



Leuphana Universität Lüneburg · IPTS · 21335 Lüneburg

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare
Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
11055 Berlin

Kathrin Kramer, M.Sc.
*Wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Promotionsstudentin Dr.-Ing.*

Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Produktionstechnik und -
system (IPTS)
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg

Tel. 0049 (0)4131 677-2488
Mail. kathrin.kramer@leuphana.de
kathrin.j.kramer@gmail.com

www.leuphana.de

03.07.2024

Dr Anne Velenturf
Senior Researcher in Circular Economy

University of Leeds
School of Civil Engineering
LS2 9TJ Leeds
United Kingdom
Tel. 0044 (0)7502405889
Mail. A.Velenturf@leeds.ac.uk

circulareconomy.leeds.ac.uk

Stellungnahme zum Entwurf der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS)

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank, dass Sie uns die Möglichkeit geben den Entwurf der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) zu kommentieren.

Die Unterzeichnerinnen dieser Stellungnahme sind wissenschaftlich in dem Themenfeld der Kreislaufwirtschaft in Bezug auf die Windindustrie aktiv. Unsere Kommentierung bezieht sich auf das Kapitel 4.6 Erneuerbare Energien-Anlagen und insbesondere auf Windenergieanlagen (WEA).

Unsere Kernempfehlungen für Kapitel 4.6 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufnahme der gesamten Bandbreite an Kreislaufwirtschaftsstrategien, sodass eine Reduzierung, Verlangsamung und Schließung der Ressourcenströme ermöglicht wird. Dies gilt es beispielsweise in Bezug auf Indikatoren, das Produktdesign, den Umfang digitaler Produktpässe und die Entwicklung von Policy-Instrumenten zu berücksichtigen.
- Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit von Windenergieanlagen und dessen Kernkomponenten über mehrere Nutzungsphasen hinweg, um Ressourcenflüsse sichtbar zu machen. Dies wird für die Bestimmung des Marktpotenzials verschiedener Kreislaufwirtschaftsstrategien benötigt und ist demnach für das rechtzeitige Treffen von Investitionsentscheidungen entscheidend.

Unsere Empfehlungen führen wir nachstehend weiter aus und nehmen dabei zu spezifischen Punkten des NKWS-Entwurfs Stellung. Wir kommen dabei auch Ihrem Wunsch zu einer Rückmeldung zu den spezifischen Zielen (4.6.3) sowie den vorgeschlagenen Maßnahmen und Instrumenten (4.6.4 und 4.6.5) nach.



Kapitel 4.6.1 Status-Quo und Hemmnisse

S. 73: „Mit Blick auf eine technische Lebensdauer von ca. 20 bis 30 Jahren beispielsweise für WEA oder PV-Module (...) ein sehr starker Anstieg des Abfallaufkommens sowohl bei PV-Modulen⁸⁵ als auch bei WEA zu erwarten (...).“

Wir möchten auf die gerade erschienene Publikation (<https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.06.022>) aufmerksam machen, in der wir den erwarteten **Rückbauzeitpunkt** der installierten Onshore-WEA in Deutschland bestimmen sowie aufzeigen, dass eine **Zweitnutzung von WEA und Komponenten** bei der Planung von lokalen Recyclingkapazitäten zu berücksichtigen ist. Gemäß der geführten Interviews mit Experten/innen, die einen signifikanten Anteil des historischen Rückbaus abgedeckt haben, wurden rund 50% der WEA und dessen Rotorblätter im Ausland wiederverwendet. Dies führt zu einem verzögerten Aufkommen des Abfalls im jeweiligen Land der letzten Nutzungsphase. Es besteht Forschungsbedarf zu der zukünftigen Entwicklung des Zweitmarktes für ganze WEA und Komponenten.

Kapitel 4.6.2 Darstellung aktuell laufender Vorhaben auf nationaler und europäischer Ebene

S. 75: „Zur Zirkularität von Wärmepumpen wird von der Internationalen Energieagentur (IEA) aktuell eine eigene Arbeitsgruppe gegründet (...).“

Es wäre hier möglich zu ergänzen, dass es „IEA Wind TCP Task 45“ und „IEA Wind TCP Task 42“ gibt und demnach Arbeitsgruppen in Bezug auf einzelne Kreislaufwirtschaftsstrategien von Windenergieanlagen bestehen.

Einen Überblick der Arbeitsgruppen im Windbereich finden Sie hier: <https://iea-wind.org/task-directory/>; insbesondere von Relevanz ist:

- Task 45 „Recycling von wind turbine blades“: Diese Arbeitsgruppe geht im November 2024 in ihre zweite Arbeitsphase. Die Ergebnisse der ersten Phase sind einsehbar unter: <https://iea-wind.org/task45/>. Deutschland ist eins der partizipierenden Länder.
- Task 42 „Wind turbine lifetime extension“: <https://iea-wind.org/task42/>. Auch hier ist Deutschland eines der partizipierenden Länder.

Kapitel 4.6.3 Vision, Ziele und Indikatoren

Neben der „*Entwicklung und Operationalisierung konkreter Indikatoren zur Recyclingfähigkeit der Produkte und ihrer Komponenten bis zum Jahr 2030*“ sollten zudem **konkrete technologiespezifische Indikatoren für alle Kreislaufwirtschaftsstrategien** (z.B. Wiederverwendung) bis 2030 entwickelt und operationalisiert werden. Die verschiedenen Indikatoren können miteinander verknüpft werden, um Synergien und Tradeoffs verschiedener Ziele (z.B. Ausbaugeschwindigkeit von Windenergie, CO₂ Bilanz, Rohstoffabhängigkeit von einzelnen Ländern) zu erkennen und die Bundesregierung zu befähigen konkrete Handlungen (z.B. qualitative und Präqualifikationskriterien bei Offshore-Wind Auktionen) abzuleiten. Dieses **übergreifende Monitoring- und Steuerungsboard** sollte ebenfalls bis 2030 entwickelt und operationalisiert werden.

Als weiteres konkretes Ziel schlagen wir den Aufbau eines **Marktregisters zur Nachverfolgbarkeit von ganzen WEA sowie Kernkomponenten** (z.B. Rotorblatt, Generator, Getriebe) bis 2030 vor. Dies sollte von Beginn an die Möglichkeit einer Verknüpfung mit digitalen Produktpässen sowie anderen nationalen Marktregistern berücksichtigen. Durch die Schaffung einer solchen Datengrundlage werden Stakeholder der Windindustrie befähigt das Marktpotenzial verschiedener Kreislaufwirtschaftslösungen abzuschätzen und darauf basierend die benötigten Investitionsentscheidungen zum Hochlauf der Lieferketten zu treffen.



Zusammenfassend schlagen wir die **folgenden (weiteren) Ziele** vor:

- Entwicklung und Operationalisierung konkreter Indikatoren zur Ressourcenreduktion, zur Verlangsamung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wiederverwendung) sowie zum Schließen der Stoffströme durch hochwertiges Recycling der WEA und ihrer Komponenten bis zum Jahr 2030
- Entwicklung und Aufbau eines Monitorings- und Steuerungsboards der Kreislaufwirtschaftsindikatoren in Bezug auf verschiedene Zielgrößen bis 2030
- (Weiter)entwicklung und Aufbau eines Marktregisters zur Nachverfolgbarkeit mehrerer Nutzungsphasen von ganzen WEA sowie dessen Kernkomponenten (z.B. Rotorblatt, Generator, Getriebe) bis 2030

Kapitel 4.6.4 Konkrete Maßnahmen und Instrumente

S. 76: „(...) *Es bedarf einer europäischen Regelung, um für die in der Regel in Europa bzw. international hergestellten Anlagen(komponenten) einheitliche Verwertungskonzepte sicherzustellen.*“

Wir begrüßen die Einführung von **digitalen Produktpässen**. Wir wären Ihnen dankbar, wenn Sie die Formulierung präzisieren könnten und klarstellen würden, dass Sie den digitalen Produktpass nicht nur auf Verwertungskonzepte beziehen, sondern auch prüfen werden welche **Informationen für eine Reparatur und Wiederverwendung** von Nöten wäre. Beispielweise sind Informationen zur Abschätzung der Restnutzungsdauer von Relevanz.

S. 76: „(...) *wie die Anlage, ihre Komponenten und Materialien später abgebaut, zerlegt und entsorgt werden sollte (...).*“

Um der gesamten Bandbreite an Kreislaufwirtschaftsstrategien Rechnung zu tragen und bereits bestehende Praktiken auch in Zukunft mit zunehmender WEA-Größe zu ermöglichen bzw. zu fördern, sollte die Aufzählung um folgendes ergänzt werden: **repariert, überholt, wiederaufbereitet, wiederverwendet**. Der Satz würde demnach wie folgt heißen: „*wie die Anlage, ihre Komponenten und Materialien später abgebaut, zerlegt, repariert, überholt, wiederaufbereitet und wiederverwendet sowie entsorgt werden sollte (...).*“

S.76: Einfügen eines neuen Absatzes zur Nachverfolgbarkeit

Zudem würden wir es sehr schätzen, wenn Sie einen Absatz zur **Nachverfolgbarkeit von Produkt-, Komponenten- und Materialflüssen** ergänzen. Hier könnten Sie zudem eine Referenz zu Kapitel 4.2 (S. 56, 58) anführen. Das **Marktstammdatenregister** (MaStR) bietet bereits eine hervorragende Ausgangsbasis für eine erste Bestandsaufnahme Erneuerbare Energien-Anlagen an, da installierte und rückgebaute Anlagen registriert sind. Erfreulicherweise verfügt das MaStR bereits über zahlreiche Datenfelder (z.B. Inbetriebnahmedatum, Rückbaudatum, Anlagentyp, Rotordurchmesser, Nabenhöhe, Standort), auf wessen Basis sich verschiedene Marktpotentialanalysen durchführen lassen. Die Datenqualität ließe sich jedoch durch teils einfache Maßnahmen verbessern. Beispielsweise könnte die Dateneingabe des Anlagentyps nicht über ein Freitext-Feld, sondern die Auswahl aus einer Liste erfolgen. Eine konsistente Datenangabe ist bedeutend, da der Anlagentyp ein wichtiges Kriterium für die Abschätzung der Wiederverkaufswahrscheinlichkeit auf dem Zweitmarkt ist. Für das Rotorblattrecycling wäre z.B. die Hinzunahme des Datenfelds Rotorblatttyp wichtig, welche sich wiederum mit den durch die Industrie angekündigten Materialproduktpässen für Rotorblätter verknüpfen ließe. Aktuell bildet das MaStR keine weiteren Nutzungsphasen von WEA und Komponenten ab, sodass Marktpotenzialanalysen insbesondere für das Recycling erschwert werden. Demnach sollte geprüft werden, wie mehrere Nutzungsphasen von WEA und Komponenten nachverfolgt werden können und ob dies gegebenenfalls über eine **Erweiterung des MaStR** abbildbar wäre. Hierzu bedarf es auch



Schnittstellen zu anderen nationalen Marktregistern, da der Zweitmarkt europäisch bzw. international agiert.

Kapitel 4.6.5 Konkrete Maßnahmen und Instrumente: Windenergieanlagen

[Unterkapitel „Zirkuläres Anlagendesign fördern“, S. 76](#)

Bitte auch das Design für weitere Kreislaufwirtschaftsstrategien nennen. Es fehlt zum Beispiel die Nennung von **Reparierfähigkeit, Langlebigkeit, Modularität, Zerlegbarkeit**.

[Unterkapitel „Recycling optimieren“, S. 77](#)

Der letzte Paragraph sollte bitte eine neue Unterüberschrift erhalten, beispielweise **„Nutzungsdauer von WEA und Komponenten verlängern“**. Zudem sollte bitte ergänzt werden, dass eine Überholung und Wiederaufbereitung von einigen Komponenten (z.B. Getriebe, Generator) bereits üblich ist und es hier zu prüfen gilt wie die Skalierung dessen durch die Bundesregierung weiter gefördert werden kann. Z.B. Förderung von Forschungsprojekten zum modularen Design (-> Senkung der Transport- und Installationskosten bei Ein- und Abbau) und zu Tools zur Bestimmung der Restnutzungsdauer. Ferner war bisher ein Verkauf von ganzen WEA ins Ausland (v.a. Europa) üblich – rund 50% der bisher zurückgebauten Anlagen erhielten ein zweites Leben (siehe <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.06.022>).

Der globale Hochlauf von Windenergie von rund 1 TW auf rund 10 TW bis 2050 (IRENA 1.5 °C Szenario, IRENA World Energy Transitions Outlook 2023) und z.B. in Europa ab 2026 prognostizierte Engpässe in den Lieferketten für fast alle wesentlichen Komponenten einer WEA (Rystad Energy 2023; GWEC Global Wind Report 2023), unterstreicht die Bedeutung der Verlängerung der Nutzungsdauer von WEA, die über eine Restnutzungsdauer verfügen – entweder am selben Standort oder an einem neuen Standort. Wir empfehlen daher, dass die Bundesregierung hierzu konkrete Maßnahmen entwickelt, sodass letztendlich eine **kaskadenförmige Anwendung verschiedenster Kreislaufwirtschaftsstrategien entlang der Lebensdauer der WEA bzw. dessen Komponenten** stattfinden kann.

[Aufnahme eines neuen Unterkapitels „Policy-Instrumente zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft entwickeln“, S. 77](#)

Ferner empfehlen wir **Policy-Instrumente** zur Förderung der Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsstrategien zu entwickeln. Beispielweise wurden bereits **qualitative Kriterien zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit im Auktionsdesign** der niederländischen Offshore-Wind-Auktion für Ijmuiden Ver berücksichtigt. Weitere Informationen finden Sie hierzu im Bericht von Echt „The Circular Wind Hub – How to facilitate the wind industry to become circular“ (2022).

Wir bedanken uns im Voraus für die Berücksichtigung unserer Stellungnahme. Kommen Sie bei Rückfragen gerne jederzeit auf uns zu.

Mit freundlichen Grüßen

Kathrin Kramer, Leuphana Universität Lüneburg

Dr. Anne Velenturf, University of Leeds