

# CO<sub>2</sub>-ZUSATZEMISSIONEN DURCH DEN RÜCKBAU VON WINDENERGIEANLAGEN AUSWIRKUNGEN DES EEG-FÖRDERENDES

Berlin, September 2019

Für Greenpeace Energy

Autoren: F. Huneke, L. Lehmann, M. Brinkhaus

## 1. EINLEITUNG

---

Verschiedene Maßnahmen zum Klimaschutz werden in Deutschland schon seit vielen Jahren umgesetzt, dennoch sind weitere Maßnahmen und intensivere Bemühungen zur Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen (insbesondere CO<sub>2</sub>) erforderlich. Der Stromsektor hat hierzu in der Vergangenheit durch den Ausbau der erneuerbaren Energien (eE) schon einen Beitrag geleistet. Im Jahr 2018 betrug in Deutschland der Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch 37,8 %. (AG Energiebilanzen (AGEB), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2019) Angestoßen wurde diese Entwicklung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das im Jahr 2000 verabschiedet wurde und mittels drei Kernpunkten den Ausbau von Photovoltaik, Windenergie und Biogasanlagen fördert:

- Garantierter Netzanschluss
- Vorrangige Einspeisung, d.h. Priorität vor den konventionellen Kraftwerken
- feste Vergütung für jede eingespeiste Einheit über 20 Jahre, zuzüglich des ersten Betriebsjahres

Mit Erreichen des Jahres 2021 endet folglich für die ältesten eE-Anlagen die Zeit der festen Einspeisevergütung. Die einzelnen Anlagenbetreiber stehen vor der Entscheidung, ob sich der Weiterbetrieb noch lohnt. Gleichzeitig stellt sich aus makroökonomischer Sicht die Frage, welchen Einfluss die Stilllegung oder der Weiterbetrieb der Anlagen auf den Klimaschutz hat.

Im Mittelpunkt dieser Kurzstudie steht die makroökonomische Fragestellung, wie viel CO<sub>2</sub> in Deutschland durch den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen, die älter als 21 Betriebsjahre sind (Ü-21 WEA), eingespart werden kann. Dieser Sachverhalt wird im Folgenden in zwei Schritten analysiert:

- Wie viele Windenergieanlagen fallen aus der finanziellen EEG-Förderung?
- Wie viel CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht das Abschalten dieser Anlagen?

Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst.

## 2. WIE VIELE WINDENERGIEANLAGEN FALLEN AUS DER FINANZIELLEN EEG-FÖRDERUNG?

Für Windenergieanlagen, die das Ende des Förderzeitraums von maximal 21 Betriebsjahren erreicht haben (Ü-21 WEA), gibt es prinzipiell drei Optionen für den zukünftigen Status:

- Weiterbetrieb ohne EEG-Förderung, also mit eigener Vermarktung des Stroms
- Stilllegung der Anlage
- Repowering der Anlage

Repowering bedeutet der Austausch von älteren WEA mit neuen, i.d.R. effizienteren und leistungsstärkeren WEA, auf der selben Fläche. Für einen Weiterbetrieb der Anlage entscheidet sich ein/e rational risikoaverse/r Kaufmann/-frau nur bei Vermarktungserlösen, die über den künftigen Betriebskosten liegen. Ob Marktbedingungen vorliegen, die dies für einen relevanten Teil der Anlagen ermöglichen, ist noch unbekannt. Ein Weiterbetrieb für bis zu 5 zusätzliche Jahre ist technisch in vielen Fällen denkbar, diese Analyse wertet die Jahre 2021 bis 2025 aus.

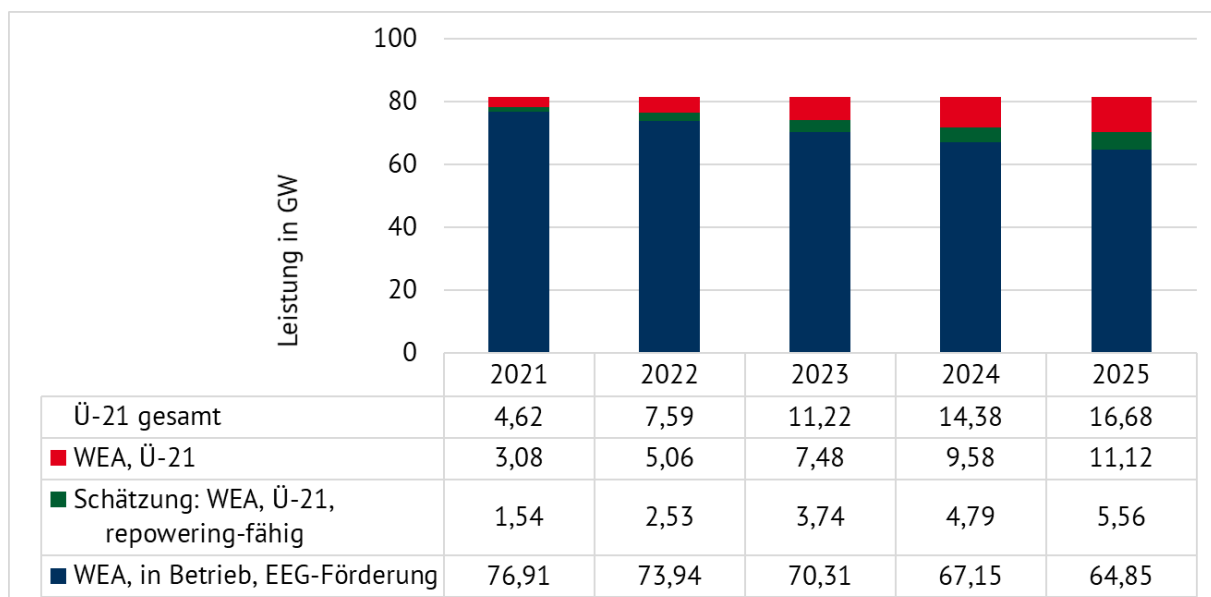


Abbildung 1: Installierte Leistung der EEG geförderten WEA, Ü-21 WEA und den geschätzten repowering-fähigen Ü-21 WEA

In Abbildung 1 sind bestehende WEA, die auch weiterhin nach dem EEG gefördert werden, blau, die Repowering-fähigen WEA grün und die stillgelegten WEA rot dargestellt. Der Anlagenzubau in den Jahren 2020 bis 2025 ist nicht erfasst. Nach den stark unterzeichneten WEA-Ausschreibungen und dem geringen Flächenpotenzial für den weiteren Zubau ist heute nicht abzusehen, um wie viel der EEG-Zubaupfad von 2,8 bis 2,9 GW Bruttuzubau jährlich in den nächsten Jahren unterschritten wird. Die Analyse berücksichtigt nur den Anlagenbestand aus dem

Jahr 2019. Die Summe aus rotem und grünen Balken beschreibt alle Ü-21 Anlagen, die vor 2001 in Betrieb genommen wurden. Insgesamt betrifft der Ü-21 Status im Jahr 2021 gemäß Marktstammdatenregister 6019 Erzeugungseinheiten, die eine gemeinsame Nennleistung von 4,62 GW haben. Über die Zeitachse werden die potenziell von Stilllegung betroffenen Erzeugungskapazität aus WEA kumuliert. Bis 2025 würden bei Stilllegung aller Ü-21 Onshore WEA demnach 16,68 GW an Erzeugungsleistung wegfallen. (Bundesnetzagentur, 2019)

Es ist jedoch zu erwarten, dass ein gewisser Anteil der Ü-21 Anlagen durch neue Anlagen ersetzt wird (Repowering), da die Genehmigungen meist fortbestehen. Dieser Austausch kann auf verschiedene Art und Weise realisiert werden, z.B. der Einsatz weniger, dafür leistungsstärkere WEA, oder nur der Austausch des Generators und Rotors während der Turm bestehen bleibt. In dieser Analyse wird davon ausgegangen, dass die Erzeugungskapazität beim Repowering von alter zu neuer WEA identisch bleibt und die durchschnittliche jährliche Repowering-Rate bei 1/3 der Ü-21 WEA liegt. Diese Annahme wurde aus einer Untersuchung der „Fachagentur Windenergie an Land“ abgeleitet, die stichprobenartig 97 Anlagenbetreiber befragte. Folglich könnten in den Jahren 2021 bis 2025 etwa 5,56 GW an Erzeugungsleistung durch Repowering der Ü-21 WEA wieder hinzukommen. Entsprechend müssten bis 2025 die nach Abzug der Repowering-fähigen Anlagen verbleibenden 11,12 GW an WEA ihren Weiterbetrieb an die Vermarktungserlöse und Betriebskosten koppeln. Bei mangelnder Wirtschaftlichkeit droht die Stilllegung. (Quentin, Sudhaus, & Endell, 2018)

Im nächsten Abschnitt wird mit zwei Szenarien weitergearbeitet:

- Szenario „Stilllegung“: Vollständige Stilllegung aller Ü-21 WEA (16,68 GW bis 2025)
- Szenario „Repowering“: Zwei Drittel Stilllegung und ein Drittel Repowering der Ü-21 WEA

### 3. WIE VIEL CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN VERURSACHT EIN ABSCHALTEN VON Ü21-ANLAGEN?

Wenn WEA stillgelegt werden, muss die fehlende Stromeinspeisung unter anderem durch konventionelle Kraftwerke mit fossilen Energien im In- und Ausland gedeckt werden. Bei einer solchen Substitution der Energieträger, von der emissionsfreien Windenergie zur emissionsintensiven Stromerzeugung durch konventionelle Kraftwerke, entstehen zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen. In Abbildung 2 sind die Erzeugungskapazitäten der Ü-21 WEA aus den Szenarien „Stilllegung“ (rot und grün zusammen) und „Repowering“ (nur rot wird stillgelegt), sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt, die durch die jeweilige Substitution der stillgelegten WEA entstehen würden. Wie viele WEA stillgelegt werden und wie viele weiterbetrieben werden ist heute noch nicht bekannt und bedarf weiterer Untersuchungen und Befragungen. Vor dem Hintergrund einer Maximalabschätzung droht bei mangelnder Wirtschaftlichkeit eine Stilllegung aller Anlagen, die nicht Repowering-fähig sind.

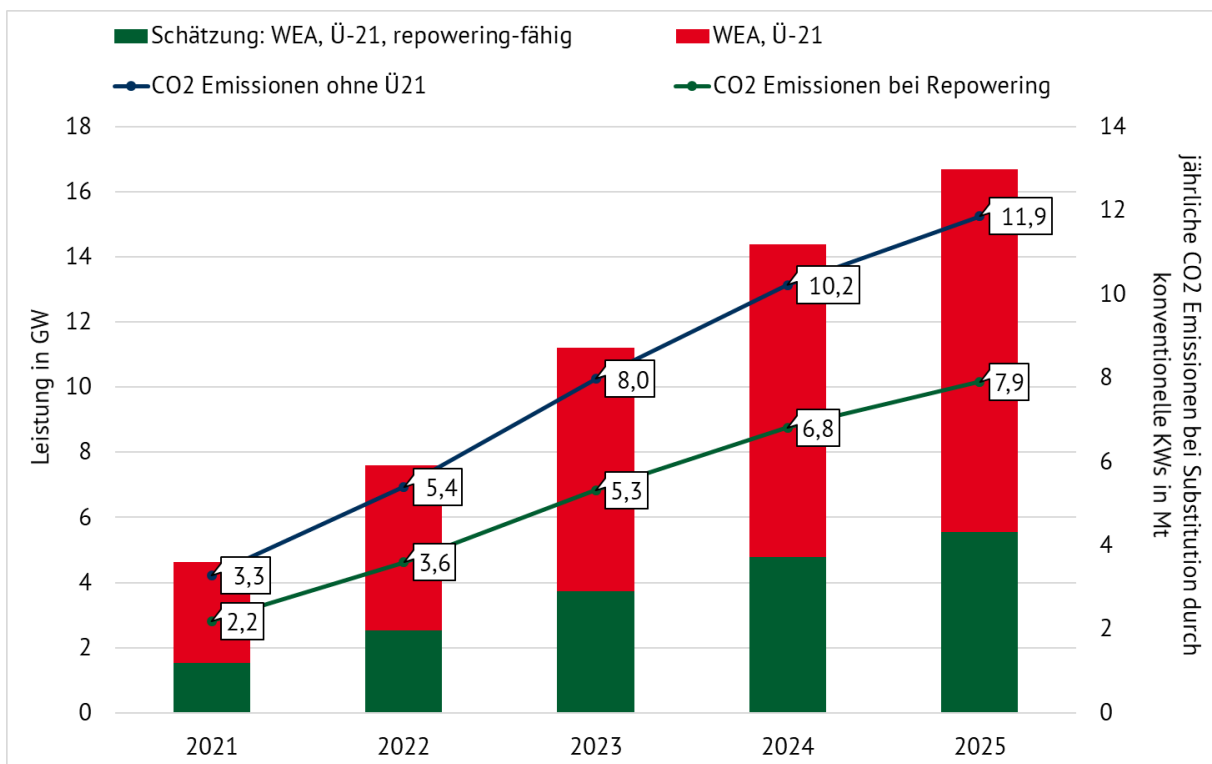


Abbildung 2: Entstehende CO<sub>2</sub>-Emissionen bei auslaufender EEG-Förderung  
der Ü-21 WEA

Für die Berechnung wurden 1.500 Volllaststunden der WEA angenommen vgl. (Fraunhofer IEE, 2019), was bedeutet, dass im Szenario „Stilllegung“ von 6,9 TWh im Jahr 2021 bis 25 TWh Strom

im Jahr 2025 durch den Strommix substituiert werden müssen. Um die resultierenden, zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berechnen wurde der aktuell gültige Emissionsfaktor des deutschen Strommixes von 474 g/kWh angenommen. (Umweltbundesamt, 2019) Dies ist zum Zeitpunkt der Studiererstellung der aktuellste, statistisch verfügbare Faktor, seine künftige Entwicklung ist unbekannt. Einerseits wird die emissionsreiche Stromerzeugung durch den Kohleausstieg, einen weiteren Zubau erneuerbarer Energien und die zuletzt hohen CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise verringert. Andererseits erhöhen der Kernkraftausstieg, der deutlich geringer als erwartet ausfallende Zubau erneuerbarer Energien und nicht zuletzt der Rückbau einiger Ü21-Anlagen, den Emissionsanteil. Vor diesem Hintergrund wird der Faktor von 484 g/kWh für die Jahre 2021 bis 2025 angewandt. Die Linien in Abbildung 2 zeigen, dass von Jahr zu Jahr im Betrachtungszeitraum die jährlichen, zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen, begründet darauf dass immer mehr WEA von einer Stilllegung bedroht sind und deren Stromerzeugung durch einen emissionsbehafteten Strommix ersetzt werden muss. Im Szenario „Stilllegung“ (blaue Linie) sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend der Annahmen etwa ein Drittel höher als im Szenario „Repowering“. Während im Szenario „Stilllegung“ die zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 3,3 Millionen Tonnen im Jahr 2021 bis auf 11,9 Millionen Tonnen im Jahr 2025 steigen, wachsen sie im Szenario „Repowering“ von 2,2 Millionen Tonnen (2021) auf 7,9 Millionen Tonnen (2025).

Tabelle 1: Kumulierte CO<sub>2</sub> Emissionen bei Substitution abgeschalteter Windenergieanlagen durch konventionelle Kraftwerke

Jahr	Szenario „Stilllegung“ [Mt]	Szenario „Repowering“ [Mt]
2021	3,29	2,19
2022	8,68	5,79
2023	16,66	11,11
2024	26,88	17,92
2025	38,74	25,83

In Tabelle 1 sind die kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien aufgezeigt. Hier ist zu erkennen, welchen signifikanten Einfluss das Repowering von Windenergieanlagen hat. Im Szenario „Stilllegung“ kumulieren sich die zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 38,74 Millionen Tonnen, während sie im Szenario „Repowering“ 25,83 Millionen Tonnen betragen und damit um ca. 12,9 Millionen Tonnen niedriger liegen.

## 4. ZUSAMMENFASSUNG

---

Der Weiterbetrieb von Ü-21 WEA ist aus wirtschaftlichen Gründen ungewiss. In einer Maximalabschätzung werden alle WEA, die aus der Förderung rausfallen, stillgelegt (Szenario „Stilllegung“). Etwa ein Drittel dieser Anlagen kann durch Repowering-Maßnahmen ersetzt werden und damit deren Erzeugungskapazität erhalten oder sogar steigern (Szenario „Repowering“). Der zuvor von den stillgelegten Anlagen produzierte Strom muss in beiden Szenarien durch andere Kraftwerke erzeugt werden.

Für das Szenario „Stilllegung“ ergeben sich über fünf Jahre zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen von 38,7 Millionen Tonnen, im Szenario „Repowering“ betragen die zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen 25,8 Millionen Tonnen.

Zum Vergleich: Ausgehend von dem Jahr 2020 soll bis 2022 der jährliche Emissionswert um 24 Mt CO<sub>2</sub> durch die von der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ vorgeschlagenen Maßnahmen gesenkt werden<sup>1</sup>. Im Szenario „Repowering“ würden 16 % dieser durch den Kohlekompromiss geplanten Einsparungen im Jahr 2022 dennoch emittiert werden. Vergleicht man die Maßnahmen mit den Gesamtemissionen der Stromerzeugung, die als emissionsintensivster Bereich des Energiesektors im Jahr 2018 auf ca. 270 Millionen Tonnen<sup>2</sup> kam, zeigt sich darüber hinausgehender klimapolitischer Handlungsbedarf. (Umweltbundesamt, 2019)

In einer weiteren Analyse könnten folgende Parameter noch näher untersucht werden:

- Bei wie vielen WEA würde sich der Weiterbetrieb wirtschaftlich lohnen, wenn der Strom über andere Wege vermarktet werden würde?
- Welcher Strommix ist tatsächlich zu erwarten und wie wirkt sich dieser Strommix auf den CO<sub>2</sub>-Faktor aus?
- Was steht dem Repowering im Weg und wie können diese Hürden abgebaut werden, um mehr Anlagen auf bestehenden Flächen zu erhalten?

---

<sup>1</sup> Ohne weitere Maßnahmen wird der Energiesektor laut Abschlussbericht im Jahr 2020 280 Mt. CO<sub>2</sub> emittieren, die Reduzierung auf 15 GW installierte Leistung Braun- sowie Steinkohle bis 2022 soll in diesem Sektor eine Reduktion auf 256 Mt. jährlich sicherstellen. Vgl. Abschlussbericht Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (2019), S. 62f.

<sup>2</sup> Im Szenario „Repowering“ ergeben sich damit zwischen 1 und 3 Prozent höhere Emissionen als im Jahr 2018 auftraten, im Szenario „Stilllegung“ sind es zwischen 1 und 4 Prozent.

## 5. LITERATURVERZEICHNIS

---

- AG Energiebilanzen (AGEB), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (Februar 2019). *Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2018*. Von [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Entwicklung/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland.html) abgerufen
- Bundesnetzagentur. (September 2019). *Marktstammdatenregister*. Abgerufen am 02. 09 2019 von [https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht#\\_](https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht#_)
- Fraunhofer IEE. (2019). *Windmonitor*. Abgerufen am 03. 09 2019 von [http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/windmonitor\\_de/3\\_Onshore/5\\_betriebsergebnisse/1\\_volllaststunden/](http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/windmonitor_de/3_Onshore/5_betriebsergebnisse/1_volllaststunden/)
- Quentin, J., Sudhaus, D., & Endell, M. (März 2018). FA Wind, Was tun nach 20 Jahren? – Repowering, Weiterbetrieb oder Stilllegung von Windenergieanlagen nach Förderende. *Fachagentur Windenergie an Land*.
- Umweltbundesamt. (März 2019). [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de). Von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen> abgerufen



## KURZPORTRAIT ENERGY BRAINPOOL

---

Die Energy Brainpool GmbH & Co. KG bietet unabhängige Energiemarkt-Expertise mit Fokus auf Marktdesign, Preisentwicklung und Handel in Deutschland und Europa. 2003 gründete Tobias Federico das Unternehmen mit einer der ersten Spotpreisprognosen am Markt. Heute umfasst das Angebot Fundamentalmodellierungen der Strompreise mit der Software Power2Sim ebenso wie vielfältige Analysen, Prognosen und wissenschaftliche Studien. Energy Brainpool berät in strategischen und operativen Fragestellungen und bietet seit 2008 Experten-Schulungen und Trainings an. Das Unternehmen verbindet Wissen und Kompetenz rund um Geschäftsmodelle, Digitalisierung, Handels-, Beschaffungs- und Risikomanagement mit langjähriger Praxiserfahrung im Bereich der steuerbaren und fluktuierenden Energien.

### IMPRESSUM

Autoren:

Fabian Huneke, Laura Lehmann und Matthis Brinkhaus

Herausgeber:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87

10713 Berlin

[www.energybrainpool.com](http://www.energybrainpool.com)

[kontakt@energybrainpool.com](mailto:kontakt@energybrainpool.com)

Tel.: +49 (30) 76 76 54 - 10

Fax: +49 (30) 76 76 54 - 20

September 2019

© Energy Brainpool GmbH & Co. KG, Berlin

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte findet eine Haftung ohne Rücksicht auf die Rechtsnatur des Anspruchs nicht statt. Sämtliche Entscheidungen, die auf Grund der bereitgestellten Informationen durch den Leser getroffen werden, fallen in seinen Verantwortungsbereich.