

Energie in Birkenfeld

Zusammengestellt von Stefan Trcek, 12.4.2024

Dieser Artikel darf unverändert frei weitergegeben und verwendet werden. Eine auszugsweise Weitergabe ist nicht gestattet.



1 Einleitung

In den letzten Gemeinderatssitzungen wurde vorgetragen, dass Birkenfeld **energieautark** werden möchte. Dazu benötige man eigene Windkraftanlagen. Dies führe zu niedrigen Stromkosten, während Gemeinden ohne solche Anlagen doch hohe Energiepreise bezahlen müssten. Außerdem könne man den Überschußstrom verkaufen, was die Gemeinde prosperieren lasse. Leider stehen physikalische Grundlagen dagegen.

Dieser Artikel konzentriert sich auf den Strom. Wärme wäre zusätzlich zu betrachten.

Wir bitten den Gemeinderat, diese Stellungnahme gebührend zu berücksichtigen.

2 Schwankungen des Energieeintrags

Betrachten wir zunächst das **Problem**: Energie aus Windkraft gibt es nur, wenn der Wind weht.

Das macht er an allen Standorten mit leichter Verzögerung ungefähr gleichermaßen. **Die Hoffnung, dass sich Windanlagen an Land und auf See ergänzen, hat sich nicht erfüllt.** Sie zeigen dieselben Minima (das bedeutet: „kein Strom lieferbar“), siehe Schaubild. Man sieht auch, dass Energie aus PV nicht weniger volatil ist, als Windenergie.

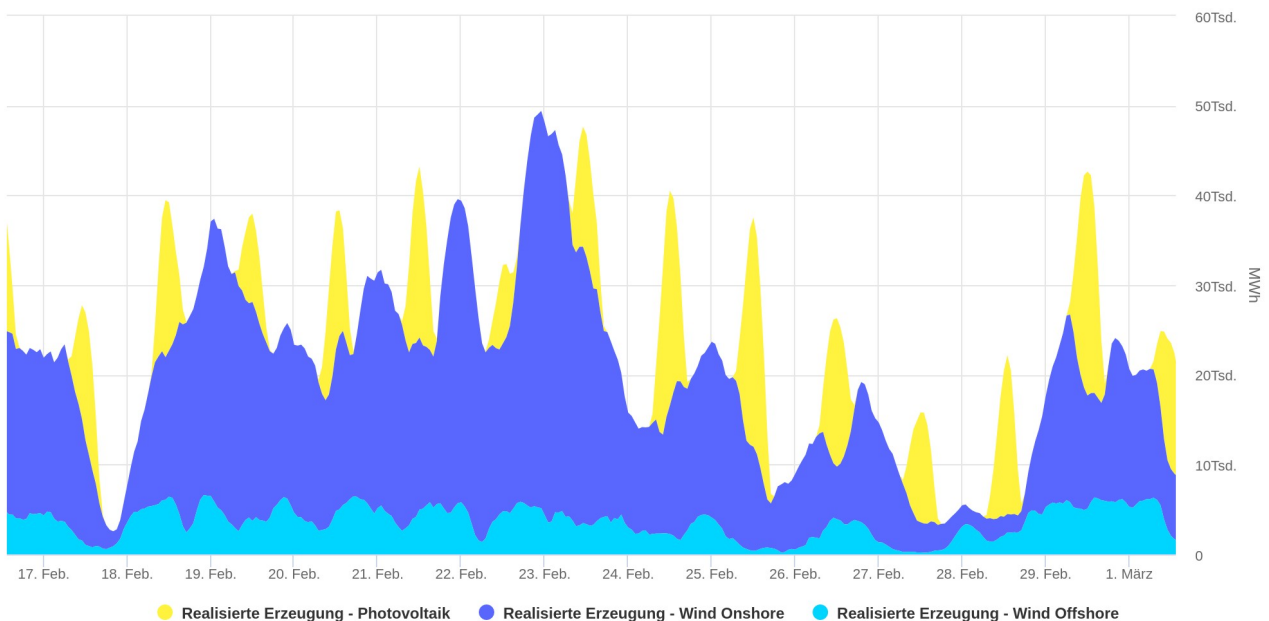
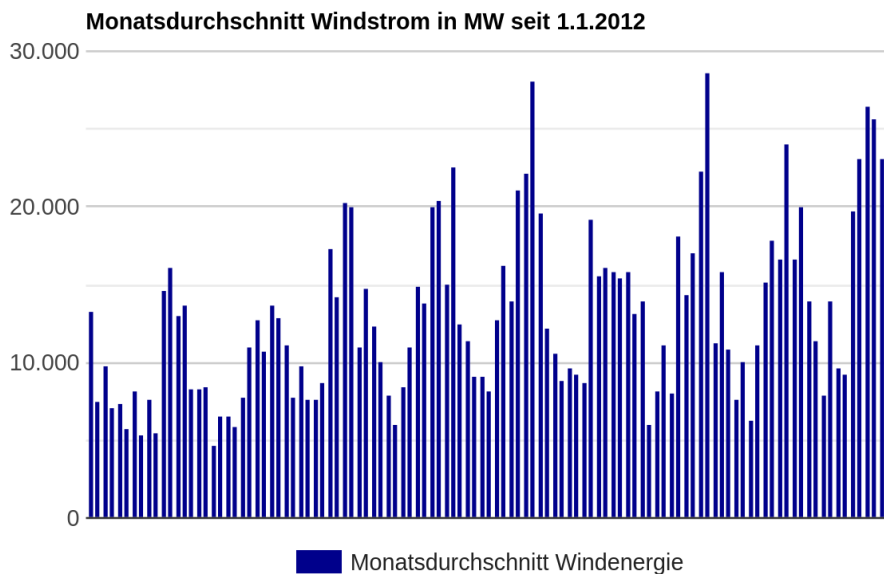


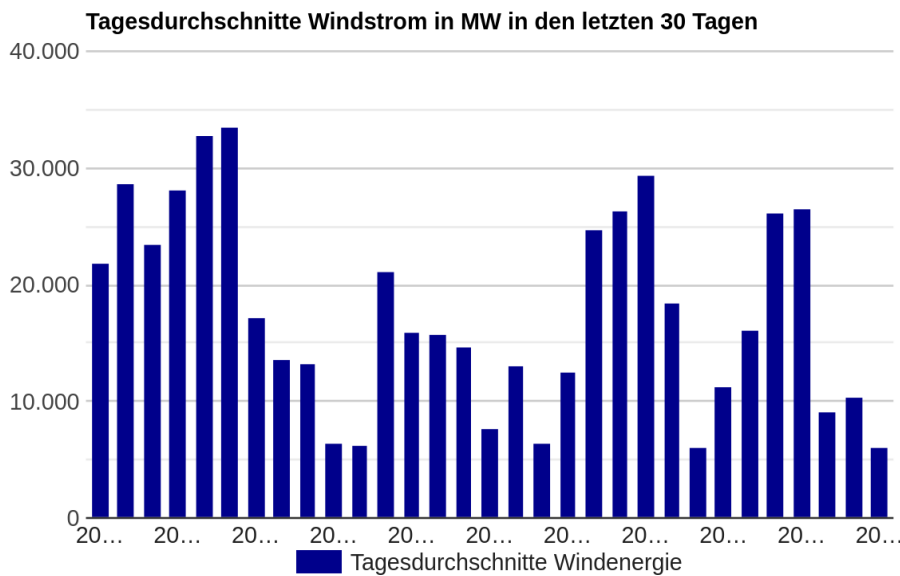
Schaubild 1: Wind- und Solarstrom in Deutschland 17.2.2024 bis 1.3.2024 (smard.de)

Auch im Tagesdurchschnitt oder Monatsdurchschnitt ergibt sich kein besseres Bild (Schaubild 2). **Es mittelt sich nichts aus, sondern wir sehen weiterhin tiefe Minima.**



Schwankung der Windenergieleistung in den letzten 30 Tagen

Die Windenergieeinspeiseleistung kann von Tag zu Tag stark variieren. Im folgenden Diagramm sind die Leistungsdurchschnitte der letzten 30 Tage gezeigt.



Analyse und Zusammenstellung: Dr. Konstantin Wiegandt

Daten-Quelle: Mit freundlicher Genehmigung der Übertragungsnetzbetreiber [Tennet TSO GmbH](#), [Amprion GmbH](#) und [TransnetBW GmbH](#) und [50Hertz Transmission GmbH](#).

*SSchaubild 2: Windstrom in **Deutschland**, Tages- und Monatsdurchschnitt (windjournal.de), abgerufen am 19.3.2024.*

Der **Monatsdurchschnitt** gilt von 1.1.2012 bis 29.2.2024.

Der **Tagesdurchschnitt** gilt also von 18.2.2024 bis 19.3.2024.

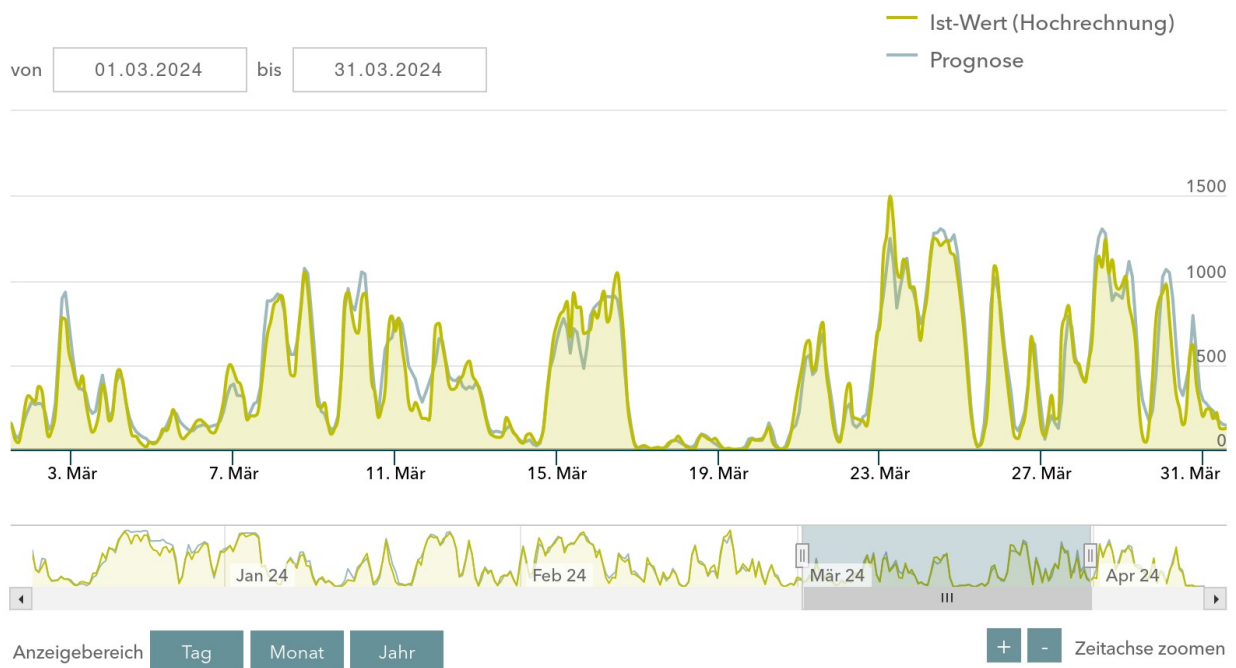


Schaubild 3: transnetbw.de: Windkraft im Südwesten

Auch im Südwesten tiefe und lange Minima. Quelle: <https://www.transnetbw.de/de/transparenz/marktdaten/kennzahlen>

3 Straubenhardt

Die Straubenhardter Windräder stehen schon länger, und man kann die Planungsleistung mit der gemessenen Leistung vergleichen. Von Straubenhardt erreichen uns folgende Daten:

Jahr	2018	2019	2020	2021	2022	Mittel
Tatsächlicher Ertrag in MWh	47992	67019	63295	55708	62376	
Betriebszeit	91,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
Zeitbereinigter Ertrag	52681	67019	63295	55708	62376	60216
% der TÜV-Prognose 87.000 MWh	60,6%	77,0%	72,8%	64,0%	71,7%	69,2%
% der BI-Prognose 57618 MWh	91,4%	116,3%	109,9%	96,7%	108,3%	104,5%
Auslastung %	18,2%	23,2%	21,9%	19,3%	21,6%	20,8%
Auslastung Volllaststunden	1596	2031	1918	1688	1890	1825

Quelle: <https://gegenwind-straubenhardt.de/wp-content/uploads/2023/09/Bildschirmfoto-2023-09-24-um-16.23.31.png>

Wir sehen, dass der erreichte Ertrag im Mittel knapp 70% der seinerzeitigen Prognose erreicht. Das wirft Fragen auf:

- Wie ist das mit der damaligen Prognose trotz intensiver Messung zu vereinbaren?
- **Wie kann man im nächster Nähe einer bestehenden Windindustrieanlage eine weitere Anlage planen, ohne die Realitäten und augenscheinlich unzutreffenden Prognosen des Nachbarstandorts heranzuziehen?**

Die detaillierte Analyse kann man hier nachlesen:

Unabhängige Ertrags-Analyse von Windkraft-Anlagen am Standort Straubenhardt
<https://gegenwind-straubenhardt.de/wp-content/uploads/2023/09/Unabhaengige-Ertrags-Analyse.pdf>

4 Windatlas Baden-Württemberg 2019

Hier nur ein kurzer Abschnitt, in einem eigenen Kapitel wird die Sache vertieft.

Der Windatlas Baden-Württemberg 2019 widerspiegelt nicht die Realitäten, was in einem eigenen Kapitel im Vergleich zum Windatlas Bayern, sowie Messungen und Berechnungen für Straubenhardt detailliert erörtert wird.

An der Grenze zu Bayern ergeben sich dies- und jenseits der Ländergrenze gravierende Abweichungen der nutzbaren Windleistung.

In Straubenhardt hat gegenwind-straubenhardt.de die Leistung der zu erstellenden Windräder mithilfe des Windatlas 2013 mit hoher Treffsicherheit berechnet.

	Ertragsprognose
Gegenwind-straubenhardt.de	99,2%
TÜV Prognose	146,4%
Prognose Windatlas 2019	173,7%

Auch hier führt der Windatlas 2019 zu einer maßgeblichen Überschätzung des Ertrags.

Eine derart schlechte Datenlage ist keine gesunde wirtschaftliche Grundlage für solch ein Projekt mit einen derart gravierenden Eingriff in die Landschaft.

5 Speichertechniken

In der Fichtnerstudie werden Eisspeicher, Zinkspeicher, Wasserstoffspeicher und Batteriespeicher erwähnt. Dafür fehlen uns

- Kapazitätsberechnungen
- Lebensdauer bzw. Haltbarkeit der Speicher, Pflegekosten
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Das Zusammenspiel mit dem volatilen Strom

Insbesondere letzteres - das Zusammenspiel von Stromerzeuger und Stromspeicher - muß mathematisch bzw. in einer Simulation schlüssig für ein ganzes Jahr dargelegt werden. Die Modelle und Berechnungen sind offenzulegen.

Es fehlen die Berechnungen, welche Ersatzkraftwerke und Speicher notwendig sind, um ohne Stromausfälle reale Schwankungen über ein Jahr auszugleichen.

6 Kosten für Batteriespeicher

Bei Batteriespeichern kennen wir Daten von bestehenden und geplanten Anlagen. Diese seien hier anhand eines für 2026 geplanten Batteriespeichers von TransnetBW dargestellt, der 750,- EUR / kWh Speicherkosten prognostiziert. Berechnen wir für einen Birkenfelder Batteriespeicher ohne weitere Ersatzkraftwerke:

- 12,7 Mio EUR für eine Stunde Flaute
- 304,8 Mio EUR für einen Tag Flaute
- 7 Milliarden EUR für Autarkie mit angenommenem 6,3% Speicher der Jahresleistung nach Hans-Werner Sinn

Das sind keine Einmalkosten, denn die geschätzte **Haltbarkeit** eines Batteriespeichers wird von den Verkäufern je nach Speichertyp und Nutzung bei **10-20 Jahren** angegeben, manche auch darunter. Die Berechnungen werden in einem eigenen Kapitel gesondert dargelegt.

7 Wenn der Speicher zu klein ist

Wer volatile Kraftwerke will, muß, um die Minima auszugleichen, eine der folgenden Konsequenzen tragen und **erklären, welche Möglichkeit er wählen möchte**:

1. Ein **Ersatzkraftwerk** bereitstellen: Leider muß dieses Kraftwerk dieselbe Leistung wie unsere Windanlage haben, um die Minima zu überwinden. Wir betreiben also zwei Kraftwerke, wobei sich die Anschlußfrage stellt: Warum installieren wir überhaupt das erste (Windkraft), wenn das zweite reicht?
2. **Speichertechniken** installieren: Wird in einem eigenen Kapitel dargelegt.
3. Temporären **Stromausfall** hinnehmen: Es werden einzelne Ortsteile abgeschaltet, um das Stromnetz zu stabilisieren. Nicht immer dieselben, aber regelmäßig.

Es fehlt hier an einer klaren Äußerung (mit Berechnung), welche der Möglichkeiten in welchem Umfang vorgesehen sind.

8 Überschußstrom verkaufen

In den Gemeinderatssitzungen wurde der Verkauf von Überschußstrom hervorgehoben. **An wen möchte man Überschußstrom verkaufen?**

- An Nachbarn, die auch mittels Windenergie autark sind?
 - Die haben keinen Bedarf, denn die wollen zu demselben Zeitpunkt kaufen oder verkaufen.
- An Nachbargemeinden, die grundlastfähige Kraftwerke betreiben?
 - Denen kann man nichts oberhalb ihrer grundlastfähigen Erzeugungskosten verkaufen. Tatsächlich sogar nur deutlich darunter, da durch eine gravierende Dauerregelung die Effizienz des Kraftwerks leidet, dauerhafte Betriebskosten anfallen und weitere regelungsbezogene Kosten verursacht werden.

9 Sogenannte Schwachwindräder

Die Windenergie, die man ernten kann, liegt physikalisch bedingt bei unter 60%.

Man kann sich diesem maximalen Wirkungsgrad mit höheren Kosten annähern. Die Volllaststunden werden weniger und der Preis pro kWh höher.

Man kann andererseits den Wirkungsgrad weiter verschlechtern, indem man die Generatoren verkleinert und damit den stärkeren Wind nicht mehr ernten kann. Dann erhält man mehr Volllaststunden, aber halt einen noch schlechteren Wirkungsgrad. Man wägt also Wirkungsgrad gegen Kosten auf.

Was soll uns der Begriff Schwachwindräder sagen? Physikalisch ist er nicht erklärbar.

10 Pellworm

Pellworm ist eine nordfriesische Insel mit an sich idealen Bedingungen sowohl für Windkraft, als auch solaren Energiegewinn. Konstanteren Wind als im Meer bekommt man nirgends, schon gar nicht im Binnenland. **Pellworm erzeugt siebenmal** soviel Strom, wie es selber braucht. Beste Voraussetzungen um energieautark zu werden, aber Pellworm hat dieses Ziel nicht erreicht.

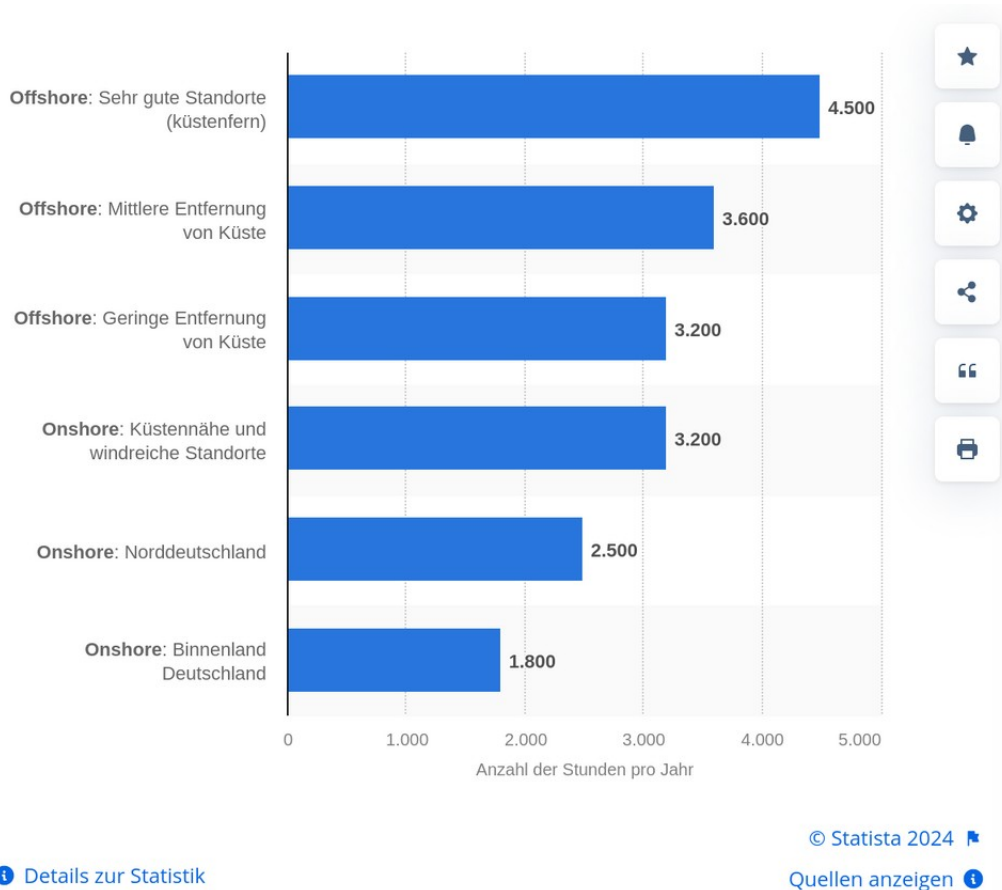
<https://ruhrkultour.de/pellworm-das-ziel-der-autarkie-wurde-verfehlt/>

Was ist in Birkenfeld besser gelöst, so dass Energieautarkie erreicht werden kann?

11 Jahresdurchschnittsleistung eines Windrads

Die Jahresdurchschnittsleistung eines Windrads liegt erheblich tiefer als die Nennleistung.

Nun zu den Volllaststunden:



Fichtner gibt für ihre Anlagen 31,3% an.

Eine 7,2 MW Anlage (Fichtner, S. 38) bringt also im Mittel 2,25 MW, vorausgesetzt die grundlegenden Daten stimmen, siehe Kapitel „Windatlas“.

Binnenland liegt die mittlere Leistung eines Windrads im Schnitt (Stand 2021) bei 1800 Volllaststunden = 20,5%. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/224720/umfrage/wind-volllaststunden-nach-standorten-fuer-wea/> .

Die hohe Zahl von 2750 Volllaststunden (31,4%) bei Fichtner ist kein Qualitätsmerkmal. Man beachte dazu das Kapitel „Schwachwindräder“.

12 Subventionen

Windkraft wird durch verschiedenste Arten subventioniert, als da u.a. wären: direkte Subventionen, Windstromvorrang, garantierte Vergütung ohne Lieferung von Strom, usw.. So schreibt *Wolfgang Kiene*, Geschäftsführer *Maka Windkraft* folgendes in <https://www.windkraft->

[journal.de/2022/09/22/ein-kommentar-von-wolfgang-kiene-geschaefsfuehrer-maka-windkraft-zur-windkraft-und-strompreisen/179710](https://www.windjournal.de/2022/09/22/ein-kommentar-von-wolfgang-kiene-geschaefsfuehrer-maka-windkraft-zur-windkraft-und-strompreisen/179710)

Unser Windpark in Fürstenau läuft nur noch wenig. Zumindest, wenn Wind weht. Nicht, weil die Maschinen defekt sind. Nicht etwa, weil das Netz knapp ist. Nein. Weil an der Börse gezockt wird.

Wir als Windkraftbetreiber sind an diese Börse gezwungen worden. Vom Gesetzgeber. Jetzt heißt es, wir bekommen zu viel für unseren Strom. Für den Monat August 2022 gab es rund 46 Cent für unsere Produktion an der Börse. Dafür muss man sich schämen. Das darf man niemanden erzählen. Aber wir können nichts dafür. Wir müssen an die Börse. Wenn der Strom wenigstens knapp wäre und wir liefern auf Angebot und Nachfrage für diesen Preis. Nein.

Aktuell: Heute ist Samstag, 17. September 2022. Unser Park könnte pro Stunde rund 8000 KWh produzieren. Er ist aber abgeregelt. Abgeregelt, weil an der Börse wieder spekuliert wird. Jetzt sollte uns das gar nicht stören. Wir bekommen nämlich den abgeregelten „Strom“ voll vergütet. Zahlt ja der Kunde. Dem wird erzählt, der Strom sei knapp und er müsse sparen. In Wahrheit zahlt er den abgeschalteten und den dadurch verknappten Strom und weiß nicht, wie er das stemmen soll.

Pervers. Sorry.

Die jetzige Regierung erließ ziemlich rücksichtslos diverse Gesetze, die gravierend in den Energiemarkt eingreifen. Die meisten grundlastfähigen Kraftwerke werden erheblich benachteiligt. **Eine zukünftige Regierung könnte ebenso rücksichtslos alle Subventionen streichen. Wie sähe dann die Finanzsituation in Birkenfeld aus?**

„Der Wind stellt keine Rechnung“ wird gerne behauptet. Wenn das so wäre:

- **Warum müssen dann Windräder subventioniert werden?**
- **Warum werden Windräder nach 20 Jahren abgebaut, also genau dann, wenn die Subventionen auslaufen?**

13 Leistungsdaten von Fichtner

Fichtner plant 9 Windkraftanlagen (Werte von Seite 15, 26, 42ff.) mit nachfolgenden Angaben, die auch in folgenden Berechnungen verwendet werden.

- Windräder
 - 54 MW Leistung der Windräder
 - 2750 Volllaststunden / Jahr entspricht 31,4 % der Volllast (2750 / (24*365))
 - 16,9 MW mittlere Realleistung, volatil
 - Ertrag: 148 GWh / Jahr ~ 405 MWh / Tag
- Verbrauch:
 - 53 GWh / Jahr für das Kerngebiet
 - 94 GWh / Jahr für Gesamtbirkenfeld

Man sieht, dass die Windräder theoretisch den Strombedarf decken könnten, wenn der Strom geliefert würde, wie bestellt. Tut er aber nicht. Um die Volatilität zu glätten bedarf es Speicher.

14 Batteriespeicher

Strom ist eine extrem verderbliche Ware, man kann ihn nicht direkt speichern. Man muß ihn in etwas anderes umwandeln. Jede Speicherart hat einen individuellen und z.T. sehr erheblichen Energieverlust bei der zweimaligen Umwandlung zur Folge. Im folgenden werden nur Batteriespeicher betrachtet, dieweil auch zu bspw. **Eisspeichern und Wasserstoffspeichern in der Fichtnerstudie etliche Fragen offen sind.**

Kosten für Batteriespeicher

Schauen wir uns die Baukosten für real existierende Batteriespeicher an:

Speicher	Leistung	Speicher- kapazität	Kosten in EUR	Preis in EUR / kWh
Batterie Großspeicher Dresden	2 MW	2,7 MWh	2,7 Mio	1000,-
Batteriespeicher Feldheim	10 MW	5 MWh	12,8 Mio	2450,-
Batteriespeicher Jardelund	48 MW	50 MWh	30 Mio	600,-
Netzbooster Kupferzell (TransnetBW)	250 MW	250 MWh	188 Mio (geschätzt)	752,- (geschätzt)
Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal	1060 MW	8500 MWh	623 Mio	73,-

Die Daten sind entnommen aus https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Batterie-Speicherkraftwerken und https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk_Goldisthal

Überbrücken von Flaute

Angenommen, wir wollen eine Flaute überbrücken, wieviel müssen wir für einen Batteriespeicher bezahlen, um die elektrische Leistung zu erhalten?

Aus Hans-Werner Sinns Vortrag „Wie viel Zappelstrom verträgt das Netz? Bemerkungen zur deutschen Energiewende“ https://youtu.be/rV_0uHP3BDY?t=863 kann man folgende notwendige Speichergrößen entnehmen (5,85 GW Windkraftanlage, 51,2 TWh/a):

- Bei reiner Windkraft: 19,5% der Jahresleistung bzw. zu überbrückender Zeitdauer
- Bei Wind- und Photovoltaik kombiniert: 6,3% oder 13% der Jahresleistung (das geht nicht aus seinem Video hervor).

Wir unterstellen die optimale Kombination von Windkraft und PV und rechnen mit den 6,3%. Nehmen wir den geplanten Speicher in Kupferzell mit 752 EUR / kWh. Nur für Stromerzeugung für das Kerngebiet hätten wir einen Faktor von $52,9 \text{ GWh} / 148 \text{ GWh} = 0,356$, die Werte dritteln sich etwa.

- ca. 12,7 Mio EUR für eine Stunde Flaute
 - $752 \text{ EUR} / \text{kWh} * 16900 \text{ kW} = 12708800 \text{ EUR} / \text{h}$
- ca. 304,8 Mio EUR für einen Tag
- ca. 7 Milliarden EUR für Autarkie mit angenommenem 6,3% Speicher der Jahresleistung:
 - $148000000 \text{ kWh} * 0,063 * 752 \text{ EUR/kWh} = 7.011.648.000 \text{ EUR}$
- ca. 2,5 Milliarden EUR für Strom für das Kerngebiet
 - $53000000 \text{ kWh} * 0,063 * 752 \text{ EUR/kWh} = 2.510.928.000 \text{ EUR}$

Fazit:

- **Batteriespeicher sind außerordentlich teuer.**
- **Batteriespeicher sind kurzlebig.**
- **Die Materialbeschaffung für derartig große Speicher ist kurzfristig nicht lösbar.**
- **Wer einen billigen Stromspeicher hat, kann ohne Erzeugen eigener Energie prosperieren:** Strom billig einkaufen, denn der Strompreis geht regelmäßig auf Null oder darunter, und in Flautezeiten teuer verkaufen.

15 Leistung eines Windrads

Zwecks Verständnis der Kapitel über Windatanten sehen wir uns die Leistungskurve eines Windrads an. **Die Leistung eines Windrads steigt mit der dritten Potenz der Strömungsgeschwindigkeit**, siehe Schaubild.

Bei einer Windgeschwindigkeit von 10m/s nehmen wir eine Nennleistung von 100% an. Oberhalb dieser 10 m/s bleibt die Leistung konstant bei 100%, da der Generator nicht mehr liefern kann, und fällt dann typischerweise ab etwa 20 m/s wieder ab und wird irgendwann abgeschaltet, um die Zerstörung der Anlage zu verhindern.

- Fällt die Windgeschwindigkeit auf 8m/s, liefert es noch 51,2% der Nennleistung.
- Fällt die Windgeschwindigkeit auf 5m/s, liefert es noch 12,5% der Nennleistung.

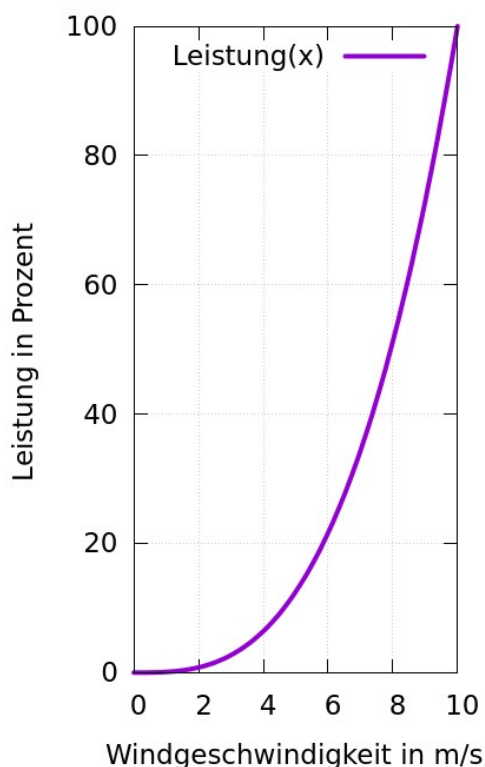


Schaubild 4: Leistung Windrad

Fazit:

Leichte, kaum merkbare Schwankungen der Windgeschwindigkeit ergeben große Schwankungen im Ertrag. Ungenauigkeiten beim Ermitteln der Windgeschwindigkeit sind höchst relevant.

16 Windatanten Baden-Württemberg und Bayern

Die Fichtnerstudie stützt sich auf den Windatlas Baden-Württemberg. Dieser ist aus verschiedenen Gründen zu hinterfragen:

1. Der Windertrag diesseits und jenseits der Ländergrenze differiert erheblich.
2. Die Messungen in Straubenhardt sprechen dagegen.

Man beachte, daß

1. die Windatlanten auf der Mittelung jahrelanger Windmessungen beruhen.
2. die Windgeschwindigkeiten diesseits und jenseits der Grenze zwischen Baden-Württemberg und Bayern sich laut DWD (Deutschen Wetterdienst) nur marginal bis garnicht unterscheiden.

Neu-Ulm

Betrachtet man jedoch die Windatlanten von Baden-Württemberg und Bayern bei Neu-Ulm an der Grenze der beiden Bundesländer, so fällt direkt anhand der Einfärbung der Karten bzw. „Objektinfo“ in der Karte BY folgendes auf (und das ist kein Einzelfall):

<i>Land</i>	<i>Mittlere gekappte Windleistungsdichte</i>
Baden-Württemberg	190 - 250 W/m ²
Bayern	148 W/m ²

Im folgenden sehen wir Karten aus den Windatlanten. Jeder kann die Datenlage selber nachvollziehen.

Windatlas Baden-Württemberg

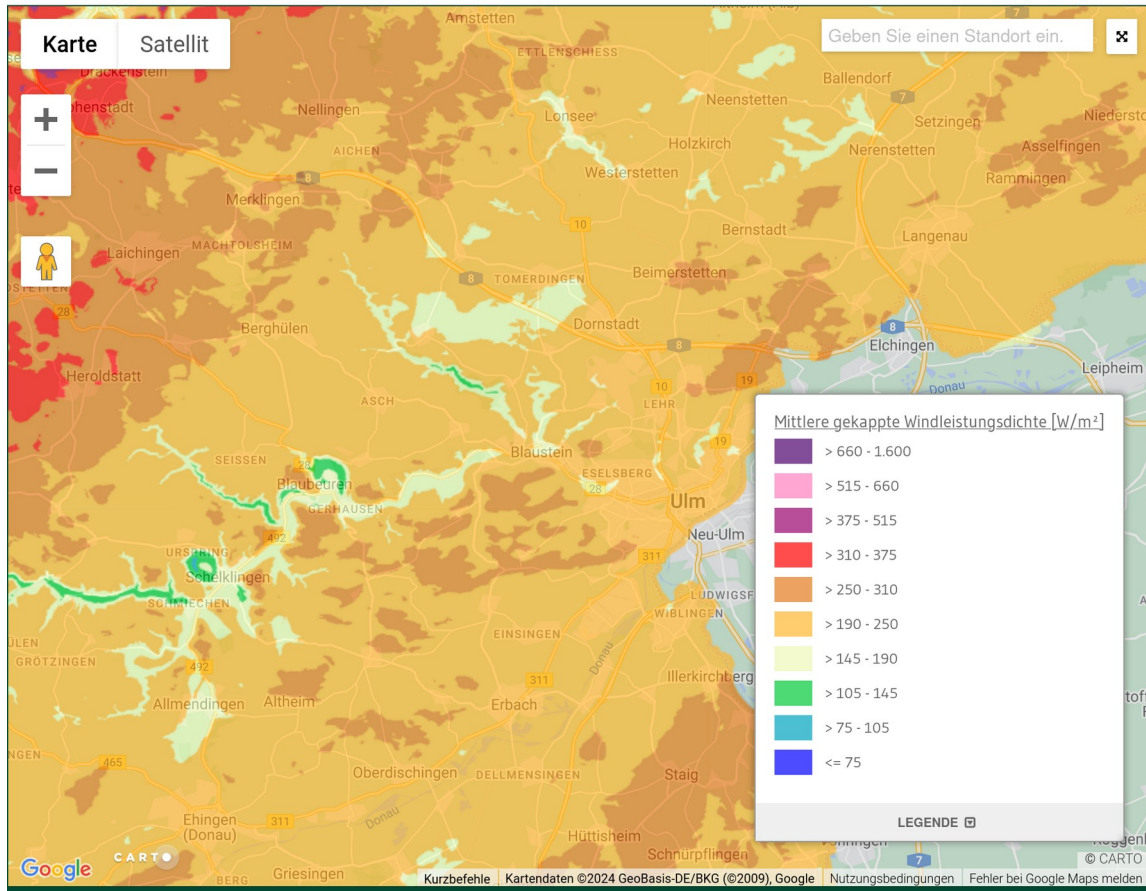


Schaubild 5: Aus dem Windatlas Baden-Württemberg

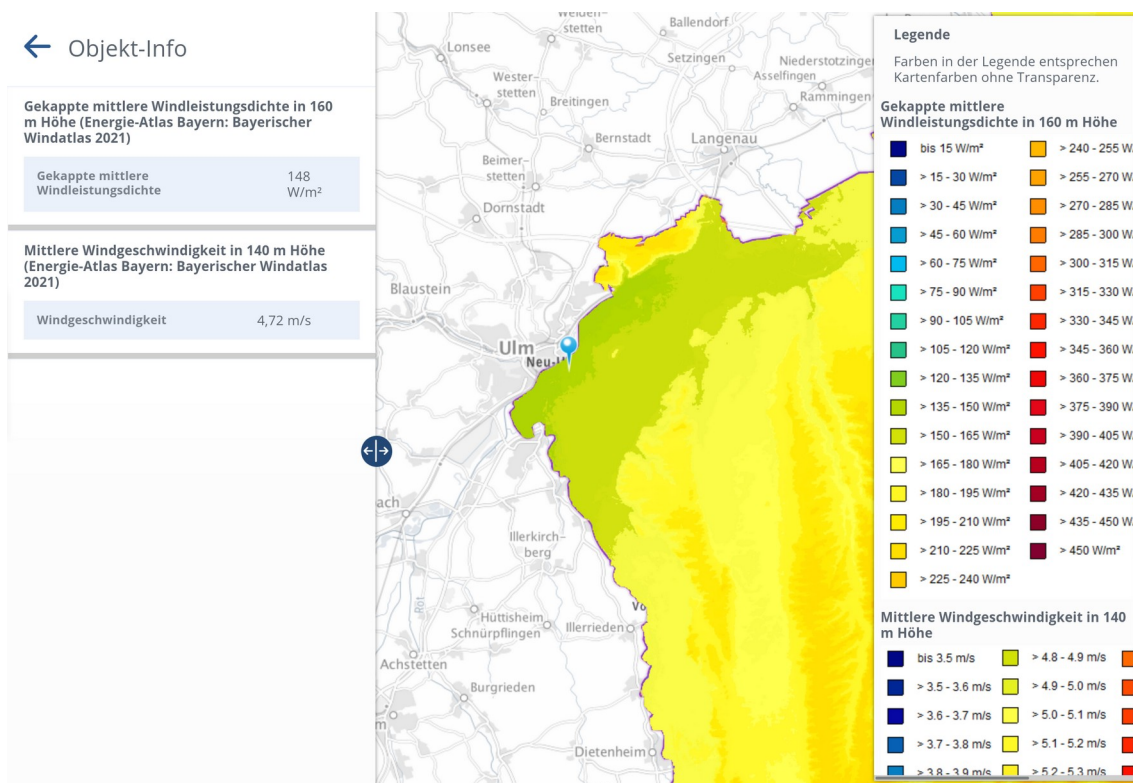


Schaubild 6: Aus dem Windatlas Bayern

Untersuchung des Grenzgebiets BW-BY von Saur/Fritz/Thorwart

Das gleiche findet man bei etlichen anderen Standorten an dieser Grenze.

Saur/Fritz/Thorwart verglichen die beiden Windatlanten detailliert, und haben auf geringe Distanz, gleiche Höhe und gleiche Windgeschwindigkeiten geachtet. **Die Unterschiede von direkt benachbarten Standorten sind erheblich.** Bitte studieren Sie diesen detaillierten Artikel:

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Saur, Dipl.-Ing. Willy Fritz und Prof. Dr. Michael Thorwart: Der Windatlas Baden-Württemberg 2019 und der bayerische Windatlas 2021 im direkten Vergleich entlang der Landesgrenze

https://www.researchgate.net/publication/376407560_Der_Windatlas_Baden-Wuerttemberg_2019_und_der_bayerische_Windatlas_2021_im_direkten_Vergleich_entlang_der_Landesgrenze/link/65773693ea5f7f02055f8238/download

Da die Windgeschwindigkeit - wie oben dargestellt - sehr relevant für den Ertrag ist, sind diese Unterschiede weder vernachlässigbar noch tolerierbar.

Untersuchung in Straubenhardt

Für Straubenhardt liegt die Überschätzung des Windertrags nach dem Windatlas 2019 bei 173,7%, also noch schlechter, als die schon nicht zutreffende Erstprognose vor dem Bau der Windräder. Siehe die Tabelle auf Seite 2:

Vergleich des Windatlas Baden-Württemberg mit der Realität am Standort der Windkraft-Industrieanlage Straubenhardt

<https://gegenwind-straubenhardt.de/wp-content/uploads/2022/08/Vergleich-des-Windatlas-Baden-Wu%CC%88rttemberg-mit-der-Realita%CC%88t.pdf>

Fazit:

Eine derart schlechte Datenlage ist keine gesunde Grundlage für solch ein Projekt mit einem gravierenden Eingriff in die Landschaft.

17 Windhöffigkeit: Umweltministerium vs. Bundesverband Windenergie

Um eine wirtschaftliche Windhöffigkeit zu erreichen, sind u.a. bestimmte Windgeschwindigkeiten eine notwendige Voraussetzung.

Das UMBW (Umweltministerium Baden-Württemberg) empfiehlt deutlich niedrigere Windgeschwindigkeiten als wirtschaftlich zu betrachten, als der BWE (Bundesverband Windenergie). Diese reduzierten Anforderungen gingen in den Windatlas 2019 ein.

In folgender Publikation sind die Daten zusammengefasst:

Jörg Saur, Michael Thorwart: Kennzahlen zur Bestimmung der Windhöffigkeit
https://www.researchgate.net/publication/377963373_Kennzahlen_zur_Bestimmung_der_Windhoeffigkeit

Wir lesen auf Seite 3:

Es wird deutlich, dass die Empfehlung des UMBW einer mittleren gekappten Windleistungsdichte von 215 W/m² (in 160 m Höhe) einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4.5 m/s bis 5.7 m/s entspricht. Hingegen empfiehlt der BWE eine notwendige mittlere Windgeschwindigkeit von 6.5 m/s für einen wirtschaftlichen Betrieb, was einer mittleren gekappten Windleistungsdichte von 300 W/m² bis 380 W/m² entspricht.

und auf Seite 6:

Erkennbar ist ebenfalls die Diskrepanz zwischen der Empfehlung des Bundesverbandes Windenergie (BWE) und des Umweltministeriums Baden-Württemberg. Die vom BWE bestimmte Wirtschaftlichkeitsgrenze von $v_{av} = 6.5$ m/s entspricht mittleren gekappten Windleistungsdichten von $P_{Wind,av,kapp} = 300$ W/m² bis 380 W/m² und unterscheidet sich deutlich vom vom UMBW empfohlenen Wert $P_{Wind,av,kapp} = 215$ W/m². Der letztere entspricht einer mittleren Windgeschwindigkeit von $v_{av} = 4.5$ m/s bis 5.7 m/s, anstatt dem BWE-Wert von $v_{av} = 6.5$ m/s.

18 Flächenbedarf von Windkraftanlagen

Der Flächenbedarf eines Windrad ist nicht nur sein Standplatz. Windräder stehen deshalb so weit auseinander, weil sie den Wind stark abbremsen, und nachfolgende Anlagen mit einer geringen Geschwindigkeit angeströmt werden. **Das verändert wesentlich das Mikroklima.**

Eine Modellrechnung, um den Flächenbedarf von Windkraftanlagen zu beleuchten: Das Kraftwerk Isar 2 lieferte 2018 11477 GWh, ein Fichtner-Windrad (s.o.) nach Vorraussage 16,4 GWh. **Wir benötigen also $11477/16,4 = 700$ Windräder, um Isar 2 mengenmäßig zu ersetzen.** Mengenmäßig heißt volatil, wir nehmen also Stromausfälle in Kauf.

Der Enzkreis (573 km²) und Pforzheim (98 km²) haben zusammen etwa 671 km² Fläche. Wir müssten also im Enzkreis und Pforzheim flächendeckend jeden Kilometer in beide Richtungen ein Windrad stellen, um dieses eine Kraftwerk zu ersetzen.

Typischerweise sind die meisten Standorte aber unbrauchbar und wir werden unsere schönen Höhenzüge und naturnahe Landschaften mit Windrädern bestücken. Wessen Interesse ist das?

19 Flächenbedarf von Photovoltaik

	Leistung
Maximale Einstrahlung von der Sonne tagsüber (1)	1000 W/m ²
Nennleistung Photovoltaik (2)	241 W/m ²
Jahresdurchschnittsleistung (2)	31 W/m ²

Daten aus <https://echtsolar.de/photovoltaik-leistung/> (1) und Eigenmessung einer günstig stehenden Anlage von 2018 (2).

Man beachte, dass die durchschnittliche Leistung von November bis Februar sehr gering ist und durch Schneefall auch mal völlig unbrauchbar. Daten siehe <https://echtsolar.de/photovoltaik-leistung/> unter „Photovoltaik-Leistung pro Tag und Monat“.

Dabei ist der Strombedarf in dieser kalten Zeit um 30% - 40% gegenüber dem durchschnittlichen Bedarf erhöht (Eigenmessung), mit Wärmepumpe und E-Auto noch wesentlich höher.

Durch die geringe Leistungsdichte ist der Flächenverbrauch riesig und sollte nicht auf Naturräumen, sondern nur auf bebautem Gebiet gestattet werden.

20 Weitere Fragen

Aus dem Dargestellten ergeben sich schon sehr viele Fragen. Dennoch möchte ich konkret Fragen benennen:

1. Welche der Maßnahmen werden in Betracht gezogen, um die Volatilität der Windenergie zu bändigen?
2. Gehört das Abschalten der Stromversorgung von Teilen der Gemeinde zum Konzept?
3. Welche Wirkungsgrade haben die Speichertechnologien, die laut Fichtner eingesetzt werden sollen, also die doppelte Umwandlung von Strom zum Speicher zu Strom?
4. Wieviel Leistung an Ersatzkraftwerken bzw. Stromspeichern soll zur Verfügung gestellt werden (bitte zum Nachrechnen), für welchen Dunkelflautenzeitraum das ausreichen wird, und was die Lösung initial und laufend kosten wird.
5. An wen möchte man Überschußstrom verkaufen?
6. Wie lautet die Berechnung der Wirtschaftlichkeit, wenn keine Subventionen fließen?
7. Wie kann Energieautarkie angestrebt werden, wenn nicht ansatzweise Ersatzkraftwerke oder Ersatzspeicher zur Verfügung stehen?
8. Warum wird mit Photovoltaik in unbebautem Gebiet weitere Natur zerstört? Photovoltaik gehört nur auf sowieso schon bebaute Flächen.
9. Was soll energietechnisch in Birkenfeld besser funktionieren als auf Pellworm?

21 Schlusswort

Der Schreiber betreibt selber ein kleines Solarkraftwerk zur Eigenversorgung mit Einspeisung von Überschußstrom und ist sowohl mit dem Sinn als auch dem Unsinn volatiler Energie in der Praxis bestens vertraut.

Das allerletzte Wort lassen wir Wilhelm Busch, der uns zeigt, dass so manches Problem älter ist, als man denkt.

Aus der Mühle schaut der Müller,
Der so gerne mahlen will.
Stiller wird der Wind und stiller,
Und die Mühle stehet still.

So geht's immer, wie ich finde,
Rief der Müller voller Zorn.
Hat man Korn, so fehlt's am Winde,
Hat man Wind, so fehlt das Korn.

22 Weitere Quellen

Zur weiteren Recherche weitere Quellen, soweit sie nicht im Text direkt angegeben sind:

- Liste von Plattformen für weitere Daten
<https://www.transnetbw.de/de/transparenz/marktdaten/veroeffentlichungsplattformen>
- Ertragsauswertung Windstrom / Dauerflaute / Wie findet man die Einspeisedaten
<https://gegenwind-straubenhardt.de/statistik/dauerflaute-im-windstrom-maerchenland/>