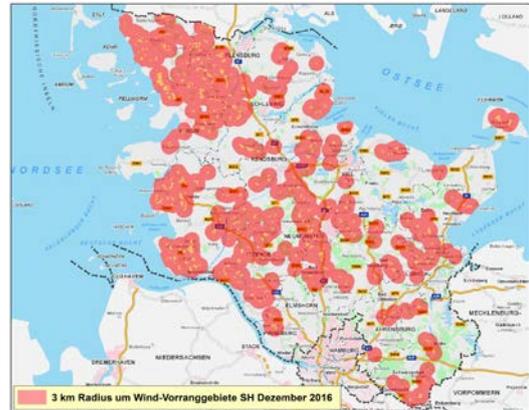


Windkraft, wirkungsvoll oder folgenschwer?

Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI



Zusammenfassung

- Eine Energiepolitik soll darauf hinwirken, dass die Ressourcen geschont werden, auf Umwelt und Natur Rücksicht genommen und zum Wohle der Menschen beigetragen wird.
- Rund 29.000 Windkraftanlagen mit über 50.000 Megawatt installierter Leistung können bisher den erhofften Beitrag zur Energiewende nicht leisten. Immer mehr, immer höher, immer weiter so, wirft immer mehr Probleme auf. Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) sorgt nicht für mehr Klimaschutz, sondern macht ihn deutlich teurer. Die Systemkosten steigen, die CO₂-Emissionen stagnieren oder steigen sogar. Mehr als 1.000 Bürgerinitiativen in Deutschland wehren sich, fordern, dass die Gesundheit der Menschen Vorrang vor Profit einzelner hat.
- Was kann also getan werden, um eine Energiewende zum Wohle der Menschen zu erreichen?
- Dieser Beitrag zeigt auf, dass die **Windkraft** ohne größere Speicher **nicht wirkungsvoll**, mit Speicher aber noch teurer, sogar unbezahlbar, wird. Das effizienteste Werkzeug zur CO₂-Reduzierung ist der Treibhausgasemissionshandel.
- Die Schallemissionen der Windkraftanlagen schädigen immer mehr Menschen. Die bei der Schall-Prognose benutzten Normen sind 20 Jahre alt. Nach heutigen Erkenntnissen müssten die Anlagen 1,5 bis 2 mal weiter weg stehen. Die tiefen Frequenzen werden weder gemessen noch ausgewertet. Die **Windkraft ist** damit **folgenschwer**. Es sind größere Mindestabstände zwischen Windkraftanlage und Wohnbebauung vorzusehen. Als Anhalt gilt die **10-fache Anlagenhöhe** als **Mindestabstand**.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
1. Einleitung.....	3
2. Wie sieht die Stromversorgung heute mit Windkraft aus?	4
3. Ohne Speicher geht es nicht, mit wird es zu teuer.....	7
4. Emissionshandel	9
5. Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)	11
6. Vergleich Kohle- mit Gaskraftwerk und BHKW.....	12
6.1 Brennstoff Kohle und Gas.....	12
6.2 Auswirkungen auf den Kraftwerkseinsatz	13
6.3 Ersatz eines Kohle-Kraftwerks durch viele BHKW.....	15
7. Schallemission von Windkraftanlagen	16
7.1 Schall-Prognosen sind falsch	16
7.2 Statt hoher Auflösung wird weggemittelt.....	17
7.3 Tiefe Frequenzen werden erst gar nicht gemessen	18
7.4 Dilemma der Schallmessung.....	20
7.5 Folgerungen aufgrund der Schallemissionen	21
8. Zusammenspiel	22
9. Abkürzungsverzeichnis.....	23
10. Literaturhinweise	24

1. Einleitung

Grundsätzlich wünschen sich die Menschen, dass eine Energiepolitik darauf hinwirkt, dass die Ressourcen geschont werden, auf Umwelt und Natur Rücksicht genommen und zum Wohle der Menschen beigetragen wird. Daher sind die Begriffe Energiewende, regenerative oder erneuerbare Energien, Energie- und CO₂-Einsparung bei den meisten positiv belegt. Auch die Windkraft hatte lange Zeit ein positives Image.

Ist das immer noch so?

Seit der Versuchsanlage GROWIAN (1983 bis 1987) und Errichten des ersten Windparks in Deutschland in der Gemeinde Kaiser-Wilhelm-Koog in Schleswig-Holstein im Jahr 1987 hat sich viel getan.¹ Mit der steigenden Anzahl an Windkraftanlagen an Land steigen auch die Widerstände der Bewohner, die von Windkraft betroffen sind. Es sind die optische Bedrängung, die Zerstörung der Landschaft und die Schallbelastung vorwiegend nachts.² Aber auch die technischen Auswirkungen werden immer deutlicher.^{3 4}

Rund 29.000 Windkraftanlagen⁵ mit über 50.000 Megawatt installierter Leistung sind in Deutschland Stand Mitte 2017 in Betrieb. Sie können bisher den erhofften Beitrag zur Energiewende nicht leisten. Immer mehr, immer höher, immer weiter so, wirft immer mehr Probleme auf. Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) sorgt nicht für mehr Klimaschutz, sondern macht ihn deutlich teurer.⁶ Die Systemkosten steigen, die CO₂-Emissionen stagnieren oder steigen sogar.

Mehr als 1.000 Bürgerinitiativen in Deutschland wehren sich, fordern, dass die Gesundheit der Menschen Vorrang vor Profit einzelner hat.

¹ Windenergiepark Westküste, https://de.wikipedia.org/wiki/Windenergiepark_Westk%C3%BCste

² Georg Etscheid, Geopferte Landschaften, Wie die Energiewende unsere Landschaft zerstört. Heyne Verlag, 2016

³ Hans-Werner Sinn; Das grüne Paradoxon, Econ Verlag Berlin, 2008

⁴ Frank Hennig, Dunkelflaute oder warum Energie sich nicht wenden lässt, FinanzBuch Verlag, 2017

⁵ Deutsche WindGuard, Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 1. HJ 2017; installiert 48.024 MW, 27.914 WEA an Land.

Deutsche WindGuard, Status des Offshore-Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 2016; installiert 4.231 MW, 968 WEA offshore.

⁶ Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation, 2014, Seite 52, <http://www.e-fi.de/gutachten.html>; Jahresgutachten 2016/2017 des Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Nov. 2016;

2. Wie sieht die Stromversorgung heute mit Windkraft aus?

Gedacht war, dass Wind und Sonne die konventionelle Stromerzeugung verdrängen. Dies gelingt manchmal und manchmal nicht. Da wir als Verbraucher, als Industrie- und Dienstleistungsstandort Deutschland aber eine sichere, im Wesentlichen unterbrechungsfreie Stromversorgung brauchen, ist stets eine Hintergrundversorgung notwendig. Das Ganze muss natürlich auch noch bezahlbar sein.

Prüfen wir beispielhaft anhand der nebenstehenden Grafiken,⁷ ob die regenerativen Stromquellen die konventionellen Anlagen ersetzen können.

Unten dunkelblau, die Einspeisung der Wasserkraft, darüber grün Strom aus Biomasse. Rot stellt den Anteil der Kernkraft dar. Hellbraun bedeutet Strom aus Braunkohle, schwarz aus Steinkohle, orange aus Gas. Der Anteil von Öl ist so gering, dass er hier keine Rolle spielt. An den Spitzen kann blau die Einspeisung aus Pumpspeicherkraftwerken erkannt werden.

Graugrün ist die Stromeinspeisung aus Wind und gelb aus Photovoltaik.

Der obere Rand der Kurven stellt die augenblickliche Last dar. Sie liegt werktags bei rund

70 bis 80 Gigawatt (= 70.000 bis

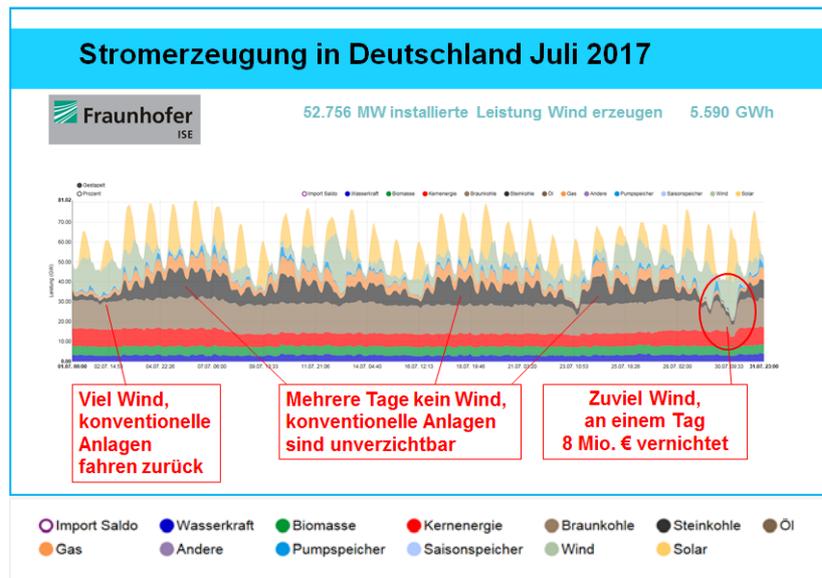
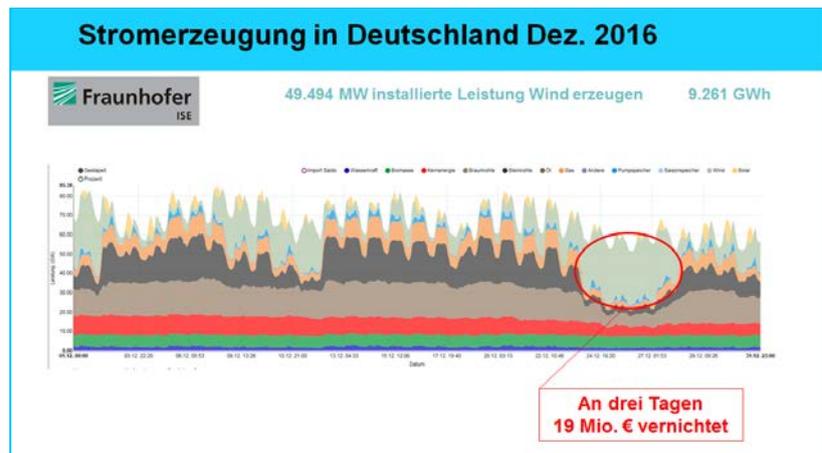
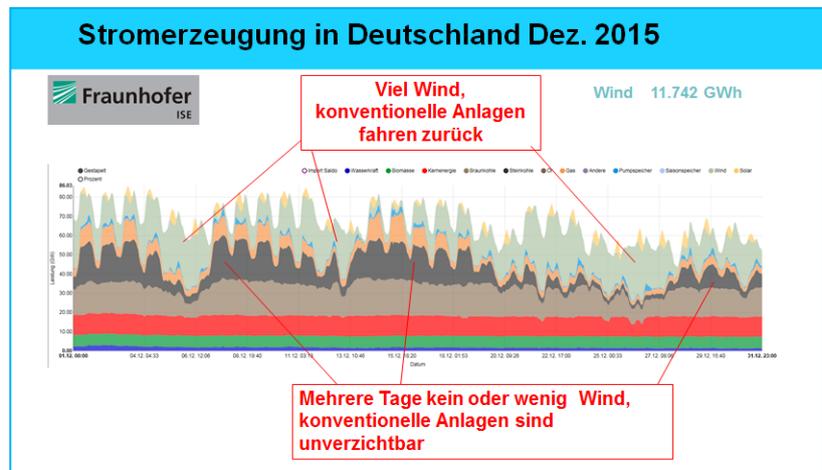


Bild 1: Lastgänge verschiedener Monate

⁷ https://www.energy-charts.de/power_de.htm

80.000 Megawatt).

Herrscht viel Wind, fahren die konventionellen Anlagen zurück. Die teuersten, in der Regel Gas, zuerst, dann Steinkohle, gefolgt von Braunkohle.

An einzelnen Tagen senken auch die Kernkraftwerke die Leistung ab, um dem regenerativen Strom den Vorrang zu geben (siehe Absenkungen in roten Balken).

Deutlich auch zu erkennen, wie die Steinkohleanlagen die schwankende Einspeisung ausgleichen. In den ersten zwei Tagen im Juli mit relativ viel Wind sind fast keine Steinkohleanlagen in Betrieb. Ab 03. Juli lässt der Wind nach, der fehlende Strom wird durch Steinkohle gedeckt, die schwarze Kurve wird dicker, anteilig auch durch Gas, orange Linie. Wie flexibel die Steinkohleanlagen reagieren, erkennt man während der Spitzeneinspeisung durch Photovoltaikanlagen in der Mittagszeit. Fahren die Steinkohleanlagen vormittags hoch, reduzieren sie mittags ihre Leistung, um am Nachmittag wieder den fehlenden Solarstrom auszugleichen. Diese Anforderungen unterstützen die Pumpspeicherkraftwerke (hellblauen Spitzen), die vormittags kurz anspringen, mittags raus gehen und am Nachmittag wieder im Einsatz sind.

Das Lastmanagement ist also ein hoch komplexer Vorgang.

In allen Grafiken in Bild 1 ist zu erkennen, dass tageweise die Windkraft einen Teil des Strombedarfs decken kann, es allerdings auch viele Tage gibt, an denen die konventionellen Anlagen unverzichtbar sind, soll die Stromversorgung aufrecht erhalten werden.

Es gibt sogar Tage, an denen die Windeinspeisung so groß ist, dass Strom zu negativen Preisen ins Ausland verkauft werden muss. Beispielhaft sind Zahlen für einige Tage aufgeführt. In den Zahlen sind noch nicht die Zahlungen für abgeregelten Strom enthalten. Betreiber regenerativer Anlagen erhalten nämlich auch Geld, wenn sie keinen Strom liefern können, weil das System durch zu viel Strom überlastet ist.

Bild 2 zeigt die Zahlungen für nicht gelieferten Strom in Schleswig-Holstein. Für das Jahr 2016 ist die Abrechnung noch nicht abgeschlossen. Es werden über 400 Mio. € geschätzt.

Bild 3 zeigt die entsprechenden Zahlen an Ausfallarbeit = nicht gelieferte Strommenge in GWh, die durch die Abregelung entstehen (EinsMan = Einsatz-Management).

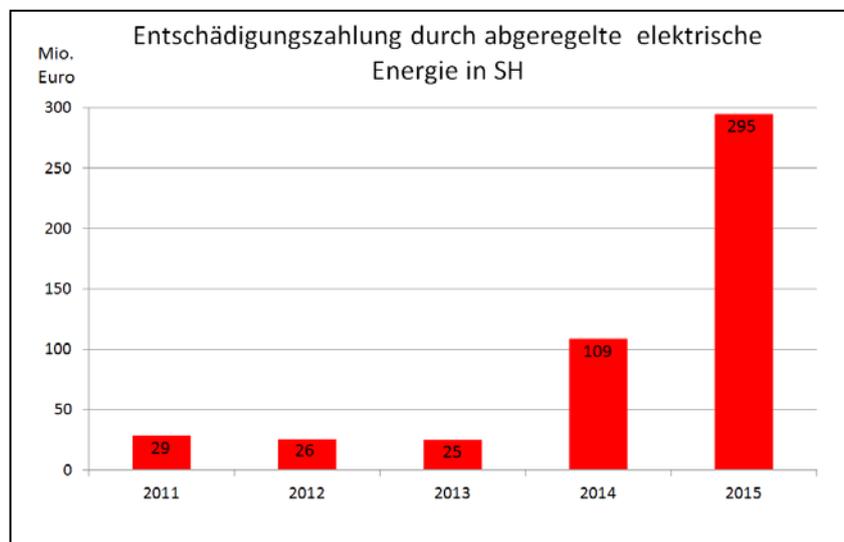


Bild 2: Zahlungen an Betreiber für nicht gelieferten Strom

Mit der abgeregelten Strommenge in 2015 könnte man ein ganzes Jahr 1,35 Millionen Haushalte kostenlos mit elektrischer Energie versorgen (siehe Bild 3).⁸

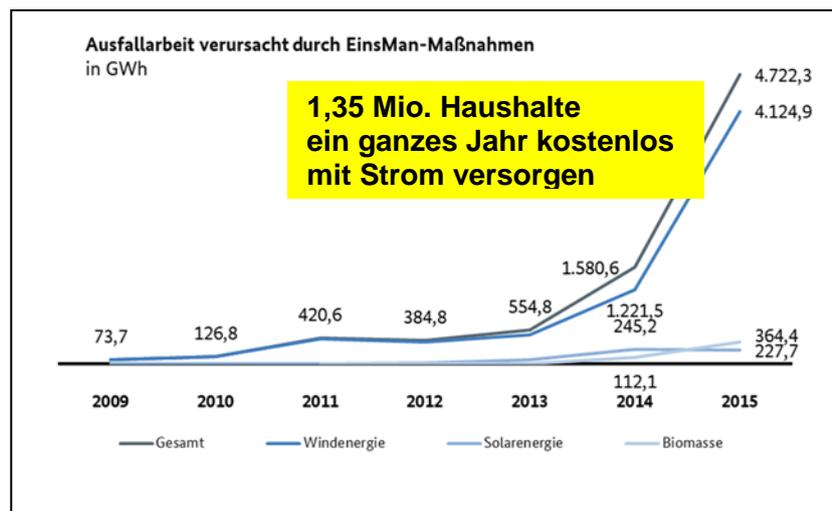


Bild 3: Ausfallarbeit für nicht gelieferten Strom

In Bild 1 ist ebenfalls erkennbar, dass die installierte Leistung von Windkraftanlagen stetig zugenommen hat, Stand Juli 2017 sind es inzwischen 52.756 MW. Die erzeugte Energie in Megawattstunden (MWh) nimmt allerdings nicht in gleichem Maße zu, weil der Wind eben nicht konstant bläst. An den vielen Tagen mit wenig Wind und in den Zeiten ohne Sonne sind die konventionellen Anlagen unverzichtbar. Erst Recht, wenn bis 2022 die letzten Kernkraftwerke von Netz gehen. Daran wird auch die Kabelverbindung nach Norwegen (NorthLink, 1.400 MW, ab ca. 2020) nichts ändern.

Fazit: Wir haben heute bereits genug regenerative Energien im Netz. Bei viel Wind haben wir mehr als genug Strom, müssen teuer abregeln und den Strom teuer ins Ausland verramschen. Haben wir wenig Wind, sind die konventionellen Anlagen unverzichtbar. Das ändert sich auch nicht, wenn 10 mal mehr Windkraftanlagen installiert sind. Bei viel Wind drückt erst recht zu viel Strom ins Netz, bei wenig Wind ist 10 mal Null immer noch Null.

⁸ 4.722,3 GWh / 3500 kWh pro Haushalt = 1.349.200 Haushalte, die man das ganze Jahr kostenlos mit Strom versorgen könnte.

3. Ohne Speicher geht es nicht, mit wird es zu teuer

Sehr anschaulich hat Herr Prof. Hans-Werner Sinn in seinen Vorträgen dargestellt,⁹ dass eine Energiewende ohne Speicher nicht gelingt, aber mit Speicher die Kosten nicht zu tragen sind. Das Problem der unsteten Versorgung ist immer noch nicht gelöst.

Möchte man den Windstrom vollständig für eine sogenannte Energiewende nutzen und nicht verschwenden, bräuchte man rund 6.000 Pumpspeicherkraftwerke. Geht man bestimmte Kompromisse ein, bräuchte man immer noch über 400 Pumpspeicherkraftwerke, die Baukosten von rund 100 Mrd. € verursachen. Darüber hinaus betont Herr Prof. Sinn, dass man in diesem Zusammenhang nicht von einer Energiewende sprechen kann, sondern eher nur von einer Stromwende.

Statt der benötigten 6.000 oder 400 Pumpspeicherkraftwerke haben wir heute nur 20 bis 35, je nachdem, ob man kleinere mitzählt oder nicht.¹⁰ Diese haben eine Speicherkapazität von rund 40 GWh. Weht kein Wind und scheint die Sonne nicht, wären die Speicher bei einer üblichen Last von 70 bis 80 GW nach einer halben Stunde leer. Andererseits könnte man allein mit dem abgeregelten Strom, also dem nicht erzeugten Strom (Bild 3), das Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht 7.870 mal füllen und wieder entleeren.¹¹

Aber auch andere Speichermöglichkeiten sind heute noch nicht ausgereift. Batteriespeicher stehen nicht in ausreichender Kapazität und zu vernünftigen Kosten zur Verfügung. Bei der Umwandlung von Strom in Gas (Power to Gas) entstehen so hohe Verluste, dass das Ganze nicht lohnt.

Es ist daher unsinnig, die Windkraft jetzt stetig weiter auszubauen. Forschung und Entwicklung ist in Speichertechnologie zu stecken. Die Politik verspricht dies zwar, ist allerdings bisher nicht in der Lage gewesen, die Doppelbelastung für das Ein- und Ausspeichern elektrischer Energie zu verringern.

Forschungsprojekte wie Power to Heat in Neumünster

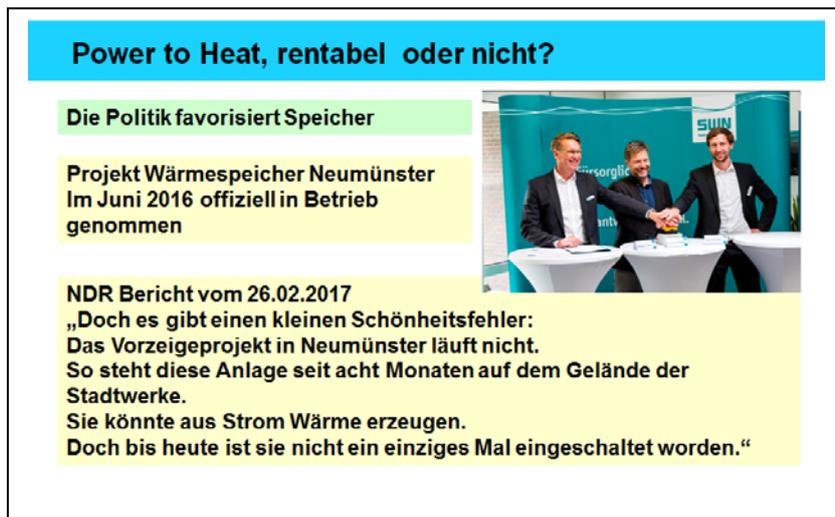


Bild 4: Wärmespeicher Neumünster rentiert sich nicht, da Abgaben zu hoch sind

⁹ Hans-Werner Sinn; Energiewende ins Nichts,
<http://mediathek.cesifo-group.de/iptv/player/macros/cesifo/mediathek?content=2959393&idx=1&category=2113306645>
Hans-Werner Sinn; Die Grenzen der Energiewende,
https://www.youtube.com/watch?v=H3_vrmTj6Ss&feature=youtu.be

¹⁰ http://www.pumpspeicher.info/fileadmin/Downloads/Voith-Praesentation_PK_Pumpspeicher_gesamt_FINAL.pdf

¹¹ 4.722,3 GWh / 0,6 GWh = 7.870 mal füllen und entleeren

laufen ins Leere. Mit viel Pomp von Minister Habeck in Betrieb genommen, dann nie wieder im Einsatz gewesen.¹²

Fazit: Ausbau der Windkraft ist zu stoppen.

Es sind erst die Randbedingungen zu schaffen, damit der Strom auch gespeichert werden kann.

¹² http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/schleswig-holstein_magazin/Schleswig-Holstein-Magazin,sendung616570.html

4. Emissionshandel

Über fast alle Parteien hinweg herrscht Konsens, dass der CO₂-Ausstoß begrenzt oder vermindert werden soll, um der möglichen Klimaveränderung zu begegnen.

Wie kann man am besten den CO₂-Ausstoß beschränken?

Wie kann man am besten Anreize schaffen, die Verbrennung von fossilen Stoffen zu vermindern?

Man muss dem CO₂ einen Preis geben. Man muss CO₂ wirtschaftlich bewerten. Die Schädigung der Umwelt muss etwas kosten. Wer viel CO₂ in die Luft bläst, soll viel bezahlen, wer CO₂ einspart, soll Geld sparen. Dies geschieht durch den Treibhausgas- den sogenannten CO₂-Emissionshandel.

Durch die politischen Vorgaben wird dieses an sich effiziente Werkzeug „CO₂-Emissionshandel“ nicht richtig genutzt. Wir haben europaweit das Ziel, die CO₂-Emissionen zu senken. Allerdings hat man die Jahre 2014 bis heute nicht effizient dazu genutzt. Vom Jahr 2014 an werden gemäß den politischen Vorgaben jährlich kontinuierlich eine steigende Zahl an Zertifikaten ausgegeben. Damit steigt die Möglichkeit, CO₂ zu emittieren statt einzugrenzen. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) hatte bereits vor Jahren vorgeschlagen, für die Jahre 2017 und 2018 jeweils 150 Millionen Zertifikaten (Verschmutzungsrechte) vom Markt zu nehmen, sie also nicht zu versteigern, sondern einzubehalten.

Entsprechend den politischen Vorgaben werden auch in Deutschland von 2014 bis 2017 jährlich stets mehr statt weniger Zertifikate auf den Markt geworfen. Die Aussagen der Politiker, die das regeln könnten aber nicht tun, wird dadurch konterkariert. Aussage und Tun stimmen nicht überein.

Würde man allein bei den wöchentlichen Versteigerungen die Menge um 10% kürzen, könnte man rund 19 Millionen Tonnen CO₂ einsparen. Dazu wäre keine einzige Windkraftanlage notwendig.

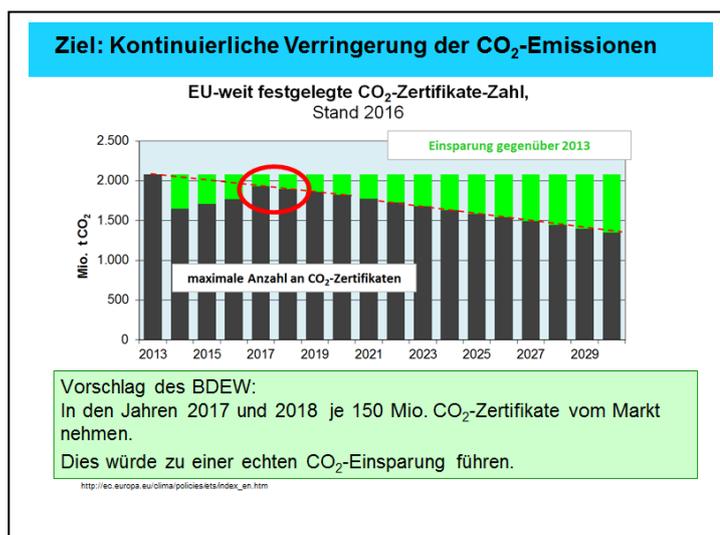


Bild 5: Anzahl der jährlich festgelegten Verschmutzungsrechte (CO₂-Zertifikate) auf europäischer Ebene

CO ₂ Auktionen und Ausgabe			Umwelt Bundesamt DEHST Deutsche Emissionshandelsstelle	
	Versteigerte Menge	Gesamtausgabe		
2014	127,13	291,4	Mio. t CO ₂	
2015	143,89	302,6	Mio. t CO ₂	
2016	160,77	314,8	Mio. t CO ₂	
2017	196,82		Mio. t CO ₂	

Bei den wöchentlichen Versteigerungen würde eine Kürzung um 10% rund 19 Mio. t CO₂ einsparen.

Bild 6: Anzahl der in Deutschland versteigerten und insgesamt ausgegebenen CO₂-Zertifikate

Fazit: Durch das europäische Emissionshandelssystem wird der CO₂-Ausstoß begrenzt! Allerdings könnten die politischen Vorgaben so geändert werden, dass dieses Werkzeug noch effizienter wirkt.

5. 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.“¹³

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, CO₂ einzusparen. Das EEG verlagert nur CO₂-Emissionen. **Eine Einsparung von CO₂ ist systembedingt mit dem EEG nicht möglich.**¹⁴

Expertenmeinung zum EEG, Kritik wiederholt

26. Februar 2014
Expertenkommission Forschung und Innovation
Foto: Bundesregierung/Sandra Steins).



Schlussfolgerung
„... 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.

2. Nov. 2016
Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung stellt Jahresgutachten 2016/2017 vor.



Kritisiert nicht die Ziele, kritisiert aber erneut deutlich die Umsetzung

Bild 7: Expertenmeinung zum EEG wird nicht gehört

¹³ § 1 EEG

¹⁴ Weiterführende Informationen finden Sie auch im Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation, das am 26. Februar 2014 an die deutsche Bundesregierung übergeben wurde [21].

6. Vergleich Kohle- mit Gaskraftwerk und BHKW

6.1 Brennstoff Kohle und Gas

Kohle besteht überwiegend aus Kohlenstoff, chemisches Zeichen C. Bei der Verbrennung entsteht Kohlendioxid, CO₂. Wird ein „Stück“ Braunkohle mit einem Energieinhalt von einer Megawattstunde (MWh) verbrannt, entstehen 400 kg CO₂. Möchte man die Energie der Braunkohle für die Stromerzeugung nutzen, muss auch der Wirkungsgrad eingerechnet werden. Um eine elektrische Energie von einer MWh_{el} zu erzeugen, entstehen also rund 970 kg CO₂.

Erdgas weist einen großen Methangehalt (CH₄) auf. Beim Verbrennen von Erdgas entsteht also weniger Kohlendioxid (CO₂) als bei reiner Kohle, dafür entsteht auch Wasser (H₂O). 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 Erzeugung¹⁵ von elektrischer Energie von einer MWh_{el} nur zu einem CO₂-Ausstoß von rund 400 kg.

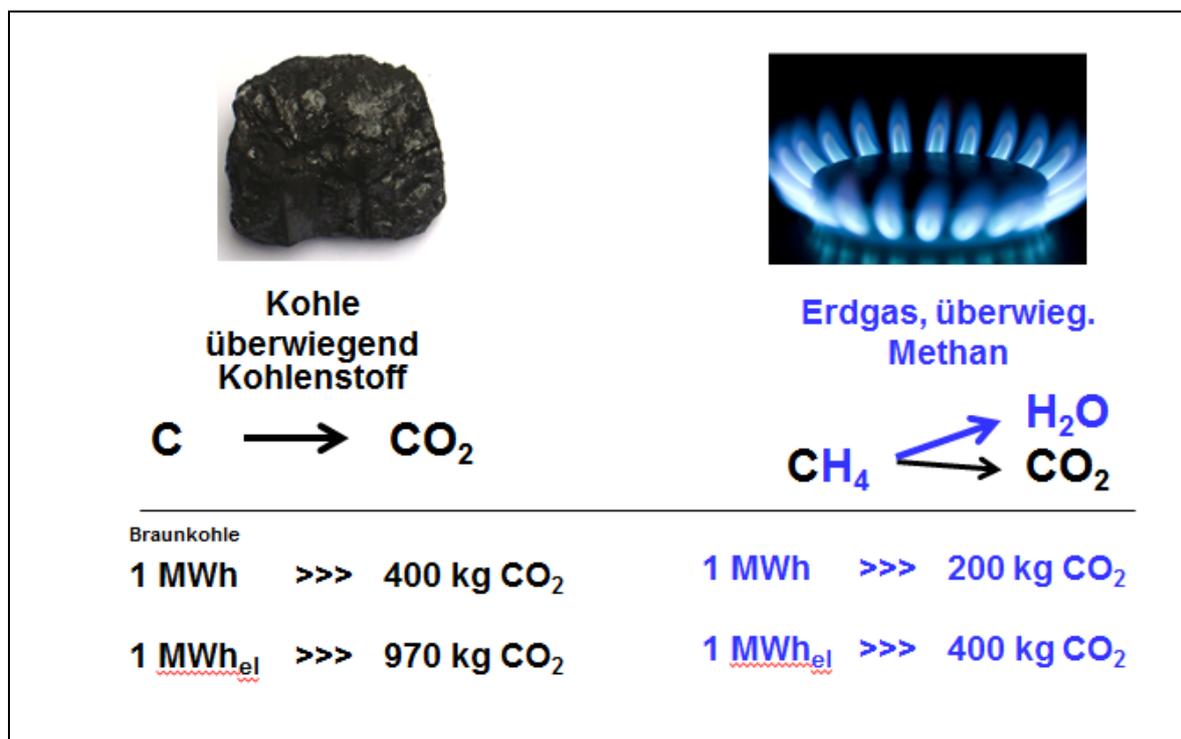


Bild 8: Vergleich CO₂-Emission Kohle- und Gaskraftwerk

¹⁵ Thermodynamisch kann Energie nicht erzeugt, sondern nur umgewandelt werden. Auf diese feinen Unterschiede wird aber hier nicht eingegangen.

6.2 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?

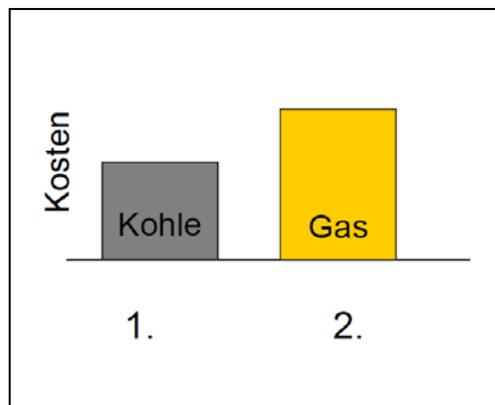


Bild 9: Einsatzreihenfolge ohne CO₂-Kosten

Mit dem Emissionshandel kommen Kosten für das CO₂ dazu. Kohle besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff (C), während Erdgas einen sehr großen Methangehalt hat (CH₄). Beim Verbrennen von Erdgas entsteht also weniger Kohlendioxid (CO₂) als bei reiner Kohle, dafür entsteht auch Wasser (H₂O). Abhängig vom Wirkungsgrad sind die CO₂-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)

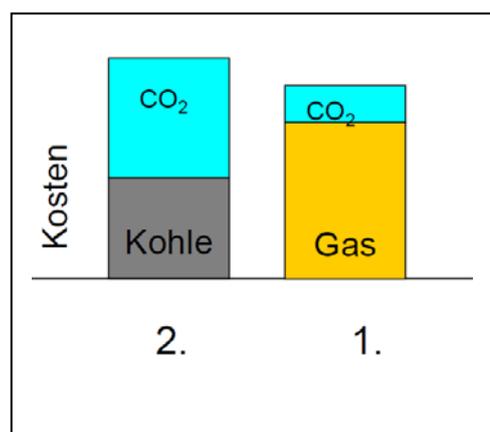


Bild 10: Einsatzreihenfolge mit CO₂-Kosten

Bei hohem CO₂-Zertifikatepreis sind Gaskraftwerke billiger als Kohlekraftwerke, Gaskraftwerke werden also zuerst eingesetzt (Bild 10)

Wird viel CO₂ emittiert, steigt der CO₂-Preis, da die maximale CO₂-Menge EU-weit begrenzt ist. Bei einem hohen CO₂-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 CO₂-Zertifikate. Wenn weniger CO₂-Zertifikate gebraucht werden, werden diese weniger auf dem Markt nachgefragt, der Preis sinkt. Sinkt der Preis, sinken die CO₂-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 10 kann man dies gut nachvollziehen. Wenn der CO₂-Preis sich halbiert, dann halbieren sich die CO₂-Kosten bei der Kohle und es halbieren sich die CO₂-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 CO₂-Zertifikate konstant bleibt, wird durch die Einspeisung von Strom aus Windkraft kein CO₂ 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.

So tragen die Windkraft- und Solaranlagen mit dazu bei, dass der Preis für CO₂-Zertifikate kontinuierlich sinkt (Bild 11). Der Einsatz neuer Techniken um CO₂ einzusparen, rechnet sich nicht mehr. CO₂ wird nicht gespart, sondern verlagert, von Erdgas auf Kohle, von Stromerzeugern auf andere Industrien, von Deutschland auf andere europäische Länder.

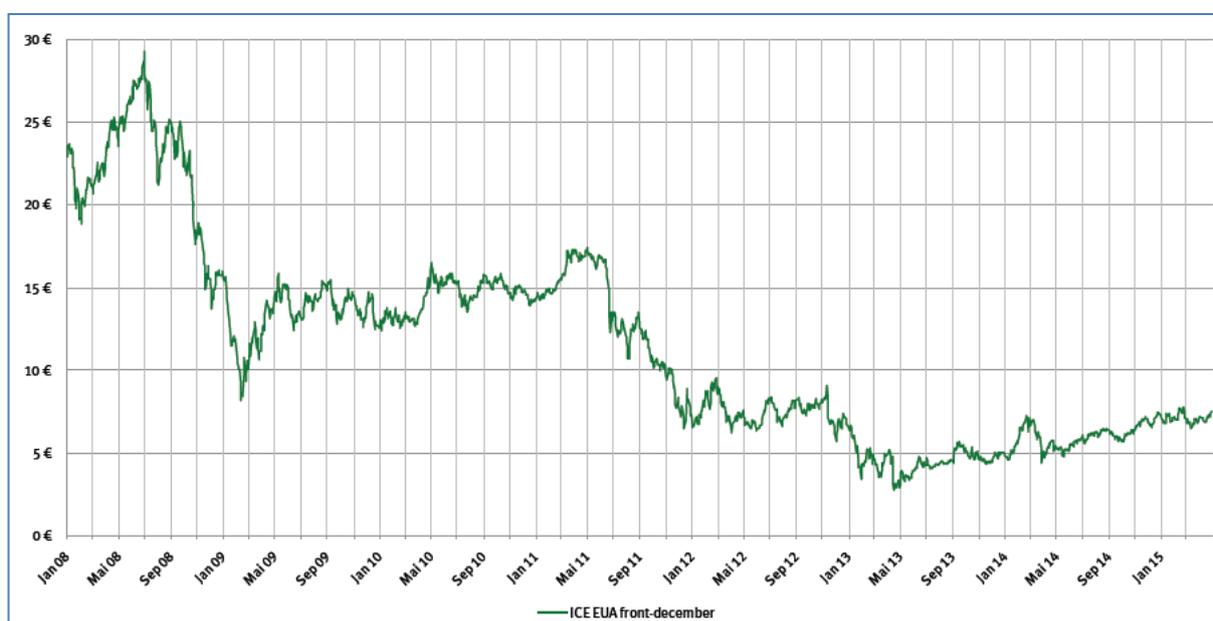


Bild 11: Windkraft und Photovoltaik tragen mit dazu bei, dass der Preis für CO₂-Zertifikate kontinuierlich fällt, 2014 bis 2017 schwankt er um die 5 bis 7 Euro.

Fazit: Wir erkennen, dass die Einspeisung von Strom aus Windkraft- und Solaranlagen nur zu einer Verlagerung der CO₂-Emissionen führt. CO₂ wird durch Windkraft- und Solaranlagen nicht eingespart.

6.3 Ersatz eines Kohle-Kraftwerks durch viele BHKW

Wie wir in Kapitel 5 und 6.2 gesehen haben, sparen Wind- und Solaranlagen kein CO₂ ein, sie verlagern nur den Ausstoß. Nun steht noch die Frage aus: Kann man CO₂ 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 CO₂ (eine Million Tonnen CO₂).

Wird dieses Kohlkraftwerk stillgelegt, kauft es keine CO₂-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 CO₂ 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 emittieren die BHKW 300.000 Tonnen (0,3 Millionen Tonnen) CO₂. Diese BHKW unterliegen nicht dem Treibhausgas-Emissions-Handelsgesetz (TEHG). Für diese BHKW müssen keine CO₂-Zertifikate gekauft werden, die Emissionen fallen aber trotzdem an.

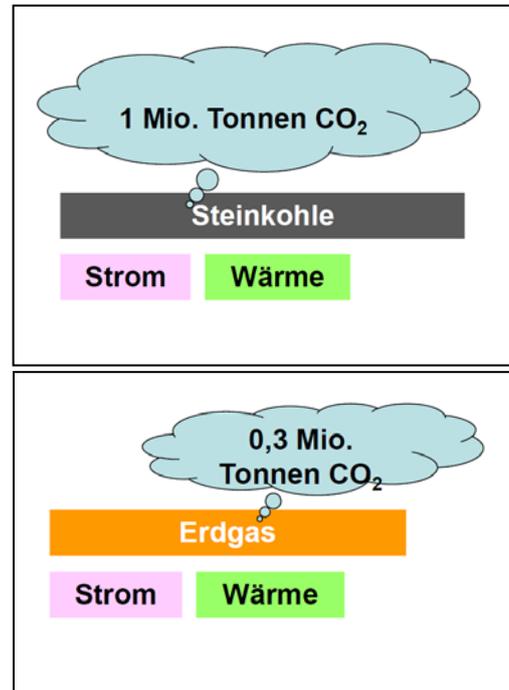


Bild 12: CO₂ aus Steinkohle im Vergleich zu Erdgas gefeuertem BHKW

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 CO₂-Emission in Europa. Dies ist ein Effekt, den der normale Bürger nicht erwartet, es ist aber so.

Fazit: Wird ein Kohlekraftwerk durch kleine BHKW ersetzt, steigt der Gesamt-CO₂-Ausstoß.

7. Schallemission von Windkraftanlagen

Nachdem in den vorherigen Kapiteln gezeigt worden ist, dass der weitere Ausbau der Windkraft bezüglich Klimaschutz, Sicherheit der Stromversorgung und Wirtschaftlichkeit nicht wirkungsvoll ist, soll nachfolgend geklärt werden, ob und wie folgenschwer die Windkraft auf den Menschen wirkt.¹⁶

7.1 Schall-Prognosen sind falsch

Viele der heutigen Windkraftanlagen bewirken eine Schallimmission, die 3 bis 6 dB(A) höher ist, als die in der Genehmigung genannte (vgl. Bild 13)¹⁷. Stimmen Prognose und Messung überein, liegt der Punkt auf der grünen waagerechten Linie. Weist die Messung höhere Werte aus als die Prognose vorhergesagt hat, liegen die Punkte über der Nulllinie. Damit die Richtwerte für Schallimmissionen eingehalten werden, müssten die Anlagen eigentlich 1,5 bis 2 mal so weit entfernt stehen wie heute.

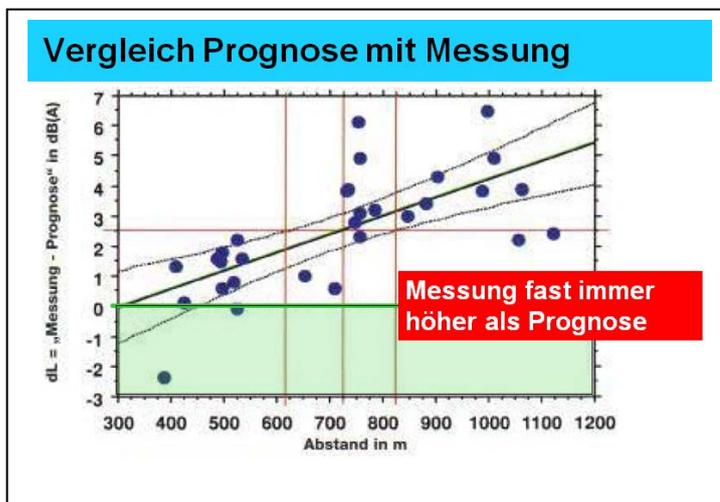


Bild 13: Schallimmission im Vergleich Prognose zu Messung

Wie kommt es aber nun zu dieser Abweichung?

Zuerst muss die Schalleistung einer Windkraftanlage berechnet werden. Dazu macht man Messungen im Umkreis der Anlage (siehe LKW im Bild 14). In der Regel werden drei Messungen gemacht, die gemittelt werden. Ob dies der richtige Ort ist, sei dahingestellt. Aus diesen Messungen wird die Schalleistung der Windkraftanlage berechnet. Im nebenstehenden Beispiel seien es 104,5 dB(A).

Die Schallausbreitung und eine Prognose für die Schallimmission am Haus werden nach der Norm DIN 9613-2 berechnet. Im Bild 14 beispielsweise 35 dB(A) und damit für ein allgemeines Wohngebiet gerade erlaubt. Nun sind die Normen aber schon 20 Jahre alt. Die Normen liefern nur plausible Prognosen

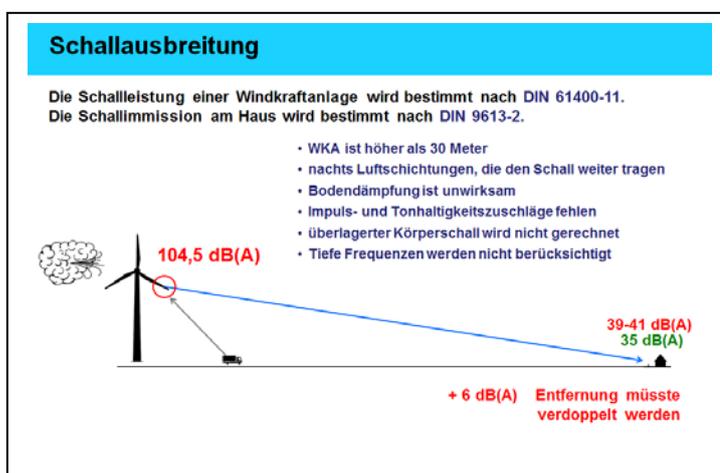


Bild 14: Prinzip der Schallberechnung und –Ausbreitung, neue Erkenntnisse werden bei den 20 Jahre alten Normen nicht berücksichtigt. Daher werden zu geringe Schallimmissionen berechnet.

¹⁶ Wie die Windkraft auf die Natur (Vögel, Fledermäuse usw.) wirkt, wird hier nicht behandelt.

¹⁷ Engelen; Ahaus; Piorr; Messtechnische Untersuchung der Schallausbreitung hoher Windenergieanlagen, Lärmbekämpfung 2015-10 Nr.6

für Anlagen kleiner 30 Meter. Ferner sind viele Faktoren, wie Luftschichtungen, Bodendämpfung, Impuls- und Tonhaltigkeit nicht oder falsch berücksichtigt. Tatsächlich sind die Schallimmissionen also in der Regel höher als prognostiziert (wie Bild 13 belegt).

Warum ändert man die Norm dann nicht?

Diese Diskrepanz zwischen Schall-Prognose und -Messung ist längst erkannt. Daher haben sich die Schallexperten zusammengefunden und haben ein Interimsverfahren entwickelt. Die Anwendung dieser Zwischenlösung, bis weitere Erkenntnisse vorliegen, lehnt die Politik ab. Insbesondere hat die Staatssekretärin Frau Dr. Nestlé (Grüne, bis 2017 im Umweltministerium Schleswig-Holstein) dies vehement abgelehnt. Aus Vorsorgegründen müsste das Interimsverfahren zur Schallausbreitungsrechnung von Windkraftanlagen auf jeden Fall der 20 Jahre alten Norm vorgezogen werden.

7.2 Statt hoher Auflösung wird weggemittelt

Der Laie kann mit Schall- oder Frequenzspektrum und mit Frequenzauflösung nichts anfangen. Dies ist aber für das Verständnis wichtig.

Der Begriff „Auflösung“ soll in Analogie zu einer Fotoaufnahme erläutert werden. Bild 15 zeigt die Aufnahme eines Teppichs mit geringer Auflösung. Einzelheiten wie Farbmuster sind nicht klar zu erkennen. Eine Gefahr scheint von der Oberfläche nicht auszugehen. Es gibt anscheinend keine Bedenken, hier barfuß zu gehen.



Bild 15: Teppich mit geringer Auflösung fotografiert



Bild 16: Teppich mit hoher Auflösung fotografiert

In Bild 16 sind bei höherer Auflösung die Einzelheiten klar zu erkennen.

Ähnlich verhält es sich bei der Auswertung von Schallsignalen. Eine Terz- bzw. Oktav-Analyse ergibt eine geringe Auflösung. Die Frequenzen werden über bestimmte Frequenzbänder (Frequenzbereiche) gemittelt. Die Frequenzbänder sind durch ihre Mittenfrequenz

charakterisiert.

Wird also bei Mittenfrequenzen entsprechend einer Oktav-Analyse bei den Frequenzen 16, 31,5, 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz untersucht [DIN EN 61260], werden Einzelheiten weggeglättet. Auch die Auflösung entsprechend der Terzmittenfrequenzen 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5 usw. ist nicht fein genug, um Einzelheiten zu erkennen. Wobei zusätzlich anzumerken ist, dass die in der DIN ISO 9613 festgelegten Verfahren von Bandmittenfrequenzen zwischen 63 bis 8.000 Hz ausgehen und den tieferen Bereich nicht berücksichtigen.

Bild 17 zeigt den Vergleich einer hochauflösenden Auswertung (blau) mit einer gemittelten Auswertung (rot). Die Spitzen in den einzelnen Frequenzen (blau) sind bei der gemittelten Auswertung (rot) nicht mehr zu erkennen. Die verharmlosende Aussage: „Es gibt keine Spitzen“, ist also falsch. Richtig ist, bei entsprechender Auflösung sind einzelne Frequenzen deutlich zu erkennen. Der nebenstehende Ausschnitt ist entnommen aus Cooper [46, Seite 99].

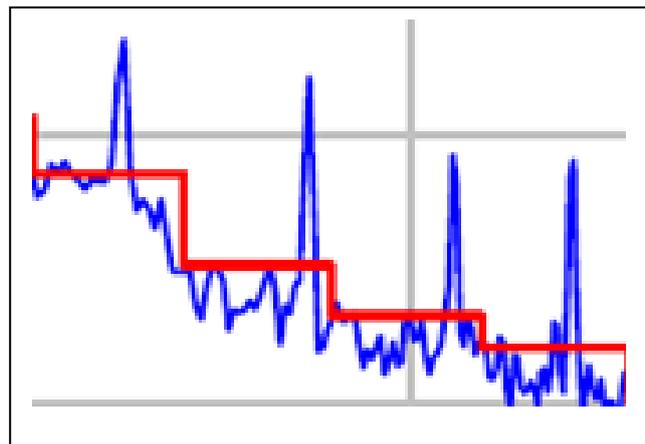


Bild 17: Frequenzanalyse eines Schallsignales mit hoher Auflösung (blau) und gemittelt (rot). Die 4 blauen Spitzen werden bei der Mittelwertbildung im Terz- oder Oktavband unterdrückt.

7.3 Tiefe Frequenzen werden erst gar nicht gemessen

Die rechtlichen Grundlagen für die Genehmigung und den Betrieb von Windkraftanlagen (WKA) sollen die Basis für den Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen bilden.^{18; 19} Diese Grundlagen entsprechen dem Stand des Wissens und der Technik von 1990.

- Nach TA Lärm A 2.3.1 soll die Berechnung der Immissionspegel in Oktaven, in der Regel für die Mittenfrequenzen 63 bis 4000 Hz erfolgen. Ein großer Teil der Schallleistung von WKA wird aber im tieffrequenten Bereich emittiert. Diese Schallleistungen der WKA bleiben unberücksichtigt.²⁰
- Tieffrequenter Schall unter 10 Hz wird nach den derzeitigen Richtlinien nicht gemessen.²¹ Aber gerade im Bereich 0,1 bis 8 Hz treten beim Betrieb von WKA hier charakteristische Frequenzen auf.

¹⁸ TA Lärm Kap. 1

¹⁹ Bundes-Immissionsschutzgesetz

²⁰ DIN 9613-2 (1999)

²¹ DIN 45680 (1997)

- Der Schalldruckpegel des tieffrequenten Schalls unter 125 Hz wird in der derzeit üblichen A-Bewertung unterschätzt.

Das nachfolgende Bild zeigt eine Schallmessung (unbewertet) in einem Haus einer betroffenen Familie. Die Fenster sind geschlossen. **Blau** zeigt die Pegel, wenn die Windkraftanlagen nicht in Betrieb sind, **rotbraun** sind die Schallpegel, wenn die Windkraftanlagen laufen. Die nächstgelegene Windkraftanlage ist etwa 850 Meter entfernt. Es handelt sich um Windkraftanlagen der 3-MW-Klasse.

Deutlich ist zu erkennen, dass durch das Mauerwerk und die geschlossenen Fenster die hohen Frequenzen ab 800 Hz aufwärts gut gedämmt werden (rechte Seite der Grafik). Der Schall mit diesen Frequenzen bleibt also weitgehend draußen (keine rotbraunen Anteile). Je tiefer die Frequenz ist (nach links in der Grafik gehend), umso stärker dringt das Schallsignal in die Wohn- und Schlafräume ein (die rotbraunen Anteile nehmen zu). Ein wirksamer Schallschutz würde erst bei 4 Meter dicken Mauern beginnen.

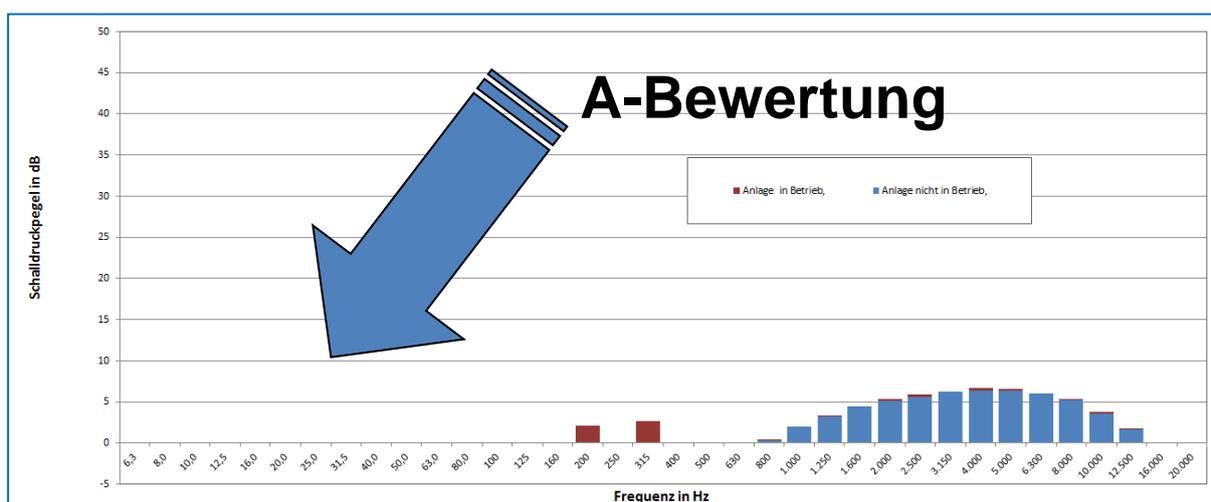
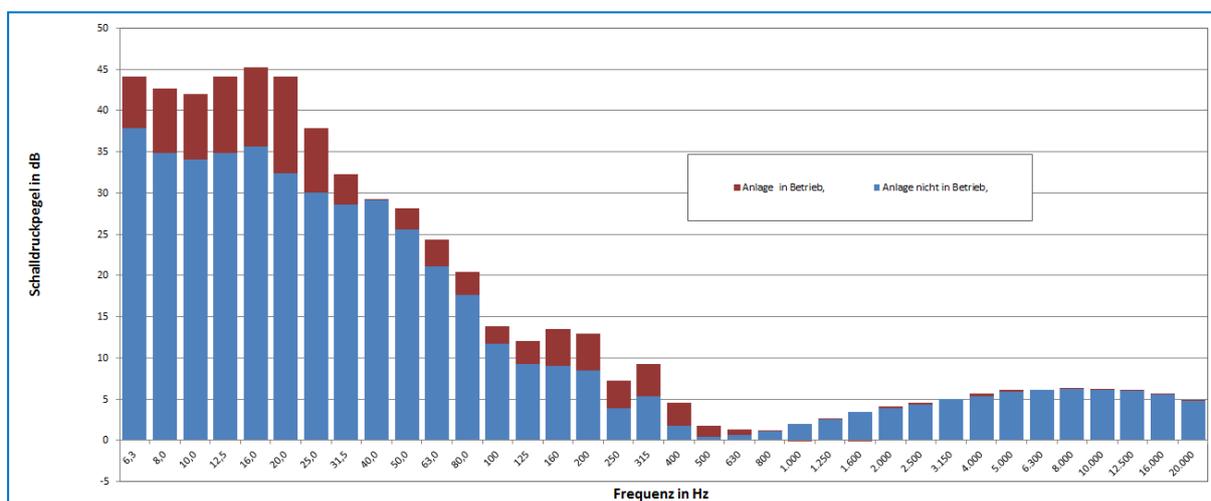


Bild 18: Frequenzanalyse, oben unbewertet, unten A-bewertet

Durch die A-Bewertung werden aber gerade die tiefen Frequenzen abgewertet, also herausgerechnet. Sie sind quasi nicht mehr da. Da die A-Bewertung die Grundlage der behördlichen Überprüfung ist, ist aus Sicht der Überwachungsbehörde alles in Ordnung. Die Bewohner leiden allerdings erheblich.

7.4 Dilemma der Schallmessung

Der Schall von Windkraftanlagen wirkt, so wie er physikalisch entsteht, auf den Menschen ein. Das große Dilemma ist: Der Schall hält sich nicht an irgendwelche, rechtlich festgelegten, Randbedingungen.

Dies soll an einer Schallmessung beispielhaft im nachfolgenden Bild dargestellt werden.

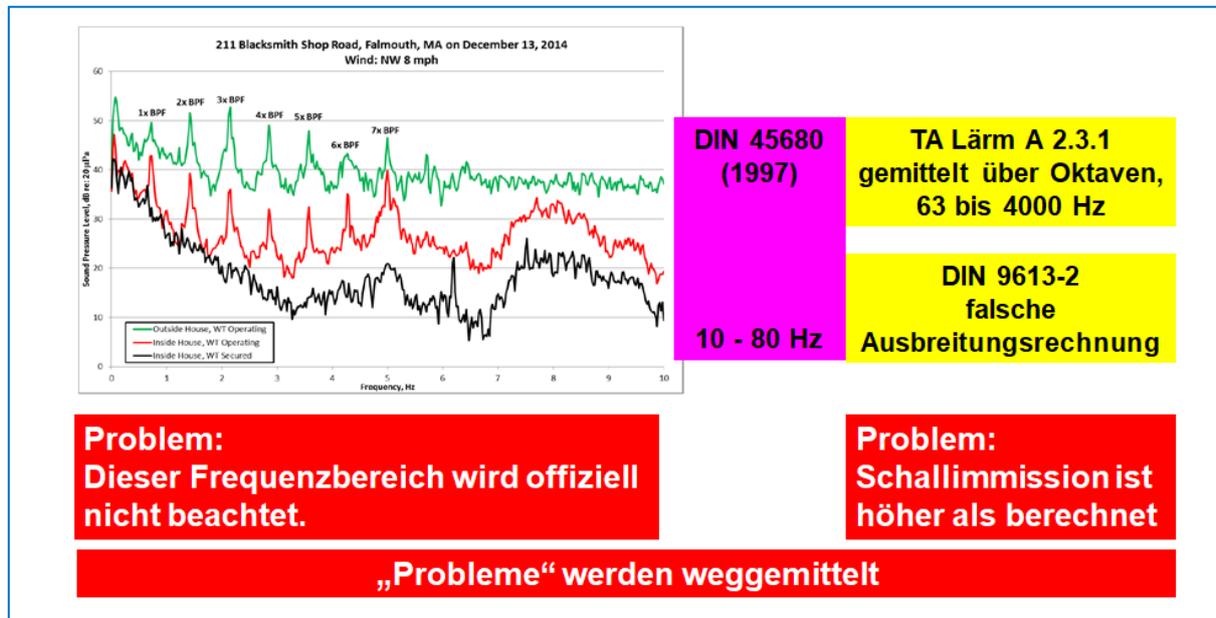


Bild 19: problematischer Frequenzbereich wird offiziell nicht beachtet

Beim Betrieb von Windkraftanlagen treten charakteristische Frequenzen im Bereich von 0,5 bis 8 Hz auf. Diese Frequenzen sind nicht zu hören. Jedoch reagiert der Körper darauf mit Stress. Dies ist insbesondere nachts fatal, weil dies zu Schlafstörungen mit allen seinen negativen Folgen führt.²²

Dieser Bereich wird aber offiziell weder durch die DIN 45680, noch durch die Technische Anleitung Lärm (TA Lärm), noch durch die DIN 9613-2 erfasst. Offiziell wird der Bereich ignoriert. In der Regel wird auch dort gar nicht gemessen, weil die üblichen Messgeräte (auch Klasse 1 Messgeräte) nur bis 10 Hertz herunter messen. Sie erfassen den Bereich unter 10 Hertz gar nicht.

Darüber hinaus wird über Frequenzbänder gemittelt, so dass Frequenzspitzen nicht erkennbar werden (siehe Kap. 7.2).

Dazu kommt, dass die Schallimmission falsch berechnet wird (siehe Kap 7.1).

²² Weitere Informationen dazu, siehe z.B. Ausarbeitung von AEFIS [43; 44;52]

7.5 Folgerungen aufgrund der Schallemissionen

In den vorherigen Kapiteln zur Schallproblematik sind nur die wichtigsten Punkte behandelt worden. Allein daraus lassen sich nachfolgende Forderungen ableiten.

Fazit: Da für die Schallberechnung von Windkraftanlagen 20 Jahre alte Normen benutzt werden, die nur für bis zu 30 Meter hohe Anlagen zu plausiblen Werten führen, werden zu geringe Schallprognosewerte berechnet.

Die Windkraftanlagen müssten eigentlich allein aus diesem Grunde 1,5 bis 2 mal weiter weg von der Wohnbebauung aufgestellt werden als heute.

Die tiefen Frequenzen werden weder gemessen noch ausgewertet, aber gerade diese tiefen Frequenzen schädigen die Gesundheit der Menschen, insbesondere nachts, wenn der Körper zur Ruhe kommen soll. Aus Vorsorgegründen müssten die Anlagen mindestens einen Abstand einhalten, der der 10-fachen Anlagenhöhe entspricht.

8. 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 20).

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 CO₂ eingespart werden.

Darüber hinaus brauchen wir genügend Strom-Speicher, die zugehörigen Leitungen und den richtigen rechtlichen Rahmen. Auch andere Elemente, wie Wärmepumpen, intelligenter Haushalt, Elektromobilität und Methanisierung (Power to Gas) können in der Zukunft noch eine gewisse Rolle spielen. Alleine mit Windkraft und Photovoltaikanlagen auf Basis von Subventionen wird die Energiewende nicht erfolgreich.

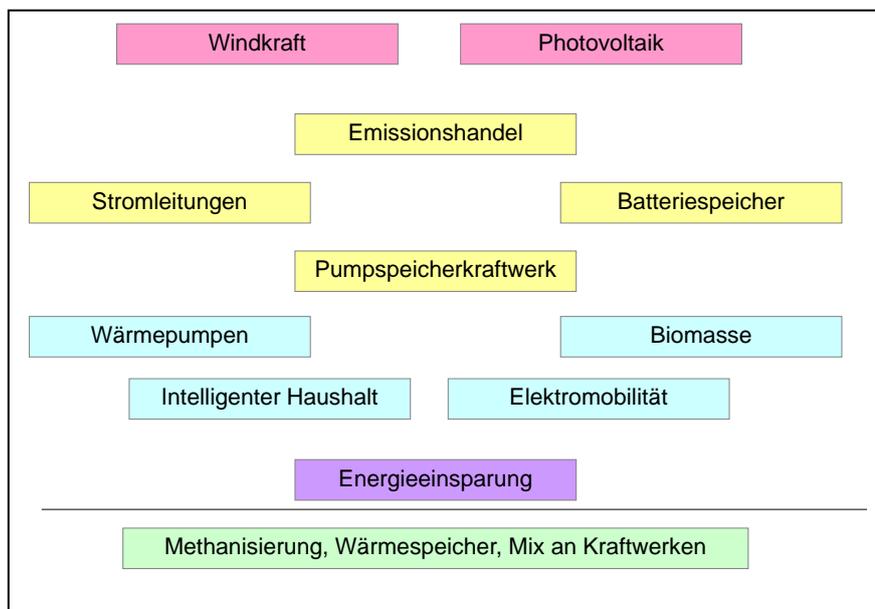


Bild 20: Zusammenspiel der Elemente der Energiewende

Windkraft und Photovoltaikanlagen allein leisten keinen Beitrag zum Klimaschutz und zur CO₂-Einsparung.

Die negativen Folgen der Windkraft, wie Schallemission und optische Bedrängnis, sind ernst zu nehmen. Die betroffenen Bewohner dürfen nicht allein gelassen werden.

Die Bürgerinnen und Bürger fordern 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.

Bei der Energiewende ist es so wie im täglichen Leben:

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

9. Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk, erzeugt gleichzeitig Wärme und Strom (Kraftstrom)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO ₂	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

10. Literaturhinweise

Für den interessierten Leser einige Literaturhinweise und Verweise im Internet.

- [1] Bruce Nuclear Generating Station A Safety Report, NK21-SR-01320-00001, Rev. 002, July 4, 2003, predicts stability class using the Sigma defined by the US NRC (Nuclear Regulatory Commission) Proposed Revision 1 to Regulatory Guide 1.23: Meteorology Programs in Support of Nuclear Power Plants, 1980, and the US EPA (Environmental Protection Agency) "Guidelines on Air Quality Models" Report No, EPA-450/2-78-027R, Table 9-3, pp 9-21, 1986.
- [2] Frommhold, W., Teige, K., Fleischmann, T; Tieffrequente Schallfelder in kleinen belüfteten Räumen, Fraunhofer Institut Bauphysik, IBP-Mitteilung 257, 21, 1994
- [3] HAMMERL, C. U. J. FICHTNER (2000): "Langzeit-Geräuschmissionsmessung an der 1-MW-Windenergieanlage Norde N54 in Wiggensbach bei Kempten (Bayern)". Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Januar 2000
- [4] Auslegung von Hybridtürmen für Windenergieanlagen, Lastermittlung und Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hybridtürmen für Windenergieanlagen am Beispiel einer 3,6-MW-WEA mit 100m Rotordurchmesser, Beton- und Stahlbetonbau 97 (2002), Heft 11, S. 564-575
http://www.marc-seidel.de/Papers/Hybridtuerm_e_fuer_WEA.pdf
- [5] SCHOLZ, S. (2003): Güte der visuellen und auditiven Geschwindigkeitsdiskriminierung in einer virtuellen Simulationsumgebung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades im Fachbereich Sicherheitstechnik. Bergischen Universität Wuppertal. S. 117
- [6] Lars Ceranna, Gernot Hartmann & Manfred Henger;
Der unhörbare Lärm von Windkraftanlagen - Infraschallmessungen an einem Windrad nördlich von Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Referat B3.11, Seismologie, 2004
- [7] R.-A- Dietrich; Ist die DIN ISO 9613-2 zur Durchführung einer Schallprognose für Windenergieanlagen geeignet? 2005
<http://www.rudolf-adolf-dietrich.de/IN007/B-06.pdf>
- [8] Lal, Rattan. "Encyclopaedia of Soil Science" ISBN: 0849350530, Page 618, Erosion by Wind: Micrometeorology; 2006
- [9] G.P. van den Berg; The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise, RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN, 2006
- [10] Oliver Bunk; Jörn Hoffmeier; Tieffrequente Geräusche in der Windenergieanlagentechnik, Lärmbekämpfung Bd 2, 2007-05
- [10a] Oliver Bunk; Stand der Lärminderungstechnik an Windkraftanlagen, VGB PowerTech 2016-7
- [11] Hochschule Emden/Leer, 2010, Messung mit Schallkamera
http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.pro-physik.de/SpringboardWebApp/userfiles/prophy/image/Hightech/101022_kamera_350.jpg&imgrefurl=http://www.pro-physik.de/details/news/1117381/Schall_sehen.html&h=186&w=350&tbnid=hzAKV6SRKN4uKM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=169&usq=__TgB3QakC-tWB7PTFhGpWsyMA5C0=&docid=6U60sYSenZ5F_M
- [12] Esther Isabelle Domes; Ist Infraschall hörbar? - Eine fMRT-Studie zur Stimulierbarkeit des auditorischen Kortex durch Infraschall und niedrigfrequente Töne – Dissertation, Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin, 16.05.2010
- [13] Ärzteforum Emissionsschutz Unabhängiger Arbeitskreis Erneuerbare Energien - Bad Orb Gefährdung der Gesundheit durch Windkraftanlagen (WKA), Okt. 2013

- [14] Ärzte für Immissionsschutz, <http://www.aefis.de/>
- [15] Studiensammlung zum Thema Infraschall und tieffrequenter Lärm
<http://www.windwahn.de/index.php/wissen/hintergrundwissen/studien-sammlung-zum-thema-infraschall-und-tieffrequenter-laerm>
- [16] Hans-Werner Sinn; Das grüne Paradoxon, Econ Verlag Berlin
- [17] Hans-Werner Sinn; Energiewende ins Nichts,
<http://mediathek.cesifo-group.de/iptv/player/macros/cesifo/mediathek?content=2959393&idx=1&category=2113306645>
- [18] Umweltbundesamt (UBA), VET-Bericht 2013
- [19] 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
- [20] 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/>
- [21] EEG, Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation; übergeben an die deutsche Bundesregierung am 26. Februar 2014
<http://www.e-fi.de/gutachten.html>
- [22] weitere Infos und Vorträge zu Energiewende unter
<http://mediathek.cesifo-group.de> und
<http://mediathek.cesifo-group.de/iptv/player/macros/cesifo/mediathek>
- [23] Lastgangkurven
www.pv-fakten.de und BWK 66 (2014)Nr. 1/2
- [24] 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
- [25] Ralf Gilgen; Wege eines Stromerzeugers im Umgang mit der Energiewende; VGB PowerTech 1 / 2, 2014 S.38-41
- [26] Karl Linnenfeller und Rolf Schuster;
Kontrolle des energiewirtschaftlichen Nutzens der Solar- und Windenergie zur Versorgung Deutschlands mit elektrischer Energie am Beispiel Juli 2013, (im August 2013)
- [26a] Karl Linnenfeller; Lastganglinien als Erfolgskontrolle der Energiewende mit Windenergie- und Fotovoltaik-Anlagen; BWK Bd.66 (2014) Nr1/2
- [27] 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
- [28] Deutscher Bundestag, Drucksache 18/798, Daten zur Abregelung; 13.03.2014;

- [29] 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;
- [30] European Commission; The EU Emissions Trading System (EU ETS), ISBN 978-92-79-32962-3; Oktober 2013
- [31] Kaup; Kampeis; Studie zur Entwicklung des Energiebedarfs zentraler Raumlufttechnischer Anlagen in Nicht-Wohngebäuden in Deutschland; Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, 15.06.2014
- [32] Ärzteforum Emissionsschutz Unabhängiger Arbeitskreis Erneuerbare Energien - Bad Orb Gefährdung der Gesundheit durch Windkraftanlagen (WKA), Okt. 2013
- [33] Detlef Krahe, Dirk Schreckenber, 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>
- [34] Bayerischen Landesamt für Umwelt; UmweltWissen – Klima und Energie, Windenergie in Bayern Neufassung: Juli 2012, Überarbeitung Sept. 2013
- [35] Bayerischen Landesamt für Umwelt; UmweltWissen – Klima und Energie, Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit? Neufassung: März 2012, 4. aktualisierte Auflage: November 2014
- [36] LUBW: Tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen. Zwischenbericht über Ergebnisse des Messprojektes 2013-2014 http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223895/2015-02-04_Zwischenbericht_final.pdf?command=downloadContent&filename=2015-02-04_Zwischenbericht_final.pdf
- [37] Håkan Enbom; MD, PhD, HNO-Facharzt, Otoneurologe , Spezialist für Erkrankungen des Gleichgewichtsorgans
Inga Malcus Enbom; HNO-Facharzt , Allergologin und Spezialistin für Überempfindlichkeitsreaktionen; beide HNO-Klinik Ängelholm, Schweden
Infraschall von Windenergieanlagen– ein ignoriertes Gesundheitsrisiko
Deutsche Übersetzung entnommen von <http://www.windwahn.de/index.php/krankheit-56/infraschall/schwedische-studie-ueber-infraschall>
Originaltext im Schwedischen Ärzteblatt vom 06.August 2013: <http://www.lakartidningen.se/Opinion/Debatt/2013/08/Infrajud-fran-vindkraftverk---en-halsorisk/>
- [38] A. N. Salt, J.T. Lichtenhan; „Perception-based protection from low- frequency sound may not be enough“, InterNoise 2012. <http://oto2.wustl.edu/cochlea/>
- [39] A. N. Salt, J.T. Lichtenhan; “How does wind turbine noise affect people?” 2014 <http://waubrafoundation.org.au/resources/salt-n-lichtenhan-j-t-how-does-wind-turbine-noise-affect-people/>
<http://waubrafoundation.org.au/wp-content/uploads/2014/04/Salt-Lichtenhan-How-Does-Wind-Turbine-Noise-Affect-People.pdf>
- [40] Detlef Krahe, Dirk Schreckenber, 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>

- [41] Frank Kameier; Messung und Darstellung von Infraschall – abweichend von der DIN 45680, 2014; Fachhochschule Düsseldorf, Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Fachgebiet Strömungstechnik und Akustik, Josef-Gockeln-Str. 9, 40474 Düsseldorf, Deutschland, Email: frank.kameier@fh-duesseldorf.de
- [42] EEG, Jahrgutachten 2014 der Expertenkommission Forschung und Innovation; übergeben an die deutsche Bundesregierung am 26. Februar 2014
<http://www.e-fi.de/gutachten.html>
- [43] ÄRZTEFORUM EMISSIONSSCHUTZ Bad Orb; Machbarkeitsstudie des Umweltbundesamtes zu den Wirkungen von Infraschall 2014; – Eine Auswahl der wichtigsten Zitate mit zusammenfassender Wertung – 20.12.2014
- [44] ÄRZTEFORUM EMISSIONSSCHUTZ Bad Orb; Windenergie und Abstandsregelungen, Abstand von Windenergie – eine wissenschaftsbasierte Empfehlung, Bad Orb, 15.12.2014
- [45] Kugler K, Wiegrebe L, Grothe B, Kössl M, Gürkov R, Krause E, Drexl M.; Low-frequency sound affects active micromechanics in the human inner ear, 18. August 2014
<http://rsos.royalsocietypublishing.org/>
- [46] Claire Paller; Exploring the Association between Proximity to Industrial Wind Turbines and Self-Reported Health Outcomes in Ontario, Canada, Master thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada, 2014
- [47] Steven Cooper; THE RESULTS OF AN ACOUSTIC TESTING PROGRAM CAPE BRIDGEWATER WIND FARM
44.5100.R7:MSC; Prepared for: Energy Pacific (Vic) Pty Ltd, Level 11, 474 Flinders Street, MELBOURNE VIC 3000, Date: 26th Nov, 2014
<http://www.pacifichydro.com.au/files/2015/01/Cape-Bridgewater-Acoustic-Report.pdf> oder
<https://www.wind-watch.org/documents/results-of-an-acoustic-testing-program-cape-bridgewater-wind-farm/>
- [48] Michael Bahtiarian, Allan Beaudry; Infrasound Measurements of Falmouth Wind Turbines Wind #1 and Wind #2, February 27, 2015,
Prepared by: NOISE CONTROL ENGINEERING, LLC 799 Middlesex Turnpike, Billerica, MA 01821
- [49] M.A.Swinbanks; MAS Research Ltd, 8 Pentlands Court, Cambridge CB4 1JN, Direct Experience of Low Frequency Noise and Infrasound within a Windfarm Community.
6th International Meeting on Wind Turbine Noise, Glasgow 20-23 April 2015
- [50] Bundesverband für Windenergie (BWE), Hintergrundpapier Infraschall, März 2015:
<https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/infraschall/20150312-hintergrundpapier-infraschall-windenergieanlagen.pdf>
- [51] Land Hessen, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL); Bürgerforum Energieland Hessen: Faktenpapier Windenergie und Infraschall (Entwurf, Feb. 2015), http://www.energieland.hessen.de/faktenpapier_infraschall
- [52] Kommentar der Ärzte für Immissionsschutz und des Ärzteforum Emissionsschutz Bad Orb zum Entwurf des „Faktenpapier Windenergie und Infraschall“ herausgegeben durch die Hessen Agentur GmbH im Auftrag des hessischen Wirtschaftsministeriums [19], Bad Orb, 17. April 2015
- [53] Engelen J, Wenzel P; Uppenkamp & Partner, Schalltechnischer Bericht der erweiterten Hauptuntersuchung zur messtechnischen Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Messergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2, LANUV NRW, Forschungsvorhaben Nr.14 1446 11-2, 11.11.2014

- [54] Manfred Schmidt, Müller BBM; Forschungsprojekt zu Kurven gleicher Lautstärke für DIN 45680, Abschlussbericht Nr. M111460/04, 30. März 2015
- [55] Martin Bauer, Tilmann Sander-Thömmes, Albrecht Ihlenfeld, Simone Kühn, Robert Kühler, Christian Koch; INVESTIGATION OF PERCEPTION AT INFRASOUND FRE-QUENCIES BY FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IM-AGING (FMRI) AND MAGNETOENCEPHALOGRAPHY (MEG), The 22nd International Congress on Sound and Vibration, Florence, Italy 12-16 July 2015
- [56] Engelen; Ahaus; Piorr; Messtechnische Untersuchung der Schallausbreitung hoher Windenergieanlagen, Lärmbekämpfung 2015-10 Nr.6
- [57] LUBW: Windenergie und Infraschall, Tieffrequente Geräusche von Windkraftanlagen. aktualisierte Fassung 2015-10, 6. Auflage
<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223628/>
- [58] 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>
- [59] Das Zusammenspiel Emissionshandel, EEG, Stromerzeugung und CO2-Einsparung
<http://www.vernunftkraft.de/de/wp-content/uploads/2014/09/Vortrag-Gerhard-Artinger.pdf>
- [60] weitere Infos auch unter
<http://www.vernunftkraft.de/>