

Strategien zur Verknüpfung der Prozesse Produktentwicklung und Verwertung im Produktsystem „Rotorblatt“

Hintergrund

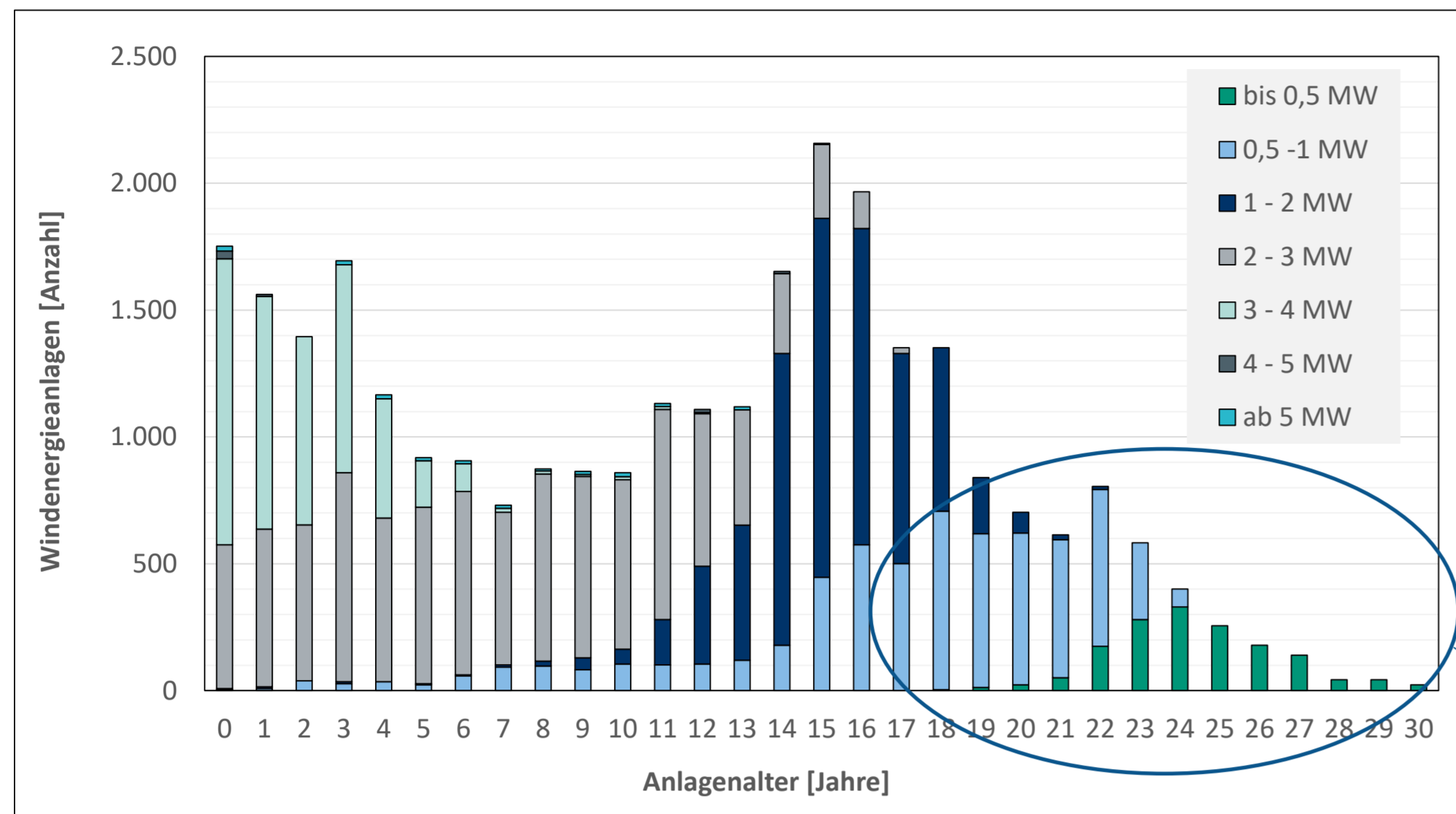


Abbildung 1: Altersstruktur von Windenergieanlagen in Deutschland (nur onshore) nach installierter Leistung (Stand: Ende des Jahres 2017) [2]

In den kommenden Jahren werden zunehmend Windenergieanlagen das Ende ihrer Laufzeit erreichen.

In Deutschland hat in den vergangenen Jahren ein stetiger Ausbau von Windenergieanlagen stattgefunden. Zum aktuellen Zeitpunkt sind in Deutschland etwa 29.000 Anlagen an Land in Betrieb. Zahlreiche dieser Anlagen haben bereits heute ein Alter von mehr als 20 Jahren. Windenergieanlagen erhalten nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz eine finanzielle Förderung über 20 Jahre. Für solche Anlagen, die vor Inkrafttreten des EEG 2000 errichtet wurden, gilt für die Förderung als Inbetriebnahmejahr das Jahr 2000 (§9 Abs. 1 Satz 2 „Gemeinsame Vorschriften“ EEG 2000). Rechnerisch fallen dem folgend erstmalig zum 31. Dezember 2020 Anlagen aus der EEG-Förderung, sofern bis dahin keine anderen politischen Maßnahmen beschlossen werden. Dies betrifft in etwa 6.000 Anlagen. In den folgenden Jahren 2021 bis 2026 sind dies jährlich etwa 1.600 Anlagen [1]. Nach Auslaufen der Förderung können Anlagen nur noch solange weiterbetrieben werden, wie die Erlöse aus der Stromerzeugung höher liegen als die Betriebskosten bzw. bis Großkomponenten ausfallen. Es ist damit zu rechnen, dass die Rückbauzahlen ab dem Jahr 2021 signifikant steigen.

Anlagentypen mit einem Alter von mehr als 20 Jahren haben zumeist eine installierte Leistung von weniger als 1 MW. Vom Rückbau sind in den nächsten Jahren somit zunächst kleinere Anlagentypen betroffen.

Material	Anteil [Massen-%]	Masse pro Anlage bei Nennleistung < 1 MW [Mg]
Beton	60 - 65	ca. 217
Stahl, Gusseisen	30 - 35	ca. 99
Betriebsflüssigkeiten	< 1	ca. 0,2
Elektrokomponenten	< 1	keine Angaben
Kupfer	< 1	ca. 1,4
Aluminium	< 1	ca. 0,2
PVC	< 1	ca. 0,4
Verbundwerkstoffe (z.B. GFK)	2 - 3	ca. 9,2
Gesamt		ca. 327

Die Rotorblätter der Windenergieanlagen stellen besondere Anforderungen an die Abfallwirtschaft.

Derzeit praktizierte Verfahren zur Entsorgung der glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK) der Rotorblätter beschränken sich auf eine energetische Verwertung (bzw. Beseitigung) oder eine kombiniert stofflich/energetische Verwertung [3]:

- (i) Mitverbrennung in einer Müllverbrennungsanlage
- (ii) Mechanische Aufbereitung zu einem sekundären Roh- und Brennstoff für die Zementherstellung

Ein Recycling im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes – also eine stoffliche Aufbereitung der Materialien entweder für den ursprünglichen Zweck oder andere Zwecke (§3 Abs. 25 KrWG 2012) – wird nicht im größeren Maßstab praktiziert.

Rotorblätter mit einem Rotordurchmesser von mehr als 120 m können darüber hinaus nur durch Verstärkungen mit Kohlefasern erreicht werden [4]. Da kohlefaserverstärkte Kunststoffe prozessbedingt gesondert verwertet werden, sind die entsprechenden Stellen aufwändig herauszuschneiden. Kapazitäten zur Entsorgung von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (z.B. Pyrolyse) sind derzeit noch stark begrenzt.

Abbildung 2: Materialzusammensetzung von Windenergieanlagen mit einer Nennleistung < 1 MW [5]

Ergebnisse

Vor dem Hintergrund steigender Rückbauzahlen ab 2021 sowie fehlender Recyclingverfahren für Rotorblattmaterialien ist die Ressourceneffizienz des Produktsystems „Rotorblatt“ als problematisch zu bewerten. In Zusammenarbeit mit zwei Unternehmen aus den Prozessen Produktentwicklung und Verwertung wurden diesbezüglich Herausforderungen zusammengetragen:

- (i) Mangelhafte Informationsverfügbarkeit für Akteure bezüglich der Materialzusammensetzung von Rotorblättern
- (ii) Keine Berücksichtigung eines produktintegrierten Umweltschutzes bei der Herstellung von Rotorblättern
- (iii) Fehlende einheitliche Rahmenbedingungen für den Rückbau und die Entsorgung von Rotorblättern

Ausblick

Um abzuschätzen, wie sich Maßnahmen zur Bewältigung der geschilderten Herausforderungen längerfristig auf die Stoffströme des Produktsystems auswirken, soll ein sozio-technischer Ansatz gewählt werden. Bei diesem wird das technische System, bestehend aus Prozessen und Stoffströmen, um eine soziale Komponente - den Akteuren des Produktsystems - erweitert. Dies basiert auf dem Ansatz, dass die Stoffströme nicht als statisch angesehen werden können, sondern sich vielmehr dynamisch durch Interaktionen und das Agieren der Akteure des Produktsystems ergeben [6]. Vor diesem Hintergrund werden Stoffströme durch Handlungsabwägungen gestaltet, die intern bei den Akteuren stattfinden. Ziel muss es daher sein, ein Verständnis dafür zu entwickeln, wie Akteure im Produktsystem Entscheidungen treffen.

Dies soll in dem Forschungsvorhaben „RecycleWind“ an der Hochschule Bremen weiterverfolgt werden. In Interviews mit Unternehmen aus den Lebenszyklusphasen Produktentwicklung und Entsorgung wurden diesbezüglich bereits Geschäftsprozessmodelle erstellt, aus denen sich die Handlungsspielräume der Akteure ergeben. Über eine agentenbasierte Modellierung soll die Entscheidungsfindung der Akteure simuliert und Auswirkungen auf Stoffströme abgebildet werden.

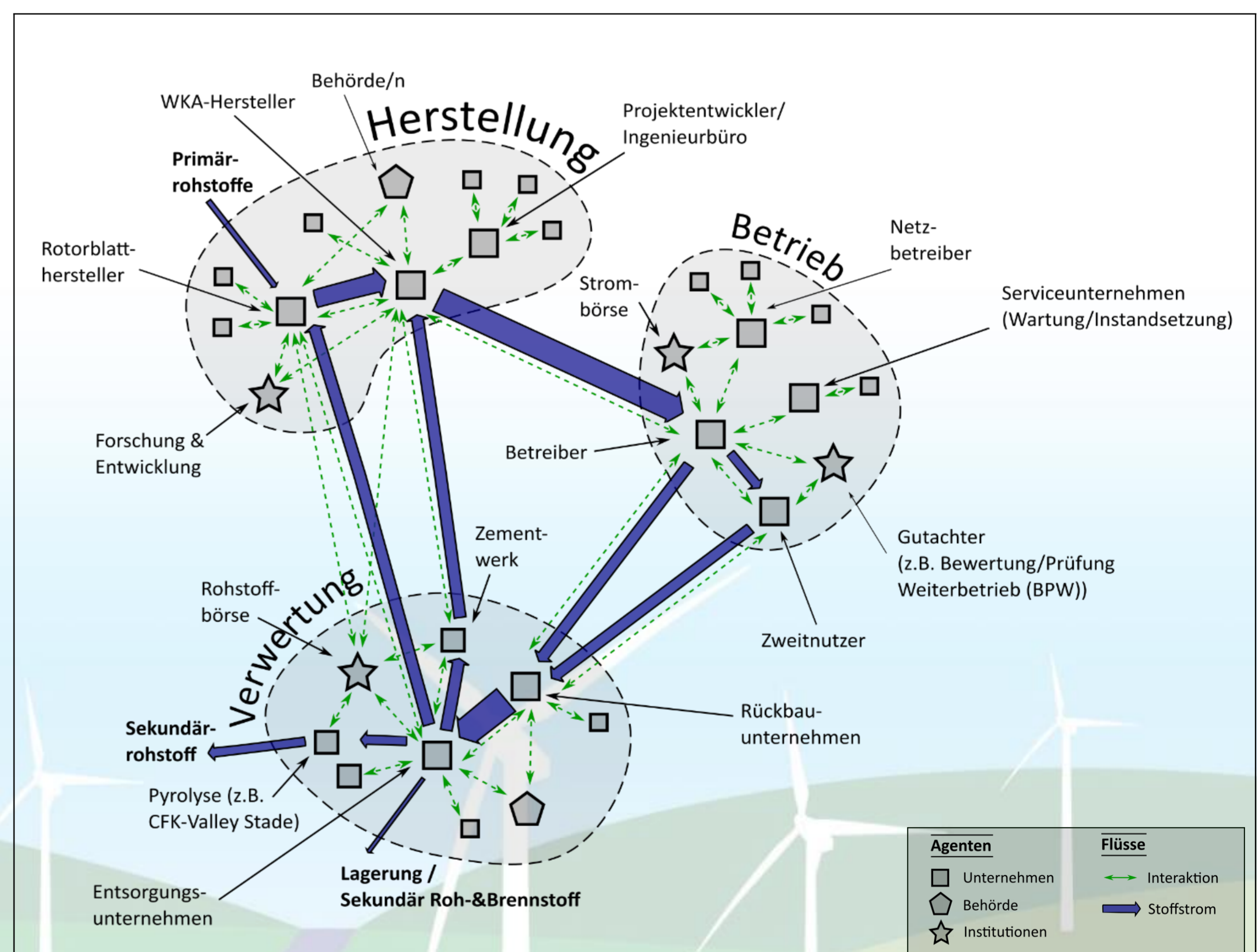


Abbildung 3: Das Produktsystem „Rotorblatt“ als sozio-technisches System: Stoffströme ergeben sich dynamisch durch Interaktionen und das Agieren der Akteure des Produktsystems. Die Abbildung stellt einen Zielzustand dar. Die meisten Akteure sind (noch) nicht miteinander vernetzt und es wird demzufolge auch keine Kreislaufwirtschaft betrieben.

[1] Deutsche WindGuard GmbH (2016): Weiterbetrieb von Windenergieanlagen nach 2020. <https://www.windguard.de/>
 [2] Fraunhofer-IEE; Rohrig, K. (2017): Windenergie Report Deutschland 2017, eds. Durstewitz M., Kassel, Fraunhofer Verlag,
 [3] Marsh, G. (2017): What's to be done with 'spent' wind turbine blades? Renewable Energy Focus 22, pp. 20–23, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ref.2017.10.002>
 [4] Hau, E. (2014): Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit, 5. Edition, Springer Vieweg, ISBN: 978-3-642-28876-0
 [5] Albers, H.; Germer, F.; Wulf, K. (2018) Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen: Status Quo und Herausforderungen, Brechen & Sieben Fachaustausch zum End-of-Life von Windenergieanlagen, Bremen

[6] Wulf, K. (2018): "Vorgehensweise zur Analyse des sozio-technischen Produktsystems 'Rotorblatt' als Grundlage für eine agentenbasierte Modellierung, Studienbericht, Hochschule Bremen