



Strommarktmonitoring NRW



www.strommarktmonitoring.nrw.de

Strommarktmonitoring NRW

Ableitung eines Korrekturfaktors zur
Verbesserung der Nettostromerzeugung
in Nordrhein-Westfalen

Stand: März 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen und Problemstellung	3
1.1. Zielsetzung	4
1.2. Datengrundlage	4
2. Methodik und Fortschreibung	7
3. Ergebnisse	9
3.1. Photovoltaik	9
3.2. Windenergie	11
3.3. Wasserkraft	12
3.4. Biomasse	14
4. Zusammenfassung	15
5. Diskussion	15
6. Ausblick	16
7. Abbildungen & Tabellen	17
5.1. Abbildungen	17
5.2. Tabellen	17
8. Anhang	18
8.1. Vergleich Ergebnisse Strommarktmonitoring NRW mit der Energiebilanz NRW sowie mit Prognosedaten für Wind und Photovoltaik	18
8.1.1. <i>Windenergie</i>	18
8.1.2. <i>Photovoltaik</i>	20
8.2. Karten	23

Für Fragen oder Anmerkungen wenden Sie sich bitte an:

**Fachzentrum Klimaanpassung, Klimaschutz,
Wärme und Erneuerbare Energien**

Fachbereich37@lanuv.nrw.de

1. Grundlagen und Problemstellung

Das [Strommarktmonitoring NRW](#) bezieht die Daten zur Nettostromerzeugung direkt vom Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E). Jeder europäische Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) ist verpflichtet, Daten gemäß der Stromtransparenzverordnung ([Verordnung \(EU\) Nr. 543/2013](#)) an ENTSO-E zu melden. Die Daten für Deutschland liegen dementsprechend nur für die vier Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) vor und orientieren sich nicht an den Grenzen der Bundesländer. Die relevanten Regelzonen für Nordrhein-Westfalen (NRW) sind Amprion und Tennet (Abbildung 1).

Zur Berechnung der Nettostromerzeugung für Nordrhein-Westfalen werden die Daten über eine für das Strommarktmonitoring programmierte Schnittstelle kontinuierlich abgerufen. Sie liegen in einer Auflösung von 15 Minuten vor. Die bisherige Skalierung der Nettostromerzeugung aus den Regelzonen der ÜNB auf NRW erfolgt durch die Anteile der installierten Leistung der einzelnen Energieträger in NRW im Verhältnis zur gesamten Regelzone des ÜNB.



Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de
Bundeszentrale für politische Bildung, 2013, www.bpb.de



Abbildung 1: Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber (Quelle: Bundeszentrale für politische Bildung).

Dieses Vorgehen zeigt bereits eine gute Annäherung, es kann jedoch bei einzelnen Energieträgern zu einer Unter- oder Überschätzung kommen:

- Im Bereich der Photovoltaik (PV) ist eine Überschätzung des Stromertrags zu vermuten. Im Süden – beispielsweise in Bayern und Baden-Württemberg, ebenfalls in den Regelzonen von Amprion und Tennet - scheint die Sonne deutlich häufiger als in NRW (s. Abbildung A1 im Anhang).

- Für den Stromertrag aus Windenergie kann Ähnliches vermutet werden, die Windgeschwindigkeit ist tendenziell im Norden von Deutschland und in den Mittelgebirgsregionen höher, als in den Niederungen.
- Die Stromerzeugung aus Biomasse ist zum Teil Grundlast, aber auch spitzenlastfähig. Während der Ansatz über die Anteile der installierten Leistung für Energieträger, die die Grundlast bedienen, hinreichend plausibel ist, sind in Bereichen der Spitzenlast verbrauchsabhängige Abweichungen zu erwarten.
- Für Wasserkraft gilt selbiges, da es neben den Laufwasserkraftwerken auch Speicher mit natürlichem Zufluss gibt (Pumpspeicherkraftwerke werden hier von der Betrachtung ausgenommen). Auch könnte es eine kausale Abhängigkeit vom Niederschlagsangebot geben.

Um diese Vermutungen zu prüfen, wurden die Daten aus dem Strommarktmonitoring NRW mit den bilanzkreisscharfen Abrechnungsdaten des Übertragungsnetzbetreibers Amprion, mit der Energiebilanz NRW und mit Prognosedaten des Unternehmens enercast GmbH verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche finden Sie im Anhang dieser Veröffentlichung. Sie zeigen, dass sich die bilanzkreisscharfen Abrechnungsdaten am besten zur Berechnung von Korrekturfaktoren eignen, um die Daten des Strommarktmonitorings NRW zu verbessern. Im Folgenden wird das Vorgehen beschrieben.

1.1. Zielsetzung

Den ÜNB liegt auf der Ebene der Bilanzkreise der Nettostromertrag für die einzelnen Erneuerbaren Energieträger vor. Dabei handelt es sich um die tatsächliche Stromeinspeisung in der Amprion-Regelzone. Die Daten liegen in der Regel ab März rückwirkend für das jeweils abgelaufene Jahr vor. Eine Korrektur beziehungsweise Verbesserung der Strommarktmonitoring-Daten ist dementsprechend auch nur rückwirkend möglich.

Ziel ist, aus diesen Daten für einzelne Erneuerbare Energieträger Korrekturfaktoren abzuleiten, um die Skalierung ihrer Erzeugung auf die Ebene von NRW zu verbessern. Die Korrekturfaktoren sollen auf der einen Seite rückwirkend die auf die Ebene von NRW heruntergebrochene Erzeugung an die tatsächliche Erzeugung anpassen, auf der anderen Seite die aktuellen Daten besser skalieren.

1.2. Datengrundlage

Dem LANUV liegen für die Jahre 2015 bis 2022 die Daten der Bilanzkreise des ÜNB Amprion in 15-minütiger Auflösung vor. Diese stehen für die Erneuerbaren Energien, aber nicht für die fossile Erzeugung zur Verfügung. TenneT hat dem LANUV keine Bilanzkreisdaten geliefert, da dies erheblichen Arbeitsaufwand bei TenneT verursacht hätte. Die Anteile von TenneT machen allerdings nur einen kleinen Anteil an der Stromerzeugung in NRW aus (Biomasse und Wind etwa 7 Prozent, Wasser 4 Prozent, Photovoltaik 3 Prozent). Wegen dieses geringen Anteils wird vermutet, dass eine Verbesserung des Korrekturfaktors mit Hilfe der TenneT-Anteile nur unwesentlich ausfallen würde. Daher wird auf die bilanzkreisscharfe Untersuchung des TenneT Anteiles zu diesem Zeitpunkt verzichtet.

Bilanzkreise, die zu 100 Prozent in NRW liegen, werden komplett übernommen. Bilanzkreise, die komplett außerhalb der NRW-Landesgrenze sind, können aus der Berechnung herausgenommen werden. Bilanzkreise, deren Gebiete sich sowohl innerhalb als auch außerhalb von NRW befinden, werden gewichtet betrachtet (siehe Abb. 2). Die Gewichtung erfolgt analog der bisherigen Methodik im Strommarktmonitoring NRW: es wird der Quotient aus der installierten Leistung des in NRW liegenden Anteiles des Bilanzkreises zum gesamten Bilanzkreis gebildet.

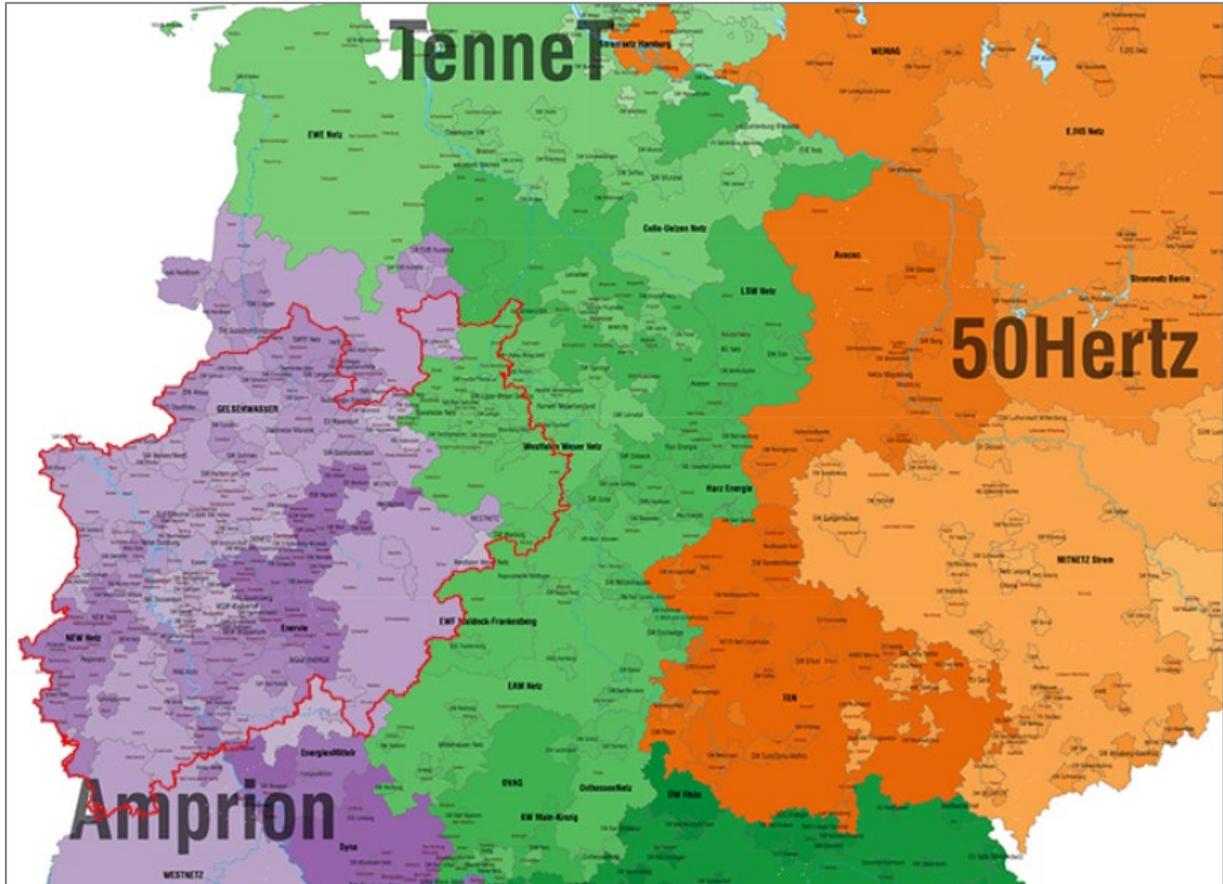


Abbildung 2: Bilanzkreise (Mittelspannung) von Amprion und TenneT in NRW. Quelle: ene't GmbH: Karte der Stromnetzbetreiber. Mittelspannung Deutschland Januar 2023. Abgerufen am 23.02.2024 (<https://www.enet.eu/portfolio/karten#&gid=1&pid=5>, Lizenz: CC BY-SA 3.0 DE); eigene Darstellung

Die Bilanzkreisdaten liegen für die Energieträger Biomasse, Gas (hier Gase aus Erneuerbaren Energien), Photovoltaik, Wasser und Windkraft vor. Geothermie ist ebenfalls enthalten. Da in NRW kein Strom aus Geothermie erzeugt wird, wird der Energieträger in dieser Untersuchung nicht betrachtet.

Die einzelnen Energieträger werden auf der ENTSO-E-Plattform und in den Bilanzkreisdaten von Amprion teilweise unterschiedlich zugeordnet. Folgende Tabelle zeigt für alle Energieträger die Zuordnung:

Tabelle 1: Gruppierung der Energieträger Bilanzkreisdaten, (Amprion) und Strommarktmonitoring (ENTSO-E)

Energieträgergruppe	Energieträger Amprion	Energieträger ENTSO-E	Vergleichbarkeit
Wind	Wind	Wind	Ja
PV	PV	PV	Ja
Wasser	Summe aus Laufwasser und Speicherwasser	Lauf- und Speicherwasser wird getrennt gemeldet und für diese Auswertung addiert	Ja
Biomasse	<u>Biomasse:</u> Feste, flüssige und gasförmige Biomasse (inkl. biogener Abfall und Klärschlamm)	<u>Biomasse:</u> Feste, flüssige und gasförmige Biomasse, biogener Abfall ist nicht enthalten und wird dem Energieträger Abfall zugeordnet	Nein
EE Gase / Other Renewables	<u>EE Gase:</u> EEG-förderfähige Gase: Deponiegas Klärgas Grubengas	<u>Other Renewables:</u> Grubengas, Klärschlamm und sonstige: Druck aus Gasleitungen, Solar- und Geothermie	Nein

2. Methodik und Fortschreibung

Die Berechnung der Stromerzeugung für die beiden Regelzonen erfolgte nach folgenden Formeln:

$$Faktor_{\text{ÜNB,Energieträger}} = \frac{\text{Installierte Leistung NRW}_{\text{ÜNB,Energieträger}}}{\text{Installierte Leistung der gesamten Regelzone}_{\text{ÜNB,Energieträger}}}$$

Die Stromerzeugung berechnet sich dann wie folgt:

$$Erzeugung_{\text{Amprion (NRW)}} = Faktor_{\text{Amprion,Energieträger}} * ENTSOE Erzeugung_{\text{Amprion}}$$

Generell soll ein zusätzlicher Korrekturfaktor die Daten des Strommarktmonitoring auf die Daten der Bilanzkreisdaten (Amprion) skalieren.

$$Erzeugung_{\text{Amprion (NRW) korrigiert}} = Erzeugung_{\text{Amprion (NRW)}} * Korrekturfaktor$$

Mit Hilfe der Bilanzkreisabrechnungen kann dieser für die Energieträger Wind, PV und Wasser rückwirkend, jeweils jährlich berechnet werden.

$$Korrekturfaktor(a) = \frac{Erzeugung(a)_{\text{Bilanzkreisdaten Amprion (NRW)}}}{Erzeugung(a)_{\text{Amprion (NRW) Strommarktmonitoring}}}$$

Es werden nun für die einzelnen Energieträger Vergleiche zwischen den Bilanzkreisdaten (NRW Anteile Amprion auf Bilanzkreisebene) und den bisherigen Ergebnissen des Strommarktmonitorings (NRW Anteile der Regelzone Amprion) vorgenommen. Anschließend werden jährliche Korrekturfaktoren abgeleitet, um die Daten aus dem Strommarktmonitoring auf die Bilanzkreisdaten von Amprion zu skalieren.

Die Bilanzkreisdaten stehen jeweils rückwirkend zur Verfügung, das heißt, Daten des abgelaufenen Jahres werden von Amprion im März des Folgejahres veröffentlicht. Die Korrekturfaktoren sollen aber für das jeweils aktuelle Jahr fortgeschrieben werden. Um einen vorhandenen Trend adäquat und stets mit gleicher Methode abzubilden, wurde hierfür die Anwendung eines gewichteten Mittelwertes der letzten 5 Jahre gewählt. Die simple Fortschreibung der Vorjahreswerte oder die Verwendung eines linearen Trends führt zu größeren Abweichungen aufgrund nicht in Gänze deterministischer erfassbarer Abhängigkeiten.

Die Filtergewichte leiten sich hierbei aus der Gaußverteilung ab, mit einem Mittelwert von $\mu=0$ und einer Standardabweichung von $\sigma=1$. Sie werden für die zurückliegenden Jahre ermittelt und anschließend normiert. Die Ergebnisse aus 2022 haben also größten Einfluss auf die Fortschreibung.

Tabelle 2: Methode des gewichteten Mittelwertes

Jahr		i	Filtergewicht (roh)	Filtergewicht (normiert)
2018	n-4	-4	0,00005	0,000191
2019	n-3	-3	0,00177	0,006336
2020	n-2	-2	0,02154	0,077188
2021	n-1	-1	0,09653	0,345935
2022	n	0	0,15915	0,570350
Summe			0,279048	1

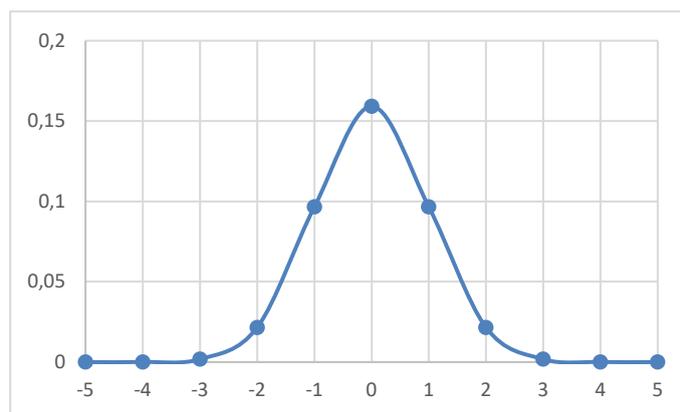


Abbildung 3: Gauß-Verteilung ($\mu=0$; $\sigma=1$)

Die Fortschreibung für 2023 und 2024 berechnet sich wie folgt:

$$Korrekturfaktor_{Fortschreibung} = \sum_{i=0}^{i=-4} (Korrekturfaktor_{n+i} * Filtergewicht_i)$$

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Energieträger dargestellt.

3.1. Photovoltaik

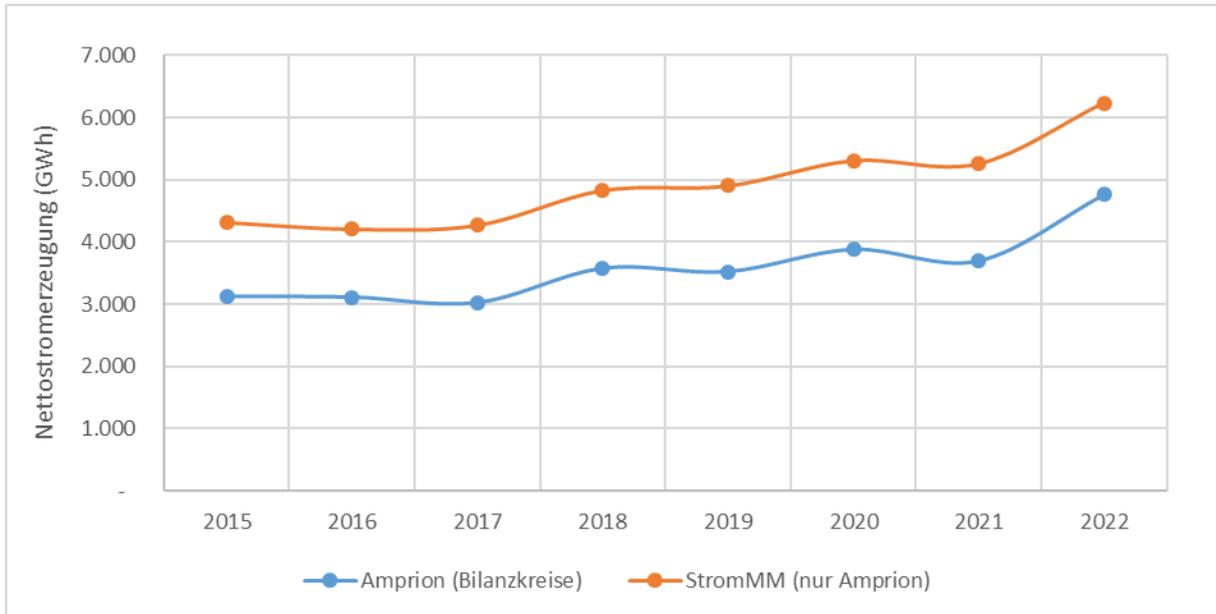


Abbildung 4: Vergleich der Stromerzeugung aus Photovoltaik nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion

Die beiden Kurven für die Stromerzeugung aus Photovoltaik zeigen einen parallelen Verlauf, die Werte aus dem Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) liegen in jedem Jahr allerdings mehr als eine Terawattstunde (TWh) über den Daten der Amprion-Bilanzkreise. Der Abstand der beiden Kurven vergrößert sich zwischen 2015 und 2022. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Stromerzeugung aus Photovoltaik insgesamt ansteigt. Die prozentuale Abweichung bleibt über die Jahre hinweg hingegen relativ gleich: die Werte aus dem Strommarktmonitoring liegen immer zwischen 25 und 30 Prozent über den Werten der Bilanzkreise.

➔ Der Ertrag wird im Strommarktmonitoring NRW bisher deutlich überschätzt

Aus diesen Berechnungen lässt sich nun für jedes Jahr ein Korrekturfaktor ableiten. Die Werte streuen zwischen 0,703 und 0,764, korrigieren also 25 – 30 % nach unten. Die Fortschreibung für die Jahre 2023 und 2024 erfolgt nach der unter 2 beschriebenen Methode.

Tabelle 3: Korrekturfaktoren Photovoltaik

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0,723	0,738	0,707	0,740	0,719	0,731	0,703	0,764	0,740	0,740

Mittelwert: 0,728

Steigung: 0,002 (vernachlässigbar)

Die folgende Grafik stellt die jährlichen Korrekturfaktoren noch einmal neben den Werten der Globalstrahlung dar. Deutlich ist eine Abhängigkeit zu sehen: Zeigt der Globalstrahlungsindex einen Ausschlag nach oben, zeigt dies auch die Stromerzeugung aus PV, wenn auch in abgeflachter Form.

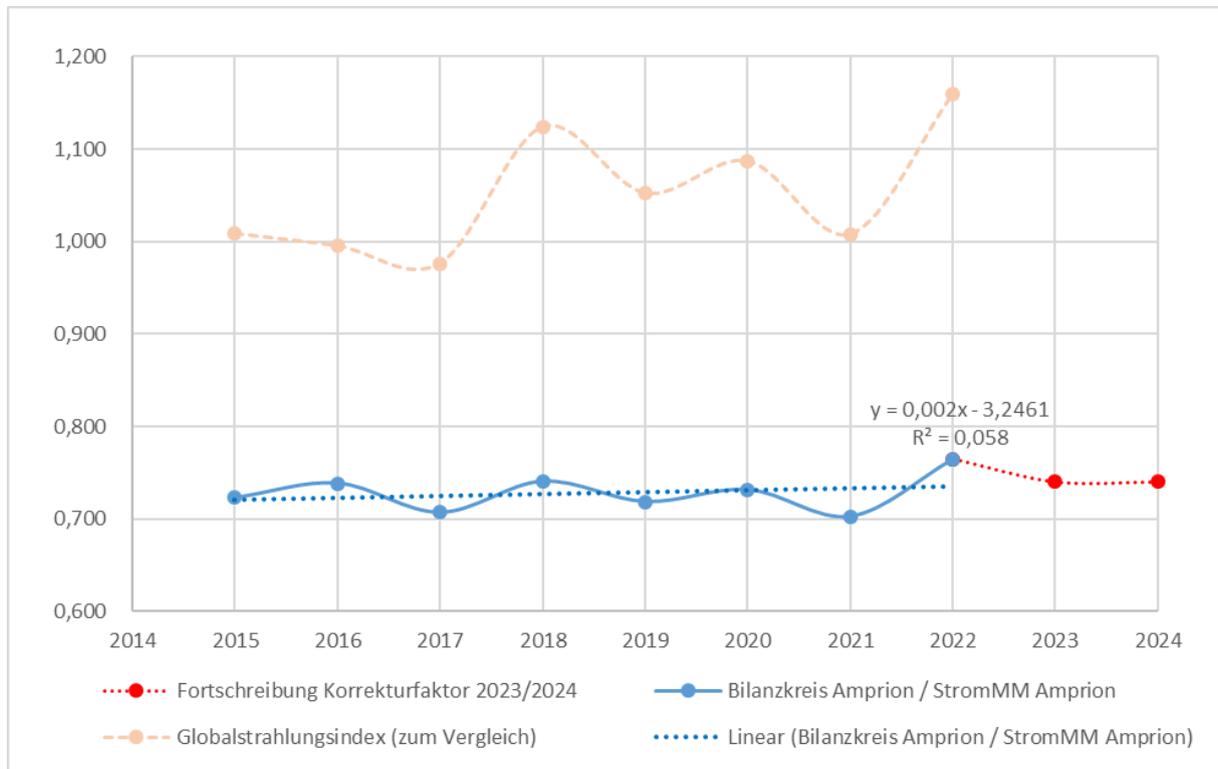


Abbildung 5: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Photovoltaik und Globalstrahlungsindex NRW

3.2. Windenergie

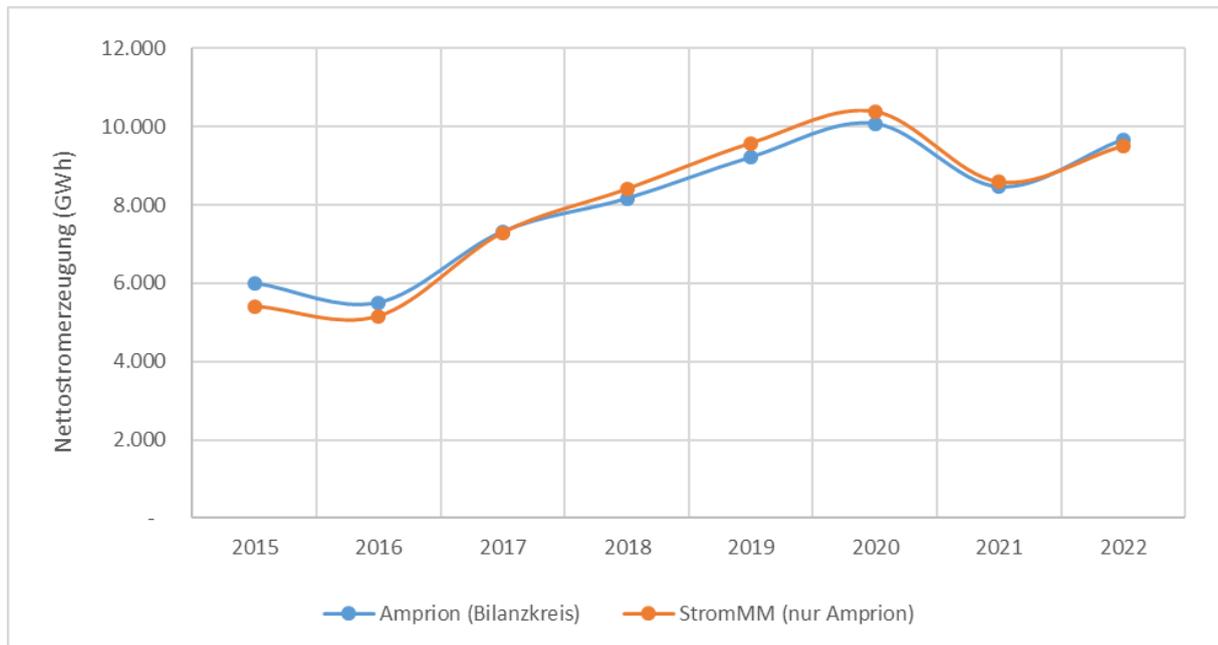


Abbildung 6: Vergleich der Stromerzeugung aus Windenergie in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion

Die beiden Kurven für die Stromerzeugung aus Windenergie liegen annähernd übereinander. 2015 und 2016 unterschätzt das Strommarktmonitoring die Stromerzeugung aus Windenergie für NRW leicht, zwischen 2018 und 2020 wird sie hingegen leicht überschätzt, 2017, 2021 und 2022 wird der Wert der Amprion-Bilanzkreise sehr gut getroffen.

➔ Der Ertrag wird gut getroffen

Obleich der Ertrag gut getroffen wird, wird auch für Wind für jedes Jahr ein Korrekturfaktor abgeleitet. Die Werte schwanken um 1 (keine Korrektur) und streuen zwischen 1,11 (leichte Korrektur nach oben) und 0,962 (leichte Korrektur nach unten). Die Fortschreibung für die Jahre 2023 und 2024 erfolgt nach der unter 2 beschriebenen Methode.

Tabelle 4: Korrekturfaktoren Wind

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1,110	1,067	1,004	0,971	0,962	0,970	0,985	1,017	1,002	1,002

Mittelwert: 1,011

Steigung: 0,014 (vernachlässigbar)

Die folgende Grafik (Abbildung 7) stellt die jährlichen Korrekturfaktoren neben den Werten des Windertragsindex dar. Im Gegensatz zur PV ist hier allerdings keine Abhängigkeit zu erkennen.

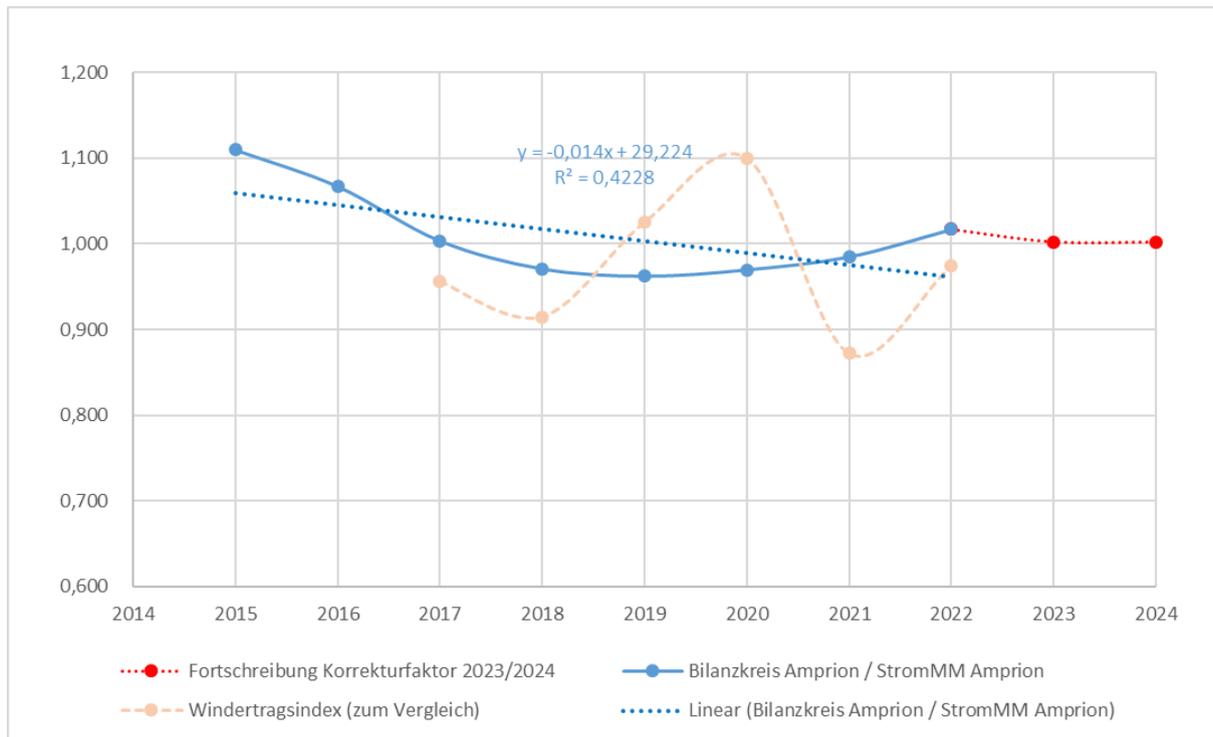


Abbildung 7: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Windenergie und Windertragsindex

3.3. Wasserkraft

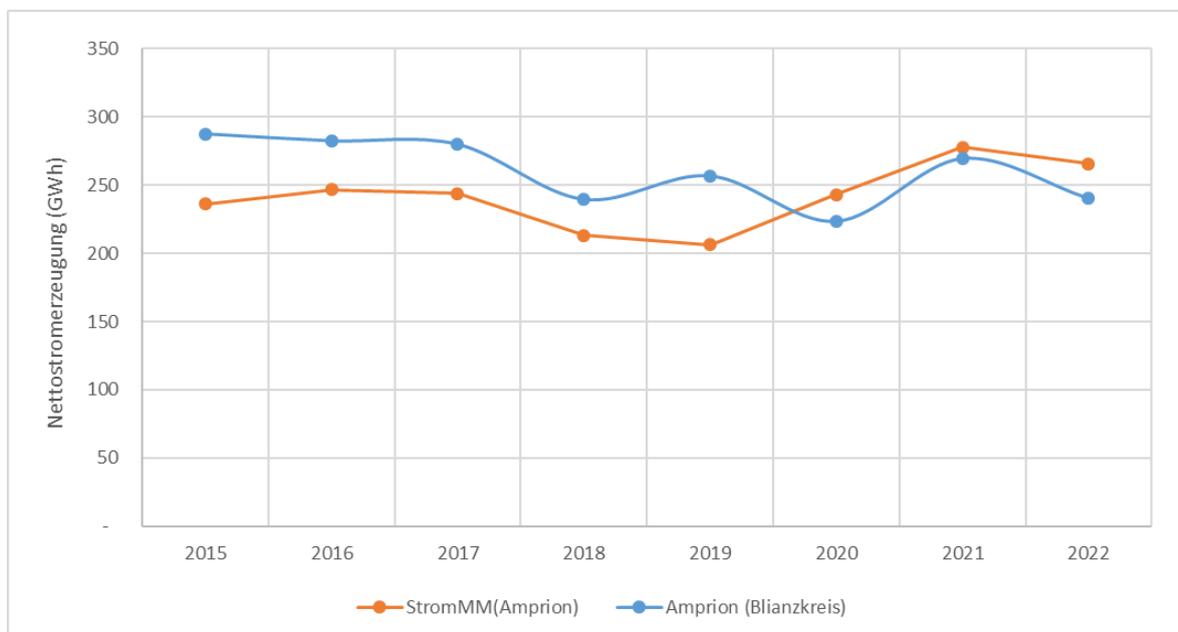


Abbildung 8: Vergleich der Stromerzeugung aus Wasserkraft in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion

Die beiden Kurven zeigen zwischen 2015 und 2018 einen annähernd parallelen Verlauf, die Bilanzkreisdaten liegen in diesen Jahren über den Werten des Strommarktmonitorings. Zwischen 2019 und 2022 schwanken die beiden Kurven hingegen unabhängig voneinander, schneiden sich sogar und zeigen keine Abhängigkeiten. Es zeigen sich relativ hohe Unterschiede. Der Beitrag der Wasserkraft zur gesamten Nettostromerzeugung NRW ist jedoch klein, die absoluten Schwankungen sind demnach sehr gering.

➔ Der Ertrag wird nicht gut getroffen, allerdings ist der absolute Beitrag der Wasserkraft zur Nettostromerzeugung sehr gering

Trotz der Schwankungen wird sich dafür entschieden, auch für Wasserkraft einen Korrekturfaktor anzuwenden. Die Amprion-Bilanzkreisdaten zeigen die tatsächliche Erzeugung in den Bilanzkreisen, das Strommarktmonitoring „nur“ eine rechnerische Annäherung.

Tabelle 5: Korrekturfaktoren Wasser

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1,217	1,145	1,148	1,124	1,245	0,921	0,970	0,905	0,931	0,931

Mittelwert: 1,084 Steigung: 0,0431

Die Werte streuen zwischen 1,245 (relativ hohe Korrektur nach oben) und 0,905 (leichte Korrektur nach unten). Die Fortschreibung für die Jahre 2023 und 2024 erfolgt nach der unter 2 beschriebenen Methode.

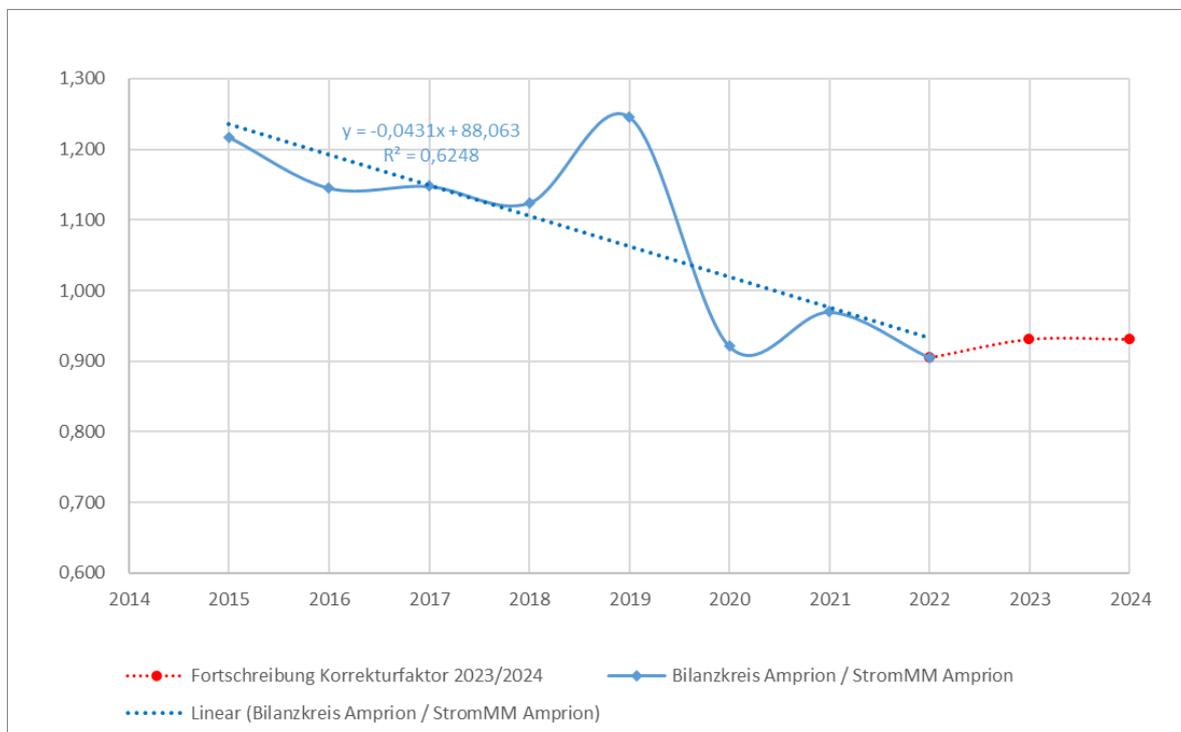


Abbildung 9: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Wasserkraft

3.4. Biomasse

Die Energieträgergruppe Biomasse beinhaltet unterschiedliche Energieträger, es ist kein Korrekturfaktor valide bestimmbar. Die beiden Kurven werden hier trotzdem einmal im Vergleich gezeigt:

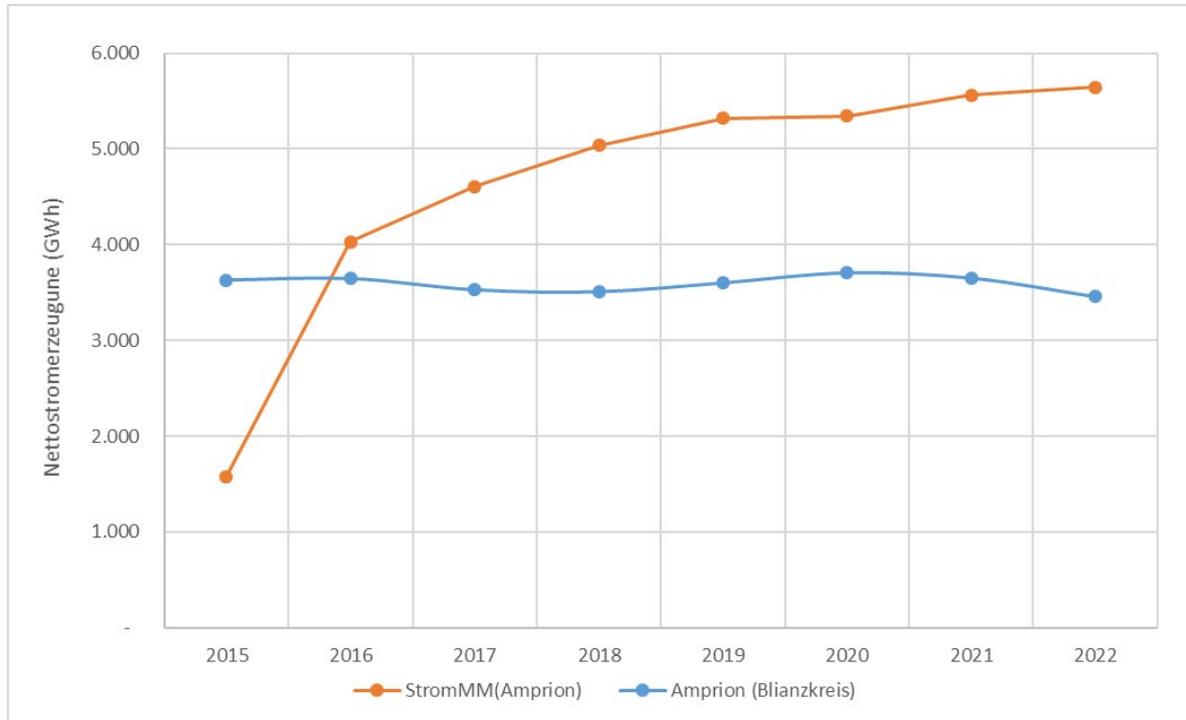


Abbildung 10: Vergleich der Stromerzeugung aus Biomasse in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion

Der Verlauf der Biomasse-Kurve aus dem Strommarktmonitoring NRW ist nicht plausibel zu erklären: Nach einem in 2015 vergleichsweise niedrigen Wert, steigt die Kurve einmal steil an, um danach moderat aber kontinuierlich weiter zu steigen. Die Bilanzkreisdaten hingegen zeigen einen annähernd horizontalen Verlauf.

Es ist anzunehmen, dass den Biomassedaten auf der ENTSO-E-Plattform über die Jahre kontinuierlich mehr zugeordnet wurde. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Teil der Stromerzeugung aus Biomasse einer anderen Energieträgergruppe zugeordnet wurde. Die Daten können zum jetzigen Zeitpunkt nicht korrigiert werden. Würde ein jährlicher Korrekturfaktor berechnet und angewandt, würde insgesamt die Nettostromerzeugung entweder über- oder unterschätzt werden.

Gleiches gilt für die Energieträgergruppe der Erneuerbaren Gase bzw. Other Renewables. Die Korrektur beider Energieträgergruppen wird auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Es wird in einem ersten Schritt bei den Datenanbietern eine differenziertere Gruppierung der Energieträger angefragt.

4. Zusammenfassung

Für die Energieträger Wind, PV und Wasserkraft ergibt sich folgende Korrekturmatrix:

Tabelle 6: Korrekturmatrix für Wind, PV und Wasserkraft

Jahr	Wind	PV	Wasser
2015	1,1099818	0,7227220	1,2171253
2016	1,0673811	0,7384000	1,1450163
2017	1,0036538	0,7068524	1,1477003
2018	0,9709731	0,7404962	1,1242358
2019	0,9623643	0,7185227	1,2454270
2020	0,9698008	0,7314762	0,9209842
2021	0,9849133	0,7027044	0,9697579
2022	1,0168957	0,7644322	0,9050742
2023	1,0018424	0,7402391	0,9308770
2024	1,0018424	0,7402391	0,9308770

Jeder 15-Minuten-Wert eines Jahres der Amprion-Regelzone im Strommarktmonitoring NRW wird mit dem jeweiligen Jahres-Wert der Korrekturmatrix multipliziert. In Summe eines Jahres werden die Erträge der Amprion-Regelzone so auf die Bilanzkreisdaten kalibriert. Durch die pauschale Anwendung des Korrekturfaktors auf alle Werte im Strommarktmonitoring NRW kann es zwar im Einzelnen zu Abweichungen von der tatsächlichen Erzeugung kommen, doch wird davon ausgegangen, dass auch die stärker aufgelösten Zeitreihen dadurch genauer werden, als ohne den Korrekturfaktor.

Die Werte aus der Tennet-Regelzone werden nicht korrigiert, sondern weiterhin nach dem „alten“ Verfahren (allein aus dem Verhältnis der installierten Leistung in NRW im Vergleich zur Regelzone) auf NRW heruntergebrochen. Da die Regelzone von Tennet einmal von Norden bis in den Süden über ganz Deutschland reicht (s. Abbildung 1), würden sich bei entsprechender Auswertung der Tennet-Bilanzkreise voraussichtlich andere Korrekturfaktoren ergeben, als die hier berechneten für die Amprion-Regelzone. Da der Anteil der Tennet-Regelzone in NRW aber relativ klein ist (s. Abbildung 2), wird die Abweichung als tolerierbar angesehen.

5. Diskussion

Sowohl die bundesweiten Seiten zum Strommarktmonitoring (smard, Agorameter, energy-charts), als auch das NRW-Strommarktmonitoring und auch die Bilanzkreisdaten von Amprion zeigen den Anteil der Nettostromerzeugung, der ins Netz eingespeist wird. Der eigenverbrauchte Strom kleiner Anlagen – dies betrifft fast ausschließlich kleine Photovoltaikanlagen – wird hingegen nicht erfasst. Hier haben die Marktdaten einen „blinden Fleck“. Dieser eigenverbrauchte Strom mindert den Stromverbrauch der Endenergieverbraucher. Dies sollte bei der Interpretation der Daten bzw. beim Vergleich der Daten mit anderen Datenangeboten beachtet werden.

6. Ausblick

Die Daten für Biomasse und die erneuerbaren Gase sollten zeitnah untersucht werden, um auch hier geeignete Korrekturfakten abzuleiten. Anschließend soll noch einmal an Tennet mit der Bitte herangetreten werden, deren Bilanzkreisdaten für die Ableitung von Korrekturfaktoren zu liefern.

Mit den Bilanzkreisdaten lassen sich allerdings lediglich Korrekturfaktoren für die Erneuerbaren Energien berechnen. Es sollte ebenfalls untersucht werden, ob für die fossilen Energieträger die Methodik zur Berechnung der Nettostromerzeugung in NRW verbessert werden kann.

7. Abbildungen & Tabellen

5.1 **Abbildungen**

Abbildung 1: Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber	3
Abbildung 2: Bilanzkreise (Mittelspannung) von Amprion und TenneT in NRW.	5
Abbildung 3: Gauß-Verteilung ($\mu=0$; $\sigma=1$)	8
Abbildung 4: Vergleich der Stromerzeugung aus Photovoltaik nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion	9
Abbildung 5: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Photovoltaik und Globalstrahlungsindex NRW	10
Abbildung 6: Vergleich der Stromerzeugung aus Windenergie in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion	11
Abbildung 7: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Windenergie und Windertragsindex	12
Abbildung 8: Vergleich der Stromerzeugung aus Wasserkraft in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion	12
Abbildung 9: Jährlicher Korrekturfaktor für die Stromerzeugung aus Wasserkraft	13
Abbildung 10: Vergleich der Stromerzeugung aus Biomasse in NRW nach Strommarktmonitoring NRW (Amprion-Regelzone) und Bilanzkreisdaten Amprion	14
Abbildung A 1: Täglicher Windstrom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW	19
Abbildung A 2: Monatlicher Windstrom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW	20
Abbildung A 3: Täglicher PV-Strom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW	21
Abbildung A 4: Monatlicher PV-Strom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW	22
Abbildung A 5: Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland für das Jahr 2021	23
Abbildung A 6: Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeit in 80m über Grund in Deutschland (1981-2000)	24

5.2 **Tabellen**

Tabelle 1: Gruppierung der Energieträger Bilanzkreisdaten, (Amprion) und Strommarktmonitoring (ENTSO-E)	6
Tabelle 2: Methode des gewichteten Mittelwertes	8
Tabelle 3: Korrekturfaktoren Photovoltaik	9
Tabelle 4: Korrekturfaktoren Wind	11
Tabelle 5: Korrekturfaktoren Wasser	13
Tabelle 6: Korrekturmatrix für Wind, PV und Wasserkraft	15

8. Anhang

8.1. Vergleich Ergebnisse Strommarktmonitoring NRW mit der Energiebilanz NRW sowie mit Prognosedaten für Wind und Photovoltaik

IT.NRW veröffentlicht jährlich die Energiebilanz für NRW. In der Bilanz werden das Aufkommen und die Verwendung von Energieträgern für jeweils ein Jahr möglichst lückenlos und detailliert nachgewiesen. Die Bilanz gibt somit Aufschluss über die energiewirtschaftlichen Veränderungen und erlaubt nicht nur Aussagen über den Verbrauch der Energieträger in den einzelnen Sektoren, sondern sie gibt ebenso Auskunft über den Fluss von der Erzeugung bis zur Verwendung in den verschiedenen Umwandlungs- und Verbrauchsbereichen.

Die Energiebilanz wird immer mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung veröffentlicht: Aktuell (Februar 2024) ist die aktuellste verfügbare Bilanz die für das Jahr 2022. Weiter werden nur jährliche Daten veröffentlicht. Darum eignet sich die Energiebilanz auch nur bedingt für einen Vergleich der Daten aus dem Strommarktmonitoring. Trotzdem erlaubt sie eine Einordnung der Ergebnisse aus dem Strommarktmonitoring.

Ebenfalls wurde geprüft, ob die Stromerzeugung durch Windenergie und Photovoltaik im Strommarktmonitoring NRW präziser mit Hilfe von Prognosedaten abgebildet werden kann. Hierzu wurden Daten des Prognosedienstleisters enercast GmbH eingekauft. Die Daten wurden von enercast für das Jahr 2019 modelliert.

Nachfolgend werden die Ergebnisse für Wind und Photovoltaik dargestellt.

8.1.1. Windenergie

Tabelle A1 stellt für das Jahr 2019 die Berechnung des Stromertrags für Windenergie für die unterschiedlichen Methodiken nebeneinander dar: Prognosedaten, Strommarktmonitoring NRW, durchschnittliche Stromerträge aus dem Energieatlas NRW sowie Energiebilanz von IT.NRW:

Tabelle A 1: Vergleich Stromerträge für Windenergie 2019

Jahr	Prognos (MWh)	Strommarktmonitoring (MWh)	Energieatlas MWh)	Energiebilanz (brutto)
2019	12.101.718	10.302.930	11.555.000	11.400.000

Während das Strommarktmonitoring NRW mit 10,3 TWh den geringsten Stromertrag für 2019 ausweist, liegen die Prognosedaten mit 12,1 TWh bzw. mit fast 2 TWh mehr am oberen Ende der Skala. Die durchschnittlichen Erträge aus dem Energieatlas NRW und die Winderträge aus der Energiebilanz liegen hingegen relativ nah beieinander und mit rund 11,5 TWh näher an den Prognosedaten, als an den Daten des Strommarktmonitorings.

Generell bildet das Strommarktmonitoring die Nettostromerzeugung ab und darüber hinaus auch nur den Strom, der ins Netz eingespeist wird. Im Gegensatz dazu wird in der Energiebilanz die Bruttostromerzeugung berechnet. Es ist also zu erwarten, dass der Wert über dem des Strommarktmonitorings liegt. Darüber hinaus war 2019 ein Jahr mit unterdurchschnittlicher Stromerzeugung aus Wind (s. Tabelle 5). Darum ist auch zu erwarten, dass die durchschnittliche Stromerzeugung aus dem Energieatlas unter den Werten des Strommarktmonitorings liegt.

Folgendes Diagramm zeigt die Stromerzeugung für Wind in täglicher Auflösung einmal auf Basis der Prognosedaten, einmal für die Daten aus dem Strommarktmonitoring NRW:

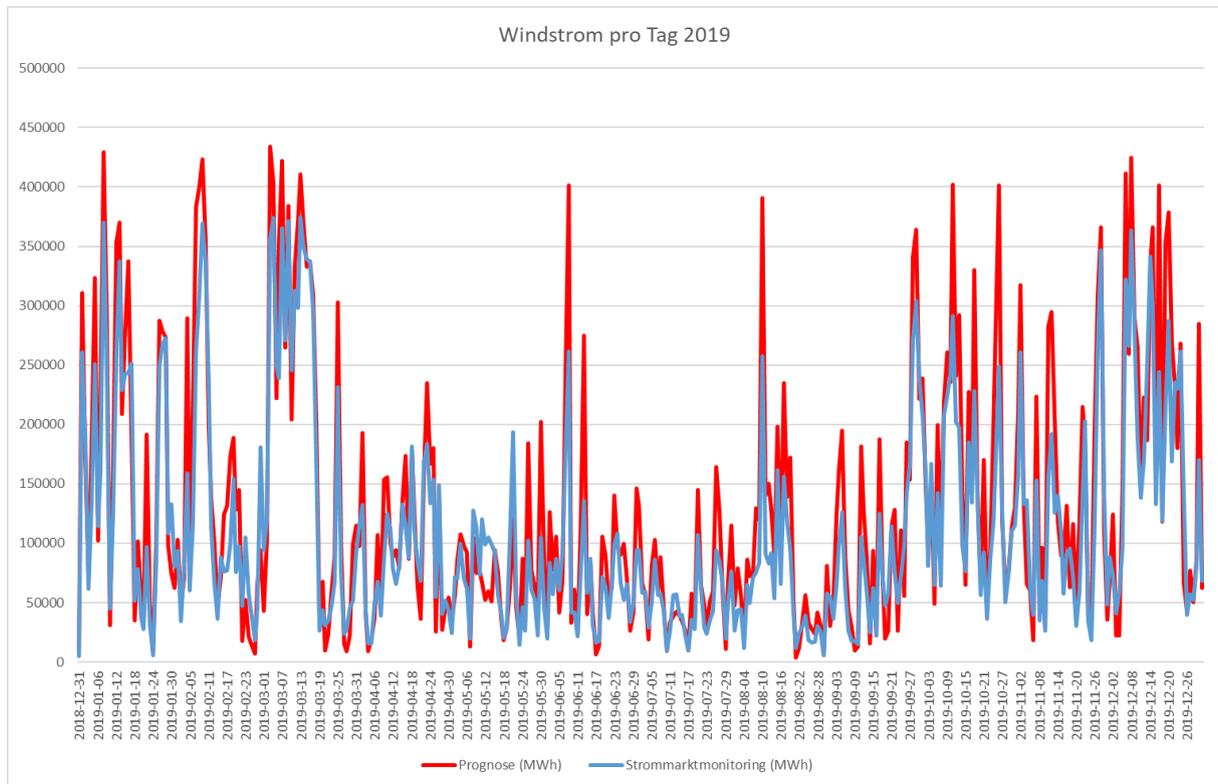


Abbildung A 1: Täglicher Windstrom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW

Deutlich ist in Abbildung A1 zu sehen, dass die Prognose die Stromerzeugung aus Windenergie stark überschätzt, und zwar unabhängig davon, ob an einem Tag viel oder wenig Wind weht. Eine Unterschätzung des Windstroms kommt kaum vor.

Im folgenden Diagramm wurde die Windstromerzeugung für jeden Monat im Jahr 2019 ausgewertet:

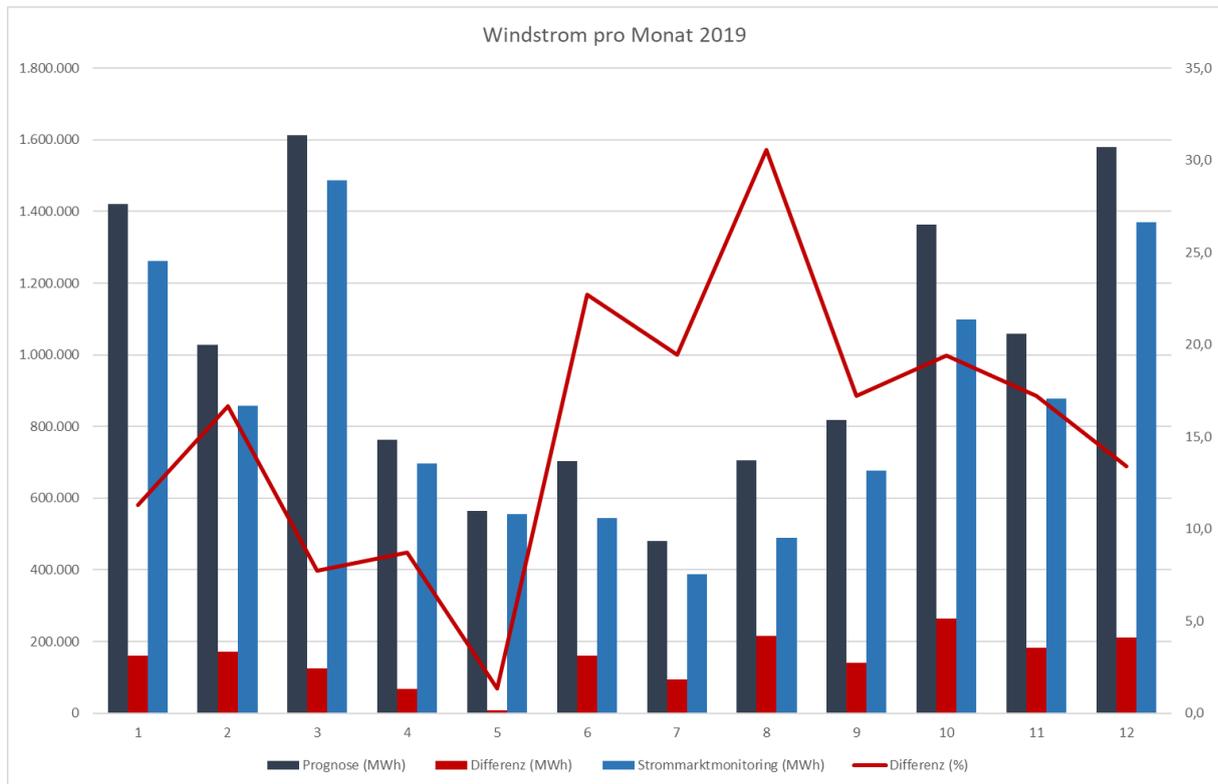


Abbildung A 2: Monatlicher Windstrom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW

Auch Abbildung A2 zeigt, dass die Prognosedaten so gut wie jeden Monat über den Werten des Strommarktmonitorings NRW liegen. Die absolute Abweichung hängt nicht davon ab, ob wenig oder viel Windstrom erzeugt wird. Dies führt dazu, dass in besonders windarmen Monaten (Frühling und Sommer) die prozentuale Abweichung besonders hoch ist: Im August liegt beispielsweise die Winderzeugung aus der Prognoserechnung 30 % über den Werten aus dem Strommarktmonitoring.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Prognosedaten die Stromerzeugung aus Windenergie stark überschätzen und sich nicht eignen, um einen Korrekturfaktor für das Strommarktmonitoring NRW abzuleiten. Auch die Energiebilanz NRW eignet sich nicht für eine Skalierung, da sie die Bruttostromerzeugung und nicht die Nettostromerzeugung ausweist.

8.1.2. Photovoltaik

Tabelle A 2: Vergleich Stromerträge für Photovoltaik 2019

Jahr	Prognos (MWh)	Strommarktmonitoring (MWh)	Energieatlas MWh	Energiebilanz (brutto)
2019	5.792.196	5.028.795	4.783.000	4.080.000

Für die Photovoltaik ergibt sich aus dem Vergleich des Strommarktmonitorings mit Prognosedaten, den durchschnittlichen Werten aus dem Energieatlas und der Energiebilanz ein anderes Bild: Hier berechnet die Energiebilanz mit rund 4 TWh die geringste Stromerzeugung für Photovoltaik, gefolgt von den durchschnittlichen Werten aus dem Energieatlas (4,8 TWh). Aus dem Strommarktmonitoring kommen rund 5 TWh, die Prognosedaten liegen mit 5,8 TWh wieder deutlich am oberen Rand.

In der Energiebilanz werden kleine Anlagen bei der Stromerzeugung nicht berücksichtigt. Da in Bezug auf die Photovoltaik überdurchschnittlich viele kleine Anlagen auf Privathäusern installiert sind ist zu erwarten, dass die Energiebilanz die Stromerzeugung aus PV unterschätzt.

Für den Energieatlas werden durchschnittliche Stromerträge für die Photovoltaik berechnet. In Kapitel 3.1 dieses Methodikberichtes wurde bereits nachgewiesen, dass das Strommarktmonitoring die Stromerzeugung aus PV überschätzt, da die Amprionzone Teile Bayerns und Baden-Württembergs mit beinhaltet. In diesen südlicheren Bundesländern ist die Stromerzeugung aus PV erwartungsgemäß höher. Darum ist hier auch zu erwarten, dass die durchschnittlichen Werte aus dem Energieatlas unter denen des Strommarktmonitorings liegen. Der Vergleich mit den Auswertungen in Kapitel 3.1, zeigt aber auch, dass die durchschnittlichen Werte aus dem Energieatlas über den Werten aus der Bilanzkreisauswertung liegen. Dies ist ebenfalls zu erwarten, da der Eigenverbrauch in den Haushalten aus PV-Anlagen nicht in den Daten des Strommarktes auftaucht. Dieser Eigenverbrauch drückt lediglich den Nettostromverbrauch, wodurch dieser sinkt. Der Eigenverbrauch ist bei der PV-Stromerzeugung im Vergleich zu den anderen Erneuerbaren-Energieträgern ungleich höher und macht sich beim Vergleich mit den durchschnittlich berechneten Stromerträgen aus dem Energieatlas besonders bemerkbar. Die durchschnittlichen Stromerträge im Energieatlas werden aus der installierten Leistung berechnet.

Folgende Grafiken zeigen – wie für Wind – den Vergleich der Prognosedaten mit dem Strommarktmonitoring täglich und monatlich aufgelöst:

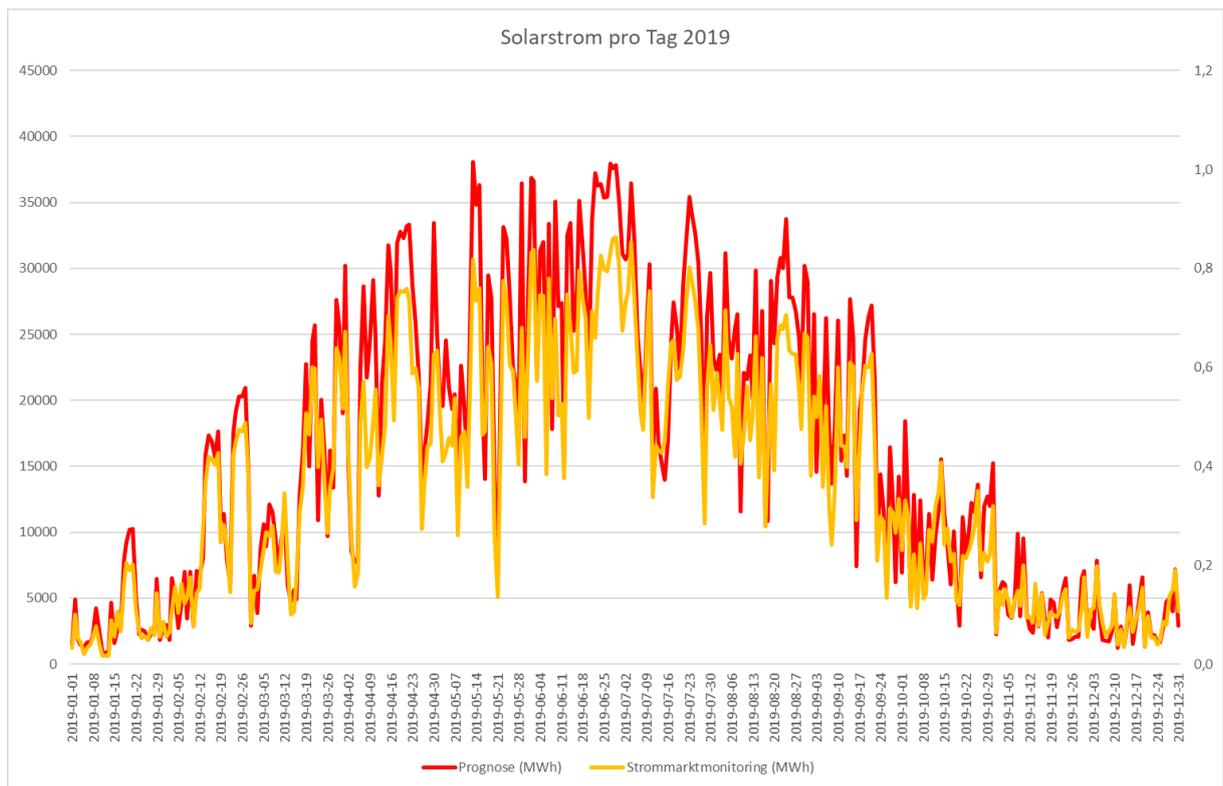


Abbildung A 3: Täglicher PV-Strom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW

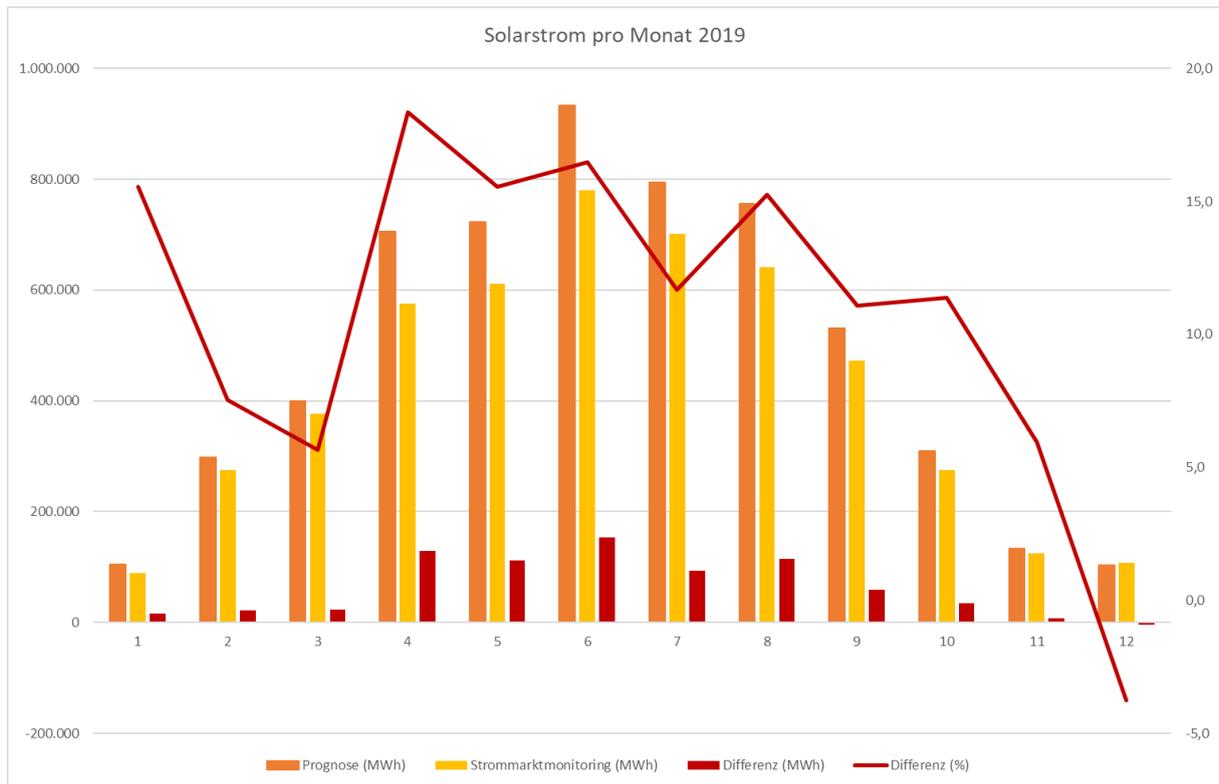


Abbildung A 4: Monatlicher PV-Strom 2019, Prognosedaten und Strommarktmonitoring NRW

Die Prognosedaten überschätzen die Stromerzeugung aus Photovoltaik grundsätzlich, besonders hoch sind die Abweichungen in den sonnenreicheren Monaten von April bis Oktober – dies absolut und prozentual. Sie eignen sich nicht zur Berechnung eines Korrekturfaktors für das Strommarktmonitoring NRW – der Vergleich mit den Bilanzkreisdaten von Amprion hat ergeben, dass auch die Daten aus dem Strommarktmonitoring über der tatsächlichen PV-Stromerzeugung liegen.

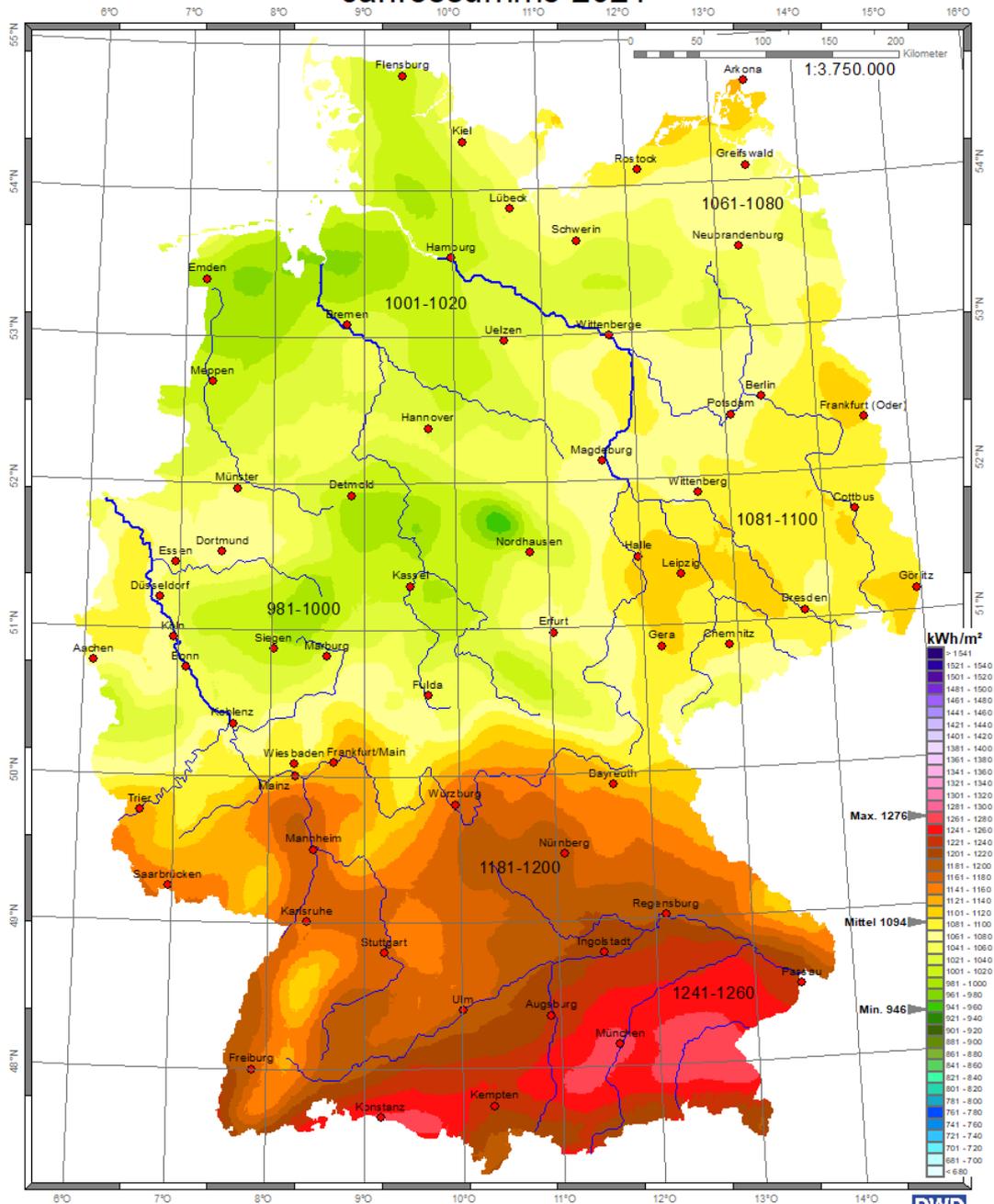
Auch die Daten der Energiebilanz NRW und aus dem Energieatlas eignen sich aus schon oben beschriebenen Gründen nicht zur Korrektur des Strommarktmonitorings. Darum werden die Korrekturfaktoren für die Erneuerbaren Energien aus den Bilanzkreisdaten berechnet.

8.2. Karten

Globalstrahlung in Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

Jahressumme 2021



Deutscher Wetterdienst
Klima- und Umweltberatung, Hamburg
Email: klima.hamburg@dwd.de



Abbildung A 5: Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland für das Jahr 2021

Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland
 Jahresmittel in 80 m über Grund, Bezugszeitraum 1981 – 2000

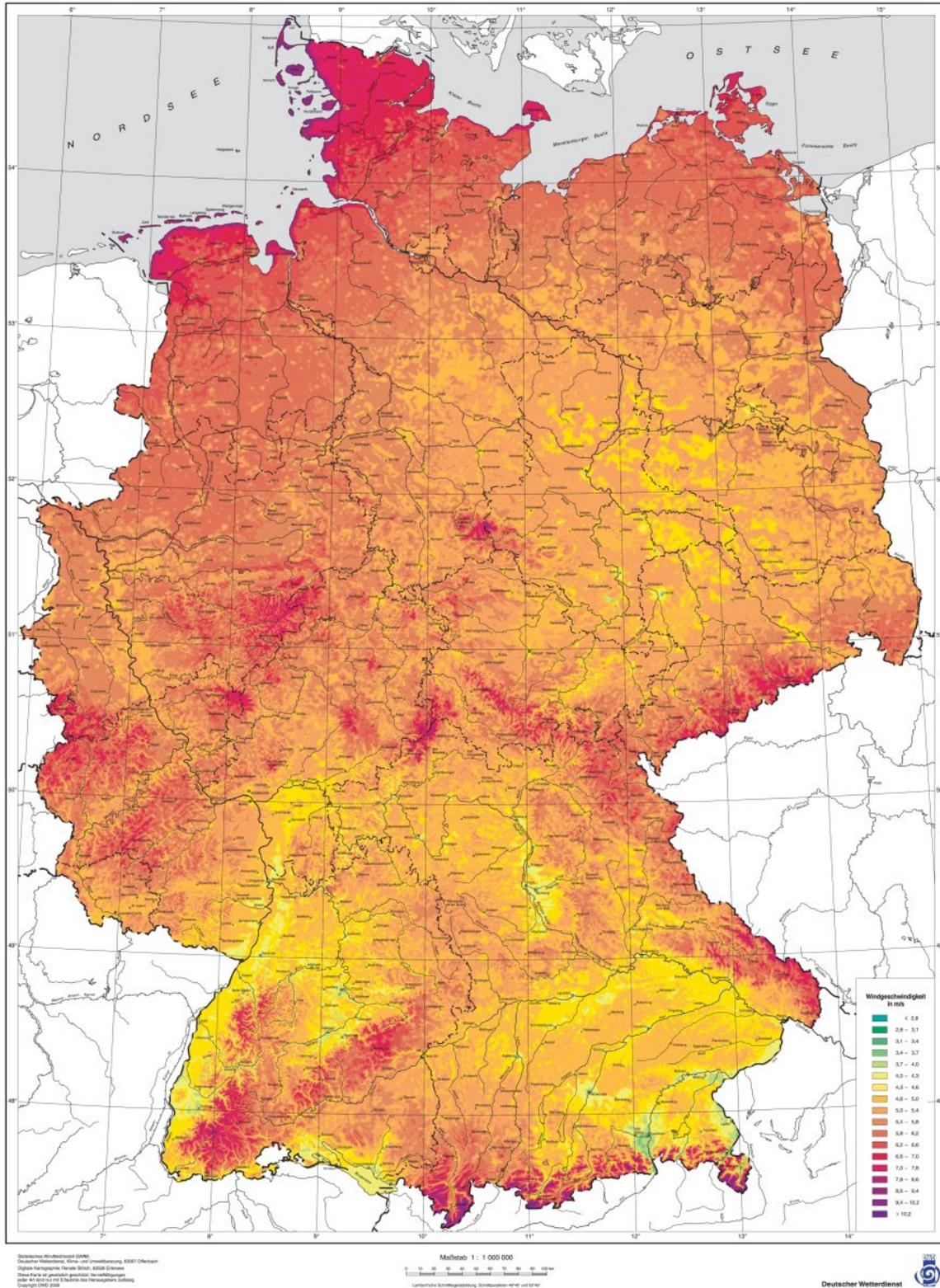


Abbildung A 6: Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeit in 80m über Grund in Deutschland (1981-2000)