

# Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie im Jahr 2018

Abbildung 1 zeigt zunächst den täglichen elektrischen Energieverbrauch in Deutschland. Die Angaben sind in TeraWattStunden (TWh). Der Mittelwert liegt bei 1.39 TWh. Man erkennt in der Abbildung deutlich die wöchentlichen Einschnitte. Hier wird weniger Energie verbraucht.

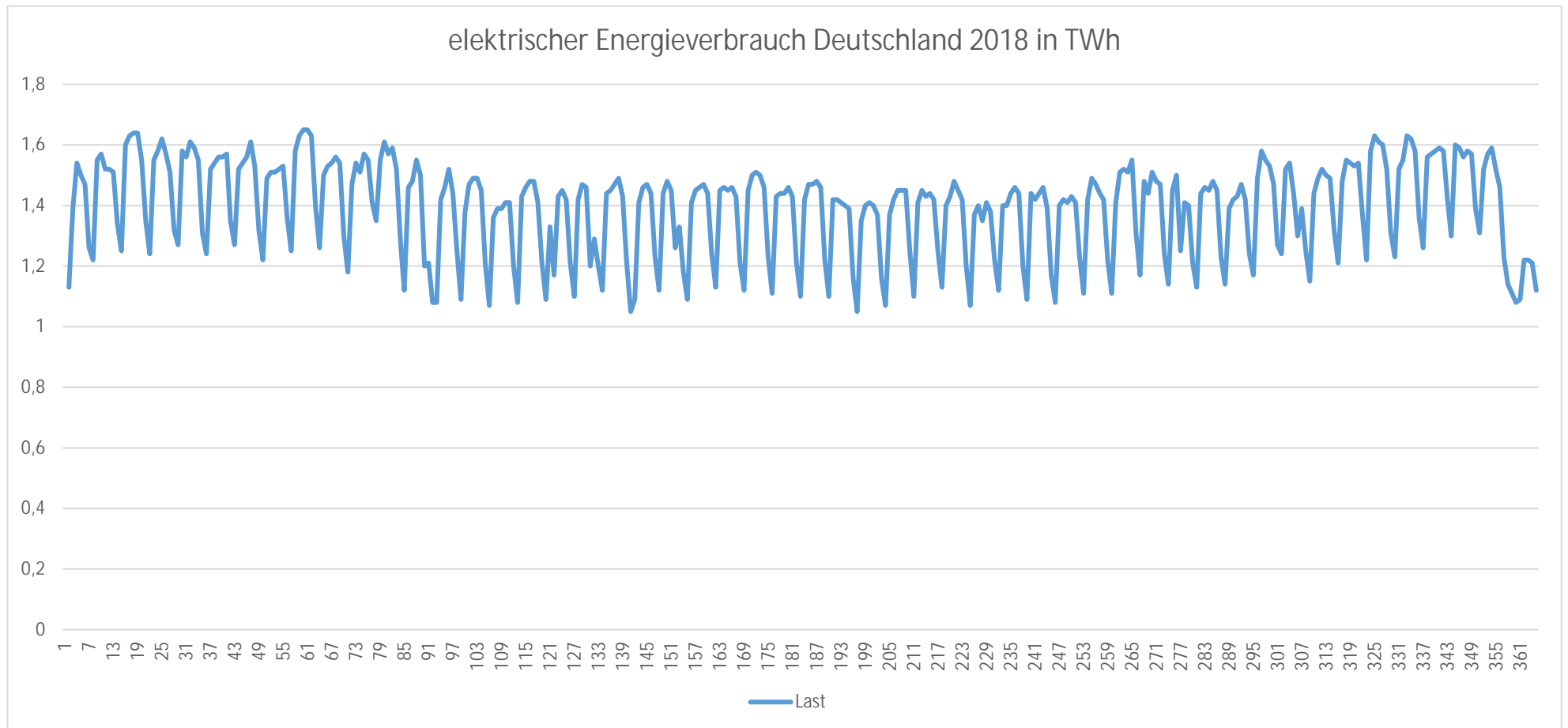


Abbildung 1

In Abbildung 2 sind alle Energieträger grafisch dargestellt. Bei genauerer Betrachtung stellt man folgende Dinge fest.

1. Grundlastkraftwerke, dazu gehören Braunkohlekraftwerke, Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke und Energie aus Biomasse, kann man im täglichen Betrieb nicht beliebig hochfahren bzw. herunterfahren.
2. Energie aus Windkraftwerken und Solarkraftwerken ist sehr volatil.
3. Die Spitzen bei Wind- und Solarenergie schießen häufig über den täglichen Energiebedarf hinaus, da sich diese Energie auf die Grundlastenergie aufsummiert.

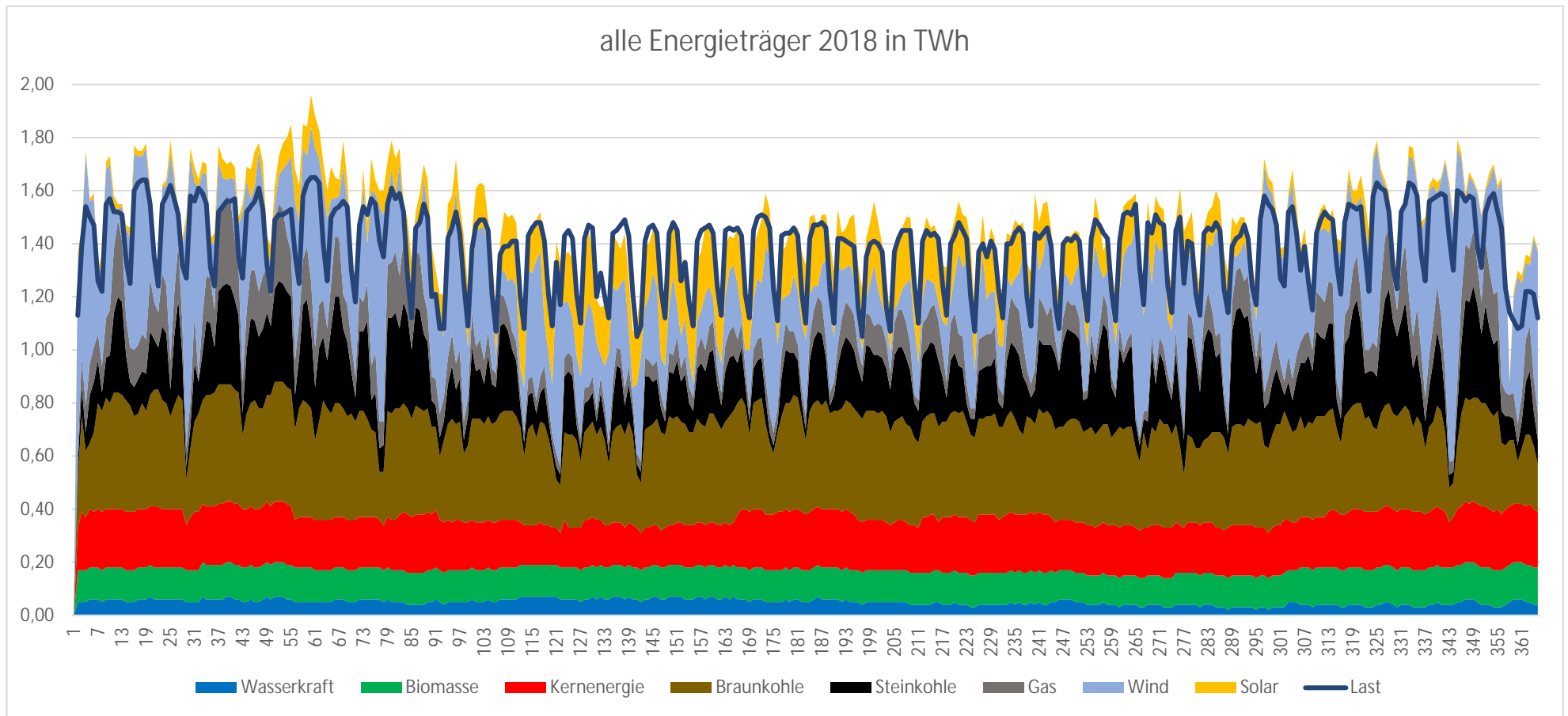


Abbildung 2

Als nächstes soll geklärt werden inwieweit alle erneuerbaren Energieträger den täglichen Verbrauch von elektrischer Energie abdecken können. Dazu gibt Abbildung 3 Aufschluss. Man kann erkennen, dass der Ertrag an Energie nicht ansatzweise den täglichen Verbrauch erreicht. In dem Diagramm ist auch der Mittelwert von 0,6 TWh für alle erneuerbare Energieträger angegeben. Bei einem Mittelwert von 1,39 TWh Energieverbrauch bezüglich 0,6 TWh Energieerzeugung könnte man einen Deckungsgrad von 43,1% angeben, was in den Medien auch häufig getan wird. Diese Betrachtung ist aber grundfalsch, wie ich später noch beweisen werde.

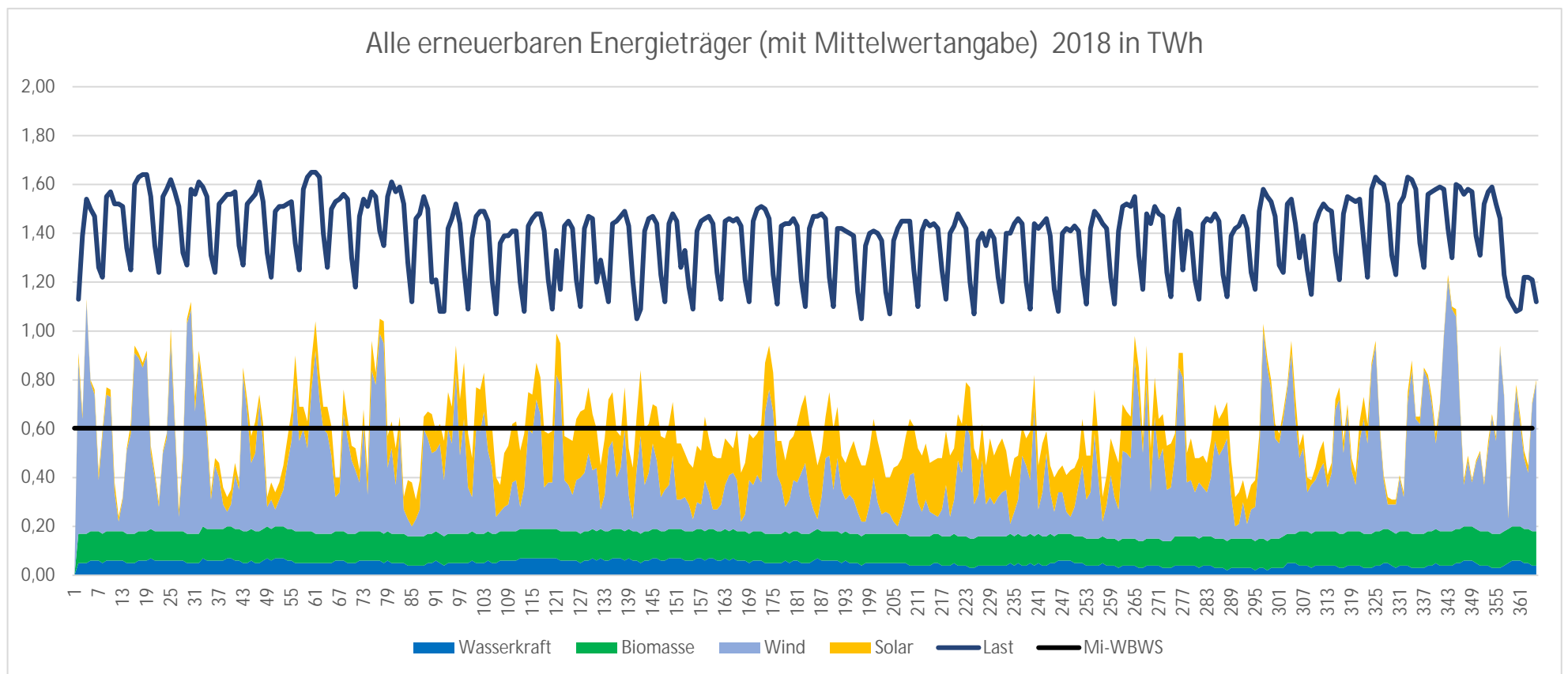


Abbildung 3

In den nächsten Abbildungen 4, 5 ist die Energieerzeugung von Wind und Solar einzeln dargestellt.

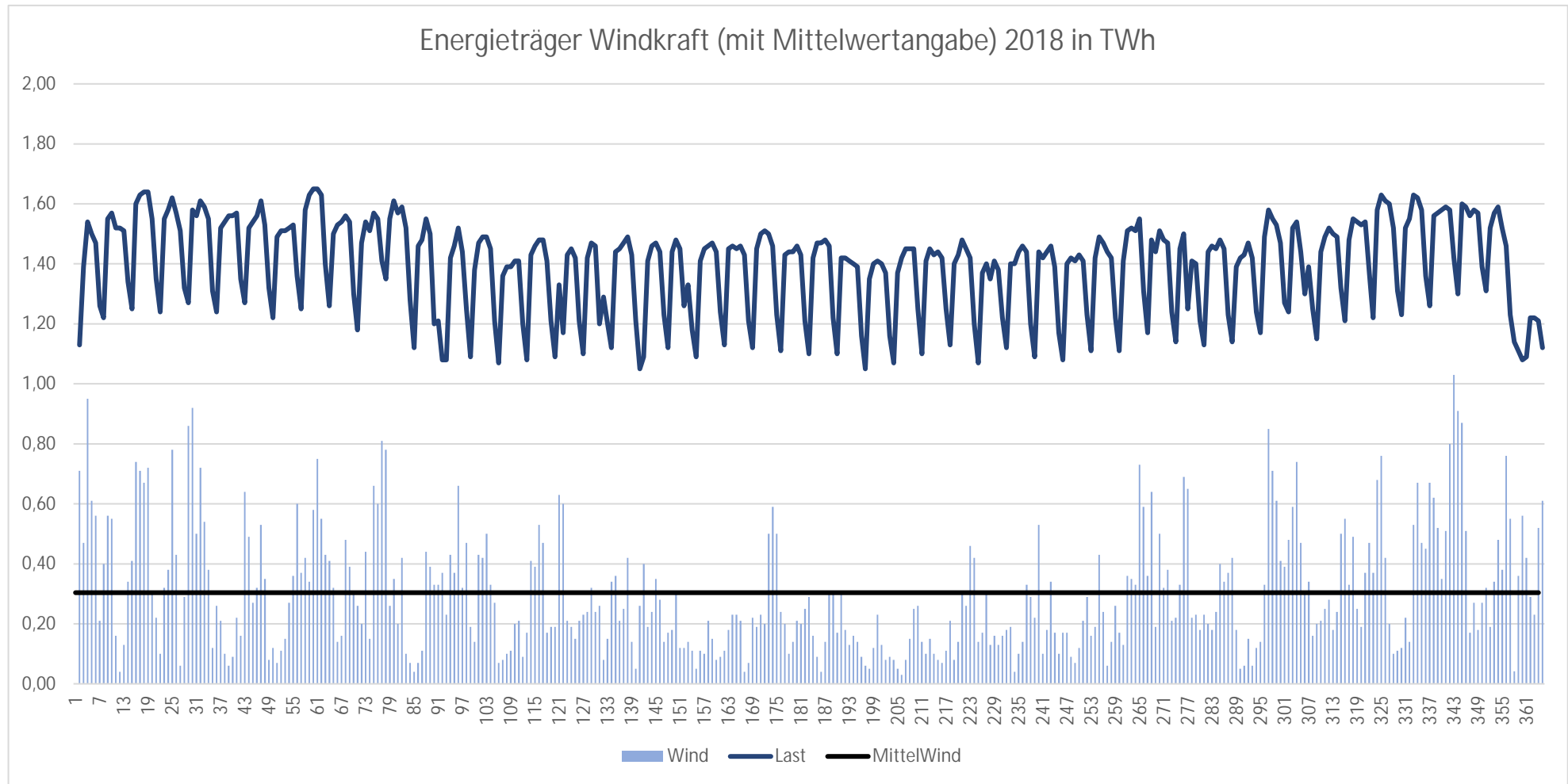


Abbildung 4

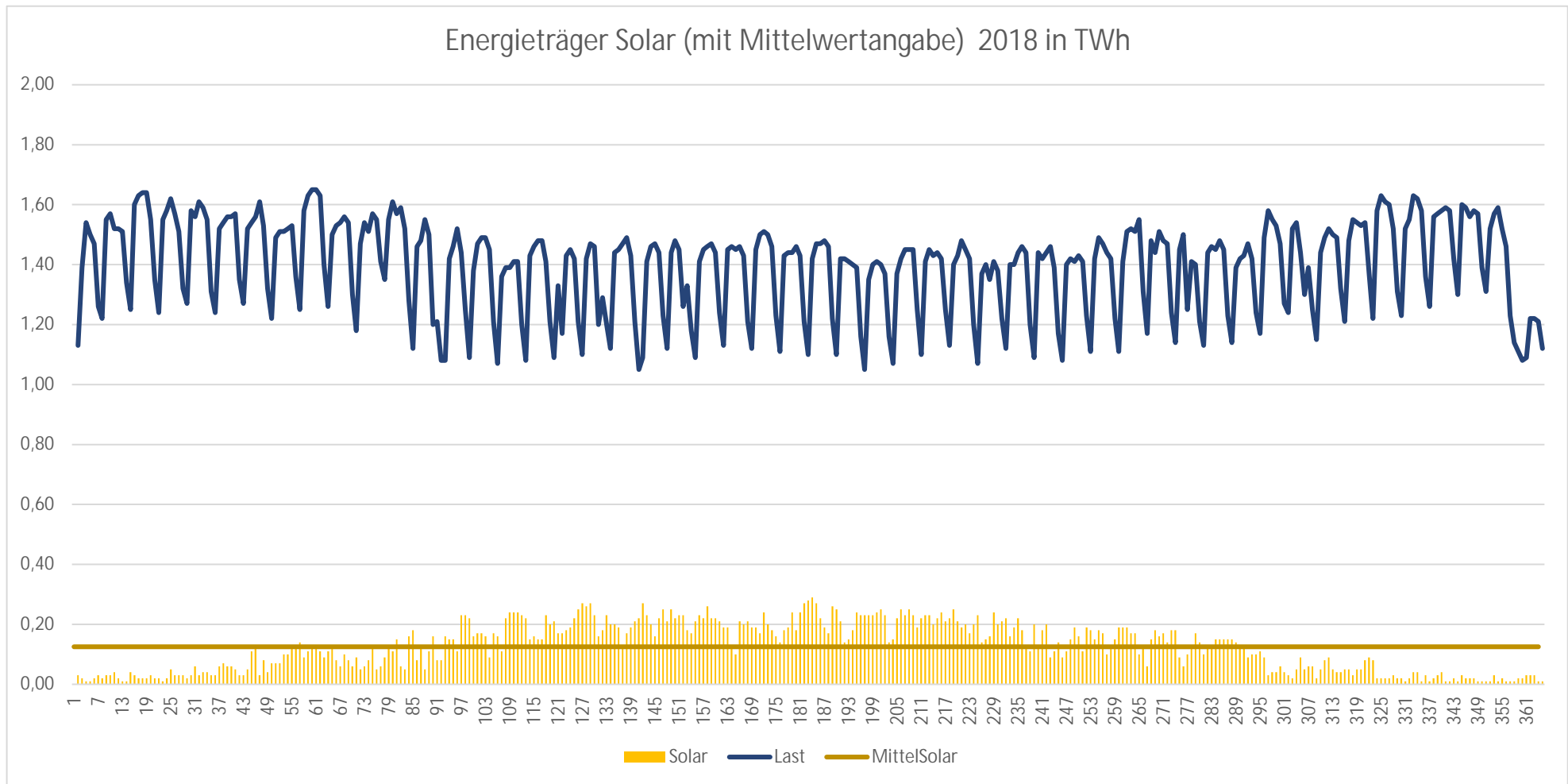


Abbildung 5

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen, dass die Windenergie besonders im Frühjahr bzw. im Herbst mehr ertragreich ist als im Sommer. Hingegen ist der Ertrag der Photovoltaik besonders im Sommer ertragreich, was natürlich nicht überraschend ist. Aber trotzdem gibt es immer wieder Tage wo kein Wind weht oder die Sonne nicht scheint. Die Photovoltaik hat aber einen entscheidenden Nachteil, dass natürlich nachts keine Energie produziert wird.

Die folgende Abbildung 6 und 7 zeigt für Wind- und Solarenergie die Anzahl der Tage mit der entsprechenden Energieproduktion in jeweils 5%-Klassen bezüglich des maximalen Wertes an einem Tag. Beispielsweise erreicht die Windenergie an 189 Tagen nicht einmal den Mittelwert. Bei der Photovoltaik ist es ähnlich, wobei nur die Tagesproduktion berücksichtigt ist.

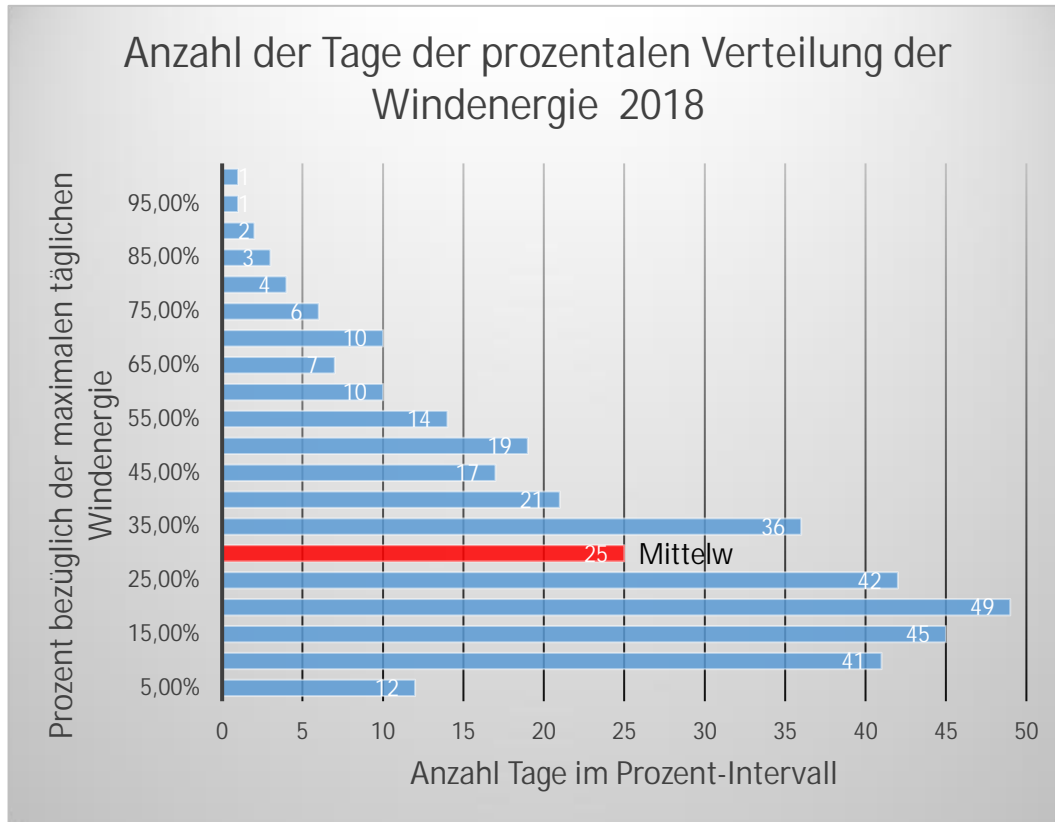


Abbildung 7

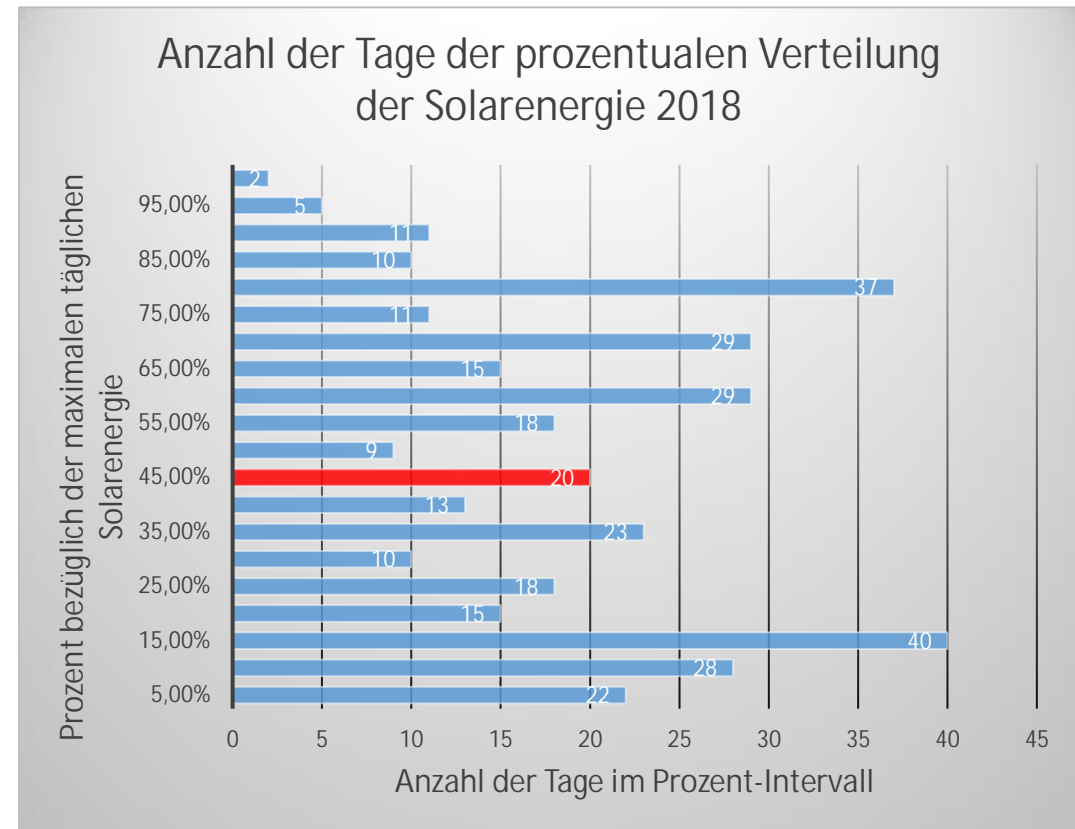


Abbildung 6

Die beiden Grafiken beweisen, dass man einen Mittelwert über das ganze Jahr nicht bilden darf, da es bis jetzt keine Möglichkeit gibt die Energie saisonal zu speichern. Es hilft volkswirtschaftlich wenig, wenn die Energieversorgung an mehreren Tagen im Jahr komplett zusammenbricht.

Im Folgenden wird untersucht ob es möglich ist Windenergie und Photovoltaikenergie saisonal zwischen zu speichern, so dass aus den volatilen Energiequellen Grundlastenergiequellen werden. Die Idee ist die täglich erzeugte Energie in einen Speicher zu füllen und aus dem Speicher konstant den Mittelwert über das Jahr über zu entnehmen. Zunächst soll nur die Windenergie betrachtet werden.

Der Speicher (Abbildung 8) sollte über das ganze Jahr gesehen nicht leer werden. Damit dies der Fall ist, wird eine Füllmenge zu Beginn des Jahres angenommen und zwar so, dass gegen Ende des Sommers der Speicher leer ist und zu Beginn des Herbstes wieder befüllt wird. Man sieht, dass ein Speichervolumen von ca. 16 TWh benötigt wird.

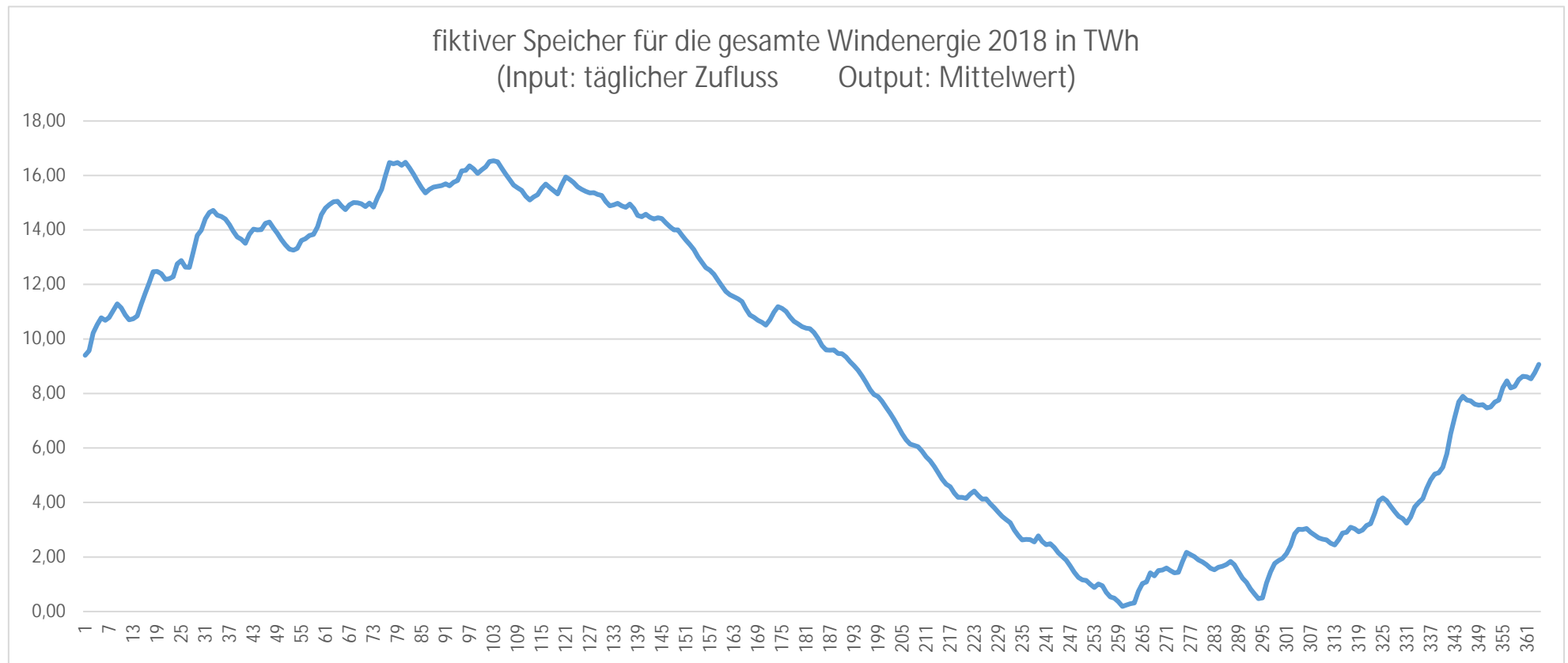


Abbildung 8

Der Verlauf der Kurve ist für einen Windenergiespeicher typisch.

Wie verhält es sich mit einem Speicher für Photovoltaikenergie? Die Abbildung 9 zeigt den Verlauf. Es fällt sofort der gegenläufige Verlauf der Kurve auf. Hier wäre ein Speicher mit ca. 12 TWh notwendig. Um die Speichergröße zu minimieren, ist es sinnvoll beide Speicher zu Einem zusammenzufassen. Der Verlauf dieser Kurve ist in Abbildung 10 zu sehen.

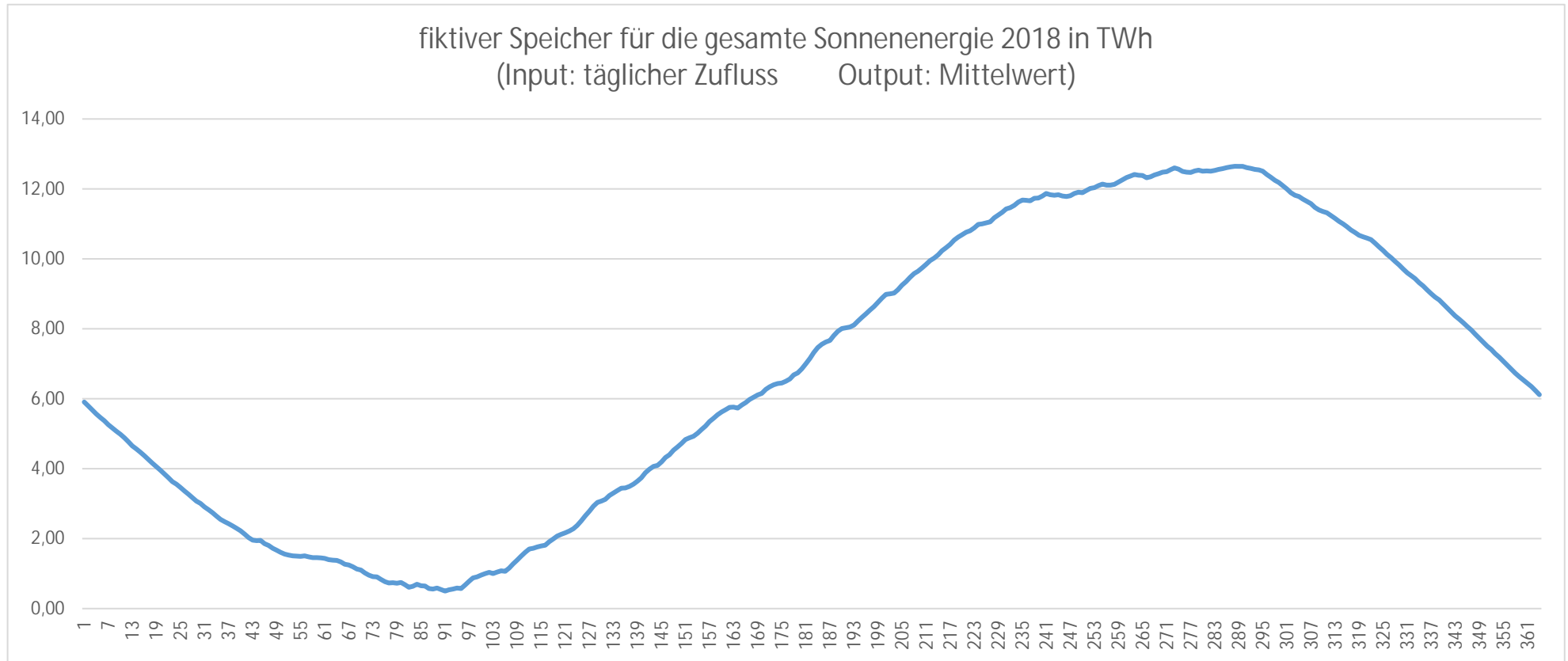


Abbildung 9

Für den Gesamtspeicher ist eine Energiemenge von ca. 7 TWh nötig, wenn täglich ein Mittelwert für Windenergie und Solarenergie von 0,43 TWh entnommen wird. Erst jetzt könnte man von einer täglich verfügbaren Grundlast sprechen. Zur Erinnerung, die mittlere benötigte elektrische Energie liegt bei 1,39 TWh.

Die Frage lautet:                    Kann man einen Speicher von 7 TWh realisieren?

Die Antwort lautet:                Nein!    Zumindest nicht für längere Sicht. (Begründung anschließend)



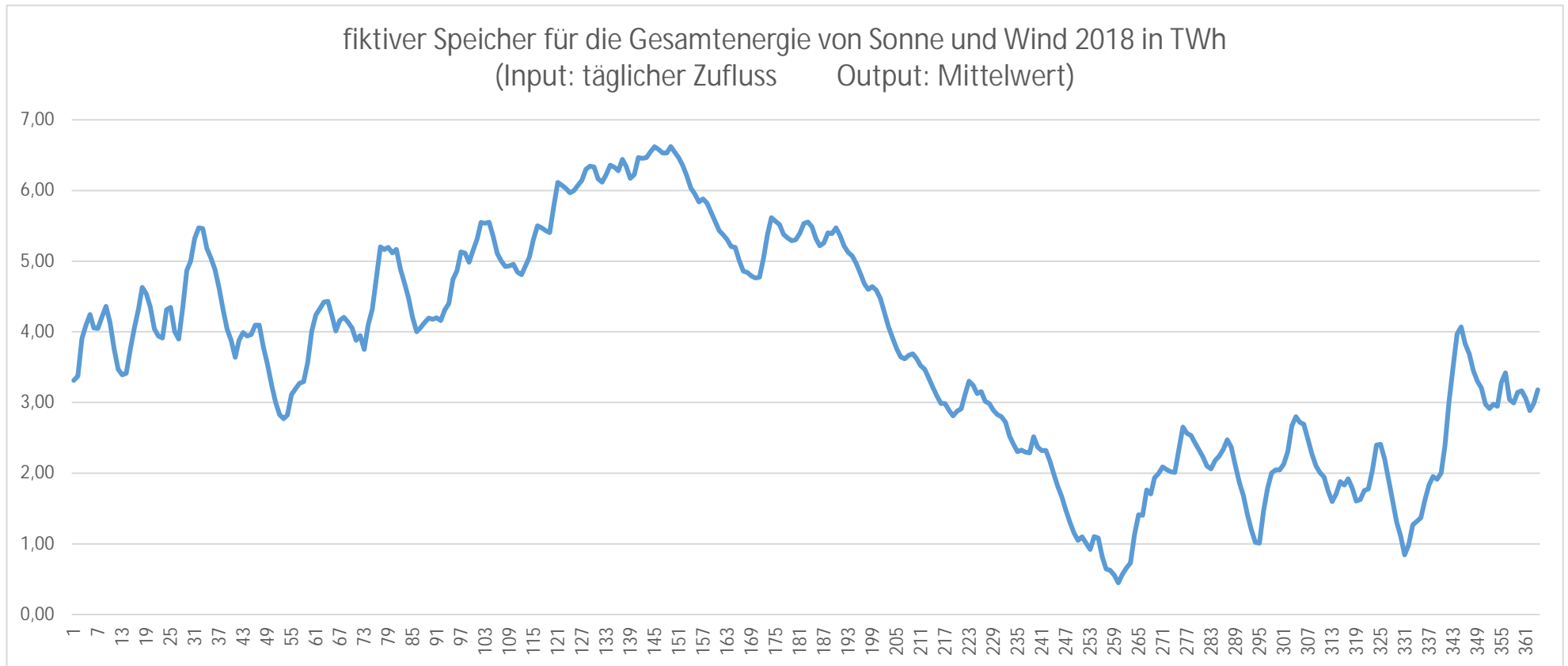


Abbildung 10

Deutschland verfügt zur Zeit über 35 Pumpspeicherkraftwerke mit einem Energieinhalt von 0.038 TWh.

Nach einer Studie der EU in EU ESTORAGE (2015): „ A new era of smarter energy management“ könnten die Kapazitäten europaweit auf 2.618 TWh ausgeweitet werden. Was dies umwelttechnisch bedeuten würde? Die Bevölkerung würde wahrscheinlich solche gravierenden Eingriffe in die Natur nicht akzeptieren.

Sind andere Speicher möglich? Mit Batterien sicherlich nicht, wenn man bedenkt, dass die Speicherdichte bei Lithium-Ionen-Speicher maximal 200 Wh/kg beträgt. Man bräuchte dann 35 Millionen Tonnen.

Könnte man die Energie gasförmig speichern? Technisch möglich aber nicht besonders sinnvoll. Man müsste hochwertige elektrische Energie von gasförmig wieder rückverstromen. Durch die Carnot-Schwelle ist der Wirkungsgrad maximal 25%.

Als nächstes soll untersucht werden, ob es Sinn macht Windenergie und Solarenergie weiter auszubauen. Deutschland hat zurzeit etwa 28000 Windräder bei einer Fläche von 357000 km<sup>2</sup>. Heute schon wird überschüssige Energie exportiert, was in Abbildung 11 zu sehen ist.

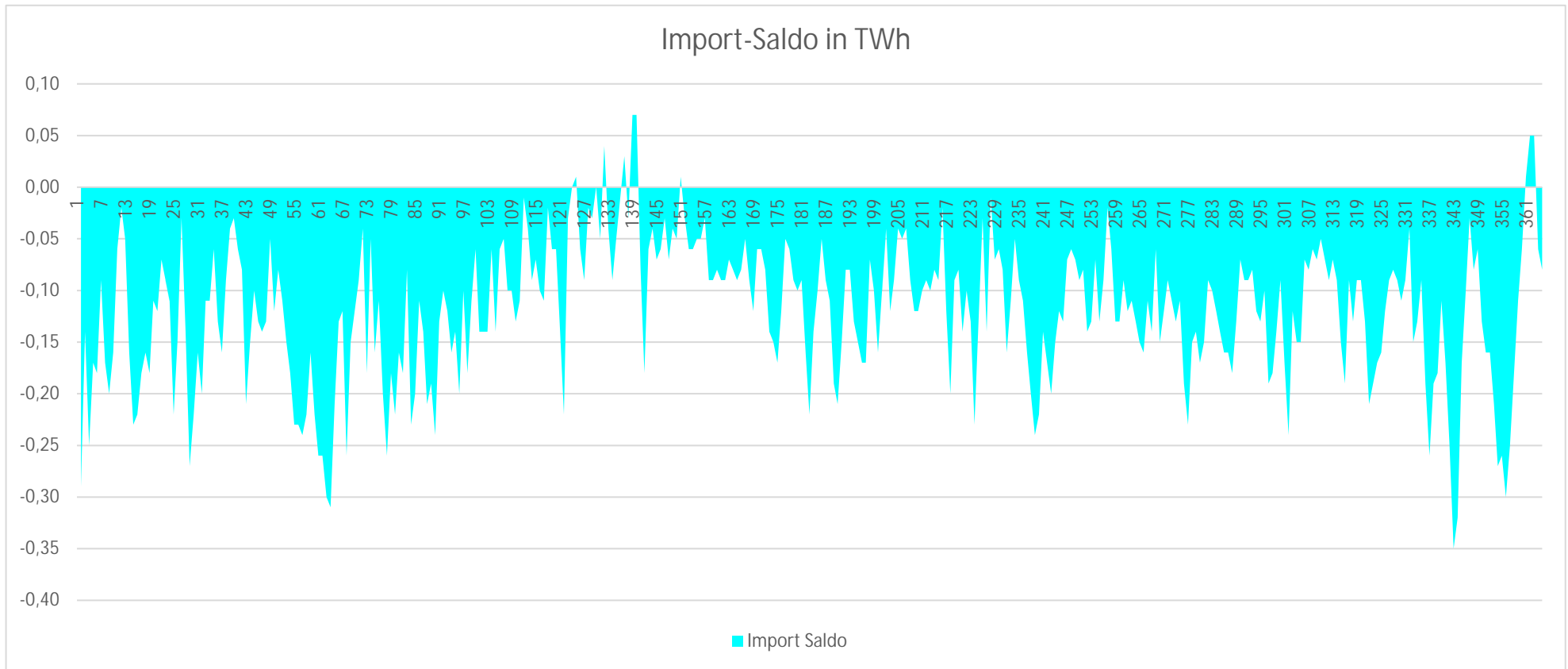


Abbildung 11

Würde man alle Atomkraftwerke, alle Braunkohlekraftwerke, alle Steinkohlekraftwerke und eventuell alle Gaskraftwerke abschalten, was auf längere Sicht auch vorgesehen ist, dann wird man sicherlich keine Energie mehr exportieren. Die Konsequenzen sollen jetzt aufgezeigt werden.

Abbildung 12 zeigt die Situation im Jahr 2018. Die Energieträger Biomasse und Wasserkraft sind einigermaßen konstant und können auch nicht wesentlich ausgebaut werden. Ganz im Gegenteil. Wasser wird im Zeichen des Klimawandels immer knapper werden. Bleibt nur Windenergie und Solarenergie übrig. Zu keinem Zeitpunkt wird der benötigte Energieverbrauch erreicht. Politisch wird immer gefordert Windenergie und Solarenergie massiv auszubauen. Auf dem Papier lässt sich dies sofort bewerkstelligen.

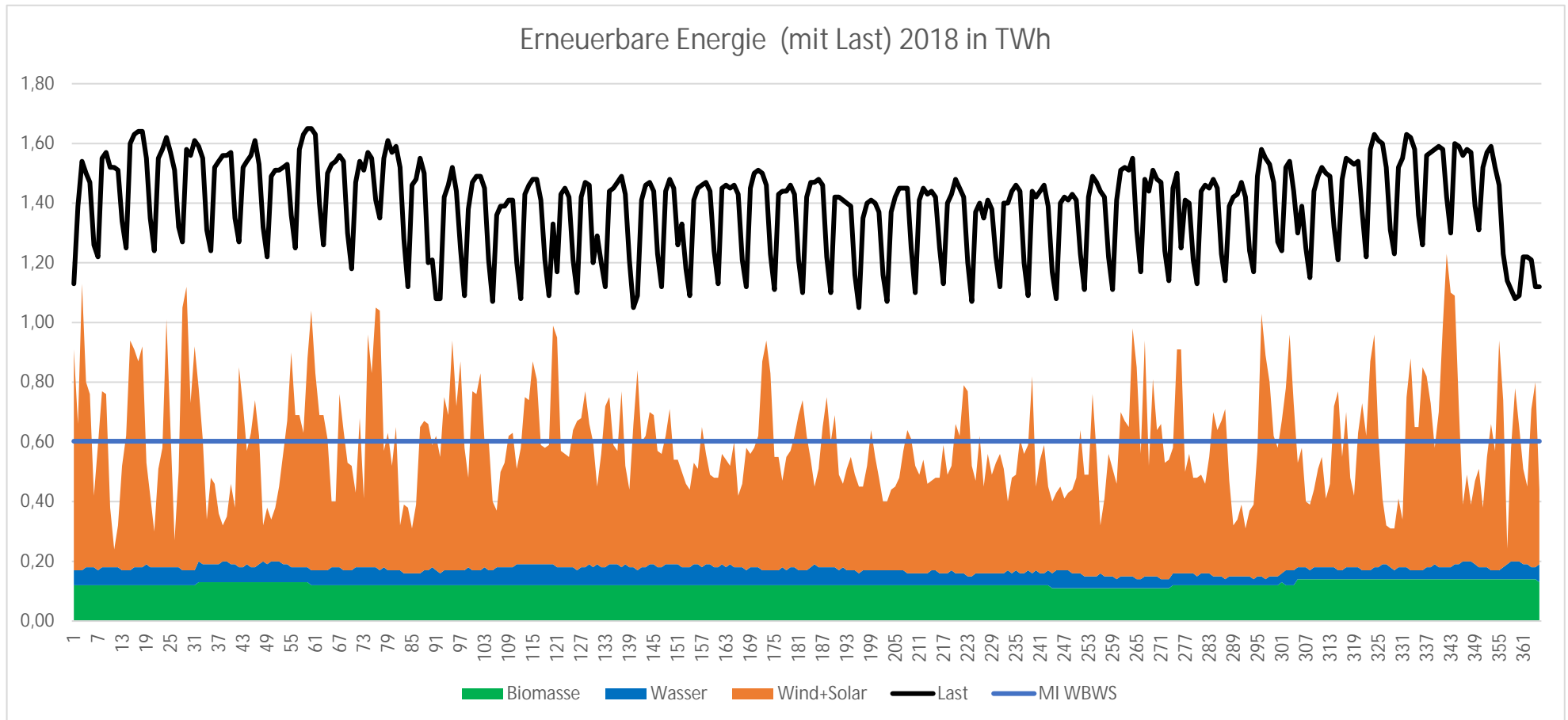


Abbildung 12

In Abbildung 13 ist die Windenergie und die Solarenergie verdoppelt worden. Man beachte: Wenn kein Wind weht, liefern auch mehr Windräder nicht mehr Energie. Abbildung 13 beweist, dass das ganze Jahr über Blackout ist.

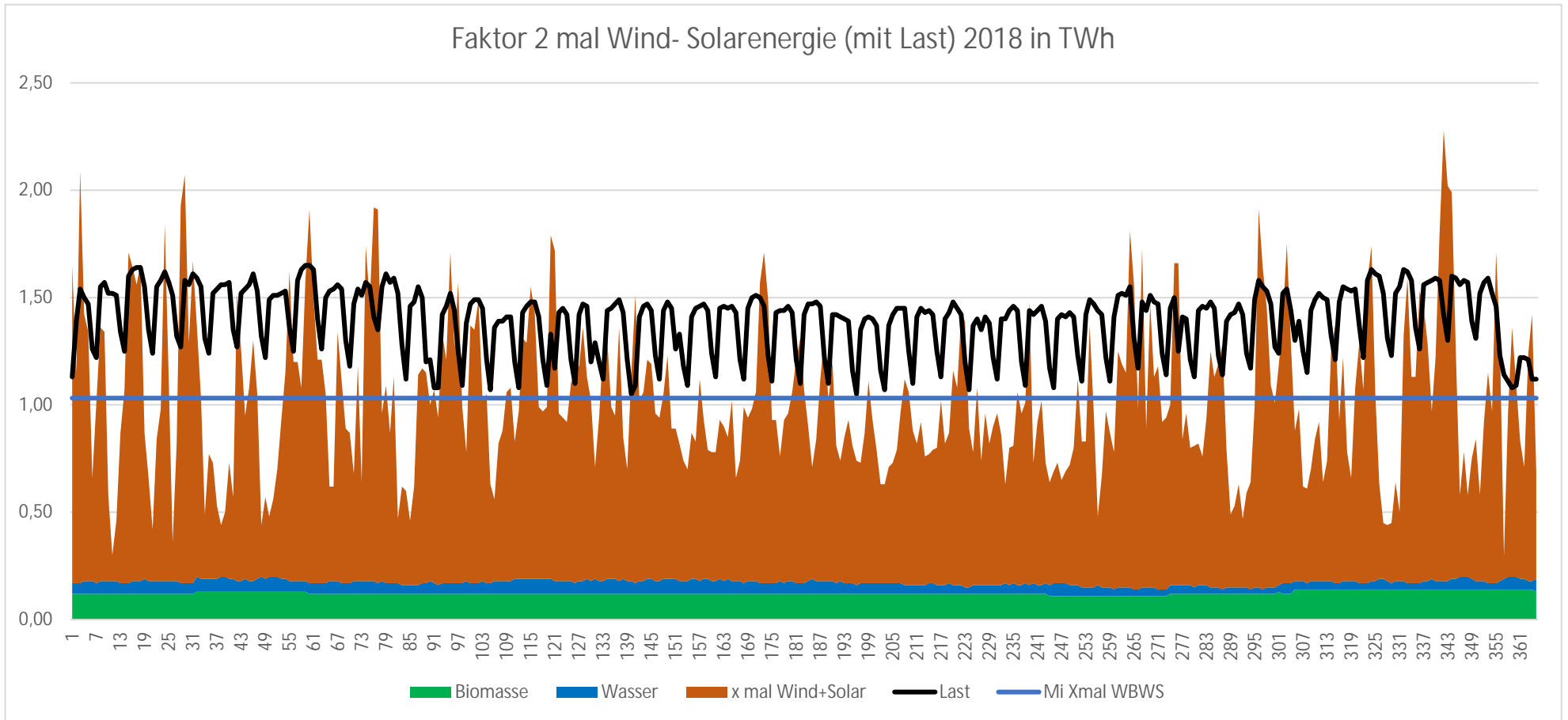


Abbildung 13

Dann vervierfachen wir Wind- und Solarenergie. Das Ergebnis zeigt Abbildung 14.

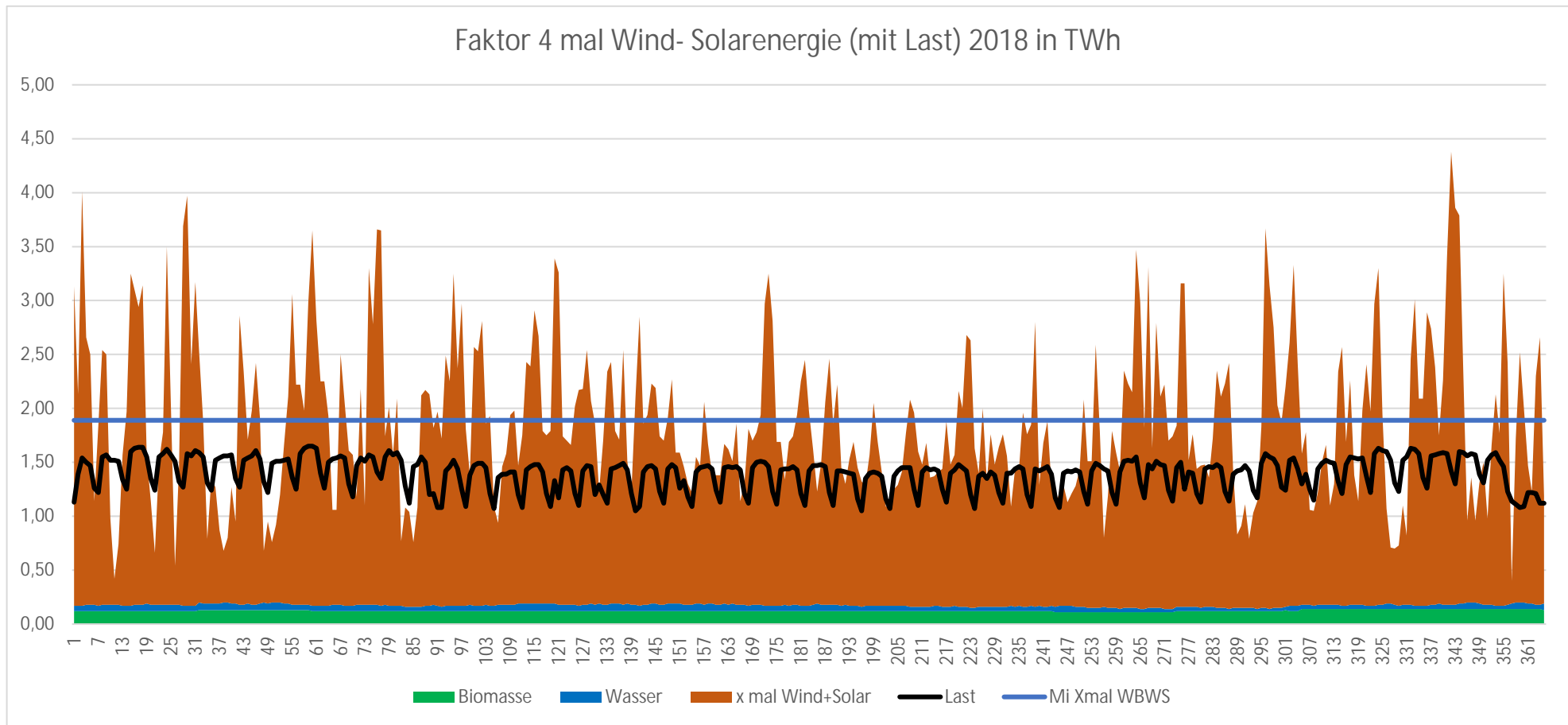


Abbildung 14

Das Ergebnis ist nicht befriedigend. An 235 Tagen wird 165 TWh zu viel Energie produziert und an 128 Tagen herrscht Blackout, da rund 48 TWh zu wenig Energie produziert wird.

Zuviel Ertrag	Zuwenig Ertrag
165,65	47,92
Tage	Tage
235	128

Hier sieht man deutlich, dass volatile Energieträger große Probleme bereiten. Bei einem Faktor 4 stehen in Deutschland nicht 28000 sondern 112000 Windräder. Das bedeutet alle 1,8 km im Quadrat steht ein Windrad. Dass natürlich auch die Flächen der Photovoltaik vervierfacht sind muss beachtet werden.

Zum Abschluss noch eine Berechnung:

Der Starnberger See hat ein Wasservolumen von  $3 \text{ km}^3$ . Um welche Höhe  $h$  müsste das Wasser des Starnberger See´s hochgepumpt werden, um eine Energie von 7 TWh zu speichern?

Antwort:

Der komplette Inhalt des Starnberger See´s müsste um 856 m angehoben werden!!