch Auswaschung liegen dann die Verstärkungsfasern in nahezu unveränderter Qualität vor, womit sie in höher beanspruchten Bauteilen wiederverwendet werden können. Die hierbei erhaltenen Harzreste können zu Schaum oder als Zuschläge in neue Kunstharz-Bauteile zurückgewonnen werden.
- Die thermische Trennung (Pyrolyse) zersetzt bei hoher Temperatur und unter Abwesenheit von Sauerstoff die organischen Verbindungen im Harz womit eine Rückgewinnung der Fasern in leicht reduzierter Qualität gelingt.
- Weitere Forschungsvorhaben sind metallurgische Verfahren, Verwertung im Elektrolichtbogen von Stahlwerken, Calciumcarbidherstellung und elektrodynamische Fragmentierung.

**Bereits heute ist eine vollständige Verwertung der Rotorblätter Standard. Für heute genehmigte WEA wird es zum Zeitpunkt ihres Lebensendes weitere verfeinerte Methoden für noch differenziertere Anwendungen der zurückgewonnenen Rohstoffe geben. Zahlreiche Methoden wurden im Labormaßstab bereits nachgewiesen.**

---

<sup>6</sup> In Anlehnung an DIN SPEC 4866:2020-08, Anhang B