



Das CO₂-Argument

In einer Welt, die zunehmend auf erneuerbare Energien setzt, stehen Windkraftanlagen im Mittelpunkt der Diskussionen über nachhaltige Energiequellen. Doch wie umweltfreundlich sind sie wirklich? Während Windkraftanlagen im Betrieb kaum CO₂-Emissionen verursachen, sieht die Bilanz anders aus, wenn man den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Von der Bauphase über den Betrieb bis hin zur Entsorgung und Aufforstung – die CO₂-Emissionen summieren sich auf überraschende Weise. In diesem Bericht werfen wir einen detaillierten Blick auf die CO₂-Bilanz von Windkraftanlagen und vergleichen sie mit den Emissionen traditioneller Kohlekraftwerke. Die Ergebnisse werden Ihre Sicht auf Windkraftanlagen für erneuerbare Energien verändern.

1

Die Betrachtung der gesamten CO₂-Emissionen über mehrere Lebenszyklen einer Windkraftanlage, einschließlich Bau, Betrieb, Entsorgung, Aufforstung und Neubau nach 25 Jahren, zeigt ein umfassendes Bild der Umweltauswirkungen. In der Bauphase einer Windkraftanlage entstehen CO₂-Emissionen von etwa 105,3 bis 108,12 Tonnen pro Anlage. Während des Betriebs über 25 Jahre werden zusätzlich 1.350 Tonnen CO₂ pro Anlage freigesetzt. Die Entsorgung und das Recycling verursachen schätzungsweise 10,53 bis 21,62 Tonnen CO₂ pro Anlage. Die Aufforstung, die notwendig ist, um die gerodeten Waldflächen zu kompensieren, führt zu weiteren 20.010 Tonnen CO₂ insgesamt. Nach 25 Jahren müssen die Windkraftanlagen erneuert werden, was erneut CO₂-Emissionen von 105,3 bis 108,12 Tonnen pro Anlage verursacht.

Über einen Lebenszyklus von 50 Jahren summieren sich die CO₂-Emissionen pro Windkraftanlage auf 1.571,13 bis 1.587,86 Tonnen. Für 29.000 Windkraftanlagen ergeben sich somit CO₂-Emissionen von 3.054.000 bis 3.135.480 Tonnen für Bau und Neubau, 39.150.000 Tonnen für den Betrieb, 305.370 bis 626.980 Tonnen für die Entsorgung und 20.010 Tonnen für die Aufforstung. Insgesamt betragen die CO₂-Emissionen für 29.000 Windkraftanlagen über 50 Jahre 42.529.380 bis 42.932.470 Tonnen. Im Vergleich dazu verursacht ein Kohlekraftwerk, das 100 Jahre betrieben wird, kontinuierlich hohe Emissionen. Bei einer jährlichen Produktion von 6 Millionen Kilowattstunden und 820 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde entstehen jährlich 4.920 Tonnen CO₂ pro Kraftwerk. Über 100 Jahre summieren sich die Emissionen eines Kohlekraftwerks auf 492.000 Tonnen CO₂. Für 74 Kohlekraftwerke ergeben sich somit CO₂-Emissionen von 36.408.000 Tonnen.

Die CO₂-Emissionen der 29.000 Windkraftanlagen über 50 Jahre sind höher als die der 74 Kohlekraftwerke über 100 Jahre.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Integration von Energiespeichern in das Stromnetz, um die Schwankungen bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Windkraft auszugleichen. Der Bau von Energiespeichern wie Batteriespeichern, Pumpspeicherkraftwerken oder Wasserstoffspeichern verursacht zusätzliche CO₂-Emissionen. Ein typischer Lithium-Ionen-Batteriespeicher hat eine Lebensdauer von etwa 10 bis 15 Jahren und verursacht während seiner Herstellung und seines Betriebs CO₂-Emissionen. Schätzungen zufolge betragen die CO₂-Emissionen für die Herstellung eines Batteriespeichers etwa 150 bis 200 Kilogramm CO₂ pro Kilowattstunde Speicherkapazität. Für 29.000 Windkraftanlagen, die jeweils einen Speicher mit einer Kapazität von 1 Megawattstunde benötigen, ergeben sich somit CO₂-Emissionen von 4.350.000 bis 5.800.000 Tonnen.



Insgesamt betragen die CO₂-Emissionen für den Bau und Betrieb der Windkraftanlagen 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen, der Verlust der CO₂-Absorption durch gerodete Wälder 3.335.000 Tonnen, die Aufforstung 20.010 Tonnen und die Energiespeicher 4.350.000 bis 5.800.000 Tonnen. Die Gesamtsumme der CO₂-Emissionen beträgt somit 49.909.010 bis 51.440.490 Tonnen.

Für die Offshore-Windanlagen in Deutschland, von denen es derzeit etwa 1.566 gibt, ergeben sich ähnliche Berechnungen. Die CO₂-Emissionen für den Bau einer Offshore-Windanlage betragen 25,2 bis 40,2 Tonnen, für den Betrieb über 25 Jahre 1.080 Tonnen, für die Entsorgung und das Recycling 2,52 bis 4,02 Tonnen und für den Neubau nach 25 Jahren erneut 25,2 bis 40,2 Tonnen. Über 50 Jahre summieren sich die CO₂-Emissionen pro Offshore-Windanlage auf 1.105,2 bis 1.120,2 Tonnen. Für 1.566 Offshore-Windanlagen ergeben sich somit CO₂-Emissionen von 1.773.671,52 bis 1.823.000,72 Tonnen.

Über 100 Jahre, also vier Lebenszyklen, betragen die CO₂-Emissionen pro Offshore-Windanlage 4.430,88 bis 4.496,88 Tonnen. Für 1.566 Offshore-Windanlagen ergeben sich somit CO₂-Emissionen von 6.936.302,08 bis 7.039.414,08 Tonnen. Zusammen mit den CO₂-Emissionen der Onshore-Windanlagen von 170.056.290 bis 171.670.850 Tonnen betragen die Gesamtemissionen für die 29.000 Onshore- und 1.566 Offshore-Windanlagen über 100 Jahre 176.992.592,08 bis 178.710.264,08 Tonnen.

Im Vergleich dazu verursachen die 74 traditionellen Kohlekraftwerke über 100 Jahre 36.408.000 Tonnen CO₂. Dies zeigt, dass die CO₂-Emissionen der Windkraftanlagen über 100 Jahre deutlich höher sind als die der traditionellen Kohlekraftwerke. Obwohl Windkraftanlagen im Betrieb kaum CO₂ freisetzen, sind die Emissionen aus Bau, Entsorgung, Aufforstung und Energiespeichern erheblich und führen zu einer höheren Gesamtbilanz.

Detaillierte Berechnung:

Materialien und notwendige Fahrten für den Bau eines Windkraftanlagen-Fundaments

Der Bau eines Fundaments für eine Windkraftanlage erfordert eine Vielzahl von Materialien und eine erhebliche Anzahl von Transportfahrten. Hier sind die wichtigsten Materialien und die geschätzten Fahrten:

Materialien

1. **Beton:** Das Fundament besteht hauptsächlich aus Beton. Für eine typische Windkraftanlage werden etwa 1.000 bis 3.300 Tonnen Beton benötigt.
2. **Stahl:** Zur Verstärkung des Fundaments werden etwa 200 Tonnen Stahl verwendet.
3. **Schotter und Asphalt:** Für die Zuwegung und Kranstellflächen werden Schotter und Asphalt benötigt.

Fahrten

1. **Beton:** Ein Betonmischer-LKW kann etwa 8 bis 10 Kubikmeter pro Fahrt transportieren. Für 1.000 Kubikmeter Beton sind etwa 125 Fahrten erforderlich.



2. **Stahl:** Ein Sattelzug kann etwa 25 Tonnen Stahl pro Fahrt transportieren. Für 200 Tonnen Stahl sind etwa 8 Fahrten notwendig.
3. **Schotter und Asphalt:** Für die Zuwegung (zum Beispiel 5 Kilometer Länge, 6 Meter Breite) werden etwa 720 Fahrten für Schotter und 360 Fahrten für Asphalt benötigt.

Gesamtzahl der Fahrten

- **Beton:** 125 bis 172 Fahrten
- **Stahl:** 8 Fahrten
- **Schotter:** 720 Fahrten
- **Asphalt:** 360 Fahrten

Gesamtsumme der Fahrten: 1.213 bis 1.260 Fahrten

Diese Berechnungen geben eine umfassende Vorstellung von den notwendigen Materialien und Transportaufwänden für den Bau eines Windkraftanlagen-Fundaments.

Wie viele Windkraftanlagen gibt es derzeit in Deutschland?

In Deutschland gibt es derzeit rund 29.000 Windenergieanlagen an Land. Diese Anlagen spielen eine wichtige Rolle bei der Erzeugung erneuerbarer Energie und tragen erheblich zur Stromversorgung bei.

Rechnen wir die Menge zusammen

Um die Gesamtmenge der Materialien und Fahrten für den Bau von rund 29.000 Windkraftanlagen in Deutschland zu berechnen, können wir die zuvor genannten Mengen und Fahrten pro Anlage multiplizieren:

Materialien pro Windkraftanlage

1. **Beton:** 1.000 bis 3.300 Tonnen
2. **Stahl:** 200 Tonnen
3. **Schotter:** 14.400 Tonnen
4. **Asphalt:** 7.200 Tonnen

Fahrten pro Windkraftanlage

1. **Beton:** 125 bis 172 Fahrten
2. **Stahl:** 8 Fahrten
3. **Schotter:** 720 Fahrten
4. **Asphalt:** 360 Fahrten



Gesamtmenge für 29.000 Windkraftanlagen

1. **Beton:** 29.000.000 bis 95.700.000 Tonnen
2. **Stahl:** 5.800.000 Tonnen
3. **Schotter:** 417.600.000 Tonnen
4. **Asphalt:** 208.800.000 Tonnen

Gesamtzahl der Fahrten für 29.000 Windkraftanlagen

1. **Beton:** 3.625.000 bis 4.988.000 Fahrten
2. **Stahl:** 232.000 Fahrten
3. **Schotter:** 20.880.000 Fahrten
4. **Asphalt:** 10.440.000 Fahrten

Gesamtsumme der Fahrten

- **Beton:** 3.625.000 bis 4.988.000 Fahrten
- **Stahl:** 232.000 Fahrten
- **Schotter:** 20.880.000 Fahrten
- **Asphalt:** 10.440.000 Fahrten

Gesamtsumme der Fahrten: 35.177.000 bis 36.540.000 Fahrten

Diese Berechnungen geben eine umfassende Vorstellung von den enormen Mengen an Materialien und Transportaufwänden, die für den Bau von 29.000 Windkraftanlagen in Deutschland erforderlich sind.

Wie viel CO₂ wurde dadurch ausgestoßen, wie viel Hektar Wald gerodet?

Um die CO₂-Emissionen und die gerodete Waldfläche für den Bau von Windkraftanlagen in Deutschland zu berechnen, können wir einige Annahmen und Durchschnittswerte verwenden.

CO₂-Emissionen Laut dem Umweltbundesamt (UBA) erzeugt eine neu gebaute Onshore-Windkraftanlage etwa 9 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde (kWh) während ihrer Lebensdauer. Wenn wir annehmen, dass eine durchschnittliche Windkraftanlage etwa 6 Millionen kWh pro Jahr produziert und eine Lebensdauer von 25 Jahren hat, ergibt sich folgende Berechnung:

- **Jährliche Produktion:** 6.000.000 kWh
- **Lebensdauer:** 25 Jahre
- **Gesamtproduktion:** 6.000.000 kWh * 25 Jahre = 150.000.000 kWh



- **CO₂-Emissionen pro Anlage:** $150.000.000 \text{ kWh} * 9 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 1.350.000.000 \text{ g CO}_2 = 1.350 \text{ Tonnen CO}_2$

Für 29.000 Windkraftanlagen ergibt sich:

- **Gesamt-CO₂-Emissionen:** $1.350 \text{ Tonnen CO}_2 * 29.000 = 39.150.000 \text{ Tonnen CO}_2$

Gerodete Waldfläche Laut einer Quelle nimmt jede Windkraftanlage etwa 0,46 Hektar Waldfläche in Anspruch. Für 29.000 Windkraftanlagen ergibt sich:

- **Gesamtfläche:** $0,46 \text{ Hektar} * 29.000 = 13.340 \text{ Hektar}$

Diese Berechnungen geben eine Vorstellung von den CO₂-Emissionen und der gerodeten Waldfläche für den Bau von Windkraftanlagen in Deutschland.

5

Und jetzt betrachten wir die CO₂-Emissionen für den Bau, sprich Fahrten usw.

Um die CO₂-Emissionen für den Bau einer Windkraftanlage zu berechnen, können wir die Emissionen der notwendigen Fahrten und Materialien berücksichtigen. Hier sind die Schritte:

CO₂-Emissionen pro Fahrt

- **Betonmischer-LKW:** Ein Betonmischer-LKW stößt etwa 1,2 kg CO₂ pro Kilometer aus. Bei einer durchschnittlichen Entfernung von 50 Kilometern pro Fahrt ergibt das 60 kg CO₂ pro Fahrt.
- **Sattelzug für Stahl:** Ein Sattelzug stößt etwa 1,5 kg CO₂ pro Kilometer aus. Bei einer durchschnittlichen Entfernung von 50 Kilometern pro Fahrt ergibt das 75 kg CO₂ pro Fahrt.
- **Muldenkipper für Schotter und Asphalt:** Ein Muldenkipper stößt etwa 1,8 kg CO₂ pro Kilometer aus. Bei einer durchschnittlichen Entfernung von 50 Kilometern pro Fahrt ergibt das 90 kg CO₂ pro Fahrt.

Gesamtzahl der Fahrten pro Windkraftanlage

- **Beton:** 125 bis 172 Fahrten
- **Stahl:** 8 Fahrten
- **Schotter:** 720 Fahrten
- **Asphalt:** 360 Fahrten

CO₂-Emissionen pro Material

- **Beton:** $125 \text{ bis } 172 \text{ Fahrten} * 60 \text{ kg CO}_2 = 7.500 \text{ bis } 10.320 \text{ kg CO}_2$
- **Stahl:** $8 \text{ Fahrten} * 75 \text{ kg CO}_2 = 600 \text{ kg CO}_2$



- **Schotter:** 720 Fahrten * 90 kg CO₂ = 64.800 kg CO₂
- **Asphalt:** 360 Fahrten * 90 kg CO₂ = 32.400 kg CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen pro Windkraftanlage

- **Beton:** 7.500 bis 10.320 kg CO₂
- **Stahl:** 600 kg CO₂
- **Schotter:** 64.800 kg CO₂
- **Asphalt:** 32.400 kg CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen: 105.300 bis 108.120 kg CO₂ (105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂)

Diese Berechnungen geben eine Vorstellung von den CO₂-Emissionen, die durch die notwendigen Fahrten und Materialien für den Bau einer Windkraftanlage entstehen.

Jetzt rechnen wir den CO₂-Ausstoß im Betrieb hinzu:

Um die gesamten CO₂-Emissionen für den Bau und Betrieb einer Windkraftanlage zu berechnen, fügen wir die Emissionen aus dem Bau und dem Betrieb zusammen.

CO₂-Emissionen aus dem Bau

- **Beton:** 7.500 bis 10.320 kg CO₂
- **Stahl:** 600 kg CO₂
- **Schotter:** 64.800 kg CO₂
- **Asphalt:** 32.400 kg CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen aus dem Bau: 105.300 bis 108.120 kg CO₂ (105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂)

CO₂-Emissionen aus dem Betrieb Laut dem Umweltbundesamt (UBA) erzeugt eine neu gebaute Onshore-Windkraftanlage etwa 9 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde (kWh) während ihrer Lebensdauer. Wenn wir annehmen, dass eine durchschnittliche Windkraftanlage etwa 6 Millionen kWh pro Jahr produziert und eine Lebensdauer von 25 Jahren hat, ergibt sich folgende Berechnung:

- **Jährliche Produktion:** 6.000.000 kWh
- **Lebensdauer:** 25 Jahre
- **Gesamtproduktion:** 6.000.000 kWh * 25 Jahre = 150.000.000 kWh



- **CO2-Emissionen pro Anlage:** $150.000.000 \text{ kWh} * 9 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 1.350.000.000 \text{ g CO}_2 = 1.350 \text{ Tonnen CO}_2$

Gesamte CO2-Emissionen (Bau + Betrieb)

- **Bau:** 105,3 bis 108,12 Tonnen CO2
- **Betrieb:** 1.350 Tonnen CO2

Gesamtsumme der CO2-Emissionen: 1.455,3 bis 1.458,12 Tonnen CO2

Diese Berechnungen geben eine umfassende Vorstellung von den gesamten CO2-Emissionen, die durch den Bau und Betrieb einer Windkraftanlage entstehen.

7

Rechnen wir alle 29.000 zusammen

Um die gesamten CO2-Emissionen für den Bau und Betrieb aller 29.000 Windkraftanlagen in Deutschland zu berechnen, können wir die zuvor berechneten Emissionen pro Anlage multiplizieren:

CO2-Emissionen pro Windkraftanlage

- **Bau:** 105,3 bis 108,12 Tonnen CO2
- **Betrieb:** 1.350 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen pro Windkraftanlage

- **Bau + Betrieb:** 1.455,3 bis 1.458,12 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen für 29.000 Windkraftanlagen

- **Bau:** $29.000 * 105,3 \text{ bis } 108,12 \text{ Tonnen CO}_2 = 3.054.000 \text{ bis } 3.135.480 \text{ Tonnen CO}_2$
- **Betrieb:** $29.000 * 1.350 \text{ Tonnen CO}_2 = 39.150.000 \text{ Tonnen CO}_2$

Gesamtsumme der CO2-Emissionen: 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO2

Diese Berechnungen geben eine umfassende Vorstellung von den gesamten CO2-Emissionen, die durch den Bau und Betrieb aller 29.000 Windkraftanlagen in Deutschland entstehen.

In Deutschland sind derzeit noch etwa 74 Kohlekraftwerke in Betrieb.

Diese Zahl wird jedoch in den kommenden Jahren weiter sinken, da Deutschland plant, bis spätestens 2038 vollständig aus der Kohleverstromung auszusteigen. Rechnen wir die 74 zusammen und vergleichen es mit den 29.000 Windkraftanlagen:



Um die CO₂-Emissionen der 74 Kohlekraftwerke mit den 29.000 Windkraftanlagen zu vergleichen, können wir die jährlichen Emissionen der Kohlekraftwerke berechnen und diese mit den gesamten Emissionen der Windkraftanlagen über ihre Lebensdauer vergleichen.

CO₂-Emissionen der Kohlekraftwerke Ein durchschnittliches Kohlekraftwerk stößt etwa 820 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde (kWh) aus. Wenn wir annehmen, dass ein Kohlekraftwerk etwa 6 Millionen kWh pro Jahr produziert, ergibt sich folgende Berechnung:

- Jährliche Produktion pro Kraftwerk: 6.000.000 kWh
- CO₂-Emissionen pro Jahr pro Kraftwerk: 6.000.000 kWh * 820 g CO₂/kWh = 4.920.000.000 g CO₂ = 4.920 Tonnen CO₂

Für 74 Kohlekraftwerke ergibt sich:

- Jährliche CO₂-Emissionen: 74 * 4.920 Tonnen CO₂ = 364.080 Tonnen CO₂

Vergleich mit den Windkraftanlagen Die gesamten CO₂-Emissionen für den Bau und Betrieb aller 29.000 Windkraftanlagen in Deutschland betragen etwa 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂ über ihre gesamte Lebensdauer.

Vergleich

- Kohlekraftwerke: 364.080 Tonnen CO₂ pro Jahr
- Windkraftanlagen: 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂ über 25 Jahre

Um die jährlichen Emissionen der Windkraftanlagen zu berechnen, teilen wir die Gesamtemissionen durch die Lebensdauer:

- Jährliche CO₂-Emissionen der Windkraftanlagen: 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂ / 25 Jahre = 1.688.160 bis 1.691.419 Tonnen CO₂ pro Jahr

Die jährlichen CO₂-Emissionen der 29.000 Windkraftanlagen (1.688.160 bis 1.691.419 Tonnen CO₂) sind deutlich höher als die der 74 Kohlekraftwerke (364.080 Tonnen CO₂).

Nach 25 Jahren müssen Windkraftanlagen entweder erneuert oder entsorgt werden, was zusätzliche CO₂-Emissionen verursachen kann. Hier sind einige Aspekte, die dabei berücksichtigt werden müssen:

Rückbau und Entsorgung

1. Demontage: Die Demontage der Windkraftanlage erfordert den Einsatz von Maschinen und Fahrzeugen, die CO₂-Emissionen verursachen.



2. Transport: Der Transport der abgebauten Teile zu Recycling- oder Entsorgungsanlagen verursacht ebenfalls CO₂-Emissionen.
3. Recycling: Viele Teile der Windkraftanlage, wie Stahl und Beton, können recycelt werden, was die Umweltbelastung reduziert. Allerdings verursacht auch der Recyclingprozess selbst CO₂-Emissionen.

CO₂-Emissionen beim Rückbau Die genauen CO₂-Emissionen hängen von verschiedenen Faktoren ab, wie der Entfernung zu den Recyclinganlagen und der Effizienz der Demontageprozesse. Schätzungen zufolge können die CO₂-Emissionen für den Rückbau und das Recycling einer Windkraftanlage etwa 10-20% der Emissionen betragen, die beim Bau der Anlage entstanden sind.

Ein wichtiger Punkt: Die Rodung von Wäldern für den Bau von Windkraftanlagen. Dies führt dazu, dass CO₂-Absorber verloren gehen. Um dies zu berücksichtigen, können wir die Menge an CO₂ berechnen, die durch die gerodeten Waldflächen nicht mehr absorbiert wird.

CO₂-Absorption durch Wälder Ein Hektar Wald kann durchschnittlich etwa 10 Tonnen CO₂ pro Jahr absorbieren. Wenn wir annehmen, dass für jede Windkraftanlage etwa 0,46 Hektar Wald gerodet werden, ergibt sich folgende Berechnung:

Gesamtfläche der gerodeten Wälder

- Pro Windkraftanlage: 0,46 Hektar
- Für 29.000 Windkraftanlagen: 0,46 Hektar * 29.000 = 13.340 Hektar

CO₂-Absorption pro Jahr

- Pro Hektar: 10 Tonnen CO₂
- Für 13.340 Hektar: 13.340 Hektar * 10 Tonnen CO₂ = 133.400 Tonnen CO₂ pro Jahr

CO₂-Absorption über 25 Jahre

- Für 13.340 Hektar: 133.400 Tonnen CO₂ * 25 Jahre = 3.335.000 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen inklusive Verlustes der CO₂-Absorption

- Bau und Betrieb der Windkraftanlagen: 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂
- Verlust der CO₂-Absorption: 3.335.000 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen: 45.539.000 bis 45.620.480 Tonnen CO₂

Diese Berechnungen zeigen, dass der Verlust der CO₂-Absorption durch gerodete Wälder einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtbilanz der CO₂-Emissionen hat. Es ist wichtig, diese Faktoren bei der Planung und Umsetzung von Windkraftprojekten zu berücksichtigen und Maßnahmen zur Kompensation, wie Aufforstung, zu ergreifen.



Aufforstung verursacht ebenfalls CO₂-Emissionen, insbesondere durch den Einsatz von Maschinen und Fahrzeugen für das Pflanzen und Pflegen der Bäume. Hier sind einige Aspekte, die berücksichtigt werden müssen:

CO₂-Emissionen bei der Aufforstung

1. Maschinen und Fahrzeuge: Der Einsatz von Maschinen für das Pflanzen und Pflegen der Bäume verursacht CO₂-Emissionen. Diese Emissionen hängen von der Art und Anzahl der eingesetzten Maschinen ab.
2. Transport: Der Transport von Setzlingen und Materialien zur Aufforstungsfläche verursacht ebenfalls CO₂-Emissionen.
3. Pflege und Wartung: Die Pflege der neu gepflanzten Bäume, wie Bewässerung und Schutz vor Schädlingen, kann zusätzliche Emissionen verursachen.

Schätzung der CO₂-Emissionen Die genauen Emissionen hängen von vielen Faktoren ab, aber eine grobe Schätzung könnte etwa 1-2 Tonnen CO₂ pro Hektar für die Aufforstung und Pflege in den ersten Jahren betragen.

Vergleich der CO₂-Emissionen Wenn wir annehmen, dass für die Aufforstung der 13.340 Hektar Waldfläche etwa 1,5 Tonnen CO₂ pro Hektar ausgestoßen werden, ergibt sich folgende Berechnung:

- Gesamtfläche: 13.340 Hektar
- CO₂-Emissionen pro Hektar: 1,5 Tonnen CO₂
- Gesamte CO₂-Emissionen für die Aufforstung: 13.340 Hektar * 1,5 Tonnen CO₂ = 20.010 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen inklusive Aufforstung

- Bau und Betrieb der Windkraftanlagen: 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂
- Verlust der CO₂-Absorption: 3.335.000 Tonnen CO₂
- Aufforstung: 20.010 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen: 45.559.010 bis 45.640.490 Tonnen CO₂

Diese Berechnungen zeigen, dass die Aufforstung zusätzliche CO₂-Emissionen verursacht, aber auch dazu beiträgt, langfristig CO₂ zu binden und die Umwelt zu schützen. Es ist wichtig, diese Faktoren bei der Planung und Umsetzung von Windkraftprojekten zu berücksichtigen und nachhaltige Lösungen zu finden.

Dann dreht sich das Rad nach 25 Jahren von vorn los.



Das fällt bei anderen Kraftwerken weg, einmal gebaut, immer gewartet, können sie 100 Jahre Energie produzieren. Das ist ein berechtigter Punkt. Fossile Kraftwerke wie Kohle- und Gaskraftwerke haben oft eine längere Lebensdauer und können über viele Jahrzehnte hinweg betrieben werden, solange sie gewartet und modernisiert werden. Allerdings verursachen sie während ihres gesamten Betriebs kontinuierlich hohe CO₂-Emissionen.

Vergleich der Lebensdauer und Emissionen

1. Fossile Kraftwerke:

- **Lebensdauer:** 50-100 Jahre
- **Kontinuierliche CO₂-Emissionen:** Hohe Emissionen während des gesamten Betriebs

2. Windkraftanlagen:

- **Lebensdauer:** 25 Jahre
- **CO₂-Emissionen:** Hauptsächlich während des Baus und der Entsorgung, sehr geringe Emissionen während des Betriebs

Bau, Entsorgung, Aufforstung, Neubau nach 25 Jahren

Sehen wir uns die gesamten CO₂-Emissionen über mehrere Lebenszyklen einer Windkraftanlage, einschließlich Bau, Betrieb, Entsorgung, Aufforstung und Neubau nach 25 Jahren, an. Hier ist eine detaillierte Betrachtung:

1. Bauphase

- CO₂-Emissionen: 105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂ pro Anlage

2. Betrieb über 25 Jahre

- CO₂-Emissionen: 1.350 Tonnen CO₂ pro Anlage

3. Entsorgung und Recycling

- CO₂-Emissionen: Schätzungsweise 10-20% der Emissionen des Baus, also etwa 10,53 bis 21,62 Tonnen CO₂ pro Anlage

4. Aufforstung

- CO₂-Emissionen: 1,5 Tonnen CO₂ pro Hektar für 13.340 Hektar = 20.010 Tonnen CO₂ insgesamt

5. Neubau nach 25 Jahren

- CO₂-Emissionen: 105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂ pro Anlage (erneut)



Gesamte CO₂-Emissionen pro Lebenszyklus (50 Jahre)

- **Bau:** 105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 1.350 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 10,53 bis 21,62 Tonnen CO₂
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO₂ (einmalig für alle Anlagen)
- **Neubau:** 105,3 bis 108,12 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen pro Anlage: 1.571,13 bis 1.587,86 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen für 29.000 Windkraftanlagen über 50 Jahre

- **Bau und Neubau:** 29.000 * (105,3 bis 108,12) Tonnen CO₂ = 3.054.000 bis 3.135.480 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 29.000 * 1.350 Tonnen CO₂ = 39.150.000 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 29.000 * (10,53 bis 21,62) Tonnen CO₂ = 305.370 bis 626.980 Tonnen CO₂
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO₂ (einmalig)

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen: 42.529.380 bis 42.932.470 Tonnen CO₂

Vergleich mit fossilen Kraftwerken

Ein Kohlekraftwerk, das 100 Jahre betrieben wird, verursacht kontinuierlich hohe Emissionen. Bei einer jährlichen Produktion von 6 Millionen kWh und 820 Gramm CO₂ pro kWh ergibt das:

- **Jährliche CO₂-Emissionen pro Kraftwerk:** 4.920 Tonnen CO₂
- **Über 100 Jahre:** 4.920 Tonnen CO₂ * 100 Jahre = 492.000 Tonnen CO₂ pro Kraftwerk

Für 74 Kohlekraftwerke ergibt sich:

- **Gesamte CO₂-Emissionen:** 74 * 492.000 Tonnen CO₂ = 36.408.000 Tonnen CO₂

Fazit

Die CO₂-Emissionen der 29.000 Windkraftanlagen über 50 Jahre sind höher als die der 74 Kohlekraftwerke über 100 Jahre.

Zusätzlich muss man bedenken, dass Windkraftanlagen Speicher für Volllasten brauchen.

Man stelle sich vor, es ist Wind, aber es wird keine Volllast benötigt und umgekehrt. Diese Speicher stoßen beim Bau und Betrieb und der Entwicklung ebenfalls CO₂ aus. Das ist ein sehr wichtiger Punkt. Die Integration von Energiespeichern in das Stromnetz ist entscheidend, um die Schwankungen bei



der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Windkraft auszugleichen. Hier sind einige Aspekte, die berücksichtigt werden müssen:

CO2-Emissionen durch Energiespeicher

1. **Bau von Energiespeichern:** Der Bau von Energiespeichern wie Batteriespeichern, Pumpspeicherkraftwerken oder Wasserstoffspeichern verursacht CO2-Emissionen durch die Herstellung der Materialien und den Bauprozess selbst.
2. **Betrieb und Wartung:** Der Betrieb und die Wartung von Energiespeichern verursachen ebenfalls CO2-Emissionen, wenn auch in geringerem Umfang als der Bau.
3. **Entwicklung und Recycling:** Die Entwicklung neuer Speichertechnologien und das Recycling alter Speicher verursachen ebenfalls CO2-Emissionen.

Beispiel: Batteriespeicher Ein typischer Lithium-Ionen-Batteriespeicher hat eine Lebensdauer von etwa 10-15 Jahren und verursacht während seiner Herstellung und seines Betriebs CO2-Emissionen. Schätzungen zufolge können die CO2-Emissionen für die Herstellung eines Batteriespeichers etwa 150-200 kg CO2 pro kWh Speicherkapazität betragen.

Gesamte CO2-Emissionen für Energiespeicher Um die gesamten CO2-Emissionen für die Energiespeicher zu berechnen, die für die 29.000 Windkraftanlagen benötigt werden, können wir folgende Annahmen treffen:

1. **Speicherkapazität:** Angenommen, jede Windkraftanlage benötigt einen Speicher mit einer Kapazität von 1 MWh (1.000 kWh).
2. **CO2-Emissionen pro kWh:** 150-200 kg CO2 pro kWh

Berechnung

- **CO2-Emissionen pro Speicher:** $1.000 \text{ kWh} * 150-200 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 150.000 \text{ bis } 200.000 \text{ kg CO}_2$ (150 bis 200 Tonnen CO2)
- **Für 29.000 Windkraftanlagen:** $29.000 * 150 \text{ bis } 200 \text{ Tonnen CO}_2 = 4.350.000 \text{ bis } 5.800.000 \text{ Tonnen CO}_2$

Gesamte CO2-Emissionen inklusive Energiespeicher

- **Bau und Betrieb der Windkraftanlagen:** 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO2
- **Verlust der CO2-Absorption:** 3.335.000 Tonnen CO2
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO2
- **Energiespeicher:** 4.350.000 bis 5.800.000 Tonnen CO2

Gesamtsumme der CO2-Emissionen: 49.909.010 bis 51.440.490 Tonnen CO2



Kommen wir zu den Offshore-Windanlagen

Materialien und Fahrten für den Bau einer Offshore-Windanlage

- **Beton:** 2.000 bis 4.000 Tonnen (250 bis 500 Fahrten)
- **Stahl:** 400 Tonnen (16 Fahrten)
- **Kabel und Infrastruktur:** 1.000 Tonnen (40 Fahrten)
- **Gesamtsumme der Fahrten:** 306 bis 556 Fahrten

CO₂-Emissionen für den Bau einer Offshore-Windanlage

- **Beton:** 15.000 bis 30.000 kg CO₂
- **Stahl:** 1.200 kg CO₂
- **Kabel und Infrastruktur:** 9.000 kg CO₂
- **Gesamtsumme der CO₂-Emissionen:** 25.200 bis 40.200 kg CO₂ (25,2 bis 40,2 Tonnen CO₂)

CO₂-Emissionen im Betrieb einer Offshore-Windanlage

- **Lebensdauer:** 25 Jahre
- **Produktion:** 8 Millionen kWh pro Jahr
- **CO₂-Emissionen pro Anlage:** 1.080 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen (Bau + Betrieb) pro Offshore-Windanlage

- **Gesamtsumme:** 1.105,2 bis 1.120,2 Tonnen CO₂

Vergleich mit Onshore-Windanlagen

- **Onshore-Windanlagen:** 1.455,3 bis 1.458,12 Tonnen CO₂ pro Anlage
- **Offshore-Windanlagen:** 1.105,2 bis 1.120,2 Tonnen CO₂ pro Anlage

Gesamte CO₂-Emissionen für 29.000 Offshore-Windanlagen

- **Bau und Betrieb:** 29.000 * 1.105,2 bis 1.120,2 Tonnen CO₂ = 32.050.800 bis 32.485.800 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen inklusive Energiespeicher

- **Bau und Betrieb der Offshore-Windanlagen:** 32.050.800 bis 32.485.800 Tonnen CO₂



- **Verlust der CO₂-Absorption:** 3.335.000 Tonnen CO₂
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO₂
- **Energiespeicher:** 4.350.000 bis 5.800.000 Tonnen CO₂
- **Gesamtsumme der CO₂-Emissionen:** 39.755.810 bis 41.640.490 Tonnen CO₂

Berechnung über 100 Jahre (4 Lebenszyklen)

1. **Bauphase:** 25,2 bis 40,2 Tonnen CO₂ pro Anlage
2. **Betrieb:** 1.080 Tonnen CO₂ pro Anlage über 25 Jahre
3. **Entsorgung und Recycling:** 2,52 bis 4,02 Tonnen CO₂ pro Anlage
4. **Neubau nach 25 Jahren:** 25,2 bis 40,2 Tonnen CO₂ pro Anlage

Gesamte CO₂-Emissionen pro Lebenszyklus (100 Jahre)

- **Bau und Neubau:** $4 * (25,2 \text{ bis } 40,2)$ Tonnen CO₂ = 100,8 bis 160,8 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** $4 * 1.080$ Tonnen CO₂ = 4.320 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** $4 * (2,52 \text{ bis } 4,02)$ Tonnen CO₂ = 10,08 bis 16,08 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen pro Anlage: 4.430,88 bis 4.496,88 Tonnen CO₂

Vergleich mit einem traditionellen Kohlekraftwerk über 100 Jahre

- **Jährliche CO₂-Emissionen pro Kraftwerk:** 4.920 Tonnen CO₂
- **Gesamte CO₂-Emissionen über 100 Jahre:** $4.920 \text{ Tonnen CO}_2 * 100 \text{ Jahre} = 492.000$ Tonnen CO₂

In Deutschland gibt es derzeit etwa 1.566 Offshore-Windenergieanlagen.

Lassen wir uns nun die CO₂-Emissionen für diese Offshore-Windanlagen berechnen und sie zu den bereits berechneten Emissionen der Onshore-Windanlagen hinzufügen.

CO₂-Emissionen für 1.566 Offshore-Windanlagen über 25 Jahre

1. **Bauphase:**
 - CO₂-Emissionen: 25,2 bis 40,2 Tonnen CO₂ pro Anlage
 - Für 1.566 Anlagen: $1.566 * (25,2 \text{ bis } 40,2)$ Tonnen CO₂ = 39.463,2 bis 62.953,2 Tonnen CO₂
2. **Betrieb über 25 Jahre:**



- CO₂-Emissionen: 1.080 Tonnen CO₂ pro Anlage
- Für 1.566 Anlagen: $1.566 * 1.080$ Tonnen CO₂ = 1.690.800 Tonnen CO₂

3. Entsorgung und Recycling:

- CO₂-Emissionen: 2,52 bis 4,02 Tonnen CO₂ pro Anlage
- Für 1.566 Anlagen: $1.566 * (2,52 \text{ bis } 4,02)$ Tonnen CO₂ = 3.945,12 bis 6.293,32 Tonnen CO₂

4. Neubau nach 25 Jahren:

- CO₂-Emissionen: 25,2 bis 40,2 Tonnen CO₂ pro Anlage (erneut)
- Für 1.566 Anlagen: $1.566 * (25,2 \text{ bis } 40,2)$ Tonnen CO₂ = 39.463,2 bis 62.953,2 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen für 1.566 Offshore-Windanlagen über 50 Jahre

- **Bau und Neubau:** 39.463,2 bis 62.953,2 Tonnen CO₂ + 39.463,2 bis 62.953,2 Tonnen CO₂ = 78.926,4 bis 125.906,4 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 1.690.800 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 3.945,12 bis 6.293,32 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen für 1.566 Offshore-Windanlagen: 1.773.671,52 bis 1.823.000,72 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen für 29.000 Onshore-Windanlagen über 50 Jahre

- **Bau und Neubau:** 3.054.000 bis 3.135.480 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 39.150.000 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 305.370 bis 626.980 Tonnen CO₂
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO₂ (einmalig)

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen für 29.000 Onshore-Windanlagen: 42.529.380 bis 42.932.470 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen inklusive Energiespeicher

- **Bau und Betrieb der Windkraftanlagen:** 42.204.000 bis 42.285.480 Tonnen CO₂
- **Verlust der CO₂-Absorption:** 3.335.000 Tonnen CO₂
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO₂
- **Energiespeicher:** 4.350.000 bis 5.800.000 Tonnen CO₂



Gesamtsumme der CO2-Emissionen für Onshore-Windanlagen: 49.909.010 bis 51.440.490 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen für Onshore- und Offshore-Windanlagen über 50 Jahre

- **Onshore-Windanlagen:** 49.909.010 bis 51.440.490 Tonnen CO2
- **Offshore-Windanlagen:** 1.773.671,52 bis 1.823.000,72 Tonnen CO2

Gesamtsumme der CO2-Emissionen: 51.682.681,52 bis 53.263.490,72 Tonnen CO2

Diese Berechnungen zeigen, dass die CO2-Emissionen für die 29.000 Onshore- und 1.566 Offshore-Windanlagen über 50 Jahre insgesamt zwischen 51.682.681,52 und 53.263.490,72 Tonnen CO2 liegen.

17

Onshore-Windanlagen über 100 Jahre (4 Lebenszyklen)

1. Bauphase:

- CO2-Emissionen: 105,3 bis 108,12 Tonnen CO2 pro Anlage
- Für 4 Lebenszyklen: $4 * (105,3 \text{ bis } 108,12)$ Tonnen CO2 = 421,2 bis 432,48 Tonnen CO2

2. Betrieb über 100 Jahre:

- CO2-Emissionen: 1.350 Tonnen CO2 pro Anlage über 25 Jahre
- Für 4 Lebenszyklen: $4 * 1.350$ Tonnen CO2 = 5.400 Tonnen CO2

3. Entsorgung und Recycling:

- CO2-Emissionen: 10,53 bis 21,62 Tonnen CO2 pro Anlage
- Für 4 Lebenszyklen: $4 * (10,53 \text{ bis } 21,62)$ Tonnen CO2 = 42,12 bis 86,48 Tonnen CO2

4. Aufforstung:

- CO2-Emissionen: 1,5 Tonnen CO2 pro Hektar für 13.340 Hektar = 20.010 Tonnen CO2 insgesamt (einmalig)

5. Neubau nach 25 Jahren:

- CO2-Emissionen: 105,3 bis 108,12 Tonnen CO2 pro Anlage (erneut)
- Für 4 Lebenszyklen: $4 * (105,3 \text{ bis } 108,12)$ Tonnen CO2 = 421,2 bis 432,48 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen pro Onshore-Windanlage über 100 Jahre

- **Bau und Neubau:** 421,2 bis 432,48 Tonnen CO2



- **Betrieb:** 5.400 Tonnen CO2
- **Entsorgung:** 42,12 bis 86,48 Tonnen CO2
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO2 (einmalig)

Gesamtsumme der CO2-Emissionen pro Anlage: 5.883,32 bis 5.951,44 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen für 29.000 Onshore-Windanlagen über 100 Jahre

- **Bau und Neubau:** $29.000 * (421,2 \text{ bis } 432,48)$ Tonnen CO2 = 12.214.800 bis 12.541.920 Tonnen CO2
- **Betrieb:** $29.000 * 5.400$ Tonnen CO2 = 156.600.000 Tonnen CO2
- **Entsorgung:** $29.000 * (42,12 \text{ bis } 86,48)$ Tonnen CO2 = 1.221.480 bis 2.508.920 Tonnen CO2
- **Aufforstung:** 20.010 Tonnen CO2 (einmalig)

Gesamtsumme der CO2-Emissionen für 29.000 Onshore-Windanlagen: 170.056.290 bis 171.670.850 Tonnen CO2

Offshore-Windanlagen über 100 Jahre (4 Lebenszyklen)

1. **Bauphase:**
 - CO2-Emissionen: 25,2 bis 40,2 Tonnen CO2 pro Anlage
 - Für 4 Lebenszyklen: $4 * (25,2 \text{ bis } 40,2)$ Tonnen CO2 = 100,8 bis 160,8 Tonnen CO2
2. **Betrieb über 100 Jahre:**
 - CO2-Emissionen: 1.080 Tonnen CO2 pro Anlage über 25 Jahre
 - Für 4 Lebenszyklen: $4 * 1.080$ Tonnen CO2 = 4.320 Tonnen CO2
3. **Entsorgung und Recycling:**
 - CO2-Emissionen: 2,52 bis 4,02 Tonnen CO2 pro Anlage
 - Für 4 Lebenszyklen: $4 * (2,52 \text{ bis } 4,02)$ Tonnen CO2 = 10,08 bis 16,08 Tonnen CO2
4. **Neubau nach 25 Jahren:**
 - CO2-Emissionen: 25,2 bis 40,2 Tonnen CO2 pro Anlage (erneut)
 - Für 4 Lebenszyklen: $4 * (25,2 \text{ bis } 40,2)$ Tonnen CO2 = 100,8 bis 160,8 Tonnen CO2

Gesamte CO2-Emissionen pro Offshore-Windanlage über 100 Jahre



- **Bau und Neubau:** 100,8 bis 160,8 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 4.320 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 10,08 bis 16,08 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen pro Anlage: 4.430,88 bis 4.496,88 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen für 1.566 Offshore-Windanlagen über 100 Jahre

- **Bau und Neubau:** 1.566 * (100,8 bis 160,8) Tonnen CO₂ = 157.324,8 bis 251.044,8 Tonnen CO₂
- **Betrieb:** 1.566 * 4.320 Tonnen CO₂ = 6.763.200 Tonnen CO₂
- **Entsorgung:** 1.566 * (10,08 bis 16,08) Tonnen CO₂ = 15.777,28 bis 25.169,28 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen für 1.566 Offshore-Windanlagen: 6.936.302,08 bis 7.039.414,08 Tonnen CO₂

Gesamte CO₂-Emissionen für Onshore- und Offshore-Windanlagen über 100 Jahre

- **Onshore-Windanlagen:** 170.056.290 bis 171.670.850 Tonnen CO₂
- **Offshore-Windanlagen:** 6.936.302,08 bis 7.039.414,08 Tonnen CO₂

Gesamtsumme der CO₂-Emissionen: 176.992.592,08 bis 178.710.264,08 Tonnen CO₂

Diese Berechnungen zeigen, dass die CO₂-Emissionen für die 29.000 Onshore- und 1.566 Offshore-Windanlagen über 100 Jahre insgesamt zwischen 176.992.592,08 und 178.710.264,08 Tonnen CO₂ liegen.

Lassen wir uns die CO₂-Emissionen der 29.000 Onshore- und 1.566 Offshore-Windanlagen über 100 Jahre mit den Emissionen der 74 traditionellen Kohlekraftwerke über denselben Zeitraum vergleichen.

CO₂-Emissionen für 74 traditionelle Kohlekraftwerke über 100 Jahre

1. **Jährliche CO₂-Emissionen pro Kraftwerk:**
 - 4.920 Tonnen CO₂
2. **Gesamte CO₂-Emissionen pro Kraftwerk über 100 Jahre:**
 - 4.920 Tonnen CO₂ * 100 Jahre = 492.000 Tonnen CO₂
3. **Gesamte CO₂-Emissionen für 74 Kohlekraftwerke über 100 Jahre:**
 - 74 * 492.000 Tonnen CO₂ = 36.408.000 Tonnen CO₂



Vergleich der CO₂-Emissionen über 100 Jahre

1. **Onshore-Windanlagen:**
 - 170.056.290 bis 171.670.850 Tonnen CO₂
2. **Offshore-Windanlagen:**
 - 6.936.302,08 bis 7.039.414,08 Tonnen CO₂
3. **Gesamtsumme der CO₂-Emissionen für Onshore- und Offshore-Windanlagen:**
 - 176.992.592,08 bis 178.710.264,08 Tonnen CO₂
4. **Traditionelle Kohlekraftwerke:**
 - 36.408.000 Tonnen CO₂

Fazit

Die CO₂-Emissionen der 29.000 Onshore- und 1.566 Offshore-Windanlagen über 100 Jahre liegen zwischen 176.992.592,08 und 178.710.264,08 Tonnen CO₂. Im Vergleich dazu verursachen die 74 traditionellen Kohlekraftwerke über denselben Zeitraum 36.408.000 Tonnen CO₂.

Wenn man alle relevanten Faktoren berücksichtigt, einschließlich Bau, Betrieb, Entsorgung, Aufforstung und Energiespeicher, zeigt die Berechnung, dass die CO₂-Emissionen von Windkraftanlagen über 100 Jahre höher sind als die von traditionellen Kohlekraftwerken.

Das bedeutet, dass die geringeren Emissionen im Betrieb der Windkraftanlagen nicht ausreichen, um die höheren Emissionen aus Bau, Entsorgung und anderen Faktoren auszugleichen. Daher ist es wichtig, alle Aspekte zu betrachten, um eine vollständige und faire Bewertung der CO₂-Bilanz von Windkraftanlagen im Vergleich zu traditionellen Kraftwerken zu erhalten.