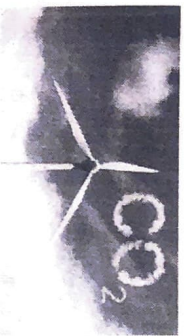


Klimaschutz oder Klimakiller: Welche CO₂-Bilanz haben Windkraftanlagen wirklich?

Windkraftanlagen sollen CO₂ einsparen. Doch wie „klimafreundlich“ sind die Windräder wirklich? Einige Faktoren trüben die scheinbar lupenreine Klimabilanz. Eine Analyse enthüllt die einzelnen versteckten Aspekte



Wie viel CO₂ emittiert eine Windkraftanlage? Foto: iStock/Photomontage. Epoch Times
Von Maurice Fournier, 25. September 2023

Die Windenergie gilt als eine der wichtigsten Säulen der Energiewende. Windkraftanlagen sollen große Mengen an Strom generieren und gleichzeitig Kohlenstoffdioxid (CO₂) einsparen.

Viele Regierungen und Organisationen bezeichnen dieses Molekül als Klimagift, das mit zunehmender Konzentration in der Erdatmosphäre katastrophale Auswirkungen nach sich ziehen soll. Tausende Wissenschaftler widersprechen dieser Ansicht inzwischen.

Die folgende Analyse soll sich dennoch mit der CO₂-Bilanz großer Windkraftanlagen befassen. Diese ist nicht gleich null. Auch sie haben einen sogenannten CO₂-Fußabdruck. Es werden alle Prozesse vom Bau bis zur Demontage und der Entsorgung in Betracht gezogen.

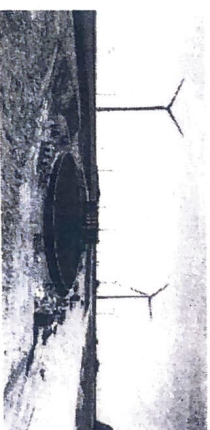
Fundamentbau setzt viel CO₂ frei

Bevor eine Baufirma eine Windkraftanlage aufstellen kann, muss zuerst ein stabiles Stahlbeton-Fundament errichtet werden. Das ist nötig, damit die gesamte Anlage während ihrer gesamten Betriebszeit stabil steht und funktioniert.

So auch bei dem derzeit geplanten Bauvorhaben im Aldorfer Wald im Südosten von Baden-Württemberg. Dort soll ein Windpark mit 39 großen Windkraftanlagen (Modell Vestas V172-7.2) entstehen, wovon jedes bei optimalen Windverhältnissen rund 7,2 Megawatt (Nennleistung) leisten kann.

Ein Bauleiter erklärte in einem Video, dass Zement ein Bauteil für die Herstellung des Betons für ein Fundament ist. 525 Tonnen an Zement benötigt ein solches Fundament. Allein diese Menge an Zement hat einen CO₂-Fußabdruck von 315 Tonnen CO₂.

Chemisch gesehen läuft folgender Prozess ab: Bei Temperaturen von 1.450 Grad Celsius entsteht aus dem Calciumcarbonat des Kalksteins unter Kohlenstoffdioxidabspaltung Calciumoxid. Hauptbestandteil des Zements ($\text{CaCO}_3 > \text{CaO} + \text{CO}_2$). Diese Emission ist dann unvermeidlich und laut dem Portal „Bauwirtschaftswissen“ derzeit für etwa 60 Prozent der CO₂-Emissionen bei der Produktion des Baustoffs verantwortlich.



Ein Stahlbeton-Fundament einer Windkraftanlage wird in Deutschland errichtet. Foto: iStock

Viel Stahl, viel CO₂

Hinzu kommt der Stahl im Fundament, dessen Produktion ebenfalls CO₂ verursacht. Eine Tonne Rohstahl erzeugt laut einem Bericht der FAZ rund 1,7 Tonnen an CO₂-Emissionen. Auch die weitere Verarbeitung des Rohstahls kann weiteres CO₂ freisetzen. Das Fundament der Windkraftanlage E-126 von Enercon mit 7,28 Megawatt hat laut dem Portal „Pro Schürwald“ 180 Tonnen Stahl. Das wären mindestens weitere 306 Tonnen CO₂. Und wir sind immer noch beim Fundament.

Ist das Fundament schließlich fertig, kann das Windrad aufgetürmt werden. In den meisten Fällen kommt heutzutage ein Rohrturm aus Stahl zum Einsatz, wie der Bundesverband WindEnergie informiert. Der Stahlurm wiegt bei einer Multimegawatt-Windenergieanlage von 60 bis 120 Meter Höhe zwischen 60 bis zu 250 Tonnen.

Die oben genannte Vestas V172-7.2 besitzt eine Nabenhöhe von 199 Metern, die Turmhöhe dementsprechend rund 2 Meter weniger. Das bedeutet rund 410 Tonnen Stahl, die mindestens für weitere 697 Tonnen CO₂ sorgen.

Weitere 120 Tonnen (beim E-126) bringt das Maschinenhaus auf die Waage, das ebenfalls überwiegend aus Stahl besteht. Das entspricht rund 80 Pkw. Hierin wird der Generator – ebenfalls überwiegend aus Stahl – mit einem Gewicht von 220 Tonnen untergebracht und die Rotoren mit Nabe daran befestigt. Maschinenhaus und Generator kommen somit auf einen CO₂-Wert von mindestens 578 Tonnen.

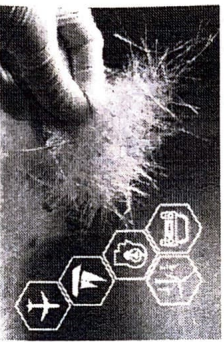
Sonderprodukte in Windkraftanlagen

Die Rotorblätter bestehen heutzutage laut „f.p. max Rotortech“ überwiegend aus faserverstärkten Kunststoffen. Als Fasermaterialien kommen Glasfaser und teilweise Kohlenstofffasern zum Einsatz. Der CO₂-Fußabdruck

gängiger Kunststoffe wie Polyethylen, Polypropylen oder PET liegt bei rund zwei Kilogramm CO₂-Äquivalent pro Kilogramm Polymer.

Die Kunststoffe kommen im Malekühls mit Metallen wie Eisen, Kupfer, Aluminium und Blei sowie Kunststoffschäumen, Balsaholz und Lacken mit Titandioxidpartikeln zum Einsatz. Ein Rotorblatt von 85 Metern Länge wie im Fall der Vestas V172-7.2 wiegt knapp 43 Tonnen. Experten schätzen die künftige Entsorgung der Rotorblätter als äußerst problematisch ein, da sie kaum bis gar nicht recyclingbar sind.

Demnach beträgt der CO₂-Fußabdruck eines Rotorblattes aus Kunststoffmischfasern – optimistisch geschätzt und in Ermangelung anderer Werte – mindestens 86 Tonnen. Eine Windkraftanlage hat derer drei, sprich 258 Tonnen.



Kunststofffasern kommen regelmäßig in den Rotorblättern der Windkraftanlagen zum Einsatz. Foto: Stock

Auch Seltene Erden wie etwa rund zwei Tonnen Neodym sind in einem Windrad von zehn Megawatt Nennleistung verbaut. Neodym wird nahezu ausschließlich in chinesischen Minen abgebaut, wobei zwar kaum CO₂ frei wird. Dafür entstehen bei der Trennung des Neodyms vom geförderten Gestein giftige Abfallprodukte. Zudem wird radioaktives Uran und Thorium beim Abbauprozess freigesetzt.

Ebenso ist zu erwähnen, dass inzwischen viele Windkraftanlagen in Waldgebieten entstehen. Dafür müssen pro Windrad meist Tausende Quadratmeter Waldfläche vernichtet werden. Nach der Demontage eines Windrades ist nur ein Teil wieder aufforstbar.

Dauerhaft versiegt bleiben die Grundfläche des Fundaments mit rund 500 Quadratmetern (m²) und die Kranstellfläche mit rund 1.800 m² sowie die Zuwegung. Jeder Baum weniger bedeutet weniger Bindung und weniger Speicherung von CO₂. Ein Baum kann laut „Plant for the Planet“ im Schnitt zehn Kilogramm CO₂ pro Jahr binden.

Schmieröl- und Dieselverbrauch

Auch im Betrieb sind Windkraftanlagen auf fossile Erzeugnisse wie etwa Schmierstoffe angewiesen. Laut einer Lebenszyklusanalyse der Windkraftanlage Vestas V112 (drei Megawatt Nennleistung) verbraucht jede dieser Turbinen 1,27 Tonnen Schmierstoffe. Hinzu kommen 13 Tonnen Schmier- und Kühlmittel für den Transformator. berichte „Aventrix“. In konventionellen Öl-Transformatoren befindet sich Mineralöl, das als Kühl- und Isolationsmedium dient. Die Analyse beruht auf der Annahme, dass die Windräder 20 Jahre in Betrieb sind.

Viele Windkraftanlagen haben zudem einen Dieselmotor. Besonders nötig ist dieser bei Offshore-Anlagen im Meer, denn die empfindlichen Turbinen müssen sich regelmäßig drehen – auch wenn der Wind längere Zeit nicht weht. Andernfalls droht Korrosion durch die salzige Seeluft.

Hinzu kommen noch CO₂-Emissionen, insbesondere durch Transport und Kranarbeiten – vor allem bei Offshore-Anlagen. Hierzu lässt sich kein genauer Wert ermitteln, da diese stark von der Art der Schwerttransporter oder Transportchiffe und deren Antriebsart sowie der Länge der Transportwege abhängen.

Welche CO₂-Bilanz ergibt sich?

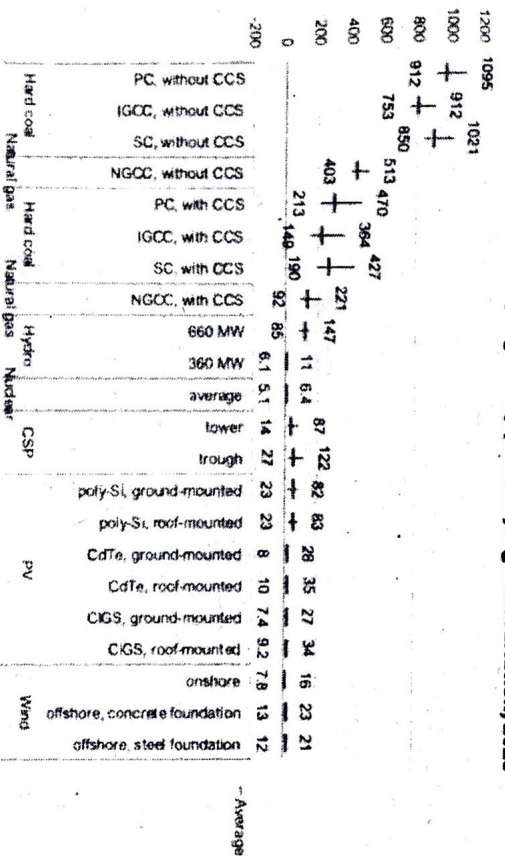
Wie sieht es also mit der CO₂-Bilanz aus? Um diese zu ermitteln, ist eine Einheit nötig, die die verschiedenen Kraftwerkstypen miteinander vergleichen kann. Der Diplom-Chemiker Dr. Christoph Ganne und Sprecher der windkraftreichen Bundesinitiative „Vernunftkraft“ nannte der Epoch Times auf Anfrage die „Lifecycle GHG (greenhouse gas) emission“, sprich die Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen.

„Daranter versteht man den Gesamtverbrauch an Treibhausgasen, auf CO₂-Äquivalente umgerechnet, den eine Erzeugungsanlage sowohl für den Bau als auch beim Betrieb verursacht, dividiert durch die Stromausbeute während ihrer kompletten Laufzeit“, so Ganne. Angegeben wird diese in Gramm Kohlenstoffdioxid-Äquivalent pro Kilowattstunde (g CO₂eq/kWh).

Wie zu erwarten haben Kohlekraftwerke ohne Abscheidung und Speicherung von CO₂ (CCS) den größten CO₂-Fußabdruck. Die Werte liegen bei 753 bis 1.095 g CO₂eq/kWh. Besser ist die Bilanz bei Kohlekraftwerken mit CCS. Dann sind es nur noch 149 bis 470 g CO₂eq/kWh.

Windkraftanlagen haben insgesamt tatsächlich einen relativ kleinen CO₂-Fußabdruck. Die großen Windräder an Land (Onshore) glänzen mit lediglich 7,8 bis 16 g CO₂eq/kWh. Bei Offshore-Anlagen ist der Wert mit 12 bis 23 g CO₂eq/kWh etwas höher. „Dass die Werte bei Windkraft variieren, hängt damit zusammen, dass deren Stromausbeute stark standortabhängig ist“, erklärte Ganne.

Lifecycle GHG emissions, in g CO₂ eq. per kWh, regional variation, 2020



Die Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftwerkstypen von 2020 (Average = Mittelwert). Foto: Studie zur Kohlenstoffneutralität in der UNECE-Region, United Nations

CO₂-Amortisation schon im ersten Betriebsjahr?

Bei Offshore-Anlagen kommt derzeit noch bei einigen Herstellern das klimaschädliche Gas Schwefelhexafluorid zum Einsatz, wie „E-Fähre“ berichtet. Es wird wegen seiner guten isolierenden Eigenschaften vor allem in Schaltanlagen eingesetzt, in denen die Energie verteilt wird.

Schwefelhexafluorid – kurz SF₆ – hat allerdings von allen bekannten Substanzen die stärkste Treibhauswirkung. Es wirkt rund 22.800 Mal stärker als Kohlendioxid. Siemens Gamesa setzt dieses Gas laut Martin Gerhardt, Manager bei Siemens Gamesa, nicht mehr in modernen Anlagen über 60 Kilovolt ein. Darunter jedoch immer noch.

Wenn es um die CO₂-Emissionen durch den Bau einer solchen Anlage geht, ist die benötigte Zeit für den Ausgleich durch die Produktion „erneuerbarer“ Energie ebenfalls recht überschaubar. Eine 8-Megawatt-Anlage muss nach Aussage von Siemens Gamesa Manager Martin Gerhardt nur 7,4 Monate in Betrieb sein. Dann habe sie bereits alle CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus kompensiert, heißt es.

Die Einschätzung von Gerhardt hält Canne jedoch für Augenwischerei. „Eine solche Berechnung mag vielleicht hinkommen, wenn man eine an einem optimalen Standort errichtete Windkraftanlage mit dem CO₂-Ausstoß eines

Kohlekraftwerkes vergleicht. Vergleicht man sie aber mit einem Kernkraftwerk, so gibt es eine solche Amortisationszeit überhaupt nicht.“

Denn nach aktuellen Zahlen der Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) seien Kernkraftwerke mit 5,1 bis 6,4 g CO₂eq./kWh der Windkraft mit 7,8 bis 23 g CO₂eq./kWh grundsätzlich überlegen.

Windkraft benötigt ein Backup

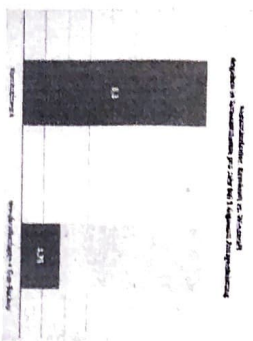
Das deutsche Binnenland liegt für Windkraftanlagen eher im oberen Bereich der in der Grafik gezeigten Spanne. Windreiche Offshore-Standorte bilden hingegen den unteren Bereich“, sagte Canne. Kernkraft schneidet noch besser ab. Damit ist die Windkraft im deutschen Binnenland an sich schon bis zu viermal klimaschädlicher als Kernkraft, schlussfolgert Canne.

Doch ein entscheidendes Problem wird von vielen gerne überssehen: „Es kommt hinzu, dass Windkraft ohne Backup gar nicht funktioniert.“ Die Windkraft benötigt zusätzliche Kraftwerke, die zuverlässig produzieren, wenn Flaute herrscht.

Hierzu stelle Canne eine Rechnung auf: „Angenommen, Sie installieren in einem Land ein Kernkraftwerk mit einem Gigawatt Leistung. Dieses besitzt einen Kapazitätsfaktor von 95 Prozent. Ebenso installieren Sie 200 Windräder mit je fünf Megawatt Leistung.“ Diese haben ebenfalls eine Nennleistung von einem Gigawatt, allerdings einen Kapazitätsfaktor von nur 20 Prozent.

„Das Kernkraftwerk liefert 1.000 Megawatt × 365 Tage × 24 Stunden × 95 Prozent = 8,3 Terawattstunden pro Jahr“, so der Diplom-Chemiker. Gleichzeitig wirke sich der niedrige CO₂-Fußabdruck aus.

Auf der anderen Seite die 200 Windräder: „Bei gleicher Rechnung und 20 Prozent Kapazitätsfaktor gibt das 1,75 TWh pro Jahr mit schlechterem CO₂-Fußabdruck.“ Hier würden aber 6,55 Terawattstunden pro Jahr fehlen, die aus einem Backup geliefert werden müssten. „Wenn dieses Backup aus Gaskraftwerken besteht, sind für diese 600 g CO₂eq./kWh anzusetzen“, resümiert Canne. „Unsere Windkraftlösung verursacht also, um die 8,3 TWh zu liefern, gemittelt 475 g CO₂eq./kWh.“ Das ist so viel, wie Kohlekraftwerke mit der in Deutschland verbotenen CO₂-Abscheidung emittieren.



Leistungsausbeute von Windkraft im Vergleich mit Kernkraft unter Berücksichtigung des Kapazitätsfaktors. Foto: mifEpoch Times

Canne resümierte: „Wegen der genannten Gründe schneiden wir nach über 20 Jahren Ausbau von Wind und Solar bei im CO₂-Ausstoß im Vergleich zu unseren Nachbarländern so schlecht ab. Schlechter ist nur Polen, sobald diese aber ihre Kernkraftwerke an den Start gebracht haben, werden sie diese rote Laterne an uns übergeben.“

Verfehlt Windkraft die Dekarbonisierungsziele?

Anhand dieser Zahlenbeispiele seien Windkraftanlagen aus Klimasticht eher schädlich als nützlich. „Will man diese Zahlen nach unten bringen, muss man für einen hohen Overbuild (Anm. d. Red.: einen übermäßigen Ausbau der Windkraft) sorgen. Diesen haben wir in Deutschland regional bereits. Dann hat man aber die daraus resultierenden Probleme wie Netzübertastung, Abregelung von Anlagen, Redispatchmaßnahmen, „Negativpreise“, erklärte Canne.

„So ist es kein Wunder, dass auch das McKinsey Marktmodell in zwei von drei Szenarien davon ausgeht, dass Deutschland in den nächsten Jahren die Dekarbonisierungsziele verfehlen wird.“

Original: 2019, 2024 Energy Times Editor Team