

BUND Naturschutz in Bayern e.V

Landesweiter Arbeitskreis
Energie und Klimaschutz



Februar 2017

Arbeitspapier

100 Prozent Erneuerbare Energien. Strom in Deutschland.

Eine dynamische Betrachtung mit Simulationen der benötigten installierten elektrischen Leistungen für elektrischen Strom aus Wind- und Sonnenenergie und zu den Erfordernissen von Strom-Netzen und Strom-Speichern.

Wilfried Attenberger, Heide Schmidt-Schuh und Herbert Barthel

Einleitung

Der Ausbau der Erneuerbaren Energien in den Bereichen Wärme, Strom und Mobilität muss zum Ziel haben, deutlich vor dem Jahr 2040 die Energieerzeugung möglichst zu 100 Prozent, und ohne zusätzlichen Kohlendioxid-Ausstoß (CO₂) in die Atmosphäre, zu realisieren. Dies erfordert für Deutschland die Umsetzung eines nationalen Mindest-Ziels mit Blick auf das globale Ziel der Klimakonferenz COP21 Paris 2015, den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 Grad zu begrenzen.¹

Der BN (gemeinsam mit dem Bundesverband BUND e.V.) fordert eine Halbierung der Verbräuche an Energie durch Einsparungen und Effizienzmaßnahmen. Das Potenzial dafür ist gemäß vieler Untersuchungen vorhanden.² Dies wird bei den Sektoren Wärme und Mobilität dazu führen, dass der verbleibende Energiebedarf zukünftig deutlich mehr über elektrischen Strom abgedeckt werden wird. Das heißt, der Stromverbrauch wird, trotz Einsparungen in den heute bestehenden Anwendungen, in 2040 gegenüber heute bedingt durch neue Anwendungen ansteigen bzw. konstant bleiben. Der vorliegenden Simulation wird daher ein Stromverbrauch von ca. 600 bis 700 TWh (Milliarden Kilowattstunden) pro Jahr in Deutschland zu Grunde gelegt.³

¹ Klimaschutz mit einer Vorgabe einer mittleren globalen Temperaturerhöhung maximal 2 °C und möglichst 1,5 °C, wie in Paris 2015 formuliert, erfordert das Erreichen dieses Ziels deutlich vor dem Jahr 2040. Der erforderliche Zeitrahmen hierzu wird durch die politischen Rahmenbedingungen gesteuert

² Unter anderen auch Studie des BN bei der Energieagentur Nordbayern in 2011. Informationen hierzu unter: <https://www.bund-naturschutz.de/energie/energie-sparen-energieeffizienz-erneuerbare-energien.html>

³ Der Stromverbrauch in 2015 in Deutschland lag bei ca. 500 TWh

In den Energie-Sektoren Wärme und Verkehr kommen heute in Deutschland vorwiegend stoffliche fossile Energieträger zum Einsatz: Für Wärme - v.a. Heizöl, Erdgas und Kohle; für Verkehr – v.a. Benzin und Diesel. Die beiden wesentlichen Quellen Erneuerbarer Energien (EE), Windenergieanlagen (WEA) und Photovoltaikanlagen (PV), liefern elektrischen Strom.

Für Strom existiert heute in 2017 noch keine im großen und industriellen Stil verfügbare Infrastruktur der Speicherung. Speicherung von Strom erfordert im Allgemeinen eine Umwandlung in andere Energieformen.

Der Energieträger Strom wird meist als bilanzieller Summenparameter, als elektrische Energie oder elektrische Arbeit ausgewiesen. Dies gibt einen Bezug zum Verbrauch und zu den erforderlichen Ressourcen wie die benötigten Flächen.

Die Analyse einer sicheren Stromversorgung erfordert zusätzlich eine dynamische und zeitlich aufgelöste Betrachtung der bezogenen elektrischen Last $P_{\text{Verbraucher}}$ und der gelieferten elektrischen Leistung P_{Erzeuger} . Wobei die Leistung den Quotienten der Energie E durch die Zeit t bzw. deren Änderungsgeschwindigkeit $\Delta P = \Delta(E/t)$ darstellt. Die Leistungscharakteristik Erneuerbarer Energien weist vor allem Ereignisse mit sehr hoher Energie in kurzer Zeit auf. Das bedeutet, dass Speichermedien nicht nur nach der Größe bewertet werden müssen sondern auch nach ihrer Reaktionsgeschwindigkeit. Daher sind alle Systeme mit langsamen Anlaufzeiten (wie z.B. Pumpen) schwerer zu integrieren.

Für EE, v.a. Strom aus WEA aber auch aus PV, läuft in Bayern eine oft irrationale und kontroverse Debatte. Ebenso auch oft zur sogenannten gesicherten elektrischen Leistung. Ein fundierter Versuch einer Antwort erfordert eine zeitaufgelöste Beschreibung der elektrischen Lasten (der Verbraucher) und Einspeiseleistungen (der Erzeuger). Die vorliegende Studie des BUND Naturschutz in Bayern, e.V. (BN) erfasst zeitaufgelöste empirische Daten realer elektrischer Leistungen aus PV und WEA eines meteorologischen Jahres, im Vergleich mit deren installierten Leistungen, den eingespeisten Leistungen aus konventionellen Kraftwerken, und den Lasten der Verbraucher. Die produzierte elektrische Energie ergibt sich als zeitliches Integral, zum Beispiel über ein Kalenderjahr.

Dynamische Simulation für Deutschland⁴

Der Simulation zu Grunde liegen für Deutschland im Jahr 2012 die realen elektrischen Lasten des Verbrauchs respektive die elektrischen Einspeiseleistungen aus EE (WEA, PV) und aus konventionellen Kraftwerken. Das Jahr 2012 wurde als meteorologisches Referenzjahr gewählt.⁵

Die Lasten der Verbraucher und die Leistungen aus konventionellen Kraftwerken und EE wurden als stündliche (konventionelle > 100 MW Leistung), respektive viertelstündliche (EE), Daten aus dem EEX-Datensatz eingelesen, und anschließend zeitlich linear interpoliert.⁶

Die Simulationsmodelle wurden mit dem Programm „LT Spice“ und linearer Interpolation der Eingangsdaten in Sekunden-Auflösung gerechnet. Der zeitaufgelöste Verbrauch entspricht der Summe über alle Erzeugungen.

Auf Basis des meteorologischen Jahres 2012 und den in 2012 installierten Leistungen an EE sowie den elektrischen Leistungen konventioneller Energien wird durch Berechnung des Integrals über den zeitaufgelösten Verbrauch die elektrische Energie im Jahresverbrauch erhalten.

Durch Skalierung der installierten elektrischen Leistungen von PV und WEA wird dann schrittweise der Strom aus konventionellen Kraftwerken durch Strom aus den EE ersetzt.

Speicher

In der vorliegenden Simulation wurden 3 Speichertypen eingesetzt: Batteriespeicher, Pumpspeicher und ein großer Speicher, der nach dem derzeitigen Stand der Technik durch das Gasnetz über Power to Gas realisiert werden kann.

Batteriespeicher:

Die dezentrale Erzeugung von Strom mit PV und WEA bedingt, dass kleine und mittlere sowie „schnelle“ Speicher möglichst nahe an der Erzeugung positioniert werden müssen (zum Beispiel Quartierspeicher). Die Kapazität dieser Speicher muss als Optimum zwischen Ausbau des lokalen Verteilnetzes und der Größe der Speicher ermittelt werden. Diese Speicher dienen zur kurzfristigen Netzstabilisierung und zur lokalen Versorgungssicherheit bzw. Sicherheit gegen Stromausfall.

Derzeit ist bei Batteriespeichern v.a. auf Basis Lithium-Ionen und Redox-Flow-Speichern eine rasante Entwicklungsgeschwindigkeit zu beobachten. Es ist zu erwarten, dass bei größeren Abnahmen, z.B. durch die Elektromobilität, auch die Preise erheblich sinken werden.

Da sie am Nieder- und Mittelspannungsnetze angeschlossen werden und einen hohen Durchsatz benötigen, ist die Kooperation vor allem mit der PV sehr gut.

⁴ Die Modellierungen und Betrachtungen erfolgen für den zugänglichen Datensatz für Deutschland. Die Mengen für Bayern können als zu etwas mehr als ein Siebtel von Deutschland abgeschätzt werden; Deutschland Einwohner 2015: ca. 82,2 Millionen, Bayern ca. 12,8 Millionen; Deutschland elektrischer Stromverbrauch 2015: ca. 500 TWh, Bayern: ca. 86 TWh; Deutschland elektrische Last 2015: max. knapp 100 GW, Bayern max. knapp 13 GW;
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/stromverbrauch>;
https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten.html

⁵ In 2012 traten Witterungs- und Verbrauchs-Extrema auf, sowie Phänomene, die als „Dunkelflaute“ benannt werden können.

⁶ Die European Energy Exchange (EEX) ist ein Marktplatz für Energie und energienahe Produkte in Europa und Deutschland, s.a. https://de.wikipedia.org/wiki/European_Energy_Exchange

Pumpspeicher:

Zurzeit gibt es in Deutschland Pumpspeicher mit ca. 37 GWh Speichervolumen elektrischer Energie und mit einer Ein- und Ausspeicherleistung von 7 GW (In Arbeit und Planung insgesamt 9 GW). Von der Charakteristik an Speichervolumen vs. Leistung würden Pumpspeicher gut zu PV passen. Damit jedoch ein nennenswerter Beitrag zur Netzstabilität bzw. Ausfallsicherheit in einem Umfeld 100 % Strom aus EE geleistet werden könnte, müsste aber das Speichervolumen ebenso wie die elektrische Leistung ca. um den Faktor 10 Mal größer sein. Dies ist unrealistisch. Hinzu kommt, dass Pumpspeicher i.a. relativ weit von den Erzeugereinheiten entfernt sind und somit ein unverhältnismäßig großer Aufwand für den Ausbau der Netze (Nieder- und Mittelspannung, ebenso für Hoch- und Höchstspannung) notwendig würde.

Power-to-Gas (PtG, P2G, ...):

Diese Technologie befindet sich noch im Pilotstadium. Da unsere Gasspeicher für Erdgas (Energieträger Methan, CH₄) mit ca. 200 TWh und ebenso dezentrale Gasleitungen bereits zur Verfügung stünden, und fossiles Erdgas (Methan) durch Methan aus erneuerbaren Energiequellen ersetzt werden kann, sollte nach Auffassung des BN diese Technologie unbedingt vorangetrieben werden. Der BN favorisiert daher Methan bzw. Wasserstoffgas (H₂) als stoffliches Energie-Speichermedium der Zukunft.

Ein Grundkonzept von PtG ist, mittels elektrischen Stroms Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Dies ist ein bekannter großtechnischer Prozess, der bislang in industriellem Maßstab v.a. statisch betrieben wird, also bei konstantem Stromfluss. Die Nutzung in einer Welt von 100 % EE erfordert daher die Anpassung an die Dynamik der EE. Wasserstoffgas kann ins Erdgasnetz bis zu einem bestimmten Prozentsatz eingespeist werden.⁷

Wasserstoffgas (H₂) kann in weiteren Prozessen (Sabatier-Prozess) mit Kohlenmonoxid (CO) oder Kohlendioxid (CO₂) zu Methan (CH₄) umgesetzt werden – dies entspricht dem Energieträger Methan im fossilen Erdgas.⁸

Eine andere Prozessvariante ist die auf Pilotmaßstab erprobte Umsetzung von CO₂ mit H₂ zu CH₄ durch Mikroben.

Offene Fragen sind die Zurverfügungstellung von Kohlendioxid (CO₂) im großtechnischen Maßstab. Es gibt beispielsweise Pilotanlagen in denen der CO₂-Anteil aus einem Biogas-Reaktor entnommen wird. Auch CO₂ aus der Luft wird getestet. Auch andere Kohlenstoffquellen (wie Abfälle, zum Beispiel Kunststoffabfälle) könnten diskutiert werden. Die Energieeffizienz der Rückverstromung hat wie alle thermischen Verfahren einen schlechten Wirkungsgrad von ca. 35 % (konventionelle ältere Kohlekraftwerke) bis maximal 60 % (moderne Gas- und Dampfkraftwerke, GuD). Der Nutzungsgrad der eingesetzten Energie kann jedoch bei konsequenter Kraft-Wärme-Kopplung /KWK) deutlich verbessert werden – bei guter dezentraler und regionaler Einbindung in Wärmesenken auf über 80 %.

⁷ bis zu ca. 8 Vol. % ohne größere technische Anpassungen, bis zu 25 Vol. % mit höherem technischem Aufwand

⁸ $4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$. Wie die Stöchiometrie der Gesamt-Reaktion zeigt, gehen dabei ca. die Hälfte des H₂, das heißt der darin stofflich gespeicherten Energie, als Wasser (H₂O), das heißt als nicht mehr energetisch nutzbarer „Abfall“ verloren.

Schätzung des Speicherbedarfs:

- Zur Stabilisierung des Stromnetzes in Deutschland werden max. ca. 100 GW elektrischer Leistung benötigt.
- Zur Überbrückung einer Tagesdauer mit Ausfall der Fotovoltaik (PV), mit im Mittel ca. 7 Stunden Sonnenhochstand, würden ca. 700 GWh (0,7 TWh) Speicherkapazität benötigt.
- Zur Absicherung gegen Ausfall von Strom aus EE würden ca. 50.000 GWh (50 TWh) benötigt (Maximale Flaute ca. 4 Wochen oder knapp 10 %, also ca. 50 TWh/a, bei einem Jahresstrombedarf von ca. 500 TWh).
- Bei einer Aufteilung installierter Leistung PV zu WEA von ca. 2 : 1, und Ernte Strom bei Volllaststunden PV zu WEA ca. 1 : 2 entspräche dies anteilig ca. dem Strom aus WEA über 1 - 2 Wochen.

Charakteristik der für die Simulation verwendeten Speicher:

Für die vorliegende Simulation werden als Speicher angenommen

- Batteriespeicher mit einem Gesamtvolumen von 100 GWh und einer Einspeiseleistung von 10 GW
- Pumpspeicher ebenfalls mit einem Volumen von 100 GWh und einer Einspeiseleistung von 10 GW⁹
- ein Volumenspeicher (Methan-Gas) mit unbegrenztem Volumen, und einer Einspeiseleistung von 20 GW

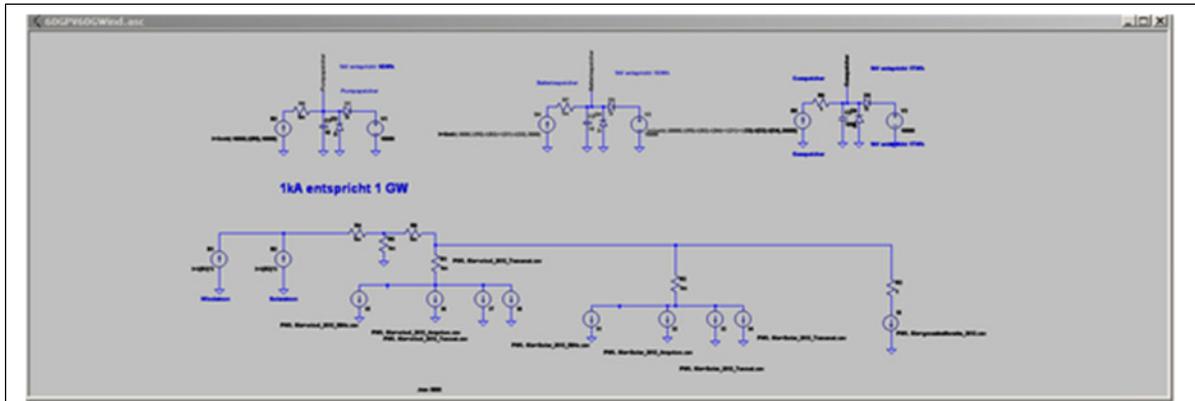
Dabei werden zunächst die Pumpspeicher gefüllt, danach die Batteriespeicher und erst dann kommt der Volumenspeicher zum Einsatz.

⁹ Sachverständigenrat Umweltfragen (SRU) „Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung“, Sondergutachten, 01-2011

Simulation von Ausbau-Szenarien

Ausbau-Szenarien für EE wird als Zubau installierter elektrischer Leistung an WEA und PV simuliert, mit dem Ziel die Energiebedarfe Strom mit 100 % EE darzustellen.

Für Wasserkraft und Biomasse wird der Bestand erhalten, ein neuer Zubau erfolgt aus ökologischen Gründen nicht!



Modell der Simulationen

- ❖ Details s.a. Anhang, Abbildung 1a.

Obere Zeile: 3 Speicher

- Pumpspeicher mit insgesamt 100 GWh und Einspeiseleistung 10 GW
- Batteriespeicher mit insgesamt 100 GWh Volumen und Einspeiseleistung 10 GW
- großer (stofflicher) (Gas) Speicher mit unbegrenztem Volumen und Einspeiseleistung 20 GW

Untere Zeile: Einspeise- und Lastmodule

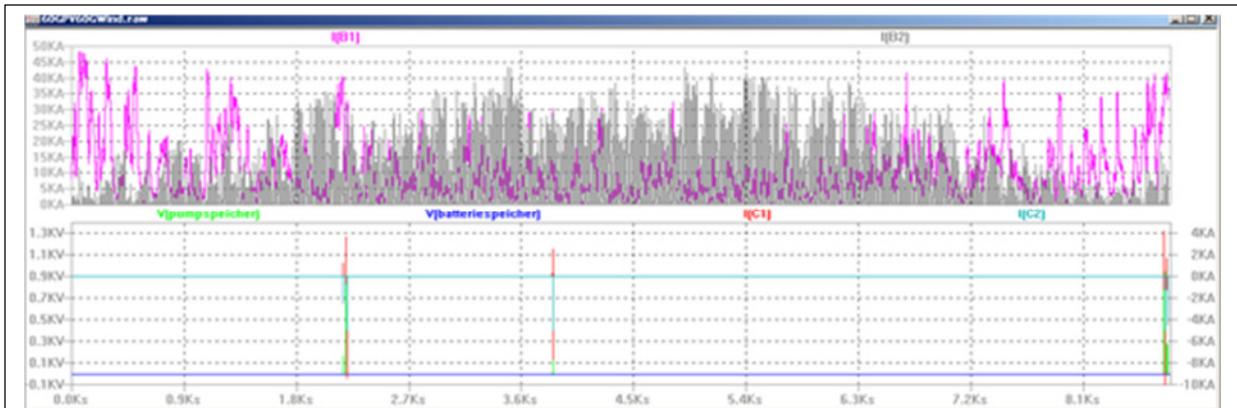
- Mit den Stellgliedern B (links) wird der Anteil des Stroms aus WEA (B1) und des Stroms aus PV (B2) eingestellt.
- Als Last wird bei den Punkten I1 bis I5 der Strom aus PV von Amprion, 50-Hz, Tennet und Transnet und bei den Punkten I6 bis I7 der Strom aus WEA von Amprion, 50 Hz, Tennet und Transnet entnommen. Zusätzlich wird Strom aus fossilen und atomaren Kraftwerken in Punkt I8 entnommen. Dies dient, um die Gesamtbelastung zu erzeugen, die im Widerstand R5 gemessen wird.
- Eine so ermittelte Überschussleistung wird in die Speicher geleitet, wobei zunächst die Pumpspeicher, dann die Batteriespeicher und zuletzt der große (bzw. Gas-Speicher) gefüllt werden.
- Ein negativer Wert am Messpunkt R5 wird als nicht durch Strom aus WEA oder PV gedeckter, und somit als Strom aus konventionellen Kraftwerken zu deckender Bedarf interpretiert.

Abb.1 **Modell der Simulation**

A) Simulation Schritt 1:

Installierte elektrische Leistung EE bis ca. 120 GW EE (ca. 45% EE)

Simulation mit 60 GW Strom aus WEA und 60 GW Strom aus PV



- ❖ Erläuterungen der Dimensionen
 - 1 kA entspricht 1 GW - I [kA] proportional elektrische Leistung P [GW]
 - 1 kV entspricht 1 GWh - V [kV] [proportional elektrische Energie E [GWh]
- ❖ Obere Zeile Leistungen
 - rosa $I(B1)$ Leistungen WEA [GW]
 - grau $I(B2)$ Leistungen PV [GW]
- ❖ Untere Zeile Speicherbeanspruchung
Pumpspeicher + Batteriespeicher = benötigtes Speichervolumen
elektrische Energie [GWh]
 - grün $V(\text{Pumpspeicher})$ - Energie Pumpspeicher [GWh] und
 - blau $V(\text{Batteriespeicher})$ - Energie Batteriespeicher [GWh]
 - rot $I(C1)$ - Einspeiseleistung Pumpspeicher $P_{\text{Pumpspeicher}}$ [GW] und
 - türkis $I(C2)$ - Einspeiseleistung Batteriespeicher $P_{\text{Batteriespeicher}}$ [GW]

Abb. 2

Bewertung

- ca. 45 % der gesamten elektrischen Energie wird von PV und Wind abgedeckt.
- Speicher sind von untergeordneter Bedeutung, kurzzeitige Überschüsse können aberegelt werden.
- Die restliche konventionelle Stromerzeugung wird vollständig für Regelleistung eingesetzt.
- Gaskraftwerke bzw. stromgeführte BHKWs dienen der Netzstabilisierung; weder Kohle- noch Atomkraftwerke sind hierfür energietechnisch sinnvoll einsetzbar.
- Obwohl die Pumpspeicher kaum genutzt werden, reicht deren Ladeleistung nicht aus, die Leistungsüberschüsse in der erforderlichen Zeit aufzunehmen.
- Die restliche konventionelle Stromerzeugung wird vollständig für Regelleistung eingesetzt.
- Kleine Batteriespeicher in Einzelgebäuden oder im Quartier (so nah wie möglich am Erzeuger) werden zugebaut und sollten so betrieben werden, dass sie die Strom-Netze stabilisieren.

B) Simulation Schritt 2:

Installierte elektrische Leistung EE zwischen 120 GW bis 280 GW (ca. 45 bis 70% EE)

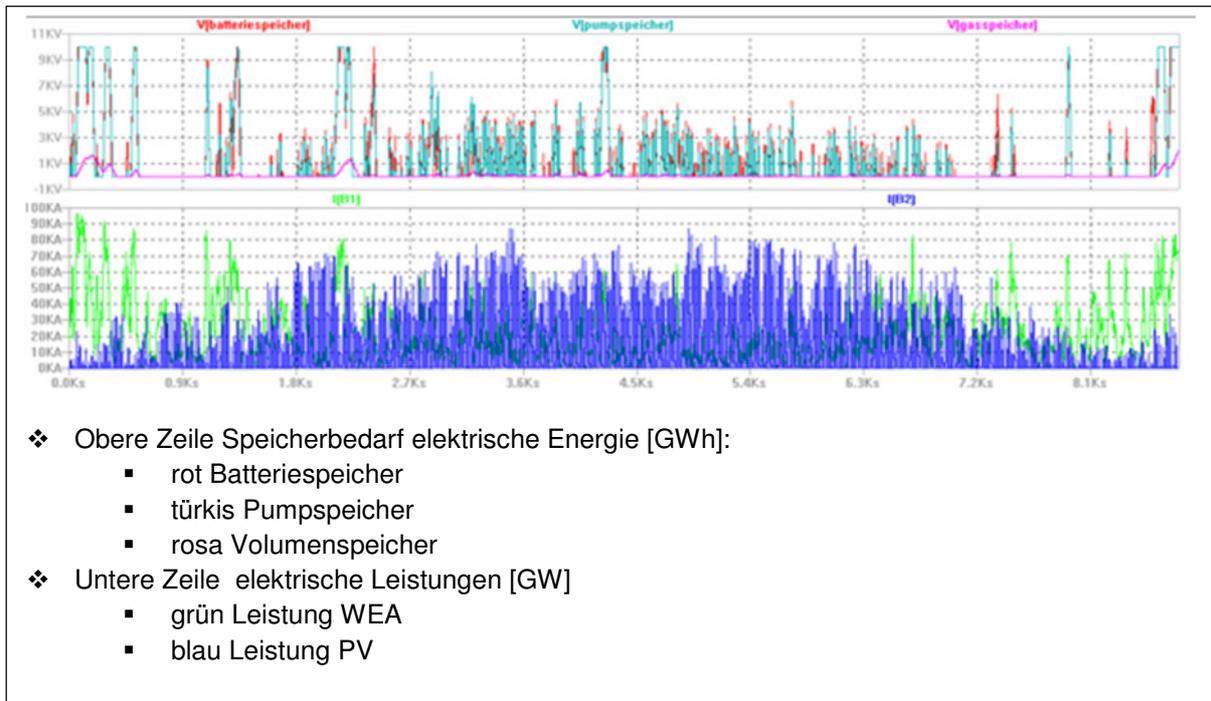


Abb. 3

Bewertung

- ca. 45 % bis 70 % der gesamten elektrischen Energie werden durch PV und WEA abgedeckt.
- Benötigt werden vorwiegend erzeugernahe Kurzzeitspeicher.
- Sukzessive müssen auch Langzeitspeicher ans Netz genommen werden.
- Benötigt werden vorwiegend erzeugernahe Kurzzeitspeicher (Batteriespeicher).
- Kurzzeitspeicher Pump- und Batteriespeicher mit den in der Simulation angenommenen Leistungen / Kapazitäten reichen nicht mehr aus.
- Erste Einsätze des Volumenspeichers werden benötigt.
- In der Realität müssten die Kurzzeitspeicher sowohl von der Kapazität als auch von der Speicherleistung erhöht werden.

C) Simulation Schritt 3:

150 GW Wind und 300 GW PV (95-100% elektrische Energie aus EE):

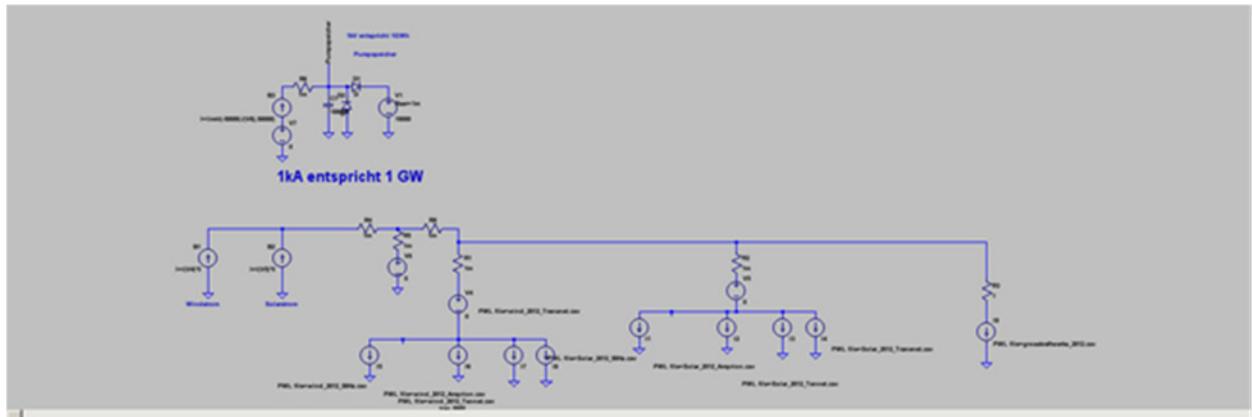


Abbildung 4: Vereinfachtes Modell mit nur einem Speicher (Volumenspeicher)



- ❖ Obere Zeile Speicherbedarf elektrische Energie [GWh]:
 - orange: Summenspeicher
 - rosa: nach oben – überschüssige Leistung erneuerbare Energien, nach unten – benötigte Leistung aus konventionellen Anlagen
- ❖ Untere Zeile elektrische Leistungen [GW]
 - grün Leistung WEA
 - blau Leistung PV

Der konventionelle Einsatz im Februar ist nur der Anfangsbedingung leerer Speicher geschuldet. Bei einer teilweisen Füllung der Speicher am 1. Januar hätten wir hier ein Szenario mit 100 % EE.

Die Erhöhung der PV Leistung auf ca. zwei Drittel der installierten Leistung EE erfolgte unter dem Eindruck ^(x), dass sich PV aufgrund des regelmäßigeren Aufkommens (Tag-Nacht) wesentlich freundlicher gegenüber den Speichern verhält als WEA (Flauten oder Sturmweatherlagen über mehrere Tage / Wochen).

^(x) Das Ergebnis der Simulation ist eine kontinuierliche Füllung des Langzeitspeichers. V.a. Batterien können mit ihrer installierten Leistung den Speichervorgang stützen.

Bewertung

- Liefert ca. 70 % bis 100 % der gesamten elektrischen Energie.
- Benötigt ca. 5 bis 10 TWh elektrische Energie an kleinen, erzeugernahen Speichern (beispielsweise auch Batterien der Elektromobilität).
- Benötigt zusätzlich ca. 50 TWh elektrische Energie aus flexiblen steuerbaren Biogasanlagen (entsprechend der Energiemenge, die ab 2017 für Regelleistung zur Verfügung stehen könnte).
- Zusätzlich sollte das Gasnetz mit Gasspeichern von ca. 200 TWh Speicherenergie, über Power-to-Gas (PtG), dem Stromnetz via KWK zur Verfügung stehen.
- Die Häufigkeit der Be- und Entladezyklen dieses großen Speichers ist relativ klein (geringe Zahl an Jahresstunden), damit ist der Wirkungsgrad dieser Speicher von nachrangiger Bedeutung. PtG-Speicher kämen hierfür in Frage. Diese eignen sich besonders in Kombination mit WEA. PtG Anlagen und Einspeisepunkte sollten in der Nähe von Windparks angelegt werden.
- Neben dem Energie-Volumen der Speicher ist deren Ein- und Ausspeicherleistung relevant: erforderlich sind größer 100 GW erzeugernaher Kurzzeitspeicher (inkl. Auto-Akkus) als auch Langzeitspeicher.
- Für diese Anteile von fast 100% EE-Strom wird der Volumenspeicher unbedingt benötigt.
- Die Speicherleistung wurde auf 100 GW erhöht. Dennoch sind nicht genutzte Überschüsse von ca. 12 TWh elektrischem Strom vor allem im Sommer vorhanden.
- Am Ende des Jahres ist der Speicher auch mit 65 TWh elektrischem Strom gefüllt. Das bedeutet einen Überschuss von ca. 50 TWh elektrischem Strom, der zum Heizen verwendet werden kann, bzw. für stark mit verlustbehafteten Speichern, wie z.B. Power-to-Gas, könnte man die Verluste abdecken.
- Es ist zu beachten, dass die Überschüsse im Wesentlichen im Sommer anfallen. Dies würde bei einem Szenario mit massivem Einsatz von Solarthermie bedeuten, dass hier große Wärmemengen zu Zeiten erzeugt werden, in denen ohnehin elektrische Überschüsse vorhanden sind.

Konsequenzen für den Netzausbau

Die Struktur unseres Stromnetzes ist in 4 Ebenen organisiert:

3 Verteilnetzebenen:

1. Das Niederspannungsnetz mit 400V
2. Das Mittelspannungsnetz mit 6 bis 30 kV
3. Das Hochspannungsnetz mit 60 bis 110 kV

Dazu das Übertragungsnetz mit 220 kV bzw. 380 kV

Fast alle Erzeuger von EE und Verbraucher (Private, Gewerbe bis KMU, kleine und mittlere Kommunen) sind entweder an das Niederspannungs- oder an das Mittelspannungsnetz angeschlossen. Am Hochspannungsnetz sind Großverbraucher (Industrie, größere Städte) und große Windparks (Parks von WEA) angeschlossen. Am Höchstspannungsnetz sind nur die großen Kraftwerke, die sehr großen Windparks in Norddeutschland, Großindustrie und Großstädte angeschlossen.

BUND Naturschutz und BUND fordern einen stark dezentralen Ausbau Erneuerbarer Energien mit Zellulärer Struktur.¹⁰

Zellulare Strukturen und Dezentralisierung erfordern Ausbau von Nieder- und Mittelspannungsnetzen. Dies wird erheblicher Anstrengungen bedürfen.

Zellulare Strukturen entlasten Höchstspannungsnetze und senken deren Ausbaubedarf. Die Notwendigkeit neuer Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) Trassen entfällt.

Hohe regionale Überschüsse an Strom werden via Power-to-Gas ins Gasnetz eingespeist. Hinzu kommt, dass das Höchstspannungsnetz derzeit etwa zu 40% ausgelastet ist. Da nach dem Plan für die Energiewende sowohl Atom- als auch Kohlekraftwerke sukzessive stillgelegt werden und die Stromversorgung durch dezentrale Anlagen und dezentrale Speicher erfolgen soll, wird die Auslastung der Höchstspannungsleitungen geringer werden. Daher sieht der BUND keinen Bedarf an neuen Höchstspannungsleitungen.¹¹

Ergebnisse der Simulationen

Für die Energiewende und 100 Prozent EE würde zur Deckung der Last der Verbraucher bei einem Stromverbrauch von ca. 600 - 700 TWh (Milliarden Kilowattstunden) eine installierte elektrische Leistung von ca. 460 GW (Millionen Kilowatt) aus WEA und PV benötigt werden. Zum Vergleich hierzu waren in 2015 in Deutschland ca. 80 GW EE installiert, davon ca. 40 GW PV und ca. 40 GW WEA.

Bei einem konsequent dezentralen Ausbau von Photovoltaik und Windkraftanlagen in der genannten Größenordnung ist ein Netzausbau im Verteilnetzbereich v.a. in den unteren beiden Netzebenen in Kombination mit einem gezielten Speicherausbau dringend erforderlich. Möglicherweise wird auch eine bedarfsgerechte Verstärkung der Hochspannungsleitungen nötig, für neue Höchstspannungs-Trassen, wie im Netzentwicklungsplan vorgesehen, sieht der BUND Naturschutz keinen Bedarf – weder über- noch unterirdisch.

¹⁰ <https://shop.vde.com/de/copy-of-vde-studie-der-zellulare-ansatz>

¹¹ Bis heute gibt es keine Untersuchungen, die die Notwendigkeit von zusätzlichen Höchstspannungsleitungen unter Berücksichtigung der Dezentralität der Energiewende belegen. Alle bisherigen Berechnungen basieren auf mehr oder weniger zentralistischen Lösungen. Siehe auch <https://www.bund-naturschutz.de/energie/energiepolitik.html>

Eine Voraussetzung hierfür ist, dass die in der Bayerischen Bauordnung in den §§82,83 im November 2014 vom Bayerischen Landtag verfügte Aufhebung der Privilegierung für Windenergieanlagen bei einem Abstand zur Wohnbebauung unter 10 Mal der Höhe der Windenergieanlage, die sogenannte „10H-Regelung für Windräder“, aufgehoben wird, mit dem Ziel die fachliche Regionalplanung von 2011 wieder in Kraft zu setzen. Mit dieser „10H-Regelung für Windräder“ ist in Bayern ein dezentraler Ausbau von PV und WEA nicht möglich.

Das mit der vorliegenden dynamischen Modellierung abgeleitete Ausbauziel von 460 GW installierter elektrischer Leistung EE würde mit den im EEG2017 gesetzlich festgelegten Ausbaukorridoren erst Beginn oder Mitte des 22. Jahrhunderts erreicht werden. Mit seiner aktuellen Politik und Gesetzgebung verfehlt Deutschland die Ziele der Klimakonferenz 2015 in Paris um ein halbes bis ein ganzes Jahrhundert.

Forderungen:

- **Streichung der „10H-Regelung für Windräder“ in Bayern**
- **Novellierung des Erneuerbaren Energie Gesetzes in Deutschland, dergestalt,**
 - **dass Untergrenzen, jedoch keine Obergrenzen für den Ausbau von Photovoltaik und Windenergieanlagen definiert werden**
 - **und, neben Ausschreibungen für große Unternehmen, faire Möglichkeiten für Bürgerenergiegesellschaften und kleine Investoren eingeräumt werden.**

Zu den Autoren:

Prof. Dr. Wilfried Attenberger ist stellvertretender Sprecher des Landesarbeitskreises Energie und Klimaschutz des BUND Naturschutz in Bayern, e.V., und Mitglied im Vorstand des BUND Naturschutz Kreisgruppe Landshut.

Dipl. Ing. Heide Schmidt-Schuh ist Sprecherin des Landesarbeitskreises Energie und Klima des BUND Naturschutz in Bayern, e.V., und Mitglied im Vorstand des BUND Naturschutz Kreisgruppe Mühldorf.

Dr. Herbert Barthel ist Referent für Energie und Klima im BUND Naturschutz in Bayern, e.V.

Anhang

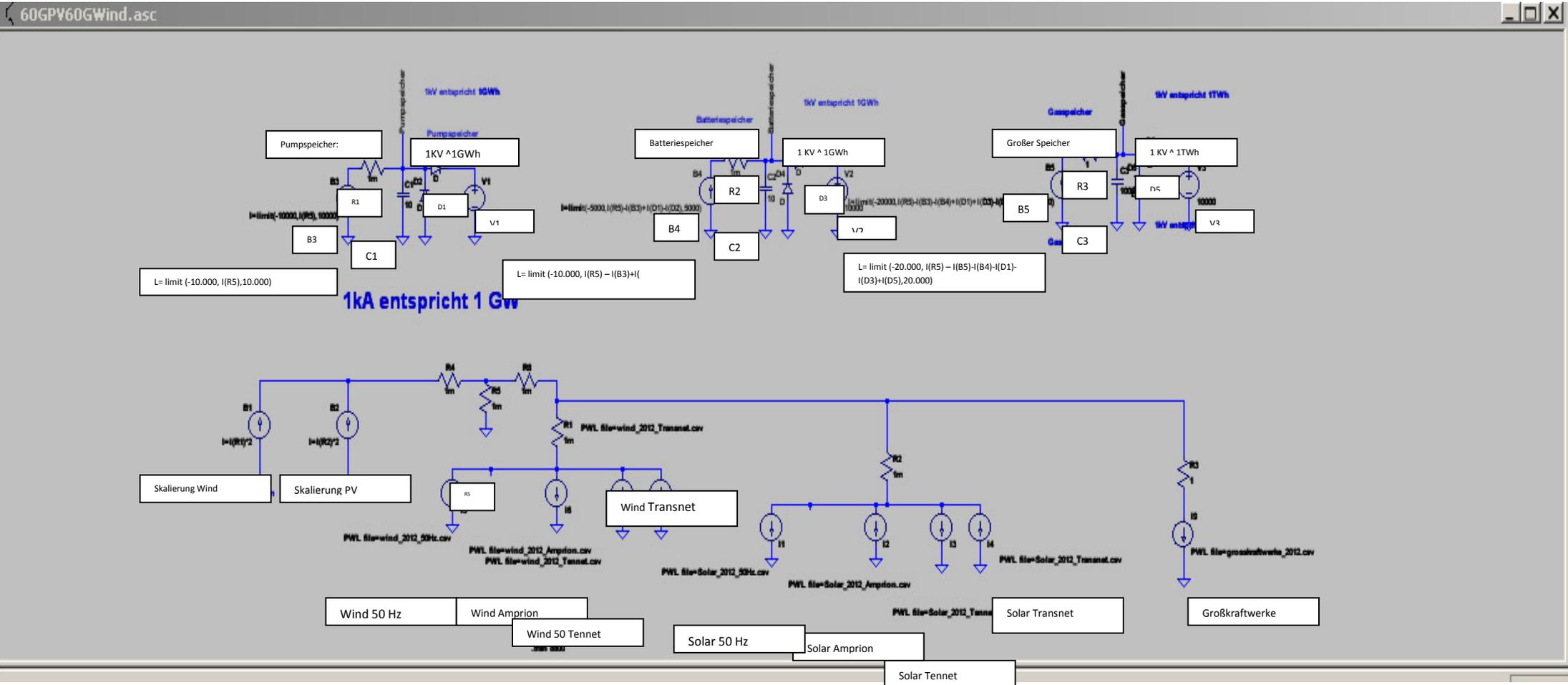


Abbildung 1a