

# Bausteine der Energiewende

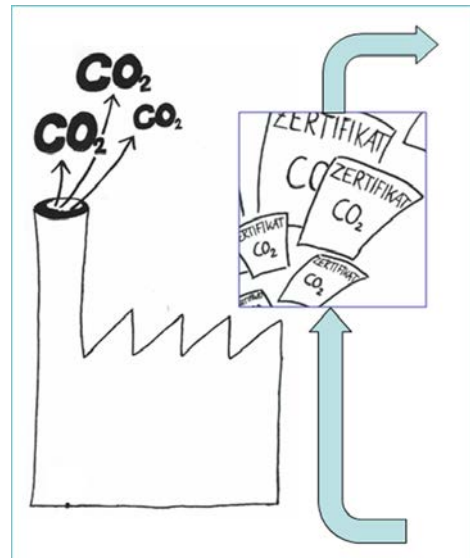
## Das Zusammenspiel Emissionshandel, EEG, Stromerzeugung und CO<sub>2</sub>-Einsparung

Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI

Dem Wunsch von vielen Zuhörern<sup>1</sup> folgend werden mit dieser Ausarbeitung einzelne Vorträge zu o.a. Thematik zusammengefasst. Die Ausarbeitung richtet sich hauptsächlich an Interessierte, die üblicherweise nicht mit den Details des Emissionshandels, des EEG und des Strommarktes vertraut sind.

### Zusammenfassung

- Durch das europäische Emissionshandelssystem wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß geldlich bewertet und begrenzt. Dadurch setzt sich für die CO<sub>2</sub>-Einsparung immer die wirtschaftlich beste Maßnahme durch, um das Einsparziel zu erreichen.
- Durch das europäische Emissionshandelssystem kann am effektivsten CO<sub>2</sub> eingespart werden. Soll mehr CO<sub>2</sub> eingespart werden, sind auf EU-Ebene die Ziele zu senken.
- Allein durch das Absenken der Anzahl der Zertifikate bei den wöchentlichen Versteigerungen um 10 % könnten in Deutschland 16 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden.
- Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und den damit verbundenen Bau von Windrädern wird kein CO<sub>2</sub> eingespart.  
Der Ausstoß wird nur verlagert, von Gas auf Kohle, von der Stromindustrie in andere Sektoren, von Deutschland in andere EU-Länder.
- Das EEG sorgt nicht für mehr Klimaschutz, sondern macht ihn deutlich teurer.



<sup>1</sup> Zur besseren Lesbarkeit wird nur ein Geschlecht benutzt.

# Inhalt

Zusammenfassung.....	1
Inhalt.....	2
1 Einleitung.....	3
2 Warum soll CO <sub>2</sub> eingespart werden? .....	4
3 Emissionshandel .....	5
3.1 Warum Emissionshandel? .....	5
3.2 Wo kommen die Zertifikate her? .....	6
3.3 CO <sub>2</sub> -Entwicklung in Europa.....	7
3.4 Fallbeispiel.....	9
4 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	11
5 Vergleich Kohle- mit Gaskraftwerk .....	12
5.1 Brennstoff Kohle und Gas .....	12
5.2 Auswirkungen auf den Kraftwerkseinsatz.....	13
6 Ersatz eines Kohle-Kraftwerks .....	17
7 Misslungene Ansätze zur Verringerung der CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	18
8 Ansatz zur Verringerung der CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	20
8.1 Backloading und Stabilitätsreserve.....	20
8.2 Europa weite Einsparmöglichkeit von CO <sub>2</sub> .....	22
8.3 Einsparmöglichkeit von CO <sub>2</sub> auf nationaler Ebene.....	23
9 Zusammenspiel .....	24
10 Abkürzungsverzeichnis.....	25
11 Literaturhinweise .....	26

# 1 Einleitung

Im Allgemeinen sind die Begriffe Energiewende, regenerative oder erneuerbare Energien, Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung positiv belegt. Daher werden Fragen wie

- Wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) CO<sub>2</sub> eingespart?
- Wird CO<sub>2</sub> eingespart, wenn ein altes Kohlekraftwerk durch viele Windräder ersetzt wird?
- Wird CO<sub>2</sub> eingespart, wenn ein altes Kohlekraftwerk durch viele Blockheizkraftwerke ersetzt wird?

spontan oft mit ja beantwortet.

Bei der Frage

- Wird durch das europäische Emissionshandelssystem (Emission Trading System, ETS) CO<sub>2</sub> eingespart?

reagieren die Zuhörer schon skeptischer.

Wie hängt dies alles aber tatsächlich zusammen? Dies soll hier näher beleuchtet werden.

## 2 Warum soll CO<sub>2</sub> eingespart werden?

Von Wissenschaftlern weltweit wird angenommen, dass der Anstieg der Konzentration von Kohlendioxid, chemische Formel CO<sub>2</sub>, zur globalen Erwärmung beiträgt.

Auch andere Treibhausgase wirken ähnlich. Zu den Treibhausgasen gehören auch Lachgas (N<sub>2</sub>O), Methan (CH<sub>4</sub>) und teilfluorierte und perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>)<sup>2</sup>. Man spricht daher üblicherweise von CO<sub>2</sub> äquivalenten Emissionen oder Treibhausgas-Emissionen, hier in dieser Ausarbeitung kurz CO<sub>2</sub>-Emissionen genannt. Lachgas ist etwa 300 mal, Methan etwa 25 mal schädlicher als CO<sub>2</sub>.

Im nachfolgenden Bild ist eine gewisse Ähnlichkeit im Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und der Temperatur in der Antarktis zu erkennen.<sup>3</sup>

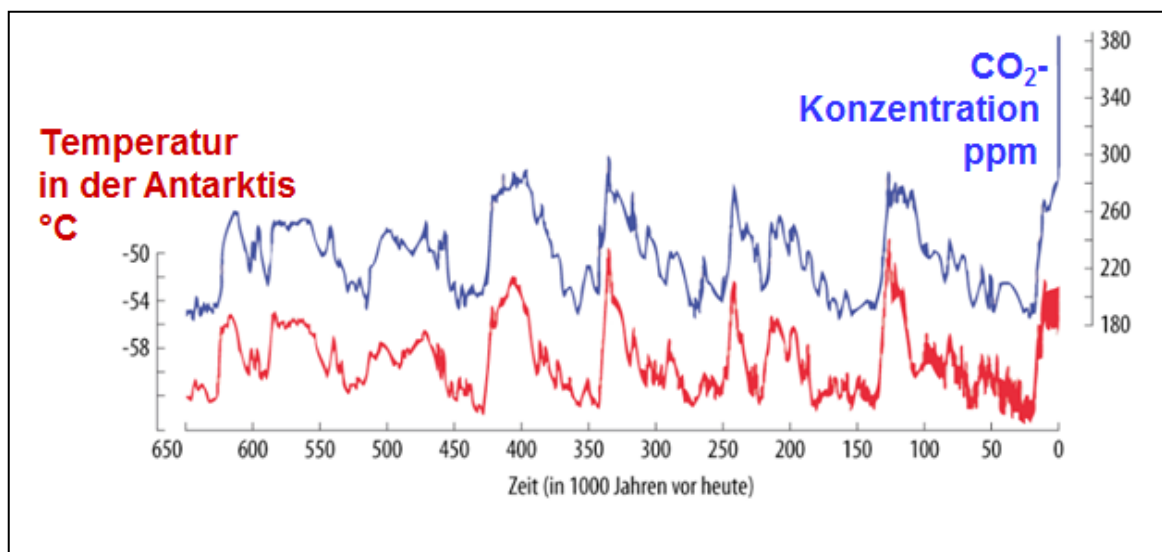


Bild 1: Der ähnliche Kurvenverlauf lässt einen Zusammenhang zwischen der Treibhausgas-konzentration und der Temperaturänderung vermuten.<sup>1</sup>

Steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration, steigt auch die Temperatur. Sinkt die CO<sub>2</sub>-Konzentration, sinkt auch die Temperatur wieder. Wissenschaftler befürchten, dass der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre zu einem globalen Temperaturanstieg führt, der in einer Klimakatastrophe enden könnte. Zur Gegenwart hin steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration auf inzwischen 400 ppm. Auch wenn die globale Temperatur zur Zeit diese Steigerung noch nicht mitmacht, scheint es geboten zu sein, den Ausstoß an CO<sub>2</sub> zu drosseln, zu verlangsamen oder umzukehren.

Schließlich hatte man sich im sog. Kyoto-Protokoll 1997 und zuletzt auf der Umweltschutzkonferenz in Paris 2015 darauf verständigt, dem Klimawandel etwas entgegenzusetzen. Man wollte den CO<sub>2</sub>-Ausstoß beschränken, in einzelnen Ländern sogar verringern.

<sup>2</sup> § 3 TEHG

<sup>3</sup> Quelle: IPCC (2007), Nach: Latif, M. (2007): Wie stark ist der anthropogene Klimawandel?, in: Müller, M., U. Fuentes/H. Kohl (Hrsg.: Der UN-Weltklimareport. Berichte über eine aufhaltsame Katastrophe. Kiepenheuer und Witsch, Köln, S. 186-189)

### 3 Emissionshandel

#### 3.1 Warum Emissionshandel?

Wie kann man am besten den CO<sub>2</sub>-Ausstoß beschränken? Wie kann man am besten Anreize schaffen, die Verbrennung von fossilen Stoffen zu vermindern? Man muss dem CO<sub>2</sub> einen Preis geben. Man muss CO<sub>2</sub> wirtschaftlich bewerten. Die Schädigung der Umwelt muss etwas kosten. Wer viel CO<sub>2</sub> in die Luft bläst, soll viel bezahlen, wer CO<sub>2</sub> einspart, soll Geld sparen. Dies führte zum CO<sub>2</sub>-Emissionshandel.



In Europa haben sich die 28 EU Länder und die drei EFTA Staaten Island, Liechtenstein und Norwegen zu einem gemeinsamen Markt für den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel zusammengeschlossen (siehe Bild 2).

Es wurde eine gemeinsame Obergrenze festgelegt, wie viel CO<sub>2</sub> in Europa in den bestimmten Industriesektoren ausgestoßen werden darf. Für jedes Jahr eine eigene Zahl.

- 2013 maximal 2,084 Mrd. Tonnen
- 2014 maximal 1,648 Mrd. Tonnen
- 2015 maximal 1,712 Mrd. Tonnen usw.

Diese Zahlen sind im EU-Regelwerk festgelegt. Sie sind damit Gesetz.

Bild 2: Europäische Länder im Emissionshandel

Warum ab 2015 die erlaubten CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder ansteigen, wird in Kap. 8 erläutert.

Wichtig ist, dass die Zahl an CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich europaweit begrenzt (gedeckt) ist.

Diese Obergrenze nennt man **= Cap**

Innerhalb dieser Gemeinschaft können CO<sub>2</sub>-Zertifikate gekauft und verkauft werden **= Trade**

Mit dem Element Trade kommt der wirtschaftliche Aspekt, der Preis für die Umweltschädigung, ins Spiel. Durch Cap and Trade (Deckel/Verknappung und Handel) bleiben die CO<sub>2</sub>-Zertifikate ein begehrter Artikel, für den bezahlt werden muss.

Wer gehört nun zu den Sektoren, die unter die Bestimmungen des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels fallen?

Es sind die großen Energieerzeugungsanlagen (Strom- und Wärmeerzeuger), es sind die Anlagen der chemischen Industrie, Raffinerien aber auch Zement-, Klinker- und Stahlhersteller. Anlagen, die eine Feuerungswärmeleistung größer 20 MW (20.000 kW) besitzen, gehören dazu. Wenn man also gedanklich 2.000 normale Hausheizungen zusammenfasst zu einer Anlage, würde man dem CO<sub>2</sub>-Emissionshandel unterliegen und müsste für seine Heizung CO<sub>2</sub>-Zertifikate kaufen.

### 3.2 Wo kommen die Zertifikate her?

Wo bekommen nun die Industrieunternehmen die Zertifikate her, die sie für ihre emittierte CO<sub>2</sub>-Menge abgeben müssen und an wen müssen sie abgeben?

Im nachfolgenden Bild ist der Weg der Zertifikate nachgezeichnet. Die Zertifikate gibt der Staat aus. Deutschland bekommt von der EU jährlich eine exakte Menge zugeteilt. Das Umweltbundesamt und dort die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) ist bei uns die zuständige Behörde (§ 19 TEHG). Einen kleinen Teil gibt sie nach strengen Regeln kostenlos aus. Dies soll verhindern, dass wichtige Industrie ins Ausland abwandert. Für den größeren Teil der Anlagen, z. B. für alle Stromerzeuger versteigert der Staat die Zertifikate an der Börse. Dort werden sie dann auch gehandelt. Hat jemand zu wenig oder zu viele Zertifikate, kann er dort kaufen oder verkaufen.

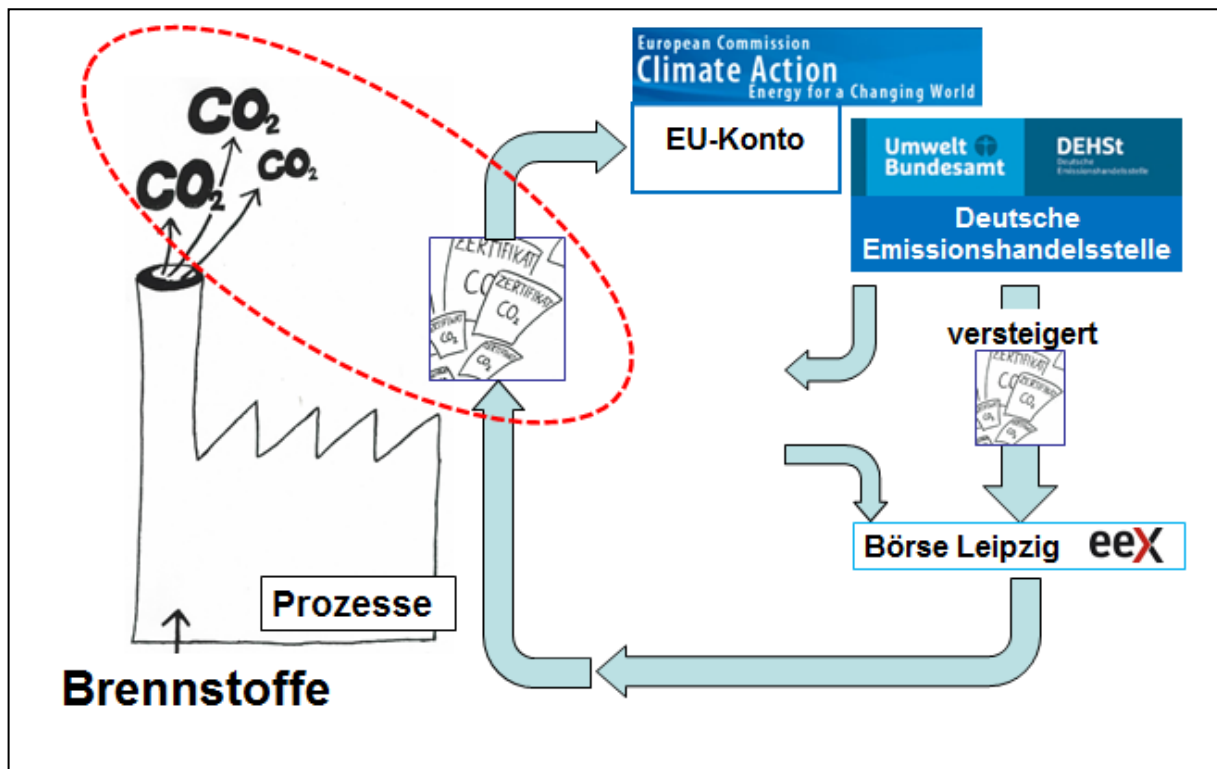


Bild 3: Prinzip des CO<sub>2</sub>-Zertifikate-Kreislaufs. Die maximale Zahl ist jährlich von der EU festgelegt.

In den Firmen und Industrien wird genau Buch geführt, wie viel Brennstoff verbraucht wird oder welche Prozesse CO<sub>2</sub> ausstoßen. Dies wird durch die Behörde oder beauftragte Verifizierer nachgeprüft, vergleichbar einer jährlichen Steuerprüfung. Einige Firmen messen auch das CO<sub>2</sub> direkt.

Nach Abschluss eines Jahres sind dann exakt so viele Zertifikate abzugeben, wie Brennstoff verfeuert und CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben wurde. Wenn über Prozesse CO<sub>2</sub> entsteht, z. B. in der Zement-Industrie oder CO<sub>2</sub> äquivalente Emissionen in der chemischen Industrie, ist auch dies zu berücksichtigen.

Die CO<sub>2</sub>-Zertifikate werden auf ein EU-Register (EU-Konto) abgegeben, vergleichbar einer Überweisung bei der Bank. Wird eine zu kleine Menge Zertifikate oder werden gar keine Zertifikate

abgegeben, werden hohe Strafen fällig.<sup>4</sup>. Dies stellt sicher, dass der Deckel (= Cap) eingehalten wird. Die Vergangenheit hat dies auch bewiesen.

### 3.3 CO<sub>2</sub>-Entwicklung in Europa

Die nachfolgende Grafik zeigt den Verlauf der CO<sub>2</sub>-Entwicklung in Europa seit 1990 und die Ziele, die bis 2050 erreicht werden sollen. Auf die Details wird hier nicht eingegangen.

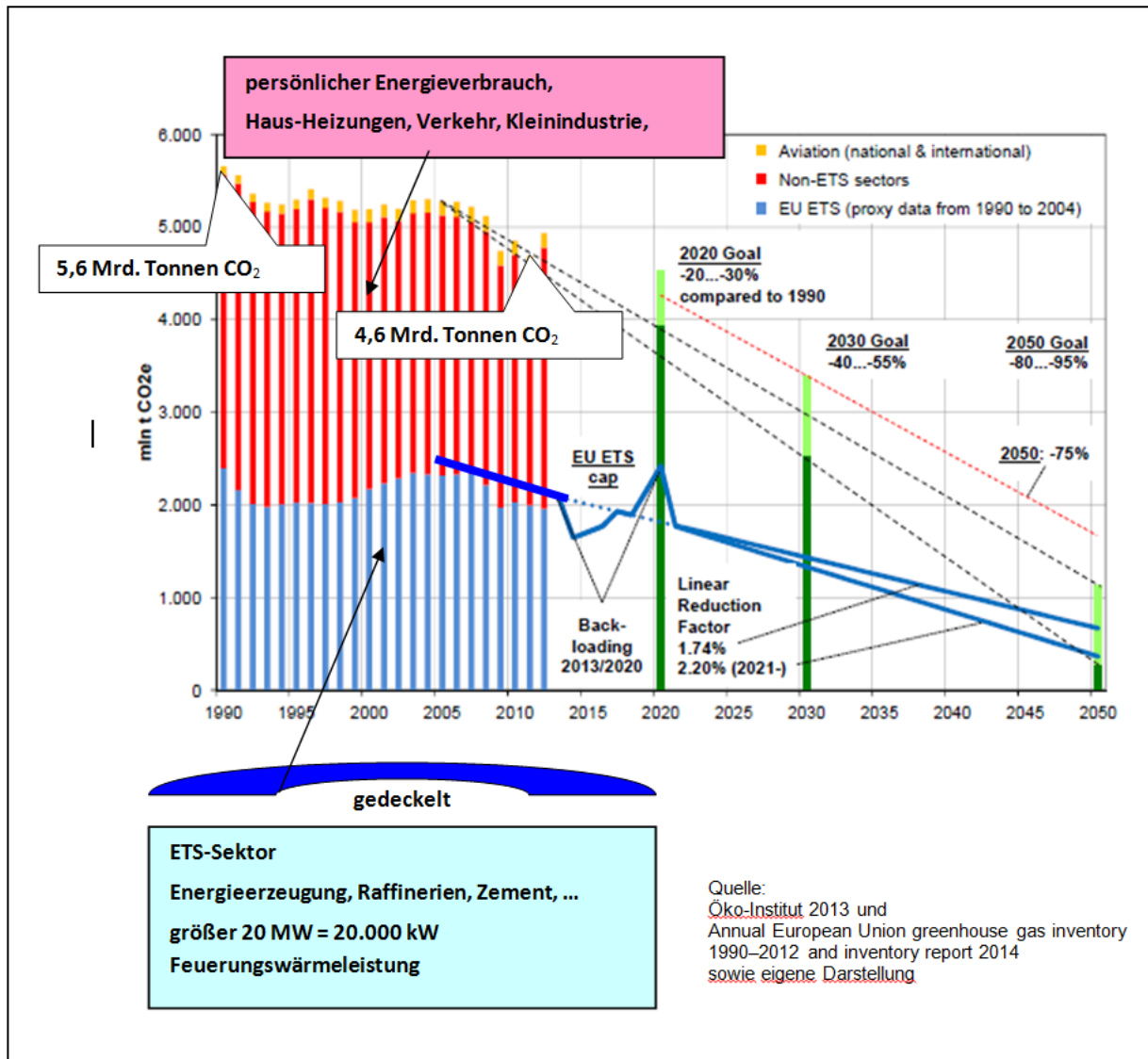


Bild 4: CO<sub>2</sub>-Entwicklung in Europa

Wesentlich sind zwei Bereiche. Oben rot dargestellt, der persönliche Bereich mit Gebäudeheizung, Warmwasser, Verkehr sowie Kleinindustrie, Kleinbetriebe usw. Darunter der Sektor, der dem Emissionshandel (ETS) unterliegt, mit Energieerzeugung, Anlagen der chemischen Industrie, Raffinerien, Zement-, Klinker- und Stahlherstellern usw.

<sup>4</sup> § 30 TEHG

In Europa wurde im Jahr 1990 noch eine CO<sub>2</sub>-Menge von rund 5,6 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Inzwischen ist der Ausstoß schon auf rund 4,6 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> zurückgegangen. Die Gesamtzahl wird auch künftig immer etwas schwanken, da die Konjunktur und insbesondere ein kalter Winter diese Zahlen stark beeinflussen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass mehr als die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem persönlichen Bereich, also dem Nicht-ETS-Sektor kommt, etwas weniger als die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen stammt aus dem ETS-Sektor. Nur dieser untere Bereich, der ETS-Sektor, ist gedeckelt. Wie zu erkennen ist, wurde die Beschränkung eingehalten (blaue Linie Bild 4). Im Jahr 2013 waren es exakt 2.084.301.856 Tonnen.<sup>5</sup>

Fazit: Der Emissionshandel ist durch die Elemente Cap and Trade bestimmt. Durch den Deckel (Cap) ist die maximale CO<sub>2</sub>-Menge vorgegeben. Der Deckel wird in Schritten gesenkt oder die Emissionen werden zumindest begrenzt. Durch das Element Handel (Trade) wird CO<sub>2</sub> preislich bewertet. Dadurch wird immer zuerst diejenige Verbesserung auf dem Markt durchgesetzt, die sich wirtschaftlich am besten darstellt. Das Besondere dabei ist: Es funktioniert ganz ohne Subventionen.

Es bleibt festzuhalten: Durch das europäische Emissionshandelssystem (ETS) werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen begrenzt und können sogar gesenkt werden.

Betrachtet man die Kurven genauer, ist zu erkennen, dass man in den Jahren 2014 bis 2016 eine gewisse CO<sub>2</sub>-Menge aus dem Markt genommen hat (900 Mio. Tonnen) und diese in 2019 und 2020 dem Markt wieder zuführen will. Dies ist unter dem Begriff Backloading bekannt. Dadurch sollte der aktuelle CO<sub>2</sub>-Preis angehoben werden. 2012/2014 gab es Gespräche auf EU-Ebene, aus dem Backloading ein echtes Shortening (= Kürzung) zu machen oder diese Menge oder eine vergleichbare einer Marktstabilitätsreserve zuzuführen. Dies würde dann zu einer weiteren Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate und damit zu einer echten Einsparung von CO<sub>2</sub> führen. Auf die Einzelheiten wird in Kap. 8 weiter eingegangen.

Wer noch mehr erfahren möchte, findet Informationen unter

<http://www.eu-infothek.com/article/die-marktstabilitaetsreserve-mechanismus-soll-co2-handel-aufpaepeln>  
und

<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/hendricks-deutschland-dringt-in-bruessel-auf-schaerfere-reform-des-emissionshandels/> im Internet.

---

<sup>5</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index_en.htm)



### 3.4 Fallbeispiel

Betrachten wir nun ein Fallbeispiel. Zwei verschiedene Firmen (Firma A und Firma B) stellen irgendwelche Produkte her oder erzeugen Strom oder Wärme. Dafür benötigen sie Energie und stoßen im Jahr je 5.000 Tonnen CO<sub>2</sub> aus. Dafür brauchen sie die entsprechende Anzahl CO<sub>2</sub>-Zertifikate, zusammen also 10.000 Stück. Nun wird über die Vorgaben des Emissionshandels die Anzahl der Zertifikate begrenzt auf beispielsweise 9.000.

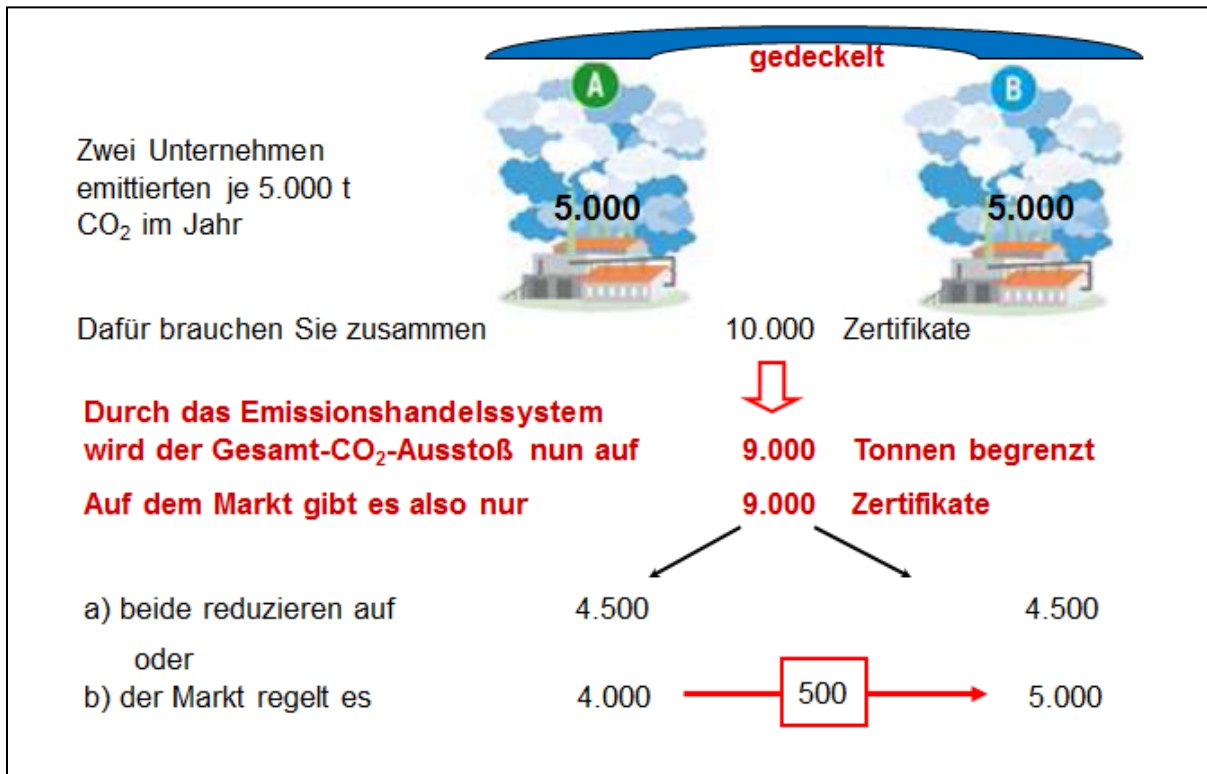


Bild 5: Fallbeispiel, zwei Firmen im Emissionshandel

Die Firmen haben zwei Möglichkeiten:

- Beide drosseln ihre Produktion, sparen dadurch Energie ein und reduzieren ihre Emissionen auf je 4.500 Tonnen, zusammen also 9.000 Tonnen. Damit wären die Vorgaben eingehalten, EU-weit würden 1.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart.
- Der Markt regelt dies. **Firma A** investiert in neue Technologie, baut verbesserte Brenner ein, installiert ein Wärmerückgewinnungssystem oder erfindet etwas ganz Neues. Um die gleiche Anzahl an Produkten herzustellen wie vorher, emittiert die Firma A jetzt nur noch 4.000 Tonnen CO<sub>2</sub>, braucht also auch nur noch 4.000 Zertifikate. Die 500 (im Vergleich zu 4.500), die sie nun nicht mehr braucht, fordert sie nicht auf dem Markt ab oder kann sie verkaufen, falls sie bereits in Besitz von Zertifikaten ist. Bei **Firma B** ist der Prozess anders. Diese kann vielleicht nicht so leicht optimieren. Für sie ist es billiger, Zertifikate auf dem Markt zu kaufen, statt eine teure Investition zu tätigen.

Zusammen aber haben sie das Ziel erreicht, insgesamt stoßen sie statt 10.000 nur noch 9.000 Tonnen CO<sub>2</sub> aus. Nach diesem Prinzip funktioniert der Emissionshandel, Cap and Trade.

Dass dies auch konkret funktioniert, soll ein Beispiel aus der chemischen Industrie zeigen [2].

Durch den Einbau von Katalysatoren in der Adipin- und Salpetersäureherstellung konnten die Lachgas-Emissionen relativ kostengünstig gesenkt werden (Bild 6). Dies ist insbesondere ein schönes Beispiel, weil Lachgas (N<sub>2</sub>O) etwa drei hundert mal schädlicher ist als CO<sub>2</sub>. Es wurden von 2009 bis 2013 rund 10 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart.

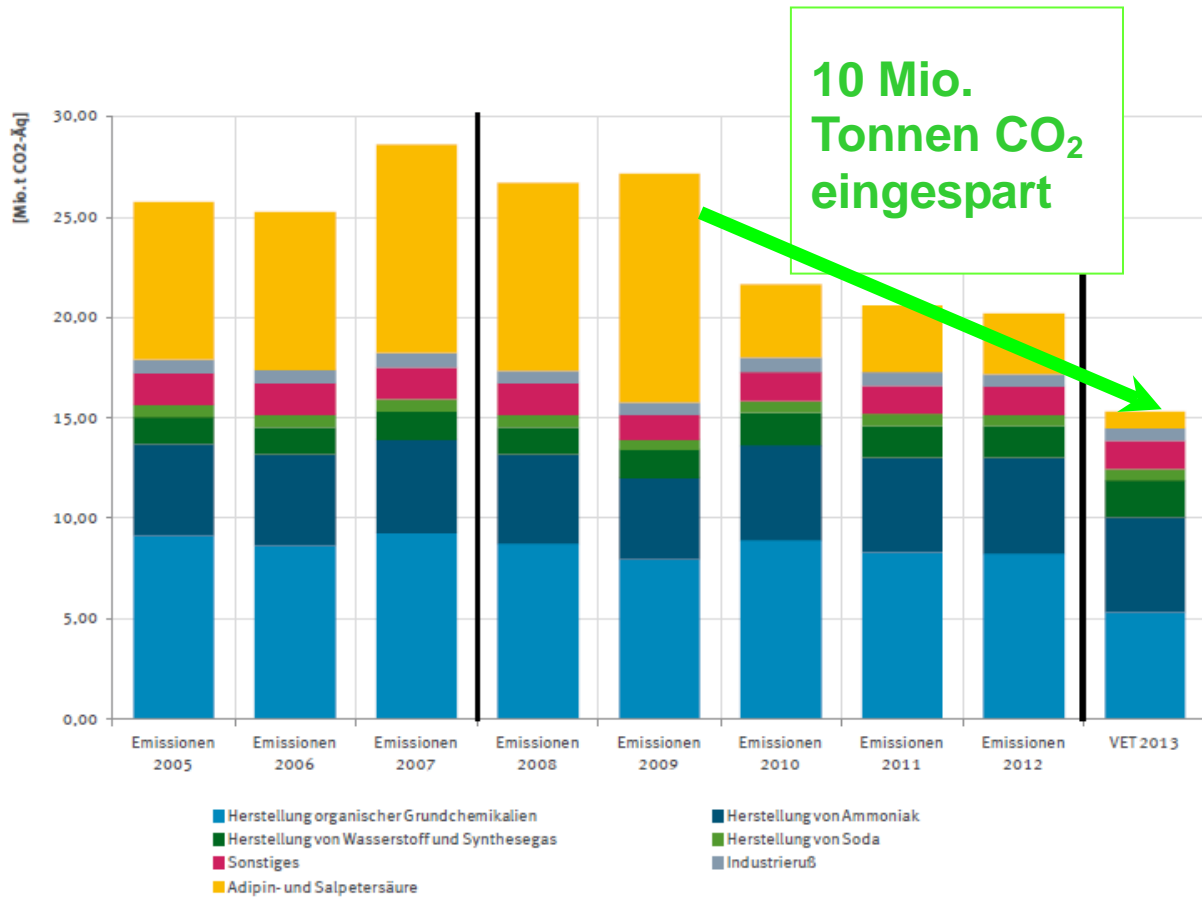


Bild 6: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente in der chemischen Industrie in Deutschland  
Quelle: UBA VET-Bericht 2013

Zusammenfassend kann also gesagt werden:

**Durch das europäische Emissionshandelssystem wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß begrenzt!  
CO<sub>2</sub> wird EU-weit eingespart.**

## 4 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

In Deutschland hatte man beschlossen, zusätzlich zum Emissionshandelssystem ein weiteres Instrument einzuführen. Die Grundlage für das heutige Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wurde im Jahr 2000 geschaffen.

Ziel des EEG war und ist es,

„... eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, ... fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“<sup>6</sup>

Das EEG regelt, wie viele Zuschüsse (Subventionen) die Betreiber erhalten.

Oder anders ausgedrückt: Es regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen und garantiert den Erzeugern eine feste Einspeisevergütung.

Ziel des EEG ist also nicht, CO<sub>2</sub> einzusparen. Wie wir später noch sehen werden, führt das EEG daher auch nur zur Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, **eine Einsparung von CO<sub>2</sub> ist systembedingt mit dem EEG nicht möglich.**

Weiterführende Informationen finden Sie auch im Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation, das am 26. Februar 2014 an die deutsche Bundesregierung übergeben wurde [5].

### Expertenmeinung zum EEG

Das Gutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation wurde am 26. Februar 2014 an die deutsche Bundesregierung übergeben  
(Foto: Bundesregierung/Sandra Steins).

„In der EU sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen für energieintensive Branchen durch ein Emissionshandelssystem gedeckelt, für das die Menge an Emissionsrechten festgeschrieben ist.“

„Der vom EEG induzierte verstärkte Ausbau erneuerbarer Energien in der deutschen Stromversorgung vermeidet europaweit keine zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern verlagert sie lediglich in andere Sektoren bzw. europäische Länder.  
Das EEG sorgt also nicht für mehr Klimaschutz, sondern macht ihn deutlich teurer.“

**Schlussfolgerung**  
„Die Expertenkommission kommt zu dem Schluss, dass das EEG weder ein kosteneffizientes Instrument für Klimaschutz ist noch eine messbare Innovationswirkung zu entfalten scheint.  
Aus diesen beiden Gründen ergibt sich deshalb keine Rechtfertigung für eine Fortführung des EEG.“

Quelle:  
<http://www.e-fi.de/gutachten.html>  
Seite 52.



Bild 7: Expertenmeinung zum EEG wird nicht gehört

Im nächsten Kapitel werden die direkten Auswirkungen des EEG aufgezeigt.

<sup>6</sup> § 1 EEG

## 5 Vergleich Kohle- mit Gaskraftwerk

### 5.1 Brennstoff Kohle und Gas

Kohle besteht überwiegend aus Kohlenstoff, chemisches Zeichen C. Bei der Verbrennung entsteht Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>. Wird ein „Stück“ Braunkohle mit einer Energieinhalt von einem MWh verbrannt, entstehen 400 kg CO<sub>2</sub>. Möchte man die Energie der Braunkohle für die Stromerzeugung nutzen, muss auch der Wirkungsgrad eingerechnet werden. Um eine elektrische Energie von einem MWh<sub>el</sub> zu erzeugen, entstehen also rund 970 kg CO<sub>2</sub>.

Erdgas weist einen großen Methangehalt (CH<sub>4</sub>) auf. Beim Verbrennen von Erdgas entsteht also weniger Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als bei reiner Kohle, dafür entsteht auch Wasser (H<sub>2</sub>O). In der Regel ist der Wirkungsgrad eines Gaskraftwerkes (z.B. Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk, GuD) besser als der eines Kohlekraftwerkes. Durch diese beiden Effekte führt die Erzeugung<sup>7</sup> von elektrischer Energie von einem MWh<sub>el</sub> nur zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von rund 400 kg.

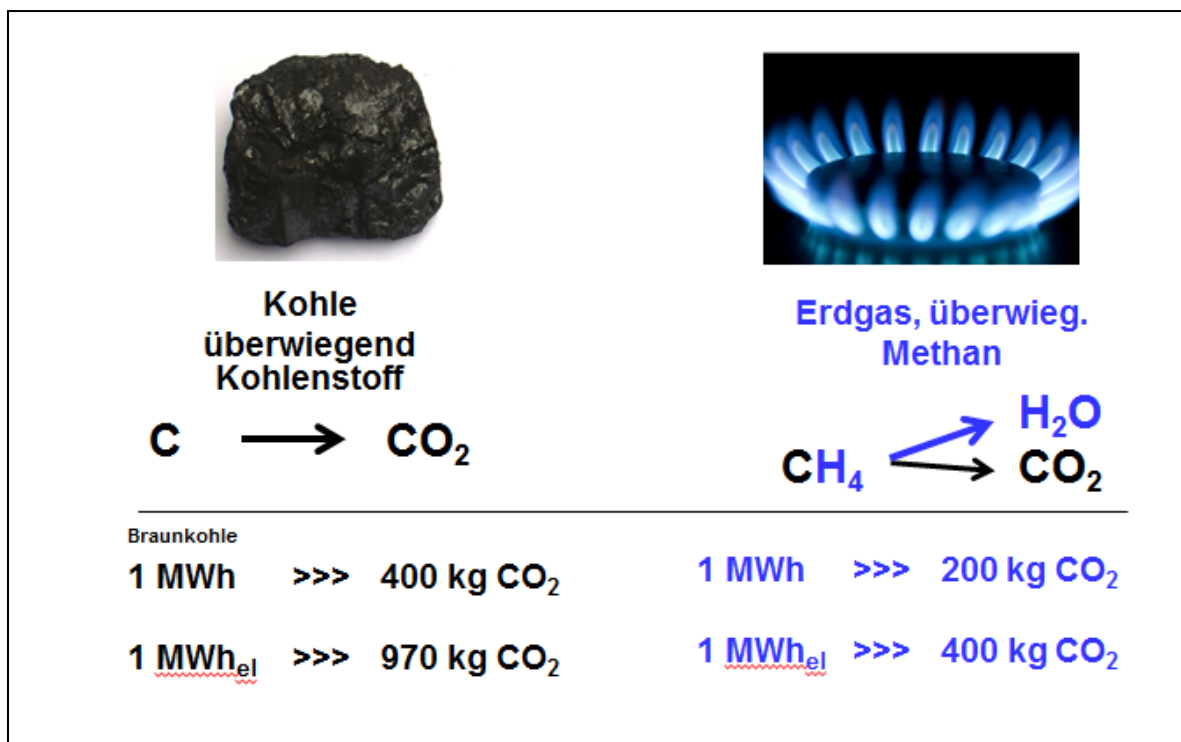


Bild 8: Vergleich CO<sub>2</sub>-Emission Kohle- und Gaskraftwerk

<sup>7</sup> Thermodynamisch kann Energie nicht erzeugt, sondern nur umgewandelt werden. Auf diese feinen Unterschiede wird aber hier nicht eingegangen.

## 5.2 Auswirkungen auf den Kraftwerkseinsatz

Was bestimmt nun, welche Kraftwerke wann eingesetzt werden und wie wirken sich das europäische Emissionshandelssystem (ETS) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf den Einsatz der Kraftwerke aus?

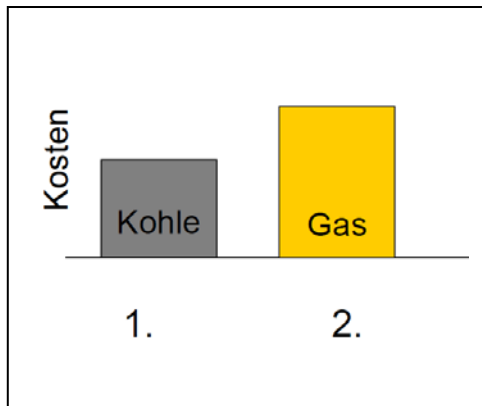


Bild 9: Einsatzreihenfolge ohne CO<sub>2</sub>-Kosten

Mit dem Emissionshandel kommen Kosten für das CO<sub>2</sub> dazu. Kohle besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff (C), während Erdgas einen sehr großen Methangehalt hat (CH<sub>4</sub>). Beim Verbrennen von Erdgas entsteht also weniger Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als bei reiner Kohle, dafür entsteht auch Wasser (H<sub>2</sub>O). Abhängig von Wirkungsgrad sind die CO<sub>2</sub>-Kosten bei Strom aus Kohle etwa doppelt so hoch wie aus Erdgas.

Um eine Einheit Strom zu erzeugen, braucht man eine gewisse Menge Brennstoff. Dieser Brennstoff verursacht Kosten.

Der Preis für eine Energieeinheit Kohle ist in der Regel günstiger als für eine Energieeinheit Gas. Kohlekraftwerke werden also zur Stromerzeugung zuerst eingesetzt. Erst wenn noch mehr Strom gebraucht wird, werden Gaskraftwerke eingesetzt. (Bild 9)

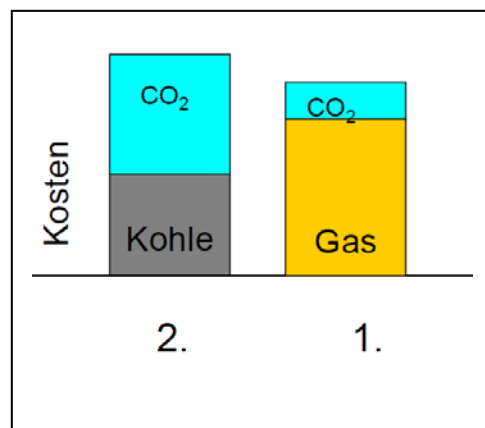


Bild 10: Einsatzreihenfolge mit CO<sub>2</sub>-Kosten

Bei hohem CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreis sind Gaskraftwerke billiger als Kohlekraftwerke, Gaskraftwerke werden also zuerst eingesetzt (Bild 10)

Wird viel CO<sub>2</sub> emittiert, steigt der CO<sub>2</sub>-Preis, da die maximale CO<sub>2</sub>-Menge EU-weit begrenzt ist (vgl. Angebot und Nachfrage regeln den Preis, Cap and Trade). Bei einem hohen CO<sub>2</sub>-Preis stellt sich automatisch ein Szenario gemäß Bild 10 ein.

Was passiert nun, wenn Windkraftanlagen viel Strom einspeisen?

Wenn Windkraftanlagen viel Strom einspeisen, müssen andere Kraftwerke zurückfahren. Genau das ist es eigentlich, was alle wollen.

Was passiert aber weiter?

Wenn konventionelle Kraftwerke zurückfahren, brauchen sie weniger Brennstoff, damit verbrauchen sie weniger CO<sub>2</sub>-Zertifikate. Wenn weniger CO<sub>2</sub>-Zertifikate gebraucht werden, werden diese weniger auf dem Markt nachgefragt, der Preis sinkt. Sinkt der Preis, sinken die CO<sub>2</sub>-Kosten bei Kohlekraftwerken stärker als bei Gaskraftwerken, irgendwann sind die Kohlekraftwerke wieder billiger als Gaskraftwerke. Kohlekraftwerke werden wieder zuerst eingesetzt. Strom kommt also

vermehrt aus Kohlekraftwerken. In Bild 9 kann man dies gut darstellen, wenn der CO<sub>2</sub>-Preis sich halbiert. Dann halbieren sich die CO<sub>2</sub>-Kosten bei der Kohle und es halbieren sich die CO<sub>2</sub>-Kosten bei Gas. Die Stromkosten aus Kohle sind wieder günstiger als aus Gas. Die Kohlekraftwerke werden wieder zuerst eingesetzt.

Da EU-weit die Anzahl der CO<sub>2</sub>-Zertifikate konstant bleibt, wird durch die Einspeisung von Strom aus Windkraft kein CO<sub>2</sub> eingespart, es wird lediglich verlagert. Im betrachteten Fall von Erdgas- auf Kohlekraftwerke. Auf ganz Europa bezogen findet die Verlagerung statt von Erdgas auf andere Industrien, auf andere Länder, also von Deutschland auf Tschechien, Polen, Frankreich, Spanien usw. Ergebnis ist, dass dadurch beispielsweise ein Kohlekraftwerk in Spanien mehr läuft und ein neues Projekt „Strom aus einem Solarkraftwerk“ sich nicht rechnet.

Die Zusammenhänge werden auch deutlich in der folgenden Grafik.

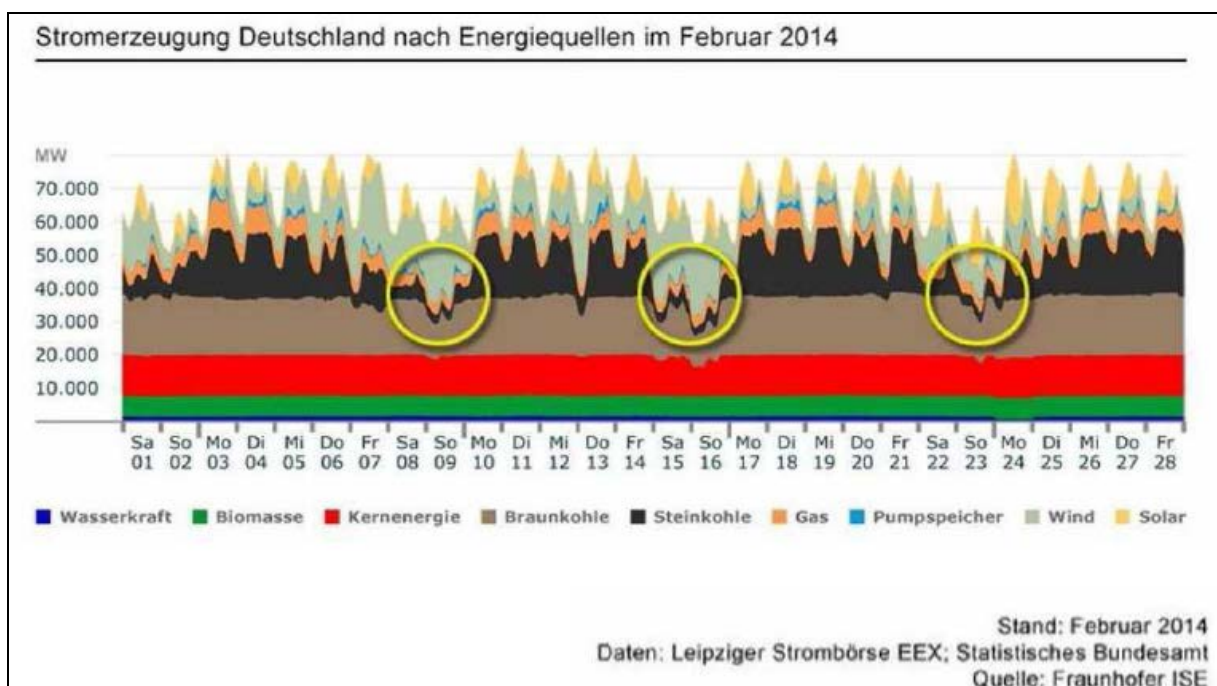


Bild 11: Auswirkungen Wind und Photovoltaik auf den Kraftwerkseinsatz  
weitere Quellen: siehe auch [www.pv-fakten.de](http://www.pv-fakten.de) und BWK 66 (2014)Nr. 1/2

In Bild 11 ist dargestellt, welche elektrische Leistung in Deutschland im Februar 2014 gebraucht, wieviel Strom also verbraucht wurde. An der obersten Linie erkennt man die Schwankungen, wie sie sich im Tagesablauf ergeben. Nachts verbrauchen Haushalte und Industrie weniger Strom, die Kurve geht nach unten. Ab morgens ca. 6:00 Uhr steigt der Verbrauch kontinuierlich an, abends sinkt er wieder ab. Wir erkennen die Werkzeuge mit hoher Leistung um die 70.000 bis 80.000 Megawatt (MW) und die Wochenenden mit der Spitze unter 70.000 MW.

Da man Strom nicht speichern kann, muss immer genau so viel erzeugt werden, wie verbraucht wird. Wo der Strom herkommt, zeigen die verschiedenen Farben. Die untere blaue Linie (Bild 11) ist die Wasserkraft aus Laufwasserkraftwerken (Flüssen). Darüber der Strom aus Biomasseanlagen, die bevorzugt einspeisen dürfen. Darüber in rot der Strom aus Kernkraftwerken, darüber in braun die Braunkohlekraftwerke. Strom aus Steinkohlekraftwerken ist schwarz dargestellt, darüber Strom aus

Gaskraftwerken in orange. Um Lastspitzen abzudecken, sind auch Pumpspeicherkraftwerke einzusetzen. Diese sind im hellen blau dargestellt. Darüber in grün-grau der Strom aus Windkraftanlagen und ganz oben der Strom aus Photovoltaikanlagen (Solarstrom) in gelb.

Weht wenig Wind, wie beispielsweise am 03. und 04. Februar oder am 10., 17. und 26. Februar müssen viele Steinkohle- und Gaskraftwerke den Strom erzeugen, was an dem dicken schwarzen und dem orangefarbenen Bereich zu erkennen ist.

Weht der Wind stärker, wie z. B. an den Wochenenden 09. und 15./16. Februar, fahren zuerst die Gaskraftwerke zurück, die orangefarbene Linie wird dünner, aber auch die Steinkohlekraftwerke fahren zurück und erzeugen weniger Strom. Da immer noch zu viel Strom durch Wind- und Solaranlagen zur Verfügung steht, fahren auch die Braunkohlekraftwerke zurück und erzeugen weniger Strom. Sogar Kernkraftwerke müssen zurückfahren, siehe Einbruch in der roten Linie.

Dann lässt der Wind wieder nach und alle Kraftwerke fahren hoch, deutlich zu sehen von Sonntag, 16. Februar auf Montag, 17. Februar. Dieses Wechselspiel findet ständig statt.

Auf den ersten Blick könnte man meinen, das Zurückfahren der Kraftwerke hat ja Brennstoff gespart und damit CO<sub>2</sub>. Ja, Brennstoff wurde gespart (Dass die Kraftwerke in Teillast einen schlechteren Wirkungsgrad haben, lassen wir hier unberücksichtigt). Damit wurde von diesen Kraftwerken weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Für diese Menge CO<sub>2</sub> müssen die Kraftwerke weniger CO<sub>2</sub>-Zertifikate auf dem Markt nachfragen. Da die Menge an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten EU-weit festgelegt ist, können diese nicht nachgefragten Zertifikate von anderen Industrien in Deutschland oder in anderen EU-Ländern gekauft werden. Dort muss dann kein CO<sub>2</sub> eingespart werden. Wie wir weiter vorne schon erkannt haben, kann ein Kohlekraftwerk in Spanien dadurch billiger eingesetzt werden, die Investition in ein Solarkraftwerk rechnet sich nicht mehr. Wollen wir das wirklich?

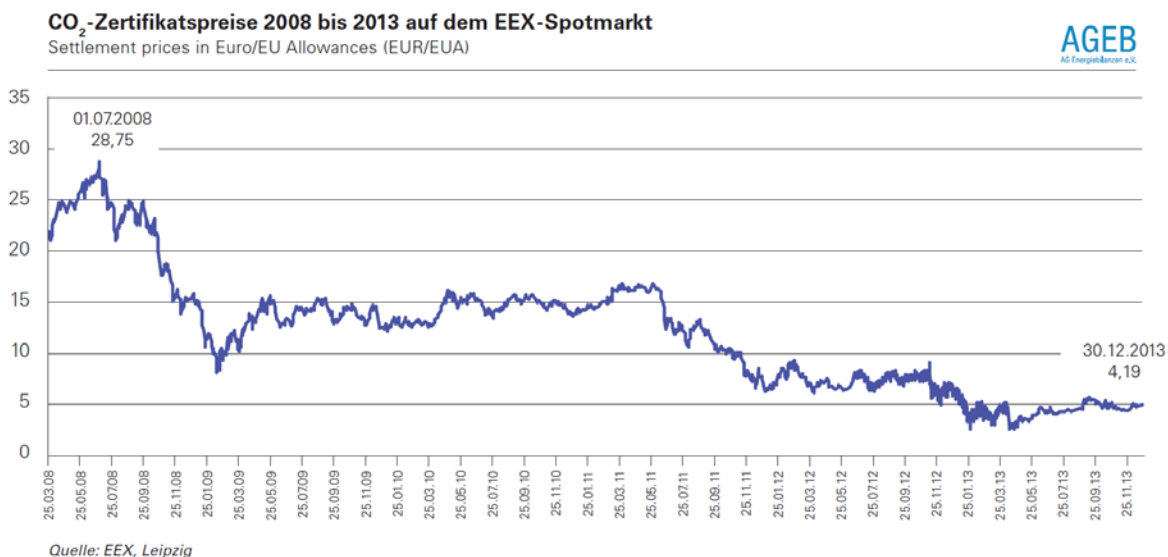


Bild 12: Windkraft und Photovoltaik tragen mit dazu bei, dass der Preis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate kontinuierlich fällt, 2014 bis 2016 schwankt er um die 5 bis 7 Euro.

So tragen die Windkraft- und Solaranlagen mit dazu bei, dass der Preis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate kontinuierlich sinkt (Bild 12). Der Einsatz neuer Techniken um CO<sub>2</sub> einzusparen, rechnet sich nicht

mehr. CO<sub>2</sub> wird nicht gespart, sondern verlagert, von Erdgas auf Kohle, von Stromerzeugern auf andere Industrien, von Deutschland auf andere europäische Länder.

**Wir erkennen, dass die Einspeisung von Strom aus Windkraft- und Solaranlagen nur zu einer Verlagerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. CO<sub>2</sub> wird durch Windkraft- und Solaranlagen nicht eingespart.**



## 6 Ersatz eines Kohle-Kraftwerks

Wie wir in Kapitel 5 gesehen haben, sparen Wind- und Solaranlagen kein CO<sub>2</sub> ein, sie verlagern nur den Ausstoß. Nun steht noch die Frage aus: Kann man CO<sub>2</sub> einsparen, wenn ein altes Kohlekraftwerk durch neue, moderne Blockheizkraftwerke (BHKW) ersetzt wird?

Ein altes Kohlekraftwerk, es kann auch ein Heizkraftwerk sein, verbraucht Steinkohle und erzeugt Strom. Ist es ein Heizkraftwerk, erzeugt es auch Fernwärme. Für den ganzen Prozess emittiert es im Jahr 1.000.000 Tonnen CO<sub>2</sub> (eine Million Tonnen CO<sub>2</sub>).

Wird dieses Kohlkraftwerk stillgelegt, kauft es keine CO<sub>2</sub>-Zertifikate auf dem EU-Markt ein. Die Zertifikate können von anderen Industriezweigen oder von anderen Ländern in der EU aufgekauft werden. Die EU-weit festgelegte Menge an CO<sub>2</sub> bleibt konstant.

Nun werden als Ersatz für das Steinkohle-Kraftwerk neue, moderne Blockheizkraftwerke (BHKW) gebaut, etwa 200 Stück. Da die BHKW mit Erdgas betrieben werden und sicher auch einen besseren Wärmenutzungsgrad aufweisen, haben sie geringere Emissionen als das alte Steinkohle-Kraftwerk, in unserem Beispiel 300.000 Tonnen (0,3 Millionen Tonnen) CO<sub>2</sub>. Diese BHKW unterliegen nicht dem Treibhausgas-Emissions-Handelsgesetz (TEHG). Für diese BHKW müssen keine CO<sub>2</sub>-Zertifikate gekauft werden, die Emissionen fallen aber trotzdem an.

Da die Emissionen vom alten Steinkohle-Kraftwerk von anderen Marktteilnehmern verwendet werden, also trotzdem in die Atmosphäre gehen, die Emissionen der BHKW aber auch in die Atmosphäre entlassen werden, steigt insgesamt die CO<sub>2</sub>-Emission in Europa. Dies ist ein Effekt, den der normale Bürger nicht erwartet, es ist aber so.

Zusammenfassend kann man also sagen:

**Wird ein Kohlekraftwerk durch kleine BHKW ersetzt, steigt der Gesamt-CO<sub>2</sub>-Ausstoß.**

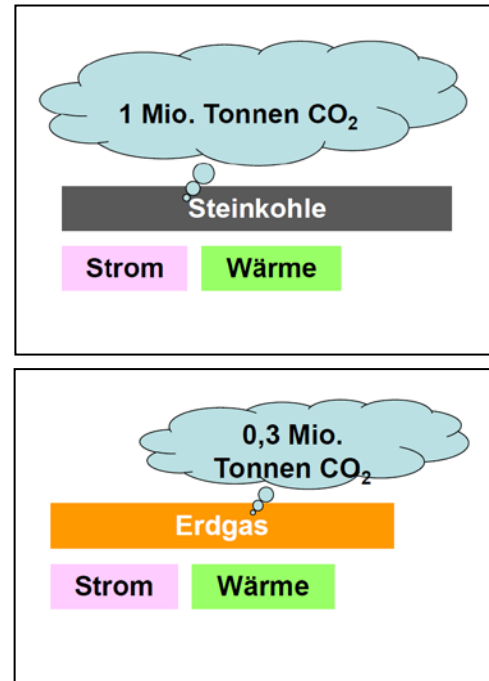


Bild 13: Steinkohle im Vergleich zu BHKW

## 7 Misslungene Ansätze zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Im Frühjahr 2015 wurde ein Vorschlag des Wirtschaftsministeriums diskutiert, der eine Klimaschutzabgabe für alte Kohlekraftwerke vorsah. Die zusätzliche Abgabe sollte wie ein Solidaritätszuschlag wirken.

### Klimaschutzabgabe, zusätzliche Kohleabgabe

SPIEGEL ONLINE WIRTSCHAFT

23.03.2015

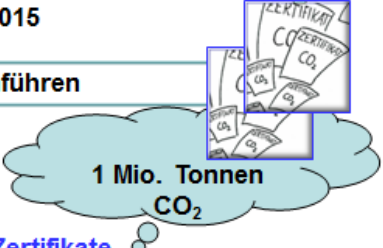
**Gabriel will neue Abgabe für alte Kohlemeister einführen**

**Was sollte die Klimaschutzabgabe für 20 Jahre alte Braunkohlekraftwerke bewirken?**

**Zu den üblichen Zertifikaten sollten zusätzliche Zertifikate abgeben werden.**  
D.h. es werden weitere Zertifikate vom Markt genommen. Diese Zertifikate sind für andere Marktteilnehmer nicht mehr verfügbar, werden also tatsächlich eingespart.

**Je mehr die alten Kraftwerke laufen, um so mehr CO<sub>2</sub> stoßen sie aus, um so mehr Zertifikaten nehmen sie vom Markt und um so mehr Zertifikate nehmen sie zusätzlich vom Markt.**

**Werden die Kraftwerke nicht betrieben, wird nichts eingespart.**



1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>

Bild 14: ursprünglich vorgesehene Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Es war fraglich, ob dieser Vorschlag überhaupt rechtskonform umsetzbar gewesen wäre, da er nur einzelne Kraftwerke bezogen auf das Alter und nicht auf Wirkungsgrad und Stand der Technik betroffen hätte. Die Wirksamkeit der Maßnahme war darüber hinaus fraglich, da die Kraftwerke aufgrund der höheren Kosten weniger betrieben worden wären, die Einsparung, wie in Bild 14 dargestellt, dann auf null gegangen wäre, eine vollkommen sinnlose Maßnahme. Sie wurde auch nicht umgesetzt.

Der nächste Vorschlag betraf die Sicherheitsbereitschaft (Bild 15). In der Pressemitteilung des BMWi wurde dargestellt, dass die Braunkohlekraftwerke eine Emissionsminderung von 11 bis 12,5 Mio. Tonnen erbringen. So wurde es dann auch in der Presse wiedergegeben. Für die Stromverbraucher bedeutete dies Zusatzkosten von 1,6 Mrd. Euro. Was bleibt aber vom Vorschlag übrig, wenn man ihn genau prüft? Da die Ausgabe von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten nicht gekürzt worden ist, bleibt die Zahl konstant. Die Einsparung ist also null, die Kosten aber bleiben.

Ein für den Klimaschutz unsinniger Vorschlag, der so beschlossen worden ist.

## Sicherheitsbereitschaft

**BMWi Pressemitteilung vom 24.10.2015**

„Braunkohlekraftwerke erbringen eine Emissionsminderung von 11 bis 12,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>“

**FAZ vom 26.10.2015**

Teilausstieg aus der Braunkohle besiegelt  
Der Ausstoß von bis zu 12,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> soll vermieden werden.  
Gesamtkosten 1,6 Mrd. Euro.

**Was bleibt vom Vorschlag der Sicherheitsbereitschaft übrig?**

<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung:</b>	<b>0,0</b>
<b>Kosten:</b>	<b>1,6 Mrd. Euro, werden dem Bürger mit der Stromrechnung aus der Tasche gezogen.</b>

Bild 15: Sicherheitsbereitschaft, kein Nutzen für das Klima, nur Kosten für den Bürger

## 8 Ansatz zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

### 8.1 Backloading und Stabilitätsreserve

Die Europäische Kommission hatte eine EU-weite Gesamtobergrenze für CO<sub>2</sub>-Emissionen festgelegt.

Diese beträgt im Jahr 2013

**2.084.301.856 t CO<sub>2</sub>.**

Die Menge wird jährlich, beginnend mit 2014, um 1,74 Prozent gesenkt.

Diese Obergrenze ist in den EU-Regularien festgelegt und damit Gesetz.<sup>8</sup>

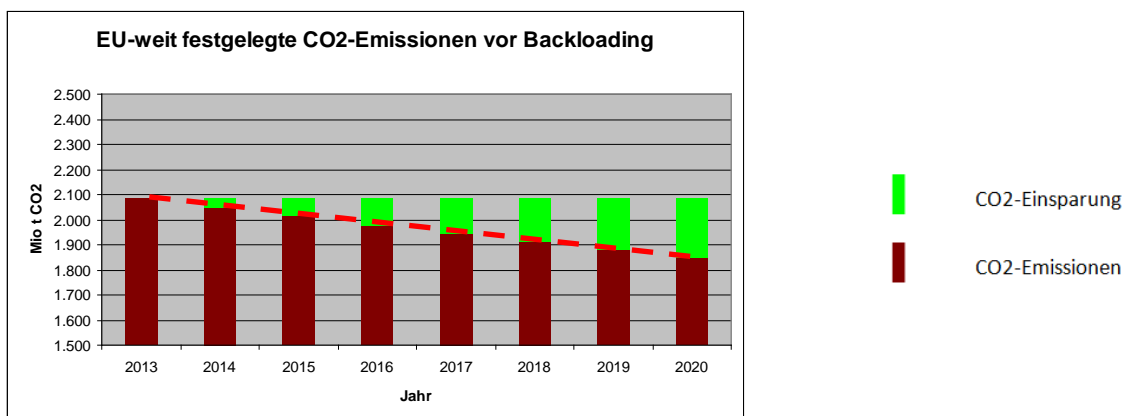


Bild 16: ursprünglich vorgesehene Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Da in den vergangenen Jahren bereits CO<sub>2</sub> eingespart wurde, werden auf dem Markt weniger Zertifikate nachgefragt als ursprünglich erwartet. Es sind auf dem Markt ausreichend CO<sub>2</sub>-Zertifikate verfügbar. Der Preis sackte daher in den letzten Jahren von über 20 auf unter 5 Euro pro Tonne ab (siehe Bild 12).

Auf EU-Ebene hatte man sich daher 2013 geeinigt, in den Jahren 2014 bis 2016 eine Menge von 900 Mio. Zertifikaten vom Markt zu nehmen und diese in den Jahren 2019 und 2020 wieder dem Markt zur Verfügung zu stellen (= Backloading). Im nachfolgenden Bild gelb eingekreist. Man hatte sich erhofft, dass dadurch der Preis für die CO<sub>2</sub>-Zertifikate steigt. Er blieb aber bei etwa 5 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>.

<sup>8</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm)

## Backloading von 900 Mio. Zertifikaten

von 2014 bis 2016

auf 2019 und 2020

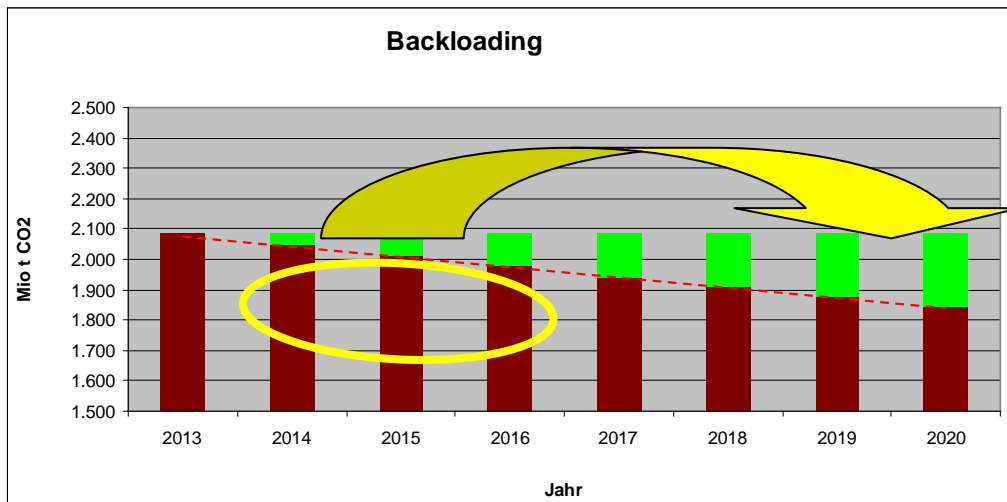


Bild 17: Vorgang des Backloading

Durch das Backloading ergab sich eine neue jährliche Verteilung (siehe nachfolgendes Bild 18).

In den Jahren 2014, 2015 und 2016 wird eine größere Menge CO<sub>2</sub> eingespart, in den Jahren 2019 und 2020 darf dafür wieder mehr emittiert werden. Die Gesamtmenge CO<sub>2</sub> von 2013 bis 2020 bleibt jedoch konstant, da dies in den EU-Regularien festgeschrieben ist.

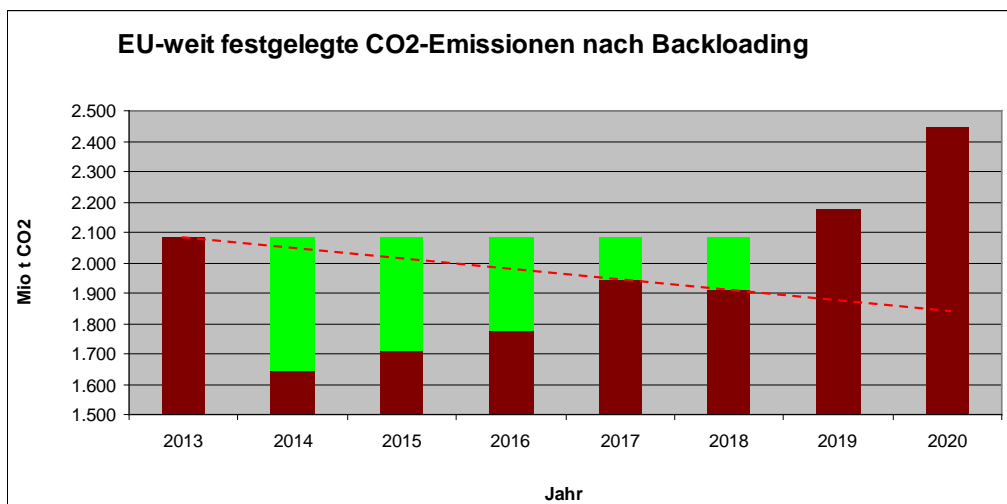


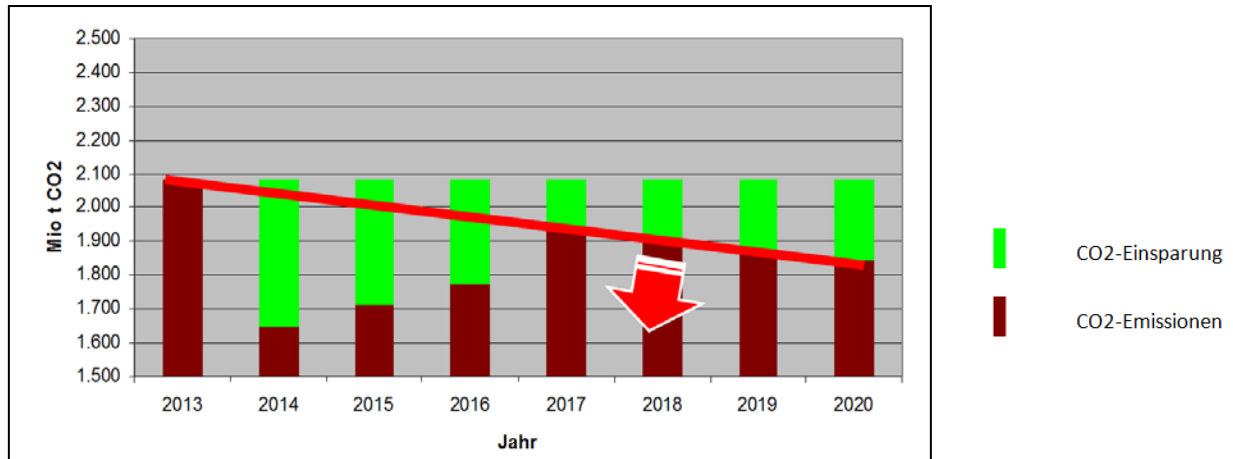
Bild 18: Erlaubte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Backloading.

In den Jahren 2019 und 2020 werden somit mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen erlaubt als im Startjahr der Handelsperiode 2013. Dass dieser Zustand unhaltbar ist, wurde selbst von Laien erkannt. Schließlich nahm man den Buckel von 900 Mio. Zertifikaten in den Jahren 2019 und 2020 wieder weg und verlagerte ihn in die sogenannte Stabilitätsreserve. Die erlaubte Menge CO<sub>2</sub> sinkt in den Jahre 2019 und 2020 auf die rot gestrichelte Linie.

## 8.2 Europa weite Einsparmöglichkeit von CO<sub>2</sub>

Um eine weitere CO<sub>2</sub>-Einsparung zu erreichen, müsste der Deckel (rote Linie) weiter nach unten verschoben werden. Die maximal erlaubten Emissionen müssten also stärker verringert werden.

Die politische Arbeit sollte auf diesen Sachzusammenhang konzentriert werden, damit wir in Europa zusätzlich CO<sub>2</sub> einsparen können.



Durch das europäische Emissionshandelssystem wird CO<sub>2</sub> eingespart (grüne Balken). Würde man die Obergrenze weiter nach unten verschieben, könnte in Europa eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Mengen eingespart werden. Mit dem Instrument „Emissionshandel“ rücken dann die wirkungsvollsten Maßnahmen in den Vordergrund, um die neuen Ziele zu verwirklichen.

Der Ausbau der regenerativen Energien führt lediglich zu einer Verschiebung der CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb Europas, nicht zu einer Einsparung.

### 8.3 Einsparmöglichkeit von CO<sub>2</sub> auf nationaler Ebene

Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) lässt über die Leipziger Börse wöchentlich CO<sub>2</sub>-Zertifikate versteigern. Es gibt von den regierenden Parteien keine Gesetzesinitiative, diese Menge zu reduzieren. Aufgrund EU-Recht darf die Deutschland zugewiesene Menge an CO<sub>2</sub> Zertifikaten nicht überschritten werden, eine Unterschreitung wäre durchaus möglich, wenn der gesetzliche Rahmen geschaffen wird. Zusätzlich zu den versteigerten Mengen werden auch kostenlose Zuteilungen an Betreiber vergeben, die z.B. dem Weltmarkt ausgesetzt sind und ohne kostenlose Zuteilung aus Europa abwandern würden. Stromerzeuger müsse alle Zertifikate ersteigern. Sie bekommen keine kostenlose Zuteilung.

Die Zahlen in Bild 20 zeigen, dass die DEHSt in den Jahre 2014 bis 2016 (und auch 2017) jeweils mehr CO<sub>2</sub>-Zertifikate ausgibt als im Vorjahr, die erlaubten CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen also und nehmen nicht ab. Da diese Zahlen festliegen, egal wie viele Windkraftanlagen irgendwo gebaut werden, kann durch den Bau von Windkraftanlagen keine Tonne CO<sub>2</sub> eingespart werden. Anders herum könnte man alle Windkraftanlagen abschalten, es würde keine Tonne CO<sub>2</sub> zusätzlich ausgestoßen werden.

Die im März 2016 durch die Presse veröffentlichte Meldung, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland gegenüber dem Vorjahr um rund 10 Mio. Tonnen gestiegen sind, hat also direkt damit zu tun.

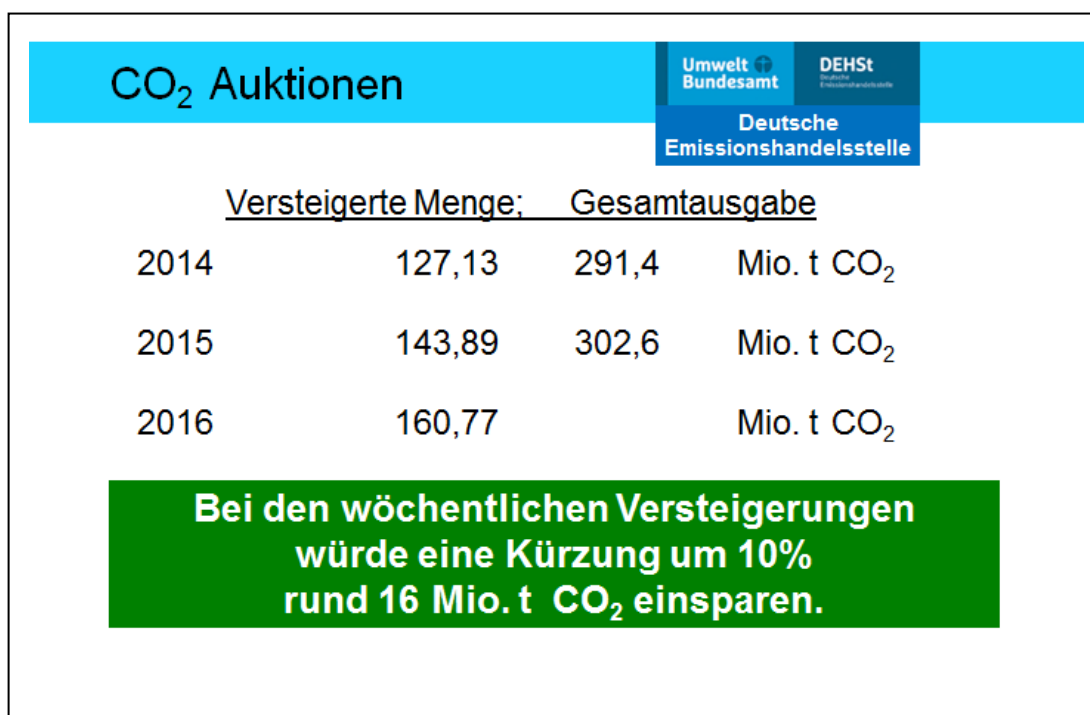


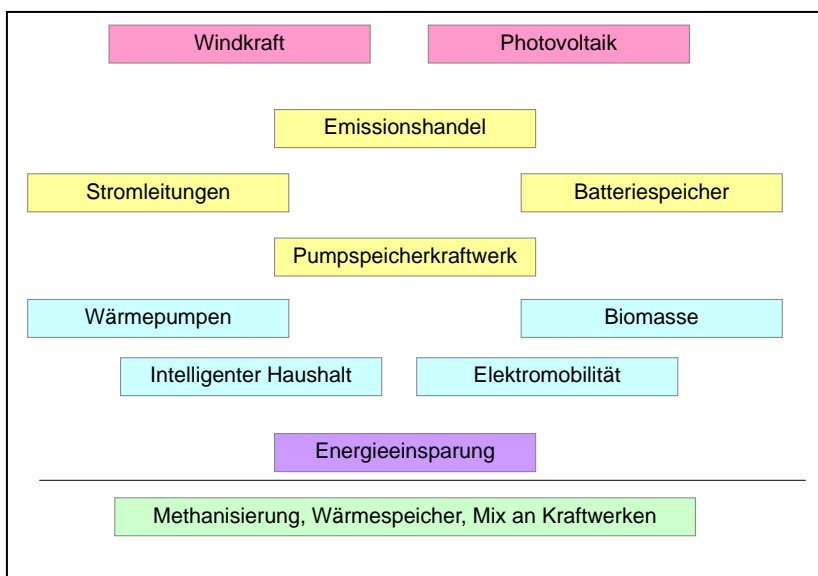
Bild 20: Durch die Deutsche Emissionshandelsstelle ausgegebene bzw. geplante Anzahl an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten

## 9 Zusammenspiel

Nun ist es mit der Energiewende wie bei einer guten Fußballmannschaft. Ein Stürmer allein vor dem Tor kann vielleicht ein Abseitstor erzielen, hilfreich ist dies aber nicht. Auch bei der Energiewende muss die Mannschaft gut aufgestellt werden (Bild 21).

Wir brauchen ein gutes Zusammenspiel aller Elemente der Energiewende. Dazu gehört als erstes die Energieeinsparung. Das Wort Energieeinsparung schließt hier Energieeffizienz mit ein. Insbesondere in der Gebäudeheizung und im Verkehr kann direkt CO<sub>2</sub> eingespart werden.

Darüber hinaus brauchen wir genügend Strom-Speicher und die zugehörigen Leitungen. Auch andere Elemente, wie Wärmepumpen, intelligenter Haushalt, Elektromobilität und Methanisierung (Power to Gas) können in der Zukunft noch dazu kommen. Alleine mit Windkraft und Photovoltaikanlagen wird die Energiewende nicht erfolgreich sein und ins Finale kommen. Windkraft und



Photovoltaikanlagen allein leisten keinen Beitrag zum Klimaschutz und zur CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Bild 21: Zusammenspiel der Elemente der Energiewende

Auf die negativen Folgen der Windkraft, wie Schallemission und optische Bedrängnis, wird in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen. Aber auch diese Aspekte sind zu betrachten (siehe dazu Kap 9 Literaturhinweise) [17-20].

Erwähnt werden soll nur die 10-H-Regelung.

**Der Mindestabstand zu Wohnhäusern muss größer als die 10-fache Höhe der Windkraftanlage sein.**

Eine Regelung, die zwar gesundheitliche Gefahren nicht gänzlich ausschließt, die aber die Akzeptanz von Windkraftanlagen steigern könnte.

Ich denke, auch bei der Energiewende ist es so wie im täglichen Leben:

**Alles in Maßen ist gut, Windkraft in Massen schadet.**

Ich bedanke mich bei allen, die durch kritische Fragen dazu beigetragen haben, dieses Thema zu vertiefen.



## 10 Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk, erzeugt gleichzeitig Wärme und Strom (Kraftstrom)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ETS	Emission Trading Scheme, Emissionshandelssystem
kW	Kilowatt, physikalische Einheit für Leistung
MW	Megawatt = 1.000 Kilowatt, physikalische Einheit für Leistung
GW	Gigawatt, = 1.000.000 Kilowatt, physikalische Einheit für Leistung
TW	Terawatt, = 1 Milliarde Kilowatt, physikalische Einheit für Leistung
kWh	Kilowattstunde, physikalische Einheit für Energie, Arbeit, Wärme
MWh	Megawattstunde = 1.000 Kilowattstunde, physikalische Einheit für Energie, Arbeit, Wärme
GWh	Gigawattstunde, =1.000.000 Kilowattstunde, physikalische Einheit für Energie, Arbeit, Wärme
TWh	Terawattstunde, = 1 Milliarde Kilowattstunde, physikalische Einheit für Energie, Arbeit, Wärme
UBA	Umweltbundesamt

# 11 Literaturhinweise

Für den interessierten Leser einige Literaturhinweise und Verweise im Internet.

- [1] Hans-Werner Sinn; Das grüne Paradoxon, Econ Verlag Berlin
- [2] Umweltbundesamt (UBA), VET-Bericht 2013
- [3] Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014, Submission to the UNFCCC Secretariat  
[http://ec.europa.eu/clima/policies/g-gas/monitoring/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/g-gas/monitoring/documentation_en.htm)
- [4] Info zu Marktstabilitätsreserve (MSR)  
<http://www.eu-infothek.com/article/die-marktstabilitaetsreserve-mechanismus-soll-co2-handel-aufpaepeln>  
und  
<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/hendricks-deutschland-dringt-in-bruessel-auf-schaerfere-reform-des-emissionshandels/>
- [5] EEG, Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation; übergeben an die deutsche Bundesregierung am 26. Februar 2014  
<http://www.e-fi.de/gutachten.html>
- [6] weitere Infos und Vorträge zu Energiewende unter  
<http://mediathek.cesifo-group.de> und  
<http://mediathek.cesifo-group.de/iptv/player/macros/cesifo/mediathek>
- [7] Lastgangkurven  
[www.pv-fakten.de](http://www.pv-fakten.de) und BWK 66 (2014)Nr. 1/2
- [8] Ernst Welfonder; Opportunities for dual energy supply after 2020 even during calm wind conditions and minimal solar radiation; VGB PowerTech 4/2014, S.36-44
- [9] Ralf Gilgen; Wege eines Stromerzeugers im Umgang mit der Energiewende; VGB PowerTech 1 / 2, 2014 S.38-41
- [10] Karl Linnenfelser und Rolf Schuster;  
Kontrolle des energiewirtschaftlichen Nutzens der Solar- und Windenergie zur Versorgung Deutschlands mit elektrischer Energie am Beispiel Juli 2013, (im August 2013)
- [11] Karl Linnenfelser; Lastganglinien als Erfolgskontrolle der Energiewende mit Windenergie- und Fotovoltaik-Anlagen; BWK Bd.66 (2014) Nr1/2
- [12] Bundesnetzagentur; Bundeskartellamt; Monitoringbericht 2013  
Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB Stand: Dezember 2013
- [13] Deutscher Bundestag, Drucksache 18/798, Daten zur Abregelung; 13.03.2014;
- [14] Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Fragen und Antworten zu Abregelung und Entschädigungsansprüchen von Strom aus Erneuerbaren Energien in den Jahren 2012 und 2011 in Schleswig-Holstein; 13.06.2013;
- [15] European Commission; The EU Emissions Trading System (EU ETS), ISBN 978-92-79-32962-3; Oktober 2013

- [16] Kaup; Kampeis; Studie zur Entwicklung des Energiebedarfs zentraler Raumluftechnischer Anlagen in Nicht-Wohngebäuden in Deutschland; Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, 15.06.2014
- [17] Ärzteforum Emissionsschutz Unabhängiger Arbeitskreis Erneuerbare Energien - Bad Orb Gefährdung der Gesundheit durch Windkraftanlagen (WKA), Okt. 2013
- [18] Detlef Krahe, Dirk Schreckenberger, Fabian Ebner, Christian Eulitz, Ulrich Möhler; Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall, Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen, UBA Texte 40/2014,  
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/machbarkeitsstudie-zu-wirkungen-von-infraschall>
- [19] Vorträge zu Schallemissionen von Windkraftanlagen  
Dr. med Johannes Mayer <https://www.youtube.com/watch?v=V5ZkfXbXmzo>  
Dr. Holger Repp <https://www.youtube.com/watch?v=YsqeM0913Ws>
- [20] weitere Infos auch unter  
<http://www.vernunftkraft.de/>