

Windkraft im Wald von Rheinland-Pfalz

Betrachtung der CO₂ - Bilanz

Stand, Juli 2021



Windräder im Wald

(Foto: privat)

Bei der Diskussion um Windräder im Wald wird häufig argumentiert, dass auf den Flächen die für Standort und Zuwegung benötigt werden, mehr CO₂ freigesetzt wird als durch den Betrieb der WKA eingespart werden kann.

Die Frage wie viel CO₂ durch Windräder im Wald eingespart- oder sogar freigesetzt wird, ist durchaus berechtigt. Im Zuge des weiteren Ausbaues der Windkraft im Wald sollte diese Frage plausibel beantwortet werden.

Bei einer Betrachtung der Kohlenstoffbindung durch Wälder sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Bisher wurden die von Menschen verursachten CO₂-Emissionen zu etwa 25 % wieder in Wälder- und weitere 25-30 % im Meer aufgenommen. Weiter nimmt das Meer große Mengen der zusätzlichen Wärmeenergie auf.

In wie weit Wälder und das Meer zukünftig weiter CO₂ binden können, ist fraglich. Damit diese Speicher nicht zu Quellen werden ist es wichtig, eine weitere Erwärmung zu begrenzen.

Bisher gelten heimische Wälder noch als Kohlenstoffsенке. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die heutige Fläche Deutschlands ursprünglich zu 90 % mit Wald bedeckt war. Aktuell sind es etwa 32 %. In Deutschland ist eine leichte Zunahme- in RLP eine leichte

Abnahme der Waldflächen zu verzeichnen. In den letzten Jahren wurde weniger Holz geerntet als im selben Zeitraum nachgewachsen war.

Auch die Frage wie der Wald zukünftig forstwirtschaftlich genutzt werden soll, wird derzeit intensiv diskutiert. Der Wald, so wie wir ihn jetzt vorfinden, ist das Ergebnis einer Entwicklung die hauptsächlich durch menschliche Eingriffe geprägt ist. Zunehmend werden die Auswirkungen des Klimawandels spürbar. Dabei ist die ökologische Qualität der Flächen sehr unterschiedlich.

Intakte Wälder mit alten Baumbeständen sowie guter mineralischer- und Wasserversorgung, binden ein Vielfaches an Kohlenstoff als geschädigte Wälder mit schlechter Versorgung.

In den Wäldern von RLP weisen etwa 84 % aller Bäume Schäden auf.

Daher muss für die Beurteilung, welche Auswirkungen der Bau einer Windkraftanlage für die Kohlenstoffbindung im Wald hat, der Bewuchs und die Bodenqualität der betreffenden Fläche berücksichtigt werden.

Um trotzdem eine Beurteilung über die Auswirkungen der Kohlenstoffbindung von Windkraft im Wald zu ermöglichen, wird nachfolgend von einer durchschnittlichen Waldfläche ausgegangen. Bei stark geschädigten Waldflächen liegt eine deutlich geringere Bindung von Kohlenstoff vor. Ökologisch wertvolle Wälder mit hoher Kohlenstoffbindung sind für Windkraft ausgeschlossen.

1. Kohlenstoffbindung

Die Waldfläche in Deutschland beträgt etwa 11,4 Mio. Hektar. Folgende Mengen Kohlenstoff (C) sind darin gebunden:

In oberirdische Biomasse 993 Mio. t C, in unterirdischer Biomasse und Wurzeln 156 Mio. t C, in Totholz 20 Mio. t C, in der Streuauflage 191 Mio. t C

Zusammen sind damit 1.360 Mio. t C, in diesen Schichten gebunden, pro Hektar 119,3 t C.

Weiter sind im Mineralboden 659 Mio. t C gespeichert. Insgesamt sind damit 2.019 Mio. t C im Wald gespeichert. Pro Hektar sind 177,1 t C gebunden.

(Quelle: dritte Bundeswaldinventur)

2. CO₂-Emissionen durch Flächenverbrauch der WKA

Für den Bau einer WKA werden für die Stellfläche etwa 0,3 ha benötigt. Was zu einem Verlust von 53,1 t C führt, bzw. eine CO₂-Emission von 195 t verursacht.

Für Randflächen und Zuwegung wird etwa ein Hektar benötigt. Hierbei bleibt der Mineralboden erhalten. Damit geht eine Kohlenstoffbindung von 119 t verloren, bzw. werden 436,7 t CO₂ freigesetzt.

Hinzu kommt noch die Menge CO₂, den ein Wald im Wachstum aufnimmt.

Zusätzlich nimmt der Wald pro Hektar und Jahr etwa 3,2 t bis 5,4 t C auf.

Bei einem Mittelwert von 4.3 t C/ha, entspricht das einer Bindung von 15,8 t CO₂ pro Hektar und Jahr.

Damit werden für den Flächenbedarf einer WKA folgende CO₂-Emissionen verursacht:

- Stellfläche 0,3 ha: 195 t CO₂
- Zuwegung und Randflächen 1,0 ha: 436,7 t CO₂
- Zusätzliche Kohlenstoffbindung 1,3 ha: 20,5 t CO₂/a, Betriebszeit 20 Jahre 410 t CO₂

In Summe etwa 1.042 t CO₂. Während einer Betriebszeit von 20 Jahren.

In RLP werden die Daten ebenfalls im Rahmen der Bundeswaldinventur erfasst. RLP verfügt mit 840.000 Hektar Wald, bzw. 42,3 % der Landesfläche, über vergleichsweise viel Wald.

In der oberirdischen Baumbiomasse sind 75 Mio. Tonnen Kohlenstoff gespeichert. Was pro Hektar 89,3 t/C bzw. 327,7 t/CO₂ entspricht.

(Quelle: Landesforsten RLP)

Zum Vergleich: im deutschen Wald sind in der oberirdischen Biomasse pro Hektar 87 t C, bzw. 319,3 t CO₂ gespeichert.

Der Wert für die oberirdische Biomasse von RLP, liegt gegenüber dem Bundesdurchschnitt um 2,6 % höher.

Da die anderen Werte für RLP nicht bekannt sind, aber anzunehmen ist, dass diese Werte ebenfalls in der gleichen Größenordnung höher liegen, werden für RLP die Werte entsprechend angepasst.

Damit werden In RLP beim Bau einer WKA für die Dauer von 20 Jahren etwa 1.070 t CO₂ verursacht.

Hinweis: Diese Berechnung ist ein Beispiel. Bei einem konkreten Projekt können der Flächenbedarf und der Verlust an Biomasse genau ermittelt werden. Zu berücksichtigen ist auch, dass auf den Randflächen und teilweise auf der Zuwegung, Bewuchs mit Bodenpflanzen möglich ist. Was bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt wurde.

3. Stromerzeugung

Bei Annahme einer durchschnittlichen WKA und -Windhöflichkeit.

Leistung 3,8 MW, Jahresvolllaststunden 2.100

Ergibt eine Stromerzeugung von 7980 MWh/a

In 20 Jahren werden 159.600 MWh Strom erzeugt

Eigenverbrauch

Insbesondere konventionelle Kraftwerke benötigen für den Eigenverbrauch bis zu 5 % der Bruttostromerzeugung. Windkraftanlagen haben einen deutlich geringeren Eigenbedarf. Weiter ist auch der Bedarf für Blindleistung und anderer Systemdienstleistungen zu berücksichtigen. Da diese Verbräuche nicht klar abgegrenzt sind, werden bei dieser Betrachtung 2 % Verluste angesetzt.

Damit ergibt sich in 20 Jahren eine Nettostromerzeugung von 156.408 MWh

4. Energieträger RLP

2017 betrug der Bruttostromverbrauch in RLP etwa 29 TWh.

Die Bruttostromerzeugung in RLP betrug etwa 20,7 TWh.

Der Anteil erneuerbarer Energien aus der Stromerzeugung in RLP betrug 48 %, 52 % wurden überwiegend mit Gaskraftwerken erzeugt.

Damit betrug die Stromerzeugung in RLP aus erneuerbarer Energie 9,9 TWh.

Die Stromerzeugung aus Erdgas lag in RLP bei 10,8 TWh

Von benachbarten Bundesländern bezog RLP 8,3 TWh.

(Quelle: 13. Energiebericht RLP)

5. CO₂-Emissionen Strommix RLP

Je nach Herkunft hat Erdgas mit Berücksichtigung von Methanleckage, eine spezifische CO₂-Emission von 438 bis 509 g CO₂eq/kWh. Zur Berechnung wird ein Mittelwert von 473,5 g CO₂eq/kWh angenommen.

<http://volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index.php>

Der aus anderen Bundesländern bezogene Strom stammt überwiegend aus Kohlekraft. BW und NRW liegen bei der Energiewende hinter RLP.

Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen aus dem Bereich liegen bei etwa 700 g CO₂/kWh.

(spez. CO₂-Emissionen Steinkohle 765 – 1084 g /kWh)

Das sind 10,8 TWh mit spezifischer CO₂-Emission von 473,5 g CO₂/kWh

Sowie 8,3 TWh mit spezifischer CO₂-Emission von 700 g CO₂/kWh

Ergibt für den in PLP verbrauchtem Strom aus konventionellen Anlagen eine durchschnittliche CO₂-Emission von etwa 572 g CO₂/kWh.

(nicht zu verwechseln mit den CO₂-Emissionen des Strommix)

6. Datengrundlage

Für die Kohlenstoffbindung im Wald wurden die Zahlen der dritten Bundeswaldinventur bzw. von Landesforsten RLP genommen. Diese Datenbasis ist nicht aktuell. In anderen Quellen werden Zahlen genannt, die teilweise deutlich nach oben oder unten abweichen.

Ähnlich sieht es mit den Zahlen zur Stromversorgung in RLP aus. Auch hier gibt es keine aktuellen Zahlen. Grundlage ist der 13. Energiebericht von RLP aus 2017.

Ein Substitutionseffekt für die Holzbiomasse wurde nicht berücksichtigt. Bei der Holzbiomasse ist dieser Effekt vernachlässigbar gering. Dabei wäre auch die Biomasse der gerodeten Fläche zu berücksichtigen, die rechnerisch die CO₂-Emissionen vermindern würde.

Bei der Frage welche Energieträger durch WK ersetzt werden, gibt es unterschiedliche Meinungen. Fakt ist, in RLP gibt es keinen Strom aus Kernkraft. Der aus anderen Bundesländern bezogene Strom stammt überwiegend aus Kohlekraft.

Für die Sektorkopplung ist ein Substitutionseffekt bisher noch gering. Auch gibt es hierzu noch keine validen Zahlen. Mittelfristig wird dieser Aspekt aber wichtig werden.

Noch ist Braun- und Steinkohle als Energieträger real vorhanden. Von daher hat der Ersatz dieser Energieträger Vorrang. Wahrscheinlich wird aktuell mehr Strom aus Kohle als aus Erdgas durch WK ersetzt. Deswegen liegen die durch die WK ersetzten spezifischen CO₂-Emissionen vermutlich höher, als bei dieser Berechnung angenommen.

Bei den Kennzahlen der WKA wurde die durchschnittliche Anlagenkonfiguration von 2020 als Basis genommen. Bei der Nennleistung lag das Spektrum zwischen 2 – 6 MW, im Durchschnitt bei etwa 3,4 MW. Wobei die Tendenz deutlich ansteigt. Langfristig werden durchschnittliche Leistungen von über 5 MW erreicht. Nach aktuellen Zahlen wird in 2021 eine durchschnittliche Nennleistung von 3,8 MW erreicht.

Bei guten Randbedingungen und entsprechender Auslegung, können in RLP bei einer Nennleistung von 4,5 MW über 2.800 Jahresvollaststunden erreicht werden.

Sofern aktuelle Daten vorliegen werden diese in die Berechnung übernommen.

7. Ausgleichsflächen, Kompensation

Um die Unterscheide zwischen CO₂-Einsparung und -Freisetzung deutlich zu machen, wurden bei dieser Betrachtung Ausgleichsflächen oder Kompensation nicht berücksichtigt.

Je nach Standort der WKA, müssen gemäß Bundesnaturschutzgesetz (§§ 13-17), Ausgleichsflächen angelegt- oder Kompensation geleistet werden. Dabei wird der Verlust an Biomasse für den Standort der WKA durch Aufforsten oder ökologischer Aufwertung an einem anderen Standort ausgeglichen. In erster Linie steht dabei der naturschutzfachliche Aspekt im Vordergrund. Oft werden dadurch ökologisch wertvolle Flächen geschaffen oder wiederhergestellt, wie z.B. die Renaturierung von Mooren.

8. Rechnung

Durch den Bau einer WKA im Wald, in 20 Jahren verursachte CO₂-Emissionen: 1.070 t

CO₂-Emissionen aus Herstellung bis Rückbau der WKA: 3.192 t CO₂

(spezifische CO₂-Emission WK: 20 g CO₂/kWh)

Nettostromerzeugung durch eine WKA, in 20 Jahren: 156.408 MWh

Durch Betrieb eingesparte CO₂-Emissionen: 89.465 t CO₂

(bei Ersatz von 572 g CO₂/kWh)

Nettoeinsparung von CO₂ über 20 Jahre: etwa 85.203 t CO₂

Zum Vergleich eine Berechnung mit gutem Standort, maximaler Auslegung, langer Betriebszeit, sowie Ersatz ausschließlich von Kohle:

Bei einer Nennleistung von 4,5 MW, 2.800 Jahresvolllaststunden sowie 23 Jahren Betriebszeit liegt die Nettostromerzeugung bei 284.000 MWh. Wird damit Strom aus Kohle, mit spezifischen CO₂-Emissionen von 800 g/kWh ersetzt, liegen die Einsparungen nach Abzug der Emissionen aus Herstellung und Flächenverbrauch bei etwa 220.000 t CO₂.

In Deutschland werden bis 2022 die letzten Atomkraftwerke stillgelegt. Ein großer Teil wurde durch die Windkraft ersetzt. In dem Fall entfallen natürlich die CO₂-Emissionen aus Betrieb. Die spezifischen CO₂-Emissionen aus Herstellung sind etwa gleich. Damit sind die CO₂-Emissionen durch den Flächenbedarf natürlich nicht ausgeglichen. Allerdings ist ein Vergleich der CO₂-Emissionen zwischen AK und WK nur dann statthaft, wenn davon ausgegangen wird, dass durch die AK keine weiteren Nachteile entstehen.

9. Zusammenfassung

Bei dieser Betrachtung geht es in erster Linie darum zu zeigen, wie das Verhältnis der CO₂-Emissionen, die durch den Flächenverbrauch entstehen, zu den Einsparungen liegen.

Nach derzeitigem Stand spart eine Windkraftanlage im Wald von RLP, abzüglich den durch den Bau und Flächenbedarf verursachten CO₂-Emissionen, über eine Betriebszeit von 20 Jahren etwa 85.000 t CO₂ ein.

Wird ein Windrad im Wald errichtet, werden durch den Flächenbedarf je nach Standort, etwa 600 bis 1.200 t CO₂ freigesetzt. Auf Kalamitätsflächen sind die CO₂-Emissionen marginal.

Wie oben ersichtlich ist, sind die CO₂-Emissionen, die durch den Verlust an Biomasse verursacht werden deutlich geringer, als die durch den Bau der Anlage entstehen.

Mit zunehmenden Anteil erneuerbarer Energie sinken auch die Emissionen aus diesem Bereich. Wie bei allen Produkten und Dienstleistungen.

Um die Klimaziele zu erreichen ist der weitere Zubau von Photovoltaik und Windkraft erforderlich. In Verbindung mit Repowering, bei dem alte WKA durch neue leistungsstärkere Anlagen ersetzt werden, ist der Bedarf an zusätzlichen WKA-Anlagen moderat.

Ein Verzicht auf zusätzliche Windräder ist aber nicht möglich. PV und WK sind komplementär und können sich nicht gegenseitig ersetzen. Um den Strombedarf in RLP zukünftig aus erneuerbaren Energien decken zu können, müssen beide Energieträger deutlich ausgebaut werden.

Die Schäden im Wald durch Dürre, Starkregen und Schadinsekten werden in den nächsten Jahren noch zunehmen. Die Belastungen der Windkraft sind im Vergleich zu Verkehr und anderen Einwirkungen vergleichsweise gering.

Wie eine Studie zeigt, hat der CO₂-Düngeeffekt seit den 1980er Jahren weltweit um 30 % abgenommen. Dadurch nimmt die Fähigkeit der Wälder Kohlenstoff zu speichern, ab.

(<https://www.uni-augsburg.de/de/campusleben/neuigkeiten/2021/04/09/4117/>)

Der beste Schutz der Wälder ist daher fossile Energieträger durch erneuerbare Energieträger zu ersetzen. Die Windkraft ist ein wichtiger Baustein um diese Ziele zu erreichen. Windräder können allerdings nicht überall errichtet werden. Neben naturschutzfachlichen Gründen sind viele Voraussetzungen erforderlich. Von daher gibt es nur wenige geeignete Standorte. Deswegen dürfen potentiell geeignete Standorte nicht aus Prinzip ausgeschlossen werden.

Zum Thema Kohlenstoffbindung im Wald gibt es viele Studien. Die aber immer nur einen Teilbereich abbilden. Eine übergreifende Studie, die explizit die CO₂-Bilanz von Windkraft im Wald untersucht, gibt es nicht. Wie aus der Berechnung ersichtlich ist, ist die CO₂-Einsparung um ein vielfaches höher, als durch den Flächenbedarf verursacht wird. Auch Unsicherheiten bei der Kohlenstoffbindung im Wald, den CO₂-Emissionen der Energieträger, sowie der Stromerzeugung aus WK, sind im Vergleich dazu, zu gering, um zu einem grundlegend anderen Ergebnis zu kommen.

Wie der Vergleich zeigt, sind die Faktoren: Windhöffigkeit, Auslegung, sowie die CO₂-Emissionen der ersetzten Energieträger, entscheidend für die Höhe der CO₂-Einsparung.

Kurt Werner

Haßloch

Anregungen oder Kritik gerne an:

kurtwerner-sp@web.de