



# **GUTACHTEN EE-AUSBAUPOTENTIALE IN SACHSEN**

## Auftraggeber:

### Freistaat Sachsen



## Vertreten durch

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft,  
Arbeit und Verkehr  
01097 Dresden

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



## Erarbeitet durch

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH  
01069 Dresden



## Autoren:

Antje Fritzsche  
Uwe Kluge  
Martin Reiner  
Stefan Thieme-Czach

Sächsische Energieagentur  
– SAENA GmbH  
Pirnaische Straße 9  
01069 Dresden

Tel: 0351/4910-3152

E-Mail: [info@saena.de](mailto:info@saena.de)

Internet: [www.saena.de](http://www.saena.de)

## A. Verzeichnisse

### 1. Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>8</b>
<b>2 HINTERGRUND UND ZIELSTELLUNG</b> .....	<b>10</b>
<b>3 ENTWICKLUNG DES AUSBAUS ERNEUERBARER ENERGIEN IN SACHSEN</b> .....	<b>11</b>
3.1 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien .....	11
3.2 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien .....	17
3.3 Erneuerbare Energien im Anwendungsbereich Verkehr .....	21
<b>4 METHODIK DER POTENTIALANALYSE</b> .....	<b>22</b>
4.1 Potentialbegriff.....	22
4.2 Methodik der Potentialanalyse Windenergie.....	23
4.2.1 Allgemeines.....	23
4.2.2 Raumwiderstände .....	24
4.2.3 Szenarien.....	26
4.2.4 Berechnung des Ertragspotentials .....	27
4.2.5 Abschläge für sonstige Einflüsse .....	27
4.3 Methodik der Potentialanalyse Solarenergie .....	28
4.3.1 Allgemeines.....	28
4.3.2 Methodik der Studien .....	29
4.4 Methodik der Potentialanalyse Biomasse.....	33
4.4.1 Allgemeines.....	33
4.4.2 Methodik der Studien .....	37
4.5 Methodik der Potentialanalyse Wasserkraft .....	40
4.5.1 Allgemeines.....	40
4.5.2 Methodik der Studien .....	40
4.6 Methodik der Potentialanalyse Umweltwärme .....	41
4.6.1 Allgemeines.....	41
4.6.2 Zielwertsetzung .....	41
4.6.3 Umweltwärmemenge in Wohngebäuden.....	42

<b>5</b>	<b>ERMITTELTE POTENTIALE DER ERNEUERBAREN ENERGIEN .....</b>	<b>43</b>
5.1	Potentiale Windenergie.....	43
	Erschließung des technischen Windenergiepotentials .....	45
5.2	Potentiale Solarenergie .....	46
	Erschließung des technischen Solarenergiepotentials .....	47
5.3	Potentiale Biomasse.....	48
	Erschließung des technischen Biomassepotentials .....	50
5.4	Potentiale Wasserkraft .....	51
	Erschließung des technischen Wasserkraftpotentials .....	51
5.5	Zielwertbetrachtung Umweltwärme in Wohngebäuden.....	52
	Erschließung der Zielwerte für die Umweltwärmenutzung in Wohngebäuden.....	53
<b>6</b>	<b>SZENARIEN ZUR BEDARFSERMITTLUNG FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN IN SACHSEN.....</b>	<b>54</b>
6.1	Trendszenario 2030 .....	54
6.2	Szenario KSZ80 2030.....	55
6.3	Ergebnisse.....	56
<b>7</b>	<b>GEGENÜBERSTELLUNG DER POTENTIALE UND ZIELPFADE .....</b>	<b>60</b>
7.1	Strom .....	60
7.2	Wärme .....	63
7.3	Verkehr .....	66
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>68</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
FFH-Gebiet	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet
EnEV	Energieeinsparverordnung
HKW	Heizkraftwerk
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
JAZ	Jahresarbeitszahl
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Nawaro	nachwachsende Rohstoffe
SAENA	Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
SMWA	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
StaLa	Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen
THG	Treibhausgas(e)
TUD	Technische Universität Dresden
VREG	Vorrang- und Eignungsgebiete zur Nutzung der Windenergie
WW	Warmwasser

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Steckbrief Studie (VEE, 2008) .....	29
Tabelle 2:	Steckbrief Studie (Hobbie, H. et al., 2014).....	29
Tabelle 3:	Steckbrief Studie (Lödl, M. et al. , 2010) .....	30
Tabelle 4:	Steckbrief Studie (Bosch & Partner GmbH et al., 2015) .....	30
Tabelle 5:	Steckbrief Studie (Everding, D., 2004) .....	31
Tabelle 6:	Steckbrief Studie (Felsmann, P. C., 2014).....	31
Tabelle 7:	Annahmen der SAENA zur Aufteilung auf die Nutzungspfade für das Prognosejahr 2030 .....	35
Tabelle 8:	Annahmen der SAENA zur Zusammensetzung der Biokraftstoffe für das Prognosejahr 2030.....	35
Tabelle 9:	Annahmen der SAENA zu durchschnittlichen Wirkungsgraden Konversionsanlagen für das Prognosejahr 2030 .....	36
Tabelle 10:	Steckbrief Studie (SMUL, 2007).....	37
Tabelle 11:	Steckbrief Studie (VEE, 2008) .....	37
Tabelle 12:	Steckbrief Studie (AEE, 2013) .....	38
Tabelle 13:	Steckbrief Studie (Hobbie, H. et al., 2014).....	39
Tabelle 14:	Steckbrief „Bosch & Partner GmbH, 2015 “ .....	39
Tabelle 15:	Abweichungen Sachsen real zu Sachsen berechnet .....	56
Tabelle 16:	Minderungsziele in den Szenarien .....	56

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bruttostromverbrauch und Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Sachsen in GWh 2007–2016.....	11
Abbildung 2:	Windenergieausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung und Anlagenzahl 2007–2016 .....	13
Abbildung 3:	Photovoltaikausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016.....	14
Abbildung 4:	Ausbau der Biomassestromerzeugung in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016.....	15
Abbildung 5:	Wasserkraftausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016 .....	16
Abbildung 6:	Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme.....	17
Abbildung 7:	Ausbau der Holzfeuerungsanlagen – Anlagenzahl und Zubau kumuliert 2007–2015 .....	18
Abbildung 8:	Ausbau der Solarthermieflächen 2007–2016 .....	19
Abbildung 9:	Ausbau der anzeigepflichtigen Erdwärmepumpenanlagen 2007–2016.....	20
Abbildung 10:	Erneuerbare Energien und Strom in der Kraftstoffanwendung 2007–2016.....	21
Abbildung 11:	Vorgehen bei Potentialermittlung Biomasse.....	34
Abbildung 12:	Verteilung der Windenergiegebiete nach Anlagenanzahl.....	44
Abbildung 13:	Technisches Brennstoffpotential für Biomasse – Auswertung der Studien für das Prognosejahr 2020 (2030).....	48
Abbildung 14:	Technisches Bioenergiepotential Biomasse, Aufteilung auf Nutzungspfade als Endenergie .....	49
Abbildung 15:	Aktueller und zukünftiger EEV in den einzelnen Anwendungsgebieten.....	57
Abbildung 16:	Aktuelle und zukünftige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, Anteil am Bruttostromverbrauch .....	58
Abbildung 17:	Aktuelle und zukünftige erneuerbare Wärmenutzung, Anteil erneuerbare Energien am EEV Wärme .....	58
Abbildung 18:	Aktuelle und zukünftige erneuerbare Kraftstoffnutzung, Stromnutzung, Anteil erneuerbare Energien am EEV Verkehr .....	59
Abbildung 19:	Potentiale und Zielwerte EE-Strom.....	60
Abbildung 20:	Zielwerte und Potentiale EE-Wärme .....	63
Abbildung 21:	Potentiale und Zielwerte EE-Verkehr .....	66

# 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die im Freistaat Sachsen produzierte Strommenge ist größer als der Stromverbrauch. Überschüsse werden in andere Bundesländer geliefert bzw. in das benachbarte Ausland exportiert. Bezogen auf den Bruttostromverbrauch hat der Freistaat Sachsen im Jahr 2016 einen Anteil von ca. 21 Prozent erneuerbare Energien (EE). Der EE-Anteil am Endenergieverbrauch (EEV) der Wärme beträgt 11,5 Prozent. Im Anwendungsbereich Verkehr beträgt der EE-Anteil 3,4 Prozent.

Den wesentlichen Anteil zur Nutzung der EE stellt die Biomasse bereit – insbesondere in den Anwendungsbereichen Verkehr und Wärme.

Im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt werden die EE in Sachsen im Anwendungsbereich Strom und Verkehr unterdurchschnittlich genutzt. Im Anwendungsbereich Wärme reiht sich Sachsen in den Bundesdurchschnitt ein.

Im Koalitionsvertrag zwischen der CDU und der SPD von 2014 wurde zum Ausbau der EE eine Orientierung an den Zielen des Bundes vereinbart. Die programmatische Grundlage, das „Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012“<sup>1</sup>, wurde im Jahr 2013 beschlossen und soll dazu fortgeschrieben werden.

Um die bisherige Entwicklung der EE im Freistaat Sachsen zu beschreiben, wird auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen. Der Betrachtungszeitraum beträgt zehn Jahre (2007–2016). Zu nennen sind hier die Energiebilanzen und Berichte des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen (StaLa). Darüber hinaus werden, insbesondere für den Anwendungsbereich der Wärmenutzung, weitere Quellen von Verbänden oder nachgeordneten Landesbehörden berücksichtigt.

Zur Potentialbestimmung der einzelnen erneuerbaren Energieträger mussten verschiedene Methoden angewandt werden.

## **Windenergie**

Für die Bestimmung der Potentiale aus Windenergie wird zuerst eine Flächenanalyse durchgeführt. Im Anschluss werden die ermittelten Flächen mit den Daten der „Windpotentialstudie Sachsen“<sup>2</sup> verschnitten, so dass im Ergebnis die mögliche Elektroenergieerzeugung in GWh für Sachsen dargestellt werden kann. Die Flächenanalyse erfolgt in drei Varianten, bei denen die Raumwiderstände in verschiedenen Ausprägungen berücksichtigt werden.

## **Solarenergie, Biomasse, Wasserkraft**

Im Gegensatz dazu werden die Potentiale aus Solarenergie, Biomasse und Wasserkraft durch Meta-Analysen aus vorhandenen Studien abgeleitet. Das ermittelte technische Potential wird anteilig auf die Nutzungspfade Strom, Wärme und Kraftstoffe aufgeteilt und in Endenergie umgerechnet. Die verschiedenen Studienergebnisse werden als Bandbreiten betrachtet, die ein minimales sowie maximales technisches Potential ergeben.

---

<sup>1</sup> Vgl. (SMWA & SMUL, 2013)

<sup>2</sup> Vgl. (SMWA, 2017)



### **Umweltwärme**

Für den Bereich zur Nutzung von Umweltwärme liegen keine Studien oder Untersuchungen vor, in denen eine Potentialbetrachtung für Sachsen im Jahr 2030 vorgenommen wird.

Es wird daher in zwei Varianten eine Abschätzung auf der Grundlage einer notwendigen Gebäudesanierungsrate und dem zukünftigen Energiebedarfswert der Gebäude für den potentiellen Einsatz von Wärmepumpen vorgenommen. Daraus wird die notwendige Strommenge und Umweltwärme für Sachsen im Jahr 2030 berechnet. Eine Betrachtung des tiefeingeothermischen Potentials im Freistaat Sachsen erfolgt nicht.

### **Szenarien und Zielpfade**

Um eine Bewertung der ermittelten Potentiale vorzunehmen, werden mögliche Zielpfade für die erneuerbaren Energien in den einzelnen Anwendungsgebieten anhand von zwei Szenarien definiert. Ein Szenario (Trend2030) bildet die lineare Trendfortschreibung der letzten zehn Jahre ab. Ein zweites Szenario (KSZ80 2030) bildet THG-Minderungen von 80 Prozent bis zum Jahr 2050 – und damit die Ziele der Bundesregierung – ab.

Bei Gegenüberstellung der Zielpfade aus beiden Szenarien ergeben sich deutliche Unterschiede. So weisen die Szenarien gegensätzliche Entwicklungen bei der Effizienzsteigerung in den Anwendungsbereichen Strom (hier Bruttostromverbrauch) und Verkehr auf. Lediglich die Trendfortschreibung des Anwendungsbereichs Wärme lässt in Bezug auf die Senkung des EEV und die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien gleiche Tendenzen wie im Szenario KSZ80 2030 erkennen.

Eine Orientierung am Szenario KSZ80 2030 für Sachsen würde eine Einordnung in die klima- und energiepolitischen Zielvorstellungen der Bundesregierung bedeuten. Die ermittelten technischen Potentiale für die erneuerbaren Energien in Sachsen sind in Summe grundsätzlich ausreichend, um sich an diesem Szenario zu orientieren. Lediglich für die Stromerzeugung aus Wasserkraft sind die Potentiale begrenzt und müssten durch andere erneuerbare Energien ausgeglichen werden. Im Ergebnis könnten EE-Anteile von 47 Prozent am Bruttostromverbrauch, 21 Prozent am Endenergieverbrauch Wärme und 7 Prozent am Endenergieverbrauch Verkehr ausgewiesen werden.

Die vorgenommene Potentialermittlung berücksichtigt nicht die strukturellen, wirtschaftlichen oder rechtlichen Rahmenbedingungen, die notwendig sind, um diese Potentiale zu mobilisieren und daraus praktisch umsetzbare Potentiale abzuleiten. Beispielhaft sind hier der Ausbau des Stromnetzes, die Überführung der für den Umbau der Energieversorgung erforderlichen Komplementärtechnologien in reale Betriebsbedingungen sowie die Schaffung der hierfür erforderlichen Rahmenbedingungen bei gleichzeitiger Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu nennen. Jedoch wird eine allgemeine Einschätzung zu den Entwicklungsoptionen aus aktueller Perspektive vorgenommen.

Eine Betrachtung der volkswirtschaftlichen Kosteneinsparungen oder volkswirtschaftlichen Zusatzausgaben ist nicht Bestandteil des Gutachtens.

## 2 HINTERGRUND UND ZIELSTELLUNG

Ziel dieses Gutachtens ist es, die technischen Potentiale der erneuerbaren Energien im Freistaat Sachsen aus relevanten Studien herauszuarbeiten, eine Zuordnung zu den Anwendungsbereichen Strom, Wärme und Verkehr vorzunehmen sowie auf geänderte Rahmenbedingungen (Plausibilität der Annahmen) einzugehen. Die technischen Potentiale werden für das Jahr 2030 ermittelt.

Die Erarbeitung dieser Analyse erfolgt in enger Abstimmung mit dem Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA). Das Gutachten soll eine Grundlage für die Fortschreibung des Energie- und Klimaprogramms des Freistaates Sachsen aus dem Jahr 2012 bilden und geht zurück auf einen Beschluss der Kabinettsvorkonferenz vom 14. August 2017.

### 3 ENTWICKLUNG DES AUSBAUS ERNEUERBARER ENERGIEN IN SACHSEN

Im Freistaat Sachsen ist seit der Verabschiedung des ersten Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) ein deutlicher Ausbau der erneuerbaren Energien – vor allem zur Stromerzeugung – festzustellen. Die Wärmeerzeugung durch feste Biomasse ist bereits wesentlich länger etabliert und wurde, wie auch die Wärmeerzeugung mittels Umweltwärme und Solarthermie, in den letzten Jahren noch einmal deutlich ausgebaut.

Um die bisherige Entwicklung zu beschreiben, werden die Daten des StaLa ab dem Jahr 2007 herangezogen. Die Energiebilanzen des Freistaates Sachsen beschreiben den Primärenergieeinsatz, die Umwandlungsbilanz und den Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. Für das Jahr 2016 werden die Daten der vorläufigen Energiebilanz genutzt.

#### 3.1 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

##### Bruttostromverbrauch

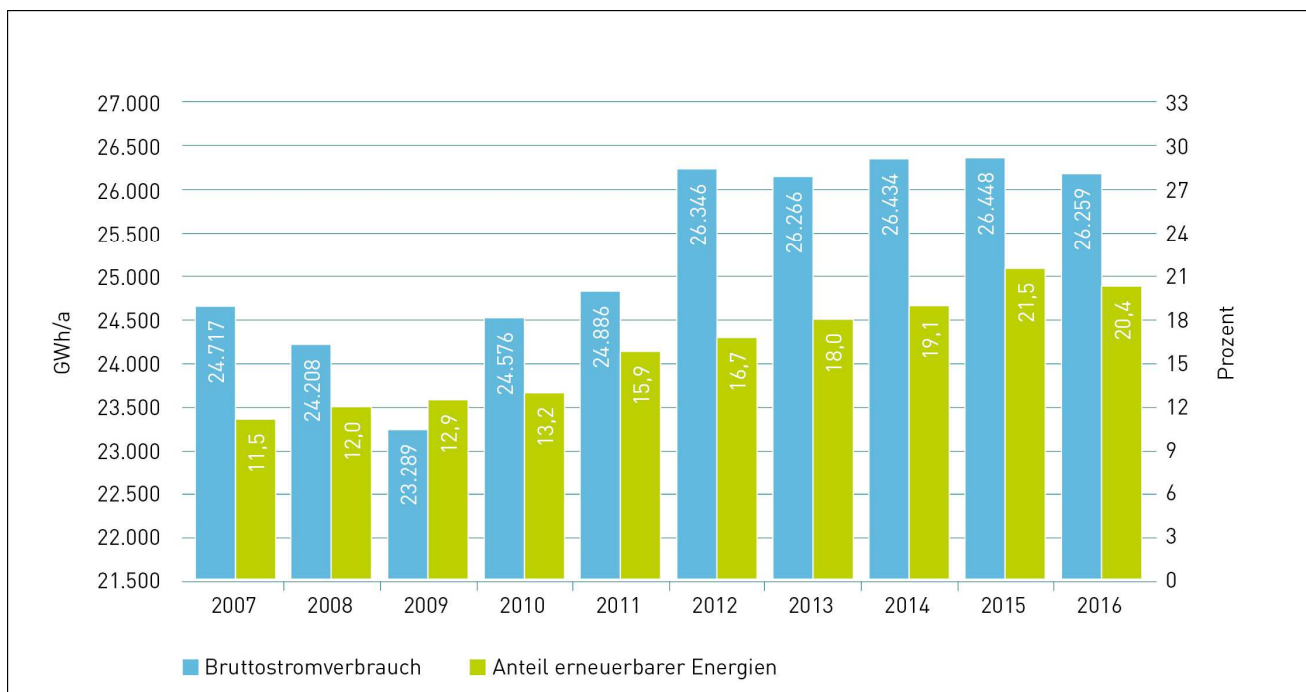


Abbildung 1: Bruttostromverbrauch und Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Sachsen in GWh 2007–2016<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

Mit der Finanzkrise 2007 sank der Bruttostromverbrauch, pendelte sich jedoch ab dem Jahr 2012 auf annähernd konstantem Niveau ein. Der Nettostromverbrauch ist im gleichen Zeitraum um ca. acht Prozent angestiegen.

Der Bruttostromverbrauch ergibt sich aus dem Nettostromverbrauch (Endenergie) und den Verlusten bei Übertragung, Transport, Umwandlung und Speicherung. Aus Sachsen wird ca. ein Drittel des erzeugten Stroms exportiert. Die Verluste

werden aber vollständig der verbrauchten Elektroenergie in Sachsen zugeschrieben.

Der rückläufige Anteil an EE im Jahr 2016 ist durch ein schlechtes Wind- und Sonnendargebot zu erklären. Für die einzelnen Energieträger der EE werden die installierte Leistung, die Anzahl der Anlagen und die gelieferte Energiemenge für die letzten zehn Jahre in den folgenden Diagrammen dargestellt.

## Windenergie

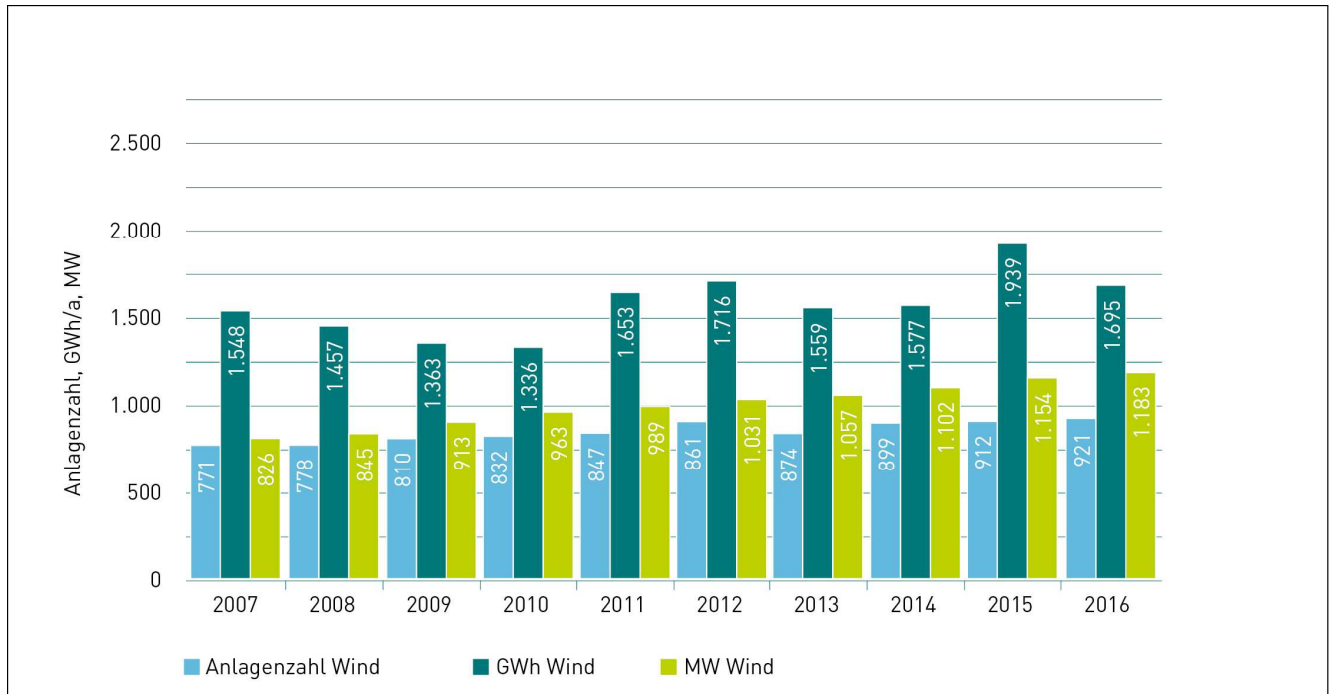


Abbildung 2: Windenergieausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung und Anlagenzahl 2007–2016<sup>4</sup>

Die Stromerzeugung aus Windenergie ist mit der Einführung der gesicherten Vergütung über das EEG kontinuierlich gestiegen. Der Ausbau ist insbesondere von der Attraktivität der Vergütung und der Flächenverfügbarkeit abhängig.

Das Winddargebot war im dargestellten Zeitraum sehr unterschiedlich. So war das Jahr 2007 ein überdurchschnittliches Windjahr. Wie die Ertragszahlen einzelner Anlagen zeigen, war das Windjahr 2016 dagegen unterdurchschnittlich.

In den letzten Jahren wurde die Dynamik des bundesweiten Zubaus der Windenergie im Freistaat Sachsen nicht erreicht. Ein wesentlicher Grund dafür ist die begrenzte Ausweisung von Vorrang- und Eignungsgebieten zur Nutzung der Windenergie (VREG). Außerdem sind zunehmend Akzeptanzprobleme vor Ort und Artenschutzbelange Hinderungsgründe für den Ausbau der Windenergie in Sachsen.

In den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur des Jahres 2018 (Februar, Mai) konnten nur fünf von 197 Zuschlägen sächsischen Projekten zugeordnet werden.

<sup>4</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

**Photovoltaik**

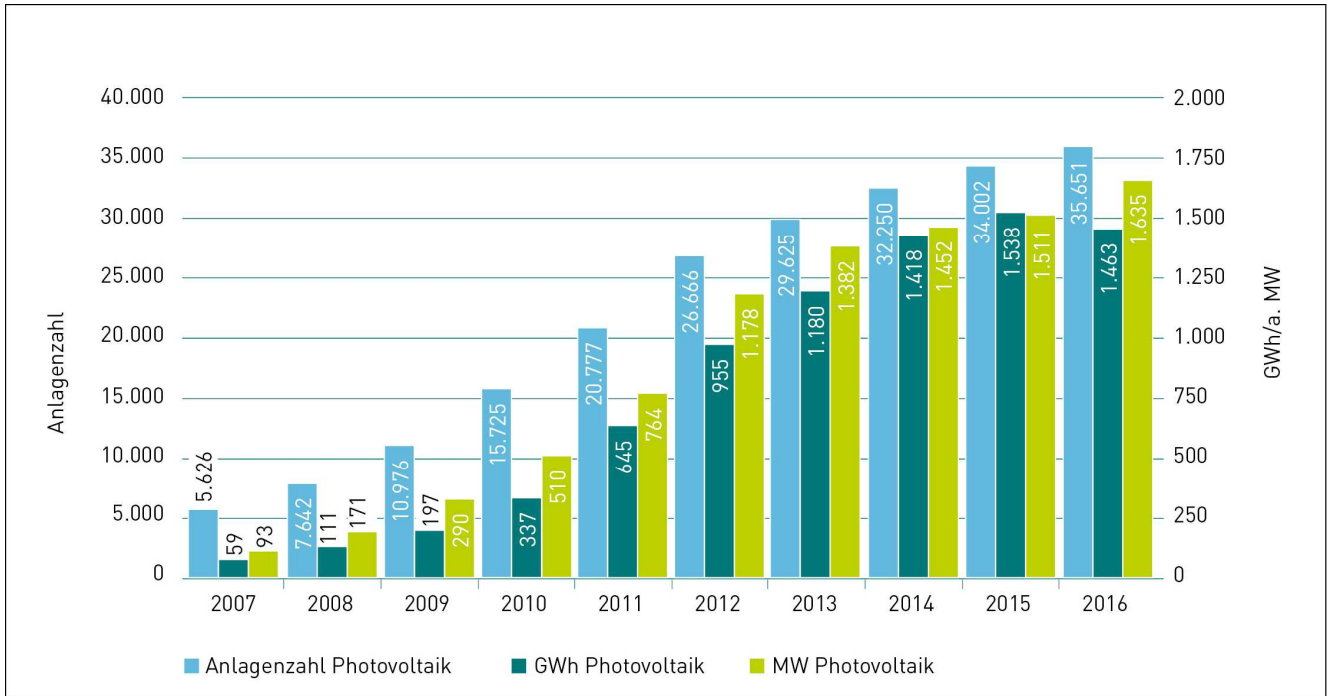


Abbildung 3: Photovoltaikausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016<sup>5</sup>

Eine Steigerung bei der Erzeugung von Strom aus Photovoltaikanlagen wurde insbesondere durch die gesicherten Rahmenbedingungen des EEG erzielt. So verfügte der Freistaat Sachsen kurzzeitig über das seinerzeit weltweit größte Photovoltaikkraftwerk (Waldpolenz, Baubeginn 2007) mit 40 MW elektrischer Leistung. Der Zubau folgte im Wesentlichen dem bundesweiten Trend und hat sich in den letzten zwei Jahren durch den Rückgang der EEG-Vergütung, die Einführung von Ausschreibungsverfahren nach dem EEG für große Solaranlagen und die anteilige EEG-Umlage auf den eigenverbrauchten Strom deutlich verringert. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind damit nicht mehr so attraktiv wie vor einigen Jahren.

Der Zubau von Photovoltaikanlagen ist auch im Jahr 2017 mit ca. 1.750 MW unter dem bundesweiten Ziel von 2.500 MW geblieben. Im deutschlandweiten Vergleich sind die Zuschläge in Sachsen unterdurchschnittlich. Begründet werden kann dies mit der mangelnden Verfügbarkeit geeigneter Flächen, den Einstrahlungsdaten und sonstigen Investorenentscheidungen.

<sup>5</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

**Biomasse**

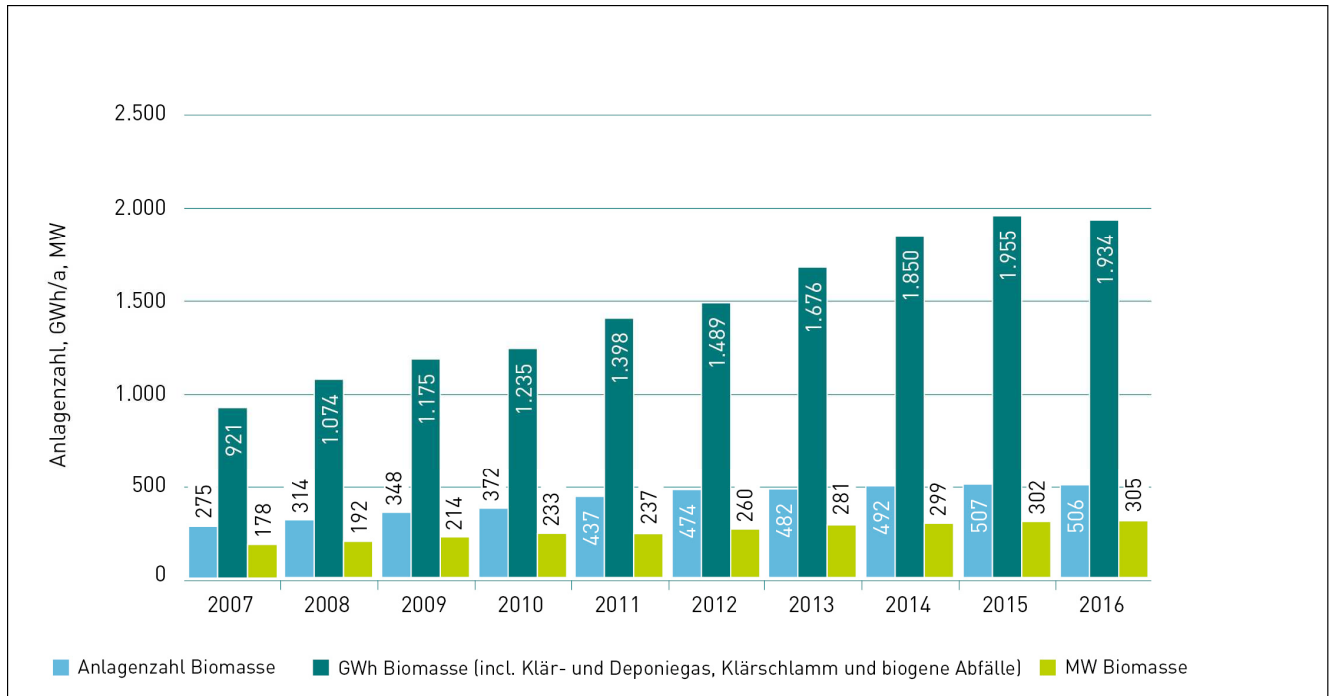


Abbildung 4: Ausbau der Biomassestromerzeugung in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016<sup>6</sup>

Neben der Erzeugung von Strom aus Windenergie ist die Stromgewinnung aus Biomasse eine wesentliche Säule der Stromerzeugung aus EE in Sachsen. Dabei bilden Biogasanlagen und Holzheizkraftwerke den größten Anteil in diesem Bereich. Die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen konnte sich erst in den letzten Jahren dem Niveau der Energieträger Wind und Biomasse annähern.

Die mit dem EEG 2014 beschlossenen Änderungen (Ausbaukorridore, Absenkung der Vergütung, Streichen der Zuschläge für NawaRo) und die mit dem Jahr 2017 begonnenen Ausschreibungsverfahren für Biomasse haben zum Stillstand beim Ausbau der Bioenergie zur Stromerzeugung in Sachsen geführt. Für die Zukunft wird ein Rückgang der installierten Leistung erwartet.

Das Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur für Biomasse im Jahr 2017 wurde nur zu einem Drittel ausgelastet, lediglich eine sächsische Anlage mit 740 kW erhielt einen Zuschlag.

<sup>6</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

**Wasserkraft**

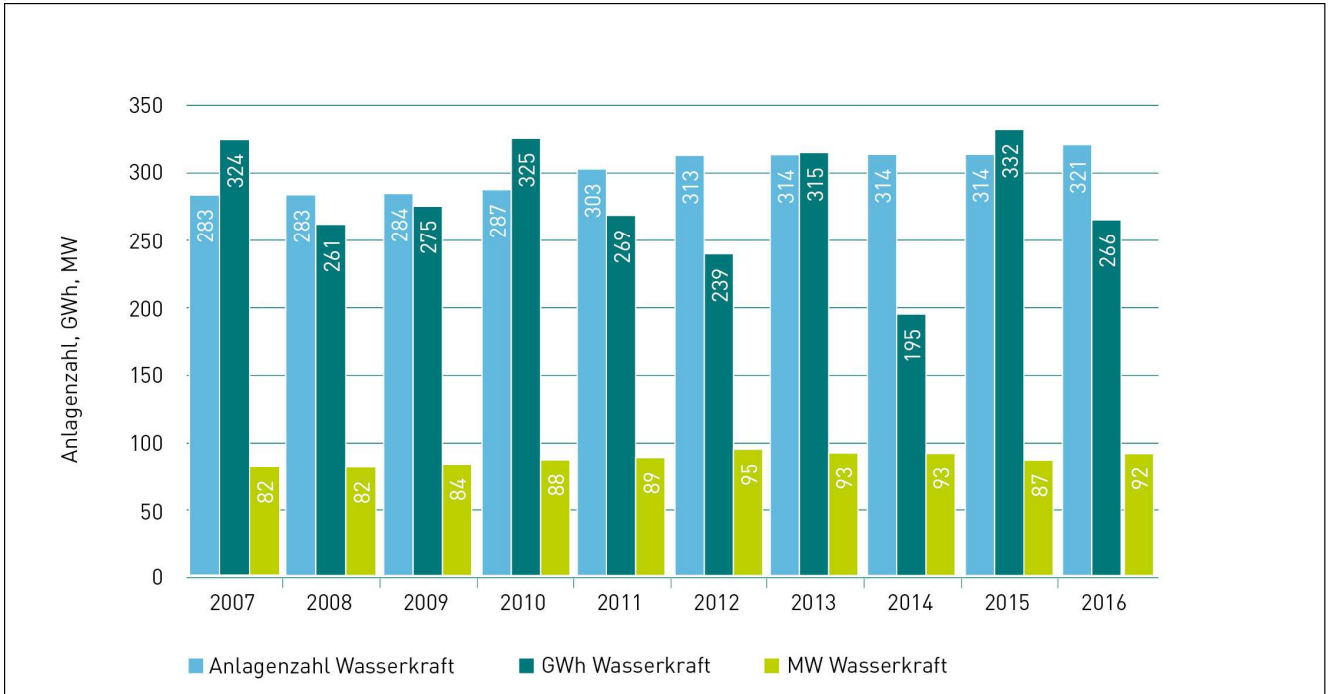


Abbildung 5: Wasserkraftausbau in Sachsen – Leistung, Erzeugung, Anlagenzahl 2007–2016 <sup>7</sup>

In obiger Abbildung wird deutlich, dass die Anzahl der Wasserkraftanlagen in den letzten zehn Jahren nur leicht gestiegen ist. Die installierte Leistung blieb dabei nahezu konstant. Die erzeugte Strommenge hängt im Wesentlichen vom Wasserdargebot ab.

Der Freistaat Sachsen verfügt, neben den hier dargestellten Kraftwerken, auch über zwei Pumpspeicherkraftwerke mit einer Gesamtleistung von ca. 1.165 MW.

<sup>7</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung



### 3.2 Wärmeezeugung aus erneuerbaren Energien

Die Nutzung von erneuerbaren Energien im Anwendungsgebiet Wärme liegt, bezogen auf ihren Anteil am EEV, deutlich hinter der im Anwendungsgebiet Strom.

Wie in Abbildung 6 zu erkennen, ist die Nutzung von Biomasse ein wesentlicher Bestandteil im Anwendungsbereich Wärme. Daneben konnte sich die Nutzung von Umweltwärme und Solarthermie ebenfalls etablieren - wenn auch auf deutlich geringerem Niveau.

#### Biomasse

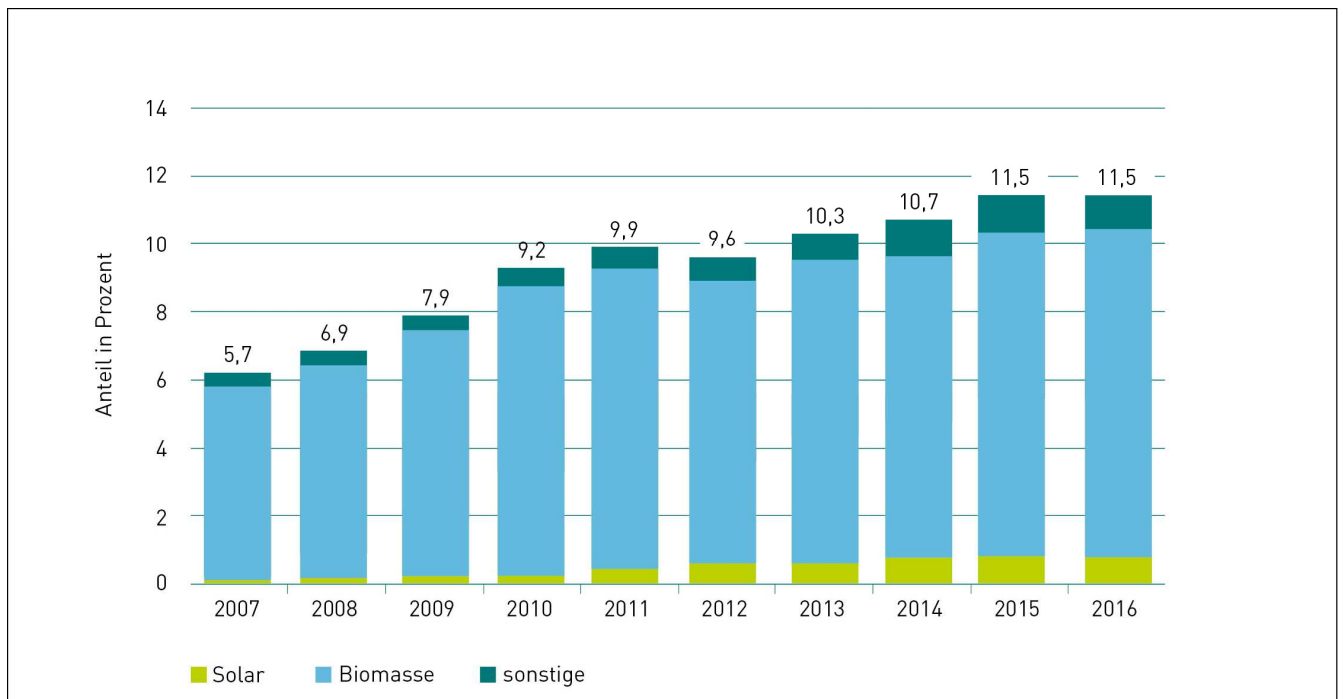


Abbildung 6: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

### Holzfeuerungsanlagen

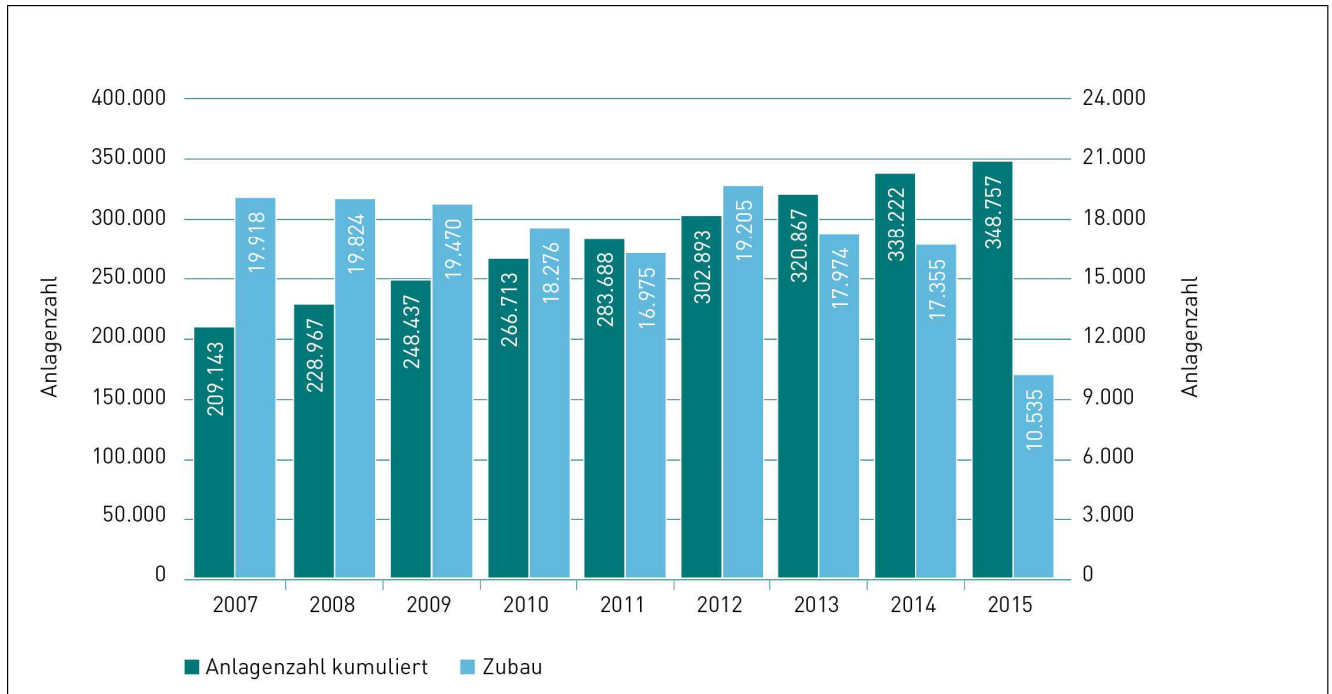


Abbildung 7: Ausbau der Holzfeuerungsanlagen – Anlagenzahl und Zubau kumuliert 2007–2015<sup>9</sup>

Abbildung 7 zeigt beispielhaft den Ausbau von Holzfeuerungsanlagen.

Holzfeuerungsanlagen werden meist als zusätzliche Heizquelle in Form von Kaminen oder Kaminöfen genutzt. Die Anlagenanzahl lässt daher keinen Rückschluss auf die tatsächliche Nutzung zu.

Die im Rahmen des Marktanzreizprogrammes zur Nutzung erneuerbarer Energien geförderten und in Sachsen installierten Anlagen umfassen gemäß vorliegenden Förderdaten<sup>10</sup> nur ein Zehntel aller in diesem Zeitraum installierten Holzfeuerungsanlagen.

<sup>9</sup> Vgl. (LfULG, 2018); eigene Darstellung.  
<sup>10</sup> Vgl. (eclareon GmbH, 2018).

## Solarenergie

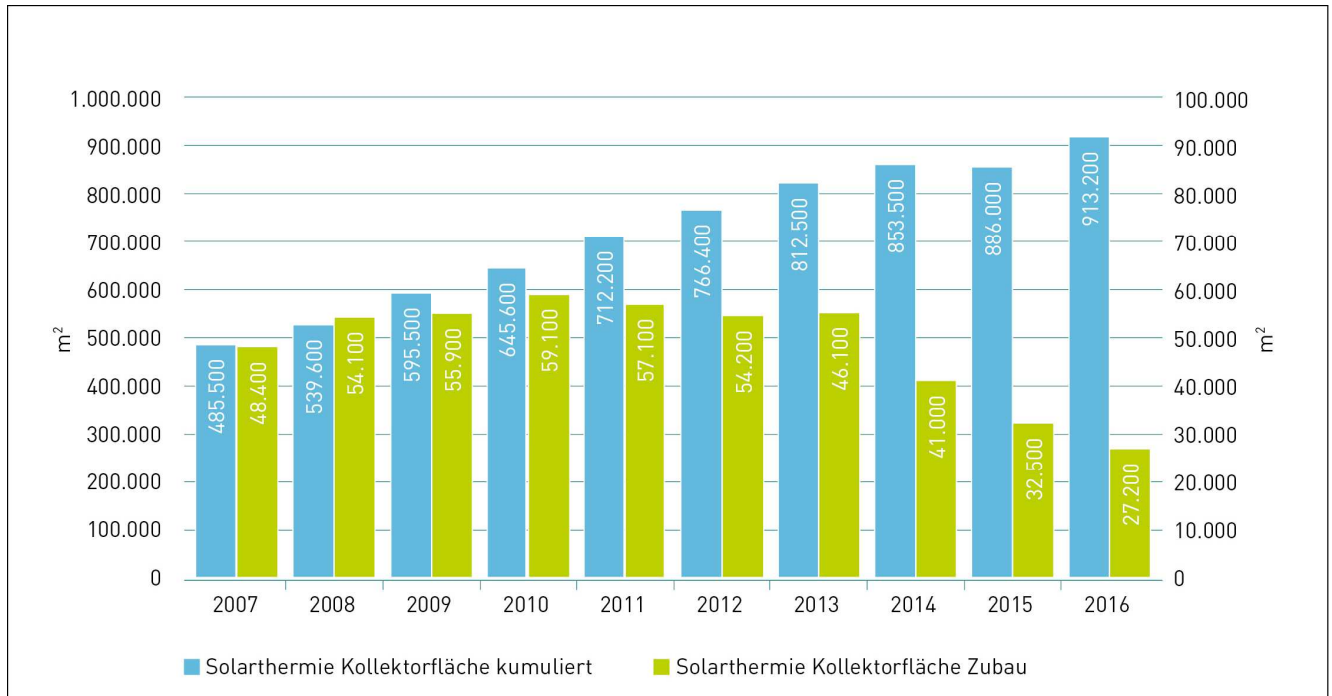


Abbildung 8: Ausbau der Solarthermieflächen 2007–2016<sup>11</sup>

In Abbildung 8 wird deutlich, dass der jährliche Zubau von Solarthermieanlagen seit 2012 wieder rückläufig ist. Als mögliche Gründe hierfür können der sinkende Ölpreis, lediglich geringe Kostensenkungen bei den Solarthermieanlagen und die Verdrängung durch die Nutzung anderer erneuerbarer Energien angeführt werden. Mit der energetischen Sanierung der Gebäude sinkt die Attraktivität zur Nutzung solarer Strahlungsenergie zusätzlich, da sich aufgrund fehlender Wärmenachfrage in der Übergangszeit der Nutzungsgrad der Anlagen verringert.

Einen möglichen Ausweg kann hier die saisonale Wärmespeicherung darstellen, die aber nur im Neubausektor sinnvoll umsetzbar erscheint. Für große Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme in der Industrie sowie zur Einspeisung in Wärmenetze existieren derzeit einige Pilotanlagen in Deutschland. Die Technologie ist funktionsfähig, bei aktuellen Preisen aber nur unter günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich.

Die im Rahmen des Marktanzreizprogrammes zur Nutzung erneuerbarer Energien geförderte Kollektorfläche in Sachsen ist nach den Förderdaten<sup>12</sup> nur halb so hoch wie oben im Diagramm aufgezeigt.

<sup>11</sup> Datenquelle: www.förderal-erneuerbar; eigene Darstellung.

<sup>12</sup> Vgl. (BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V., 2018).

**Umweltwärme**

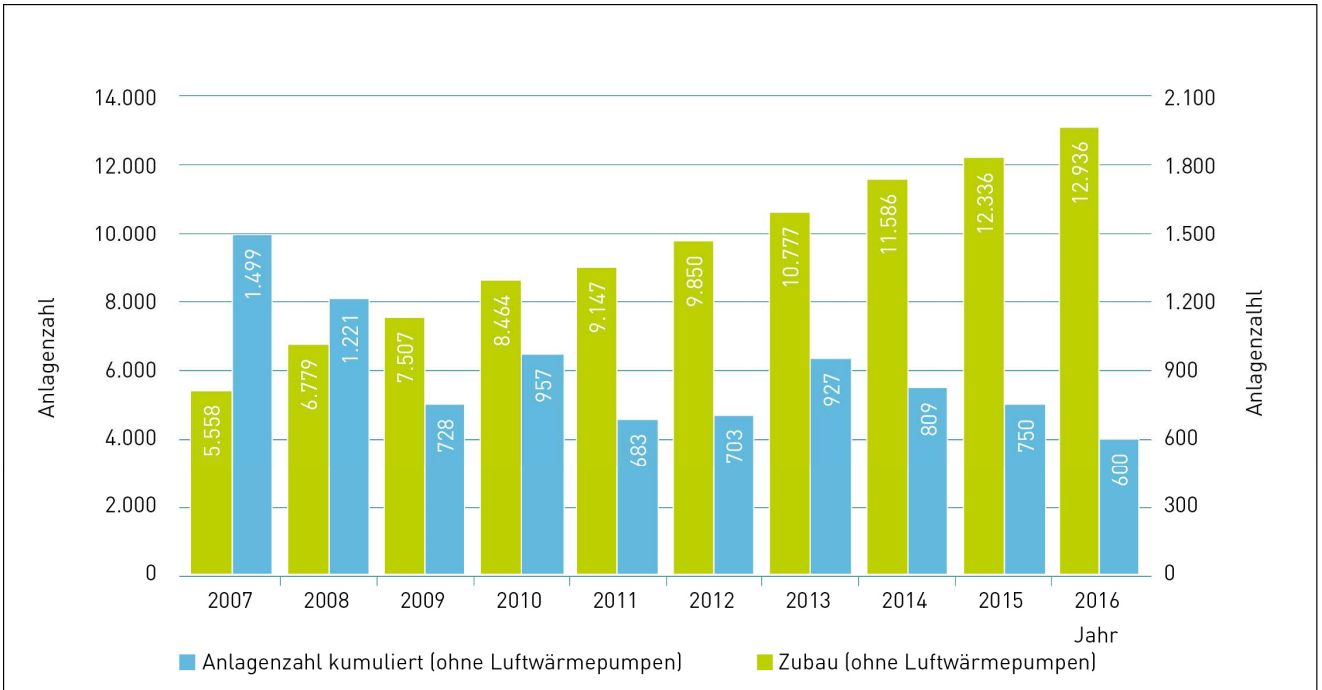


Abbildung 9: Ausbau der anzeigepflichtigen Erdwärmepumpenanlagen 2007–2016<sup>13</sup>

Die Nutzung von Umweltwärme in Sachsen ist durch einen stetigen Zubau an Wärmepumpen geprägt. Gemäß Bundesverband Wärmepumpen e. V. (BWP) wurden im Jahr 2016 Wärmepumpen, die Luft oder den Boden als Wärmeentzugsquelle nutzen, zu gleichen Teilen installiert. Insgesamt wurden in Sachsen ca. 39.000 Anlagen bis zum Jahr 2016 installiert. Wie bei allen Anlagen der EE zur Wärmeerzeugung liegen auch für diesen Bereich abweichende Angaben für die Anzahl der installierten Anlagen vor.

Abbildung 9 bildet die anzeigepflichtigen oder genehmigungspflichtigen Erdwärmepumpen in Sachsen ab und kann daher lediglich den Trend des Ausbaus von Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme darstellen. Die Daten des Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfLUG) mit Stand 04/2017 zeigen für das Jahr 2016 eine Anzahl von 12.962 Erdwärmepumpenanlagen mit einer Gesamtleistung von 16,6 MW bzw. einer mittleren Heizleistung von ca. 11,9 kW.

Insgesamt reiht sich der Anteil der EE im Anwendungssektor Wärme im Freistaat Sachsen damit in den bundesweiten Trend ein. Unterschiedliche Berechnungen weisen Differenzen von ca. zwei Prozentpunkten zwischen offizieller Statistik und anderen Berechnungsmodellen (IE Leipzig oder BMWi) auf.

<sup>13</sup> Datenquelle: LfLUG; eigene Darstellung.

### 3.3 Erneuerbare Energien im Anwendungsbereich Verkehr

Im Verkehrssektor (eingeschlossen Flugkraftstoffe) ist in Sachsen, analog zum bundesweiten Trend, ein steigender Endenergieverbrauch zu verzeichnen.

Wie Abbildung 10 zeigt, ist der Anteil der EE (im Wesentlichen Biomasse) stark rückläufig bzw. hat sich in den letzten zehn Jahren fast halbiert. Auch in der absoluten Betrachtung ist die Energiemenge aus EE von ca. 1.700 GWh auf ca. 1.100 GWh zurückgegangen.

Hauptursache ist die Abschaffung der Steuerbegünstigung für Biokraftstoffe im Jahr 2007 und die gleichzeitig eingeführte Biokraftstoffquote. Insbesondere bei der Biodiesel- und der Pflanzenölnutzung gab es deutliche Rückgänge. Im Verkehrssektor wird auch Strom als Energieträger eingesetzt. Es ist nicht möglich, den erneuerbaren Anteil dieses Strom gesondert darzustellen. Die Grafik zeigt daher den Gesamtstromverbrauch im Verkehrssektor.

Der Anteil erneuerbarer Energien beinhaltet nicht den erneuerbaren Anteil am Strom.

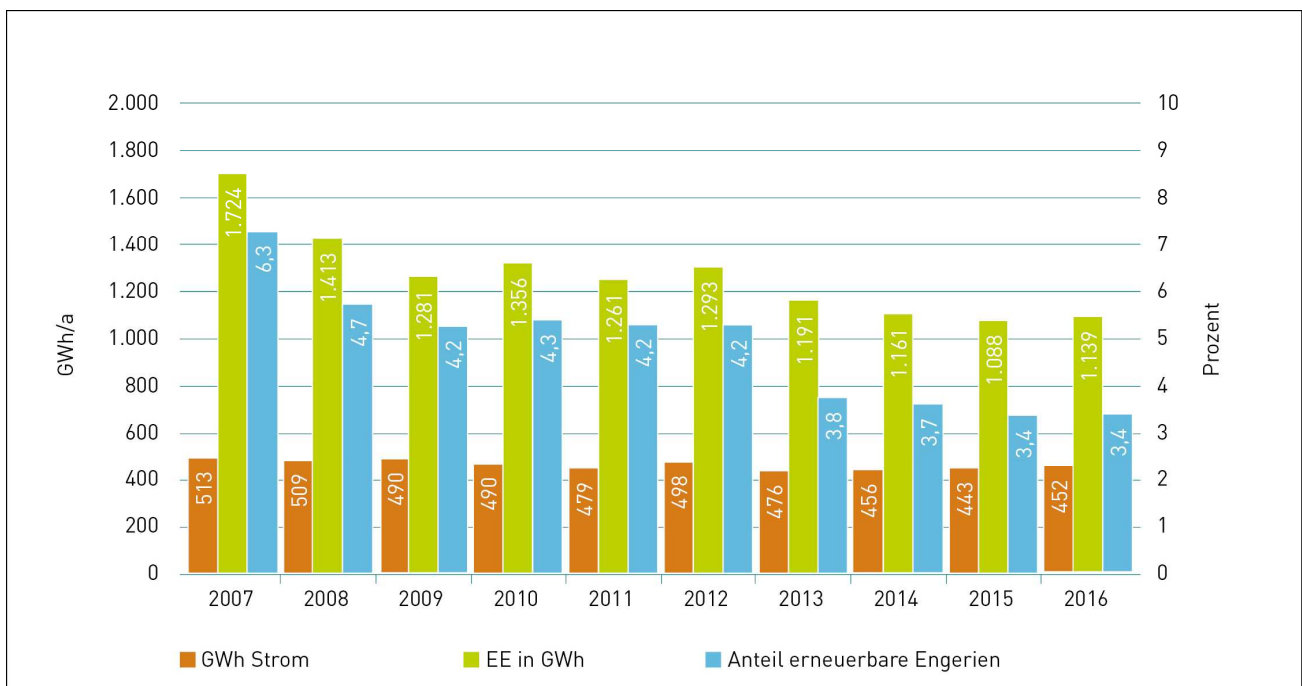


Abbildung 10: Erneuerbare Energien und Strom in der Kraftstoffanwendung 2007–2016<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Datenquelle: StaLa; eigene Darstellung.

## 4 METHODIK DER POTENTIALANALYSE

### 4.1 Potentialbegriff

Potentiale können auf vielfältige Art und Weise ermittelt werden. Es ist daher wichtig, Potentialbegriffe zu definieren und gegeneinander abzugrenzen. Der erste Schritt ist die Ermittlung des theoretischen Potentials.

**Das theoretische Potential umfasst das physikalische Angebot einer Energiequelle oder eines Rohstoffs, welches innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zur Verfügung steht.**

Das theoretische Potential wird durch verschiedene technische, infrastrukturelle oder ökologische Faktoren eingeschränkt.

**Das technische Potential umfasst den Anteil des theoretischen Potentials, der sich unter Berücksichtigung von begrenzenden Faktoren nachhaltig in einer Region gewinnen lässt.**

Das technische Potential kann aufgrund der wirtschaftlichen Erwartungshaltung und der gegebenen Rahmenbedingungen häufig nicht vollständig umgesetzt werden.

**Das wirtschaftliche Potential ist der Anteil des technischen Potentials, der aus ökonomischer Sicht nutzbar ist.<sup>15</sup>**

Auch das wirtschaftliche Potential wird z. B. auf Grund gesetzlicher Bestimmungen oder Normen häufig nicht ausgeschöpft.

**Das praktische Potential ist der Anteil des wirtschaftlichen Potentials, der letztlich unter den gegebenen Randbedingungen (z. B. rechtliche und administrative Hemmnisse, begrenzte Verfügbarkeit von Investitionsmitteln, mangelnde Informationen) umgesetzt werden kann.<sup>16</sup>**

Im Rahmen dieser Analyse wird das technische Potential dargestellt. Weiter werden qualitative Aussagen zu den Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren getroffen, die Auswirkungen auf das wirtschaftliche und praktische Potential haben.

---

<sup>15</sup> Vgl. (StMWi, 2018).

<sup>16</sup> Vgl. (StMWi, 2018).

## 4.2 Methodik der Potentialanalyse Windenergie

### 4.2.1 Allgemeines

Für den Freistaat Sachsen liegen mindestens zwei Untersuchungen vor, die grundsätzlich eine Potentialableitung zulassen würden.

Beide basieren auf einer Flächenanalyse, die verschiedene Ausschluss- bzw. Restriktionskriterien berücksichtigt. Die Projektarbeit „Windenergieanlagen in Sachsen – Fünf Szenarien zum Ausbau der Windenergie“<sup>17</sup> gibt im Ergebnis Flächenpotentiale an. Daraus kann jedoch kein Rückschluss auf potentielle Energieerträge gezogen werden.

Die Studie „Potentiale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen“<sup>18</sup> gibt im Ergebnis auch technische und wirtschaftliche Ertragspotentiale an. Anhand der Anlagenauswahl zur Berechnung der Erträge sind die Potentiale eher einem kürzeren Zeithorizont als 2030 zuzuordnen.

Für dieses Gutachten wurde daher – abweichend zu den weiteren erneuerbaren Energien – bei der Potentialermittlung der Elektroenergieerzeugung aus Windenergie ein anderes Vorgehen gewählt.

Mithilfe der „Windpotentialstudie Sachsen“<sup>19</sup>, die für den Freistaat Sachsen seit September 2017 flächendeckend vorliegt, können in vorgegebenen Flächen mit deren ermittelten Winddaten und verschiedenen Windenergieanlagentypen potentielle Windenergieerträge berechnet werden. Ziel ist es hier, das technische Potential zu ermitteln.

---

<sup>17</sup> Vgl. (Auhagen, 2013).

<sup>18</sup> Vgl. (Hobbie, H. et al., 2014).

<sup>19</sup> Vgl. (SMWA, 2017).

### 4.2.2 Raumwiderstände

Für diese Analyse wurden verschiedene Raumwiderstände herangezogen, die Einschränkungen bei der Nutzung der Landesfläche des Freistaates Sachsen für Windenergie erwarten lassen. Diese Raumwiderstände wurden in Gruppen von Schutzgütern eingeordnet und in drei Szenarien bei der Potentialermittlung berücksichtigt.

Diese Analyse kann jedoch nur eine Annäherung an die technischen Potentiale, die hier auch durch Abschläge ermittelt werden, darstellen. Wesentliche Gründe dafür sind, dass keine Einzelfallbetrachtungen möglich und beabsichtigt sowie vereinzelt Vereinfachungen aufgrund fehlender Daten notwendig sind. Zudem werden alle anderen Faktoren, die zu einem gesamträumlichen Konzept gehören, wie es die regionalen Planungsverbände im Freistaat Sachsen erstellen, nicht berücksichtigt.

In einem ersten Schritt wurden die Schutzgüter definiert. Es wurden daraus vier Raumwiderstandsgruppen entwickelt:

- Mensch
- Landschaft/Natur/Tiere/Pflanzen
- Boden/Klima/Luft/Wasser
- Sachgüter

Beispielhaft werden nachfolgend für diese Raumwiderstandsgruppen Raumwiderstände mit deren Puffern genannt:

<b>Mensch</b>	Siedlungsflächen innerhalb der Ortslage	(Wohnbauflächen: 1000 m Puffer) (gemischte Nutzung: 1000 m Puffer)
	Siedlungsflächen außerhalb der Ortslage	(Wohnbauflächen: 750 m Puffer) (gemischte Nutzung: 750 m Puffer)
	Einzelgebäude	(nach Nutzung: 500–1000 m Puffer)
	Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen	(nach Nutzung: 500–1000 m Puffer)
<b>Landschaft/ Natur/Tiere/ Pflanzen</b>	→ Landschaftsschutzgebiete	
	→ Naturparks	
	→ Nationalparks	
	→ Biosphärenreservate	
	→ Special Protection Area (SPA)	
	→ FFH-Gebiete	
	→ gesetzlich geschützte Biotope	
→ Wald		
→ Fläche < 10 ha (Mindestfläche)		



<b>Boden/Klima/ Luft/Wasser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gesetzlich festgesetzte Überschwemmungsgebiete</li> <li>→ Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete</li> <li>→ Hanglagen &gt;20°</li> <li>→ Gewässer</li> </ul>	(50 m Puffer)
<b>Sachgüter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Landeplätze, Segelfluggelände</li> <li>→ Hochspannungsfreileitung</li> <li>→ Radaranlagen des deutschen Wetterdienstes</li> <li>→ Rohstoffgewinnungsflächen</li> </ul>	(R=3000 m Puffer) (ab 110 kV: 200 m Puffer) (R=5000 m Puffer)  (300 m Puffer)

Diese Auflistung ist nicht abschließend. Um die einzelnen Raumwiderstände in ihrer Wirkung bezüglich der Windenergienutzung zu bewerten, wurden – ähnlich dem Verfahren anderer Infrastrukturprojekte – folgende Raumwiderstandsklassen definiert und den Raumwiderständen zugeordnet:

<b>Raumwiderstandsklasse 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sachverhalte, die durch vorhabenbedingte Wirkungen erhebliche Raum- und Umweltauswirkungen sowie Umweltkonflikte erwarten lassen</li> <li>→ zulassungshemmende Sachverhalte, die eine Realisierung unmöglich machen</li> <li>→ bautechnische Kriterien, die zu einem unwirtschaftlichen Erschließungsaufwand führen</li> </ul>
<b>Raumwiderstandsklasse 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sachverhalte, die durch vorhabenbedingte Wirkungen Raum- und Umweltauswirkungen und Umweltkonflikte erwarten lassen und entscheidungsrelevant sind</li> <li>→ zulassungshemmende Sachverhalte, die eine Realisierung erschweren</li> </ul>
<b>Raumwiderstandsklasse 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sachverhalte, die durch vorhabenbedingte Wirkungen Raum- und Umweltauswirkungen und Umweltkonflikte erwarten lassen, die aber hingenommen werden können</li> </ul>

### 4.2.3 Szenarien

Um die Potentiale für Windenergie im Freistaat Sachsen unter verschiedenen Randbedingungen zu ermitteln, wurde die technische Potentialermittlung in drei Szenarien durchgeführt.

Szenario 1 beschreibt eine restriktive Handhabung bezüglich der Ausschlusswirkung der Raumwiderstände für die Windenergienutzung. Das bedeutet, es werden alle ermittelten Raumwiderstände bei der Betrachtung berücksichtigt.

Szenario 2 öffnet das Szenario 1 dahingehend, dass die Zone II und die Pflegezonen der Naturparks (kein Verbot für Windenergieanlagen) sowie die Zonen III und IV der Biosphärenreservate für die Windenergienutzung geöffnet werden.

Szenario 3 beschreibt eine weitere Öffnung des Szenarios 2, indem in die zu betrachtende Gebietskulisse Waldflächen einbezogen werden (ca. 1 Prozent der sächsischen Waldfläche). Hierfür werden einzelne Waldflächen, die entsprechend der sächsischen Waldkartierung in ihrer Funktion für die Windenergienutzung als geeignet betrachtet werden bzw. einer Einzel-fallbetrachtung unterliegen sollten, mit berücksichtigt. Als Grundlage wurde die Empfehlung<sup>20</sup> vom Staatsbetrieb Sachsenforst herangezogen.

---

<sup>20</sup> Vgl. (Staatsbetrieb Sachsenforst, 2011).

#### 4.2.4 Berechnung des Ertragspotentials

Auf den ermittelten Flächen können nun anhand der Daten der Sächsischen Windpotentialstudie (Planungstool) die potentiellen Windenergieerträge berechnet werden. Der zur Berechnung der Erträge verwendete Anlagentyp entspricht einer Enercon E141 mit einer Gesamthöhe von 229,5 m und einer Leistung von 4,2 MW. Dieser Anlagentyp befindet sich in der Markteinführung und wird sich voraussichtlich für die nächsten Jahre, bezogen auf Leistung, Höhe und Rotordurchmesser, als Standard etablieren.

Bei der Berechnung werden die Anlagen über einen festgelegten Algorithmus als Windpark mit einem Abstand von fünf Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung und drei Rotordurchmessern in Nebenwindrichtung aufgestellt. Als Hauptwindrichtung für die Platzierung der Anlagen werden 270° für ganz Sachsen gewählt.

Berechnet werden die Erträge mit den Windrichtungen und sonstigen Winddaten der Rasterzelle am jeweiligen Standort. Daher ist mit Ungenauigkeiten zu rechnen, wenn die Hauptwindrichtung für die Platzierung der Anlagen und die Hauptwindrichtung der Zelle abweichen. Dies trifft aber nur auf Gebiete zu, wo mit mehreren Windkraftanlagen in mehreren Reihen gerechnet wird.

#### 4.2.5 Abschläge für sonstige Einflüsse

Bei dieser Flächenanalyse und Ertragsberechnung können artenschutzrechtliche Belange nicht vollständig berücksichtigt werden. Auch außerhalb von Schutzgebieten kann es zu Konflikten mit windenergiesensiblen Arten kommen, die einen Bau von Windenergieanlagen verhindern oder ertragseinschränkende Betriebsweisen von Windenergieanlagen erfordern. Daher wird nach dem Zufallsprinzip jede dritte Fläche aus der Berechnung ausgeschlossen.

Hier sind je nach Szenario 10–25 Prozent der potentiellen Erträge geringfügig zu hoch bewertet sein. Diese Ungenauigkeit wird aber durch den allgemeinen Abschlag für sonstige relevante Einflüsse berücksichtigt. Ein Parkwirkungsgrad von 90 Prozent wird ab einer Windparkgröße von fünf Anlagen in diesem Abschlag ebenfalls berücksichtigt (siehe Kap 4.2.5)

Um einer Konzentrationswirkung gerecht zu werden, werden vor Berücksichtigung der Abschläge aus der Flächenanalyse und Ertragsberechnung noch Standorte herausgenommen, die kleiner als 15 ha sind und nur eine Anlage in der automatischen Konfiguration erhalten.

Im Ergebnis bleiben für die weitere Berechnung alle Flächen erhalten, die mindestens 15 ha groß sind und mindestens eine Anlage enthalten. Auch bei diesen Flächen ist es möglich, diese im Rahmen einer Detailplanung mit mindestens zwei Windkraftanlagen zu bebauen.

Um weitere Restriktionen, die gegen die Windenergienutzung sprechen, zu berücksichtigen, wird von den verbleibenden Flächen jede vierte Fläche nach dem Zufallsprinzip gestrichen. Im Anschluss wird der Parkwirkungsgrad von 90 Prozent bei Flächen mit mindestens fünf Windenergieanlagen bei der Ertragsberechnung berücksichtigt.

Durch dieses Vorgehen ergibt sich ein Abschlag von ca. 55 Prozent von den ursprünglich berechneten Energieerträgen in allen drei Szenarien.

### **4.3 Methodik der Potentialanalyse Solarenergie**

#### **4.3.1 Allgemeines**

Das Potential für Solarenergienutzung im Freistaat Sachsen wird durch eine Analyse veröffentlichter Studien ermittelt. Die untersuchten Studien wurden im Zeitraum 2004 bis 2015 publiziert.

Da die Neubautätigkeiten im Vergleich zum Gebäudebestand gering ausfallen, wird davon ausgegangen, dass die Annahmen zu den Dachflächen auch von älteren Studien weiterhin zutreffen. Die technischen und ökonomischen Parameter für Photovoltaik haben sich allerdings im Verlauf der letzten Jahre erheblich verändert. Daher werden einige Annahmen der älteren Studien nicht übernommen.

Da sich Solarthermie und Photovoltaik die verfügbaren Dachflächen teilen müssen und die Studien dazu unterschiedliche Annahmen treffen, wird als einheitlicher Bezugsrahmen die solar nutzbare Dachfläche verwendet. Dort, wo diese nicht angegeben ist, wird sie unter aktuellen Rahmenbedingungen berechnet.

### 4.3.2 Methodik der Studien

<b>VEE Sachsen e. V.:</b> <b>Ermittlung der technischen Potenziale der erneuerbaren Energieträger in Sachsen sowie deren wirtschaftliche Umsetzungsmöglichkeiten für die Stromerzeugung bis zum Jahr 2020</b>	
Kürzel	VEE 2008
Betrachtete Sektoren	Strom
Ausweis des Solarenergiepotentials	Strom aus Photovoltaik (gesamt 5,7 TWh/a) Modulflächen auf Dächern: 1.680 ha Modulflächen auf Fassaden: 550 ha Modulflächen auf Freiflächen: 3.680 ha
Kommentar	Die Annahmen sind teilweise bzgl. technischer Entwicklung und Preisentwicklung nicht mehr aktuell. Keine Berücksichtigung von Dachflächen, die nach Osten oder Westen geneigt sind. Keine Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik angenommen.
Modifikation SAENA	Angaben beziehen sich auf Modulflächen. Die solar nutzbaren Dachflächen sind deutlich höher, dazu kommen Ost- und Westdächer sowie die hier nicht betrachtete Fläche für Solarthermieanlagen. Fassadenanlagen sind derzeit ohne Marktrelevanz, daher wurde kein Potential berücksichtigt.

Tabelle 1: Steckbrief Studie (VEE, 2008)

<b>Hobbie et al, Technische Universität Dresden:</b> <b>Potenziale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen</b>	
Kürzel	Hobbie 2014
Betrachtete Sektoren	Strom
Ausweis des Solarenergiepotentials	Wirtschaftlich umsetzbare Energieerzeugung aus Photovoltaik in Höhe von 9,4 TWh/a bis 12,78 TWh/a
Kommentar	Zur Bestimmung der Neigung sowie Ausrichtung wurden Daten vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2013) verwendet. Von Kamenz ausgehend wird auf ganz Sachsen hoch skaliert. Es wurden keine Flächenergebnisse publiziert. Für die Wirtschaftlichkeit liegen Investitionskosten von 1.700 €/kWp und eine EEG Vergütung von 15,9 ct/kWh zu Grunde. Beide Parameter liegen heute niedriger.
Modifikation SAENA	Keine Flächenangaben. Unter der Annahme eines spezifischen Jahresertrags von 950 kWh/kWp und eines Solargeneratorwirkungsgrades von 15 Prozent ergeben sich im Mittelwert Dachflächenpotentiale von 6.596 ha bis 8.968 ha.

Tabelle 2: Steckbrief Studie (Hobbie, H. et al., 2014)

<b>Lödl et al, TU München: Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland</b>	
Kürzel	Lödl 2010
Betrachtete Sektoren	Strom
Ausweis des Solarenergiepotentials	Abschätzung des wirtschaftlich nutzbaren Photovoltaikpotentials auf Dachflächen in Deutschland. Angegebener Leistungswert für Sachsen: 9,7 GWp
Kommentar	Aufteilung Deutschlands in Siedlungskategorien Land, Vorstadt und Stadt. Abschlagsfaktor für Statik. Daraus wird die installierbare Leistung hochgerechnet. Keine Berücksichtigung der Dachflächenpotentiale in Innenstädten. Für Solarthermie wird ein Abschlag von 35 Prozent angenommen
Modifikation SAENA	Keine Flächenangaben für Sachsen. Unter der Annahme eines Solargeneratorwirkungsgrades von 15 Prozent und unter Annahme, dass 35 Prozent der Fläche nicht berücksichtigt wurde ergibt sich ein Dachflächenpotential von 9.949 ha. Die Annahmen zur Verteilung von Solarthermie und Photovoltaik werden für die weitere Betrachtung nicht übernommen.

Tabelle 3: Steckbrief Studie (Lödl, M. et al. , 2010)

<b>Bosch &amp; Partner GmbH et al.: Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland</b>	
Kürzel	Bosch 2015
Betrachtete Sektoren	Strom, Wärme
Ausweis des Solarenergiepotentials	Für Solarenergie nutzbare Dachflächen in Sachsen: 4.193 ha Energieproduktion aus Photovoltaik: 5,7 TWh/a Energieproduktion aus Photovoltaik unter Berücksichtigung eines Abschlags für Solarthermie: 3,1 TWh/a
Kommentar	Die Ermittlung der Dachflächen basiert auf Berechnungen des IE Leipzig auf Basis der Wohngebäudestatistik des Statistischen Bundesamtes.
Modifikation SAENA	Weiterverwendung der ermittelten nutzbaren Dachflächen. Der Abschlagswert von 40 Prozent für solarthermische Anlagen wird nicht übernommen.

Tabelle 4: Steckbrief Studie (Bosch & Partner GmbH et al., 2015)

**Everding: Leitbilder und Potenziale eines Solaren Städtebaus**

Kürzel	Everding 2004
Betrachtete Sektoren	Nutzbare Gebäudeflächen für Solarenergienutzung allgemein in Deutschland
Ausweis des Solarenergiepotentials	Metastudie Dachflächen: 800 Mio. m <sup>2</sup> bis 1.200 Mio. m <sup>2</sup> Fassadenflächen: 200 Mio. m <sup>2</sup> bis 800 Mio. m <sup>2</sup>
Kommentar	Die Flächenangaben beziehen sich auf Deutschland. Basis sind fünf betrachtete Studien.
Modifikation SAENA	Die Prognose für den Anteil der Wohnfläche in Sachsen an der Wohnfläche Gesamtdeutschlands beträgt für das Jahr 2030 ca. 4,9 Prozent. Unter der Annahme, dass dies auch gleichermaßen für das solar nutzbare Dachflächenpotential gilt, ergibt sich ein Mittelwert für das Dachflächenpotential für Sachsen von 4.900 ha.

Tabelle 5: Steckbrief Studie (Everding, D., 2004)

**Felsmann et al: Wärmeversorgung für Sachsen aus erneuerbaren Energien**

Kürzel	Felsmann 2014
Betrachtete Sektoren	Wärme
Ausweis des Solarenergiepotentials	Wirtschaftlich umsetzbare Energieerzeugung aus Solarthermie in Sachsen im Szenario „Klimaschutz“: 2,2 TWh/a
Kommentar	Ermittelt wird ein technisch-wirtschaftliches Substitutionspotential für Solarwärme basierend auf dem prognostizierten Wärmebedarf der Gebäude.
Modifikation SAENA	Energieertrag aus Bedarfsanalyse bestätigt Größenordnung des geschätzten Potentials für Solarthermie. Eine Rückrechnung auf das Dachflächenpotential ist aus dieser Studie nicht möglich.

Tabelle 6: Steckbrief Studie (Felsmann, P. C., 2014)

Die untersuchten Studien analysieren technische und teilweise wirtschaftliche Potentiale. Nicht oder nicht detailliert untersucht werden hingegen andere Hemmnisse, wie z. B. statische Belange oder bewusste Entscheidungen von Dacheigentümern gegen die Nutzung von Solarenergie.

Die ausgewerteten Studien wurden teilweise vor dem massiven Preisverfall von Photovoltaikanlagen und zu Zeiten höherer Preise für fossile Heizenergieträger publiziert. Die in den Studien angenommen Anteile von ca. 35 bis 40 Prozent Solarthermie und 55 bis 60 Prozent Photovoltaik wurden nicht übernommen, sondern statt-

dessen davon ausgegangen, dass auf 90 Prozent der genutzten Dachfläche Photovoltaik- und auf 10 Prozent der Fläche Solarthermieanlagen installiert werden.

Analysen zum theoretischen Potential zur Solarenergienutzung auf Freiflächen existieren nur vereinzelt. Dieses Potential ist prinzipiell sehr groß, wenn davon ausgegangen wird, dass ein Großteil der unverschatteten Freiflächen theoretisch nutzbar ist.

Für den Zubau von Solarenergieanlagen auf Freiflächen wird daher eine eigene Abschätzung getroffen.



## 4.4 Methodik der Potentialanalyse Biomasse

### 4.4.1 Allgemeines

Die Potentialanalyse Biomasse<sup>21</sup> wurde als Meta-studie anhand vorhandener Studien zu den energetischen Potentialen der Biomasse in Sachsen für die Sektoren Strom, Wärme und Kraftstoffe durchgeführt. Es wurden folgende Biomassefraktionen betrachtet:

- Energiepflanzen (Ackerland und Grünland)
- Reststoffe (Stroh, Alt- und Industrierestholz, Exkrememente und Futterreste sowie Bio- und Grünabfälle)
- Holz (Forst)

Insgesamt werden fünf Studien berücksichtigt, die ein technisches Potential für Sachsen ausweisen. Einige weitere Studien können nicht ausgewertet werden, da kein technisches Brennstoffpotential ausgewiesen<sup>22</sup> ist bzw. die Ergebnisse nicht in ablesbarer Form vorliegen<sup>23</sup>.

Die Studien sind nicht aktuell und die Zeitbezüge weichen voneinander ab, weshalb sich die Datenbasis auf die Jahre 2006 bis 2012 erstreckt. Grundsätzlich wurde davon ausgegangen, dass sich das technische Brennstoffpotential nicht wesentlich verändert hat. Vielmehr sind es Rahmenbedingungen auf der Ebene des wirtschaftlichen bzw. erschließbaren Potentials, die sich in den letzten Jahren – teils deutlich – verändert haben.

Außer der Studie Hobbie 2014 nehmen alle Studien neben dem jeweiligen Basisjahr eine Potentialbetrachtung für das Jahr 2020 vor. Es wird angenommen, dass sich auf der Ebene des technischen Potentials keine gravierenden Änderungen bis zum Jahr 2030 ergeben.

Es bestehen Nutzungskonkurrenzen sowohl zwischen den Nutzungspfaden als auch mit anderen Einsatzmöglichkeiten von Biomasse, wie Nahrungs- und Futtermittelproduktion, alternative Minderungsmaßnahmen im Landnutzungssektor (z. B. Wiedervernässung, Extensivierung, Aufforstung) oder eine stoffliche Nutzung in einer Bioökonomie. Im Gutachten bleiben die alternativen Einsatzmöglichkeiten unberücksichtigt, da diese Nutzungen bereits vor der Ebene des technischen Potentials ausgeschlossen wurden.

Für die Ermittlung des energetischen Biomassepotentials sind mehrere Betrachtungsschritte notwendig, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. Aus den Studien wurde jeweils das technische Brennstoffpotential in GWh verwendet. Es erfolgt eine Aufteilung auf die Nutzungsmöglichkeiten im Energiesystem (Strom, Wärme, Kraftstoffe). Daraus wird das technische Bioenergiepotential ermittelt, welches der Anteil an Endenergie ist, der nach der Konversion in den einzelnen Nutzungspfaden bereitgestellt wird.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Unberücksichtigt bleiben Deponie- und Klärgas sowie Klärschlamm. Diese können zwar ähnlich der Biomasse energetisch verwertet werden, jedoch ist zum einen nicht mit einem steigenden (sondern eher rückläufigen) Aufkommen zu rechnen, zum anderen wurden diese nur in einer der untersuchten Studien berücksichtigt.

<sup>22</sup> Vgl. (DBFZ, 2018) Die unter <https://rz.ipm-gis.de/dbfz/biomasse/> online verfügbare Webanwendung Bioenergieatlas weist ein technisches Biomassepotential in t Trockensubstanz (Rohstoffpotential) aus. Der Fokus liegt dabei auf den Potentialen der Reststoffe. Weitere Tools sind nicht mehr online verfügbar, da die Daten veraltet sind. (Stand 06/2018)

<sup>23</sup> Vgl. (DBFZ, 2010) Die Fraktionen Energiepflanzen, Stroh und tierische Exkrememente liegen nur als farbskalierte Karten (in GJ pro ha je Landkreis) vor. Diese Studie bildet jedoch die Basis für die Studie AEE 2013 und geht somit indirekt in die Auswertung ein.

<sup>24</sup> Vgl. (Thrän & Pfeiffer, 2013, S. 40).

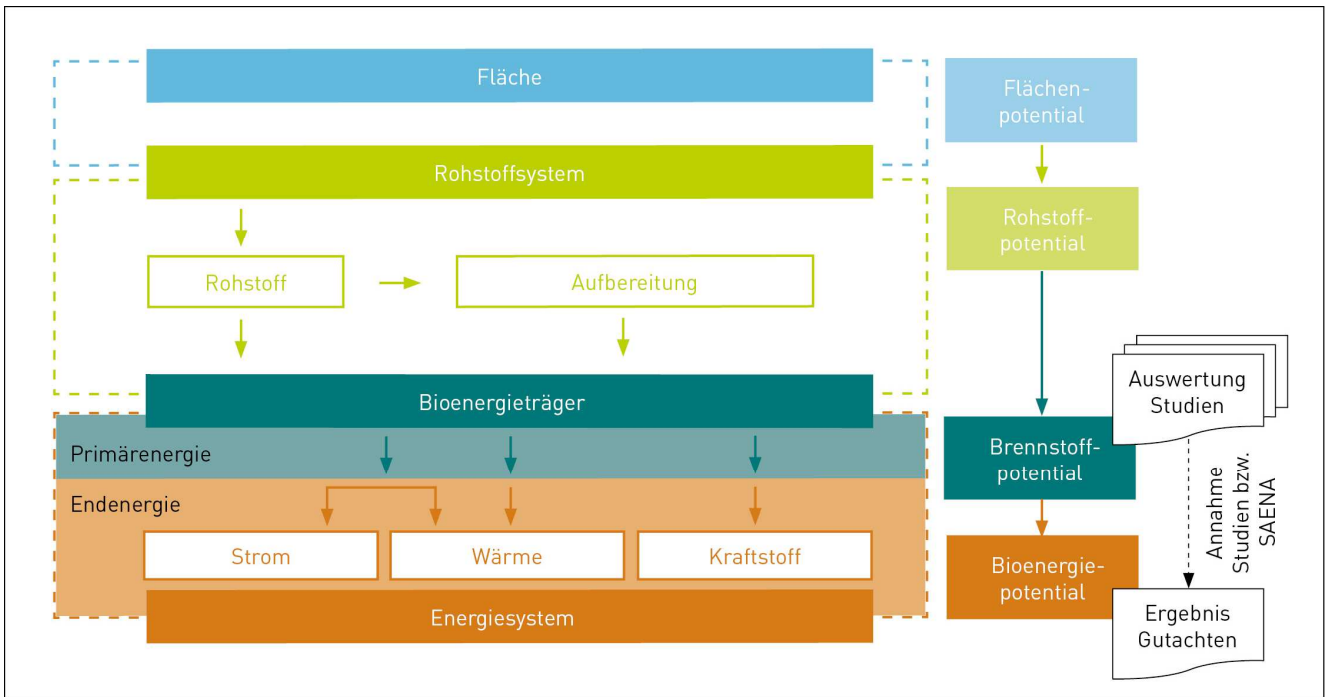


Abbildung 11: Vorgehen bei Potentialermittlung Biomasse<sup>25</sup>

<sup>25</sup> eigene Darstellung in Anlehnung an (DBFZ, 2010).

Teilweise wurden in den Studien Aussagen zur Aufteilung der Bioenergieträger auf die Nutzungspfade Strom, Wärme, Kraftstoffe getroffen. War dies nicht gegeben, wurden diese gemäß den Annahmen in folgender Tabelle seitens SAENA verteilt.

		<b>Strom (mit KWK z. B. Biogas- BHKW, HKW)</b>	<b>Kraftstoff</b>	<b>Wärme (ohne KWK)</b>
Energiepflanzen				
	Ackerland <sup>26</sup>	60 %	40 %	
	Grünland	100 %		
Reststoffe				
	Stroh			100 %
	Alt- und Industrierestholz	50 %		50 %
	Exkrememente, Futterreste	100 %		
	Bio- und Grünabfälle	100 %		
Forst				
	Wald <sup>27</sup>			100 %

Tabelle 7: Annahmen der SAENA zur Aufteilung auf die Nutzungspfade für das Prognosejahr 2030

Waren keine Angaben zur Zusammensetzung des technischen Biomassepotentials für Biokraftstoffe getroffen, wurde folgende Aufteilung in Bezug auf die Art des Kraftstoffes angesetzt:

	<b>Biodiesel</b>	<b>Bioethanol</b>	<b>Biogas (Biomethan)</b>
Biokraftstoffe	60 %	30 %	10 %

Tabelle 8: Annahmen der SAENA zur Zusammensetzung der Biokraftstoffe für das Prognosejahr 2030<sup>28</sup>

<sup>26</sup> In Anlehnung an (Thrän, D. et al, 2018, S. 71).

<sup>27</sup> Ebenda.

<sup>28</sup> In Anlehnung an (Öko Institut e. V., Fraunhofer ISI, 2015) Endenergiebedarf des Verkehrssektors nach Kraftstoffen im Klimaschutzszenario 80 für das Jahr 2030.

Sofern für die Bioenergieträger nur Angaben zum Primärenergiepotential vorlagen, wurden diese ebenfalls gemäß einer einheitlichen Schätzung der SAENA in Abhängigkeit der genutzten Konversionsanlagen in Endenergie umgerechnet.

Das ermittelte Bioenergiepotential der Studien für die einzelnen Nutzungspfade wird als Basis für eine Minimum-Maximum-Betrachtung herangezogen.

	<b>Strom</b>	<b>Wärme</b>
Biogasanlage	35 %	20 %
Heizkraftwerk	30 %	50 %
Festbrennstoff Mitverbrennung		80 %
Festbrennstoff direkt		100 %

Tabelle 9: Annahmen der SAENA zu durchschnittlichen Wirkungsgraden Konversionsanlagen für das Prognosejahr 2030

#### 4.4.2 Methodik der Studien

<b>Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Energie für die Zukunft. Sachsens Potenzial an nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse</b>	
Kürzel	SMUL 2007
Basisjahr	2006
Prognosejahr	2020
Nutzungspfade	Strom, Wärme, Kraftstoffe
Aufteilung Nutzungspfade	Strom/Wärme und Kraftstoffe
Ausweis Bioenergiepotenti- al als Endenergie	für Strom und Wärme aus Biogas sowie Biokraftstoffe
Modifikation SAENA	Aufteilung Alt- und Industrierestholz auf (Mit-)Verbrennung (50 %) und HKW (50 %)

Tabelle 10: Steckbrief Studie (SMUL, 2007)

<b>VEE Sachsen e. V.: Ermittlung der technischen Potenziale der erneuerbaren Energieträger in Sachsen sowie deren wirtschaftliche Umsetzungsmöglichkeiten für die Stromerzeugung bis zum Jahr 2020</b>	
Kürzel	VEE 2008
Basisjahr	2006/2007
Prognosejahr	2020
Nutzungspfade	Strom, Wärme
Aufteilung Nutzungspfade	Anteil Strom → Wärme
Ausweis Bioenergiepotenti- al als Endenergie	Strom aus Biogas
Kommentar	Die Studie bezieht sich im Wesentlichen auf SMUL 2007, führt jedoch für den Bereich Biogas aus Exkrementen, Futterresten und Abfällen sowie Waldholz eigene Potentialbetrachtungen durch.
Modifikation SAENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Bei der energetischen Verwertung von fester Biomasse wird ein 80 %-iger Wirkungsgrad unterstellt, Aufteilung Strom (30 %) und Wärme (50 %)</li> <li>→ Bei der Stromerzeugung aus Biogas (S. 107) wird eine 20 %-ige Wärmenutzung unterstellt</li> </ul>

Tabelle 11: Steckbrief Studie (VEE, 2008)

<b>Agentur für Erneuerbare Energien :                      Potentialatlas: Bioenergie in den Bundesländern Teilkapitel Sachsen</b>	
Kürzel	AEE 2013
Basisjahr	2011 (Daten teilweise älter)
Prognosejahr	2020
Nutzungspfade	Strom, Wärme, Kraftstoffe
Aufteilung Nutzungspfade	Es werden vier „Extrem“-Szenarien gerechnet, die eine mögliche Bandbreite ausweisen sollen, woraus keine realistische Aufteilung für 2020 (2030) ableitbar ist. Ergebnisse nur als prozentuale Anteile, keine Aussagen möglich, da Bezugsgrößen nicht mit veröffentlicht.
Ausweis Bioenergiepotential als Endenergie	Keine Angaben zur Herleitung veröffentlicht
Kommentar	Studie basiert im Wesentlichen auf (DBFZ, 2010).
Modifikation SAENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Energetische Nutzung Wald-/Waldrestholz 15 % in 2020<sup>29</sup></li> <li>→ Aufteilung KWK (60 %) und Kraftstoffe (40 %) für Energiepflanzen Ackerland</li> <li>→ Umwandlungseffizienz (Kraftstoff) 46 %<sup>30</sup></li> <li>→ Aufteilung Alt- und Industrierestholz auf Mitverbrennung (50 %) und HKW (50 %)</li> </ul>

Tabelle 12: Steckbrief Studie (AEE, 2013)

<sup>29</sup> Analog (SMUL, 2007, S. 39).

<sup>30</sup> Da der Studie keine verwertbaren Angaben zu Flächen oder Rohstoffpotential entnommen werden können, wurde hier in Anlehnung an (Thrän D. et al., 2018, S. 71) ein durchschnittlicher Wirkungsgrad angenommen.

**Hobbie et al, Technische Universität Dresden:  
Potenziale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen**

Kürzel	Hobbie 2014
Basisjahr	2012
Prognosejahr	–
Nutzungspfade	Strom, Wärme (nur flankierend aus KWK), Kraftstoffe
Aufteilung Nutzungspfade	Potentiale wurden je Nutzungspfad aus Überschussmengen ermittelt, etwaige Nutzungskonkurrenzen zwischen den Pfaden bleiben unberücksichtigt. Das Potential wird demnach der Stromerzeugung oder der Kraftstoffproduktion zugeordnet.
Ausweis Bioenergiepotential als Endenergie	Für Biokraftstoffe und Strom
Kommentar	Die Verwendung als Festbrennstoff (auch als KWK-Variante) wurde beim Ausweisen des technischen Potentials gemäß Studienziel nicht berücksichtigt. Somit liegt die Wärmeerzeugung aus Biomasse in dieser Studie unter dem technischen Potential für Sachsen. Außerdem wurden folgende Biomassefraktionen nicht betrachtet: Waldholz, Alt- und Industrie-restholz, biogene Abfälle und Grünabfälle.
Modifikation SAENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Aufteilung Biogas (60 %) und Kraftstoffe (40 %) für Energiepflanzen Ackerland</li> <li>➔ Bei der Stromerzeugung aus Biogas wird eine 20 %-ige Wärmenutzung unterstellt.</li> </ul>

Tabelle 13: Steckbrief Studie (Hobbie, H. et al., 2014)

**Bosch & Partner GmbH et al:  
Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland**

Kürzel	Bosch 2015
Basisjahr	2008
Prognosejahr	2020
Nutzungspfade	Strom, Wärme, Kraftstoffe
Aufteilung Nutzungspfade	Strom, Wärme/Kraftstoffe (als Summe)
Ausweis Bioenergiepotential als Endenergie	Angaben zu Stromertrag
Modifikation SAENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Zusammensetzung Reststoffe 2020 gemäß S. 100: Wald- und Waldrestholz +13 % und Reduzierung bei den anderen Fraktionen entsprechend, Summe des Potentials gleichbleibend</li> <li>➔ Aufteilung Wärme (60 %) und Kraftstoffe (40 %) für Energiepflanzen Ackerland</li> <li>➔ Annahme Zusammensetzung Biokraftstoffe</li> <li>➔ Energetische Nutzung Wald-/Waldrestholz 15 % in 2020</li> </ul>

Tabelle 14: Steckbrief „Bosch & Partner GmbH, 2015“

## 4.5 Methodik der Potentialanalyse Wasserkraft

### 4.5.1 Allgemeines

Das Potential für die Wasserkraft wurde durch eine Analyse von publizierten Untersuchungen vorgenommen. Die Anzahl der Studien bzw. Potentialbetrachtungen ist begrenzt und beschränkt sich auf zwei, welche in den Jahren 2008 bzw. 2011 veröffentlicht wurden.

Da zu erwarten ist, dass keine wesentlichen Änderungen in der Gewässerstruktur in Sachsen eintreten, können die Betrachtungen dieser Untersuchungen für das Jahr 2030 herangezogen werden.

### 4.5.2 Methodik der Studien

In der ersten Untersuchung „Grüne Ausbaustudie 2020 Perspektiven für Erneuerbare Energien in Sachsen“<sup>31</sup> wird zunächst die historische Entwicklung aufgezeigt. Ein Überblick über die Gewässerstruktur und die Niederschläge in Sachsen wird ebenfalls gegeben.

Zum einen wurde das Potential durch eine Literaturanalyse berechnet und in einem zweiten Teil die Daten der Wehrdatenbank des Freistaates Sachsen herangezogen. Für die Wehrdaten erfolgte eine Kategorisierung der bestehenden Wehranlagen. Anhand der vorhandenen technischen Daten oder benachbarten Wasserkraftanlagen wurde das technische Potential der Leistung von möglichen Wasserkraftanlagen ermittelt.

Im Ergebnis wurden die Anlagenstandorte in zwei Leistungsklassen eingeordnet und die Energiemengen mit den durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden der bestehenden Wasserkraftanlagen in den drei zugeordneten Flussgebieten berechnet.

Die zweite Untersuchung „Wasserkraftnutzung in Sachsen – aktueller Stand und Perspektiven“<sup>32</sup>, ein Beitrag zum 34. Dresdner Wasserbaukolloquium, bezieht sich auf Untersuchungen des SMUL im Jahr 2009 sowie die oben aufgezeigte Studie. Im Wesentlichen werden eine Beschreibung des Ist-Zustandes weltweit und in Sachsen sowie eine Betrachtung der Restriktionen vorgenommen.

---

<sup>31</sup> Vgl. (VEE, 2008).

<sup>32</sup> Vgl. (Kraus, Kind, & Spänhoff, 2011).



## 4.6 Methodik der Potentialanalyse Umweltwärme

### 4.6.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu Biomasse, Wasserkraft und Solarenergie liegen für den Bereich der Umweltwärme keine Untersuchungen mit Potentialbetrachtungen für das Jahr 2030 über alle Sektoren vor.

Die Studie „Wärmeversorgung für Sachsen aus erneuerbaren Energien“<sup>33</sup> ermittelt in zwei Szenarien mit einem Zeithorizont für das Jahr 2050 Potentiale für den Sektor Haushalte. Weitere Untersuchungen sind nicht bekannt.

Um für diesen Bereich dennoch Schlussfolgerungen für den Freistaat Sachsen vornehmen zu können, wurde auf Grundlage des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung für die Wohngebäude in Sachsen der mögliche Einsatz von Umweltwärme abgeschätzt.

Eine Ausweitung dieser Schätzung auf die Sektoren GHD und sowie Bergbau und Industrie wurde nicht vorgenommen, da die hierfür verfügbaren Angaben, bezogen auf Gesamtdeutschland, für Sachsen nicht vorliegen. Aus der Größenordnung der Unsicherheiten ist die Notwendigkeit erkennbar, deutlich detailliertere Daten zu erheben.

### 4.6.2 Zielwertsetzung

Abgeleitet aus der Zielstellung des Klimaschutzplans 2050<sup>34</sup> (im Szenario KSZ80 80 Prozent THG-Minderung) können aus dessen Zielstellung Sanierungsraten und energetische Zielwerte abgeleitet werden.

Im Klimaschutzplan 2050 wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 der gesamte (Wohn-) Gebäudebestand im Durchschnitt nur noch knapp 40 kWh/m<sup>2</sup>a benötigt. Für Nichtwohngebäude liegt dieser auf Primärenergie bezogene mittlere Zielwert bei rund 52 kWh/m<sup>2</sup>a.

Diese Ziele sind als Durchschnitt für den gesamten Gebäudebestand zu betrachten. Nutzenergiebezogen ergibt diese primärenergetische Vorgabe einen nutzenergetischen Zielwert zwischen 50 und 60 kWh/m<sup>2</sup>a im Bestand und bei Neubauten (nach EnEV 2002/2007) von 15 kWh/m<sup>2</sup>a für den Zeithorizont 2050. Diese Werte wurden auch für den energetisch sanierten Wohnflächenanteil im Jahr 2030 unterstellt.

Das für die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung im Jahr 2050 notwendige energetische Gebäudeniveau wurde für Sachsen auf den Wert eines heutigen KfW-55-Gebäudes festgelegt. Diese Annahme basiert auf dem Sachverhalt, dass die Wärmeversorgung des energetischen Niveaus eines heutigen KfW-55-Gebäudes, technisch besichert mit für Wärmepumpenbetrieb geeigneten niedrig temperierten Flächenheizsystemen, abgedeckt werden kann. Ergänzend sei angeführt, dass die realen Wärmeverbräuche des sächsischen Wohngebäudebestandes unter den Mittelwerten des bundesdeutschen Durchschnittes liegen.

<sup>33</sup> Vgl. (Felsmann, Eckstädt, Rühling, & TU-Dresden, 2014)

<sup>34</sup> Vgl. (BMUB, 2016)

### 4.6.3 Umweltwärmemenge in Wohngebäuden

Ausgehend von den klimatischen Bedingungen in Sachsen wurde für das Jahr 2030 ein Energieeinsatz für die Bereitstellung von Raumwärme ermittelt, der sich aus der Umweltwärme und elektrischer Energie entsprechend der sanierten Gebäudefläche ergibt.

Hinzu kommt der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung, der für die mit Wärmepumpen versorgten Gebäude ebenfalls durch Wärmepumpen abgedeckt wird.

Da sich der Strombedarf zur Erzeugung der entsprechenden Nutzwärme je nach Umweltwärmequelle unterschiedlich darstellt, wurde auch hier eine Berechnung in Form einer Grenzbetrachtung vorgenommen. Dies wird durch eine je einhundertprozentige Zuordnung der Wärmequellen Boden oder Luft erreicht.

## 5 ERMITTELTE POTENTIALE DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

### 5.1 Potentiale Windenergie

Das berechnete technische Potential für die Stromerzeugung aus Windenergie liegt zwischen 3.380 und 7.560 GWh mit 225 bis 525 Anlagen der in Kap. 4.2.4 genannten Bauart. Dabei gibt das Szenario 1 die untere Grenze und das Szenario 3 die obere Grenze vor. Im Szenario 2 kann mit 3.770 GWh nur unwesentlich mehr Strom erzeugt werden als in Szenario 1.

Diese Energiemengen ordnen sich in weitere Potentialbestimmungen für den Freistaat Sachsen ein. Hier sind z. B. die Studie „Grüne Ausbaustudie 2020 – Perspektiven für Erneuerbare Energien in Sachsen“<sup>35</sup> und die Studie „Potentiale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen“<sup>36</sup> mit ermittelten Potentialen von 4.750 bis 21.700 GWh zu nennen.

Ein deutlicher Windenergiezubau mit modernen Anlagen ist nur durch die Bereitstellung geeigneter Waldflächen möglich. Die Waldfläche, die im Szenario 3 für die Windenergienutzung bereitgestellt wird, umfasst 5.560 ha und ist damit ca. 1.200 ha größer als die in Szenario 1 zur Verfügung gestellte Fläche für Windenergie. Bei einer gesamten Waldfläche von 520.210 ha in Sachsen würden im Szenario 3 ca. 1,1 Prozent des sächsischen Waldes und insgesamt ca. 0,5 Prozent der sächsischen Landesfläche für Windenergiegebiete benötigt.

Die Flächen für Windenergie liegen in einer Spannweite von 13 ha mit zwei Anlagen bis zu 251 ha mit 11 Anlagen.

---

<sup>35</sup> Vgl (VEE, 2008).

<sup>36</sup> Vgl.(Hobbie, H. et al., 2014).

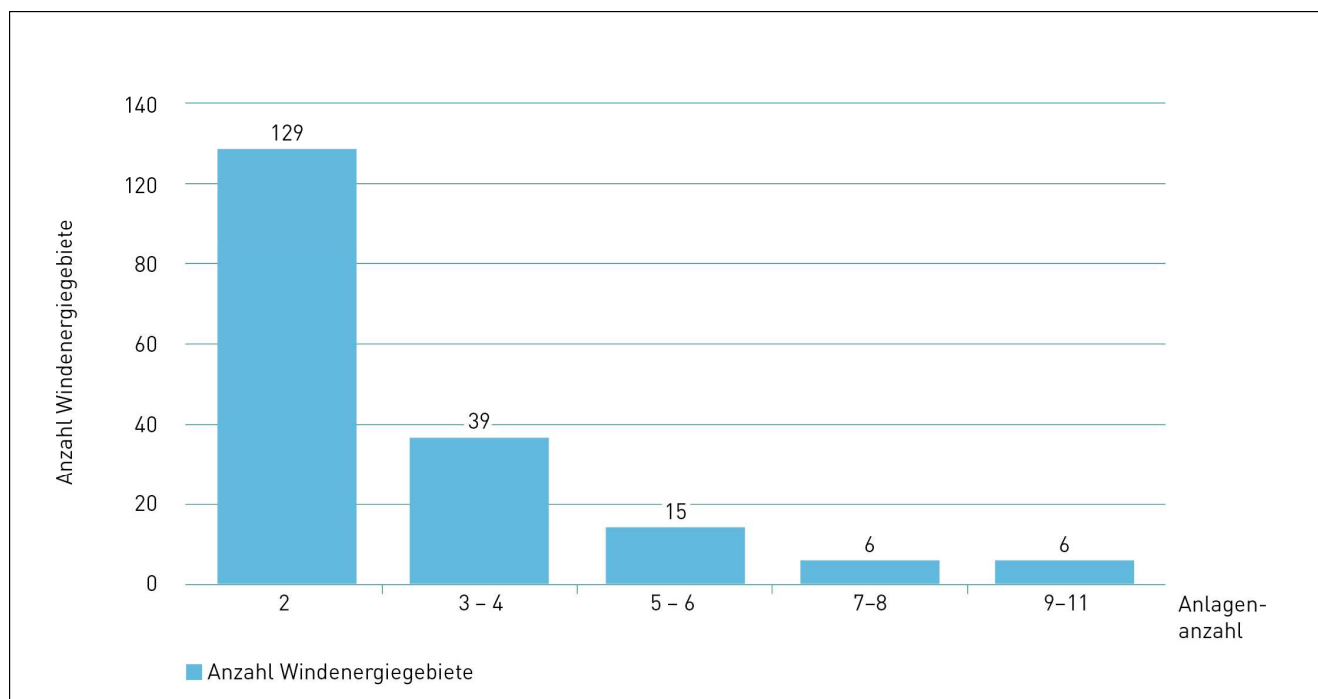


Abbildung 12: Verteilung der Windenergiegebiete nach Anlagenanzahl<sup>37</sup>

In Abbildung 12 wird deutlich, dass es sich bei der Mehrzahl der Standorte um kleine Standorte mit zwei Anlagen handelt. Abbildung 12 bezieht sich auf das Szenario 3.

<sup>37</sup> eigene Darstellung.

## Erschließung des technischen Windenergiepotentials

Die tatsächliche Nutzung des technischen Potentials von Windenergie ist von mehreren Einflüssen abhängig. Zunächst ist die Ausweisung von Flächen als VREG im Freistaat Sachsen notwendig. Entsprechend §35 BauGB steht ein öffentlicher Belang dem Bau einer raumbedeutsamen Windenergieanlage dann entgegen, wenn als Ziel der Raumordnung eine Ausweisung an anderer Stelle erfolgt ist. Die Ausweisung von VREG durch die regionalen Planungsverbände wird seit Jahren praktiziert und ist im Freistaat Sachsen eine anerkannte Methode.

Häufig stehen neben den in der Flächenanalyse betrachteten Raumwiderständen auch Artenschutzbelange, die sich nicht in der Ausweisung von Schutzgebieten mit windenergiesensiblen Arten darstellen, der Ausweisung einer Fläche als VREG oder der abschließenden Genehmigung einer Windenergieanlage entgegen.

Hier ergeben sich zunehmend Konflikte, die einer Lösungsstrategie durch eine einheitliche Daten- und Handlungsbasis bedürfen.

Eine Erschließung des Potentials erfolgt durch private Investitionen. Für das aufgewendete Eigenkapital wird eine angemessene Verzinsung gefordert, wie sie mit ähnlichen Investitionen ebenfalls erreicht würde.

Den Rahmen für den wirtschaftlichen Betrieb gibt das EEG vor. Mit den derzeit erzielbaren Zuschlägen in den Ausschreibungsverfahren ist eine Wirtschaftlichkeit bei den üblichen Rahmenbedingungen möglich. Dazu gehören unter anderem Flächen, die gute Windbedingungen bieten. Dies ist bei den ermittelten Flächen und dem verwendeten Anlagentyp an allen Standorten gegeben. Die erzielbaren Erträge reichen hierbei von ca. 80 bis 105 Prozent des für diesen Anlagentyp nach dem EEG 2017 ermittelten Referenzertrages.

Neben diesen Faktoren ist zudem auch die Akzeptanz bei den Bürgern und Kommunen für Windenergieanlagen in ihrer Umgebung ein wesentliches Kriterium zur Nutzung der Windenergiepotentiale.

Konflikte vor Ort verhindern auch die Akzeptanz für den Umbau der Energieversorgung.

## 5.2 Potentiale Solarenergie

Bei der Solarenergienutzung ist zwischen Aufdachanlagen und Freiflächenanlagen sowie zwischen Solarthermie und Photovoltaik zu unterscheiden. Konzentrierende Solarthermie spielt in Sachsen aufgrund der Einstrahlungsbedingungen keine Rolle.

Das aus den Studien ermittelte theoretische Dachflächenpotential liegt in der Spannbreite von 4.193 bis 9.949 ha. Die Spannbreite ergibt sich u. a. aus den teils angenommenen Abschlägen z. B. zu statischen Einschränkungen.

Damit ergibt sich ein technisches Potential zur Nutzung von Photovoltaik auf Dachflächen von 5.600 bis 13.000 GWh und ein technisches Potential zur Nutzung von Solarthermie auf Dachflächen von 1.000 bis 2.500 GWh

Die zugrunde gelegten Annahmen sind, dass 90 Prozent der Fläche für Photovoltaik und 10 Prozent der Fläche für Solarthermie genutzt wird und der Jahresertrag einer Photovoltaikanlage bei 150 kWh/m<sup>2</sup> und einer solarthermischen Anlage bei 250 kWh/m<sup>2</sup> liegt.

Die Bodenfläche Sachsens beträgt 1,8 Mio. ha. Das theoretische Potential zur Nutzung von Sonnenergie auf Freiflächen ist daher als grundsätzlich ausreichend anzunehmen.

Unter der Annahme, dass 10 Prozent der künftig neu installierten Photovoltaikleistung auf Freiflächen erfolgen, ergibt sich, abgeleitet aus dem Dachflächenpotential, ein technisches Potential für Photovoltaik-Freiflächenanlagen von 600 bis 1.300 GWh. Die dafür benötigte Fläche beträgt bei einem angenommenen jährlichen Ertrag von 475 MWh/ha auf Freiflächen entsprechend 1.263 ha bis 2.737 ha.

Für Solarthermieanlagen, z. B. zur Einspeisung in Wärmenetze wird angenommen, dass bis 2030 nur einzelne Anlagen auf Freiflächen zu gebaut werden, deren Flächenbedarf und Energieerzeugung in der Gesamtbilanz eine noch nicht relevante Größenordnung einnehmen.

## Erschließung des technischen Solarenergiepotentials

### Aufdachanlagen:

Während die Photovoltaik im Betrachtungszeitraum der Studien eine erhebliche Kostendegression durchlaufen hat, blieben die Installations- und damit auch Wärmegestehungskosten für solarthermische Anlagen in den letzten Jahren eher konstant. Ein sommerlicher Überschuss an Solarenergie von Dachflächenanlagen lässt sich derzeit nur bei Photovoltaikanlagen über das Stromnetz verteilen und einer sinnvollen Nutzung zuführen. Bei Solarthermie wäre eine Rückspeisung in Wärmenetze zwar denkbar, scheitert aber an aktuellen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Daher bieten diese Solarwärmeanlagen meist keine ausreichende wirtschaftliche Perspektive für potentielle Investoren. Eine Umsetzung des technischen Potentials erscheint daher unwahrscheinlich, vielmehr ist zu erwarten, dass die Nettozubauraten auf geringem Niveau stagnieren.

Photovoltaikanlagen sind auf Dächern durch die garantierte EEG-Vergütung für eingespeisten Überschussstrom sowie Substitution von Eigenverbrauch langfristig meist wirtschaftlich zu betreiben. Dennoch wird nur ein vergleichsweise kleiner Teil des Dachflächenpotentials auch tatsächlich genutzt.

Aktuell ist der Rückbau von Photovoltaikanlagen noch unbedeutend. Beginnend ab dem Jahr 2021 werden alte Photovoltaikanlagen aus der EEG-Förderung fallen. Bis zum Jahr 2030 summiert sich diese Leistung der aus dem EEG fallenden sächsischen Anlagen auf eine signifikante Größenordnung von 290 MW.

Nach Ablauf des 20-jährigen Förderungszeitraums gemäß EEG werden kleine Aufdachanlagen entweder zurückgebaut, durch neue Anlagen ersetzt oder aber der erzeugte Strom wird überwiegend selbst genutzt. So sind die Anlagen auch für Wärme- und Mobilitätsanwendungen interessant. Eine wirtschaftliche Vermarktung

von Kleinmengen an Solarstrom ist aktuell unwahrscheinlich.

Damit würde der Strom aus einem Teil dieser Altanlagen nicht mehr ins Netz eingespeist werden, aber für andere Anwendungsbereiche wie Mobilität oder Raumwärme zur Verfügung stehen.

Auch bei Solarthermieanlagen ist aufgrund von Verschleiß und Ausfall ein Rückbau von Altanlagen bis 2030 wahrscheinlich.

### Freiflächen:

Die spezifischen Flächenerträge sind aufgrund von Reihenabständen zur Vermeidung von Eigenverschattung geringer als bei geneigten Dachflächen. Sie liegen aber um Größenordnungen über dem Energieertrag von Biomasse pro ha.

Das wirtschaftliche Potential wird derzeit durch das EEG bestimmt und der Flächenzubau ist durch das seit 2015 stattfindende Ausschreibungsverfahren mengenmäßig stark begrenzt.

Ein Zubau außerhalb des EEG findet derzeit nicht nennenswert statt, ein wirtschaftliches Potential für solche Anlagen bis 2030 ist aber durchaus wahrscheinlich. Die Kostendegression der letzten Jahre war signifikant und ein Anstieg der Preise an den Strombörsen kann hier einen Markt ermöglichen, sofern geeignete Flächen verfügbar sind.

Solarthermische Anlagen auf Freiflächen können z. B. Wärme in Wärmenetze abgeben. Die spezifischen Erträge sind dank ganzjähriger Wärmeabnahme höher als bei Dachflächenanlagen. Es existieren einige Modellanlagen. Unter günstigen Rahmenbedingungen können bis 2030 weitere Anlagen in Sachsen entstehen. Die auf diese Weise erzeugten Energiemengen werden für die Gesamtbetrachtung als noch nicht signifikant eingeschätzt.

### 5.3 Potentiale Biomasse

Die im Rahmen des Gutachtens ausgewerteten fünf Studien weisen die in der folgenden Abbildung dargestellten technischen Brennstoffpotentiale aus.

Basierend auf den Angaben in den Studien bzw., falls nicht vorhanden, gemäß den Annahmen der SAENA (vgl. hierzu Kapitel 4.4.2), wurde das technische Brennstoffpotential auf die Nutzungspfade Strom, Wärme und Kraftstoffe verteilt und unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade der Konversionswege als Endenergie ausgewiesen.

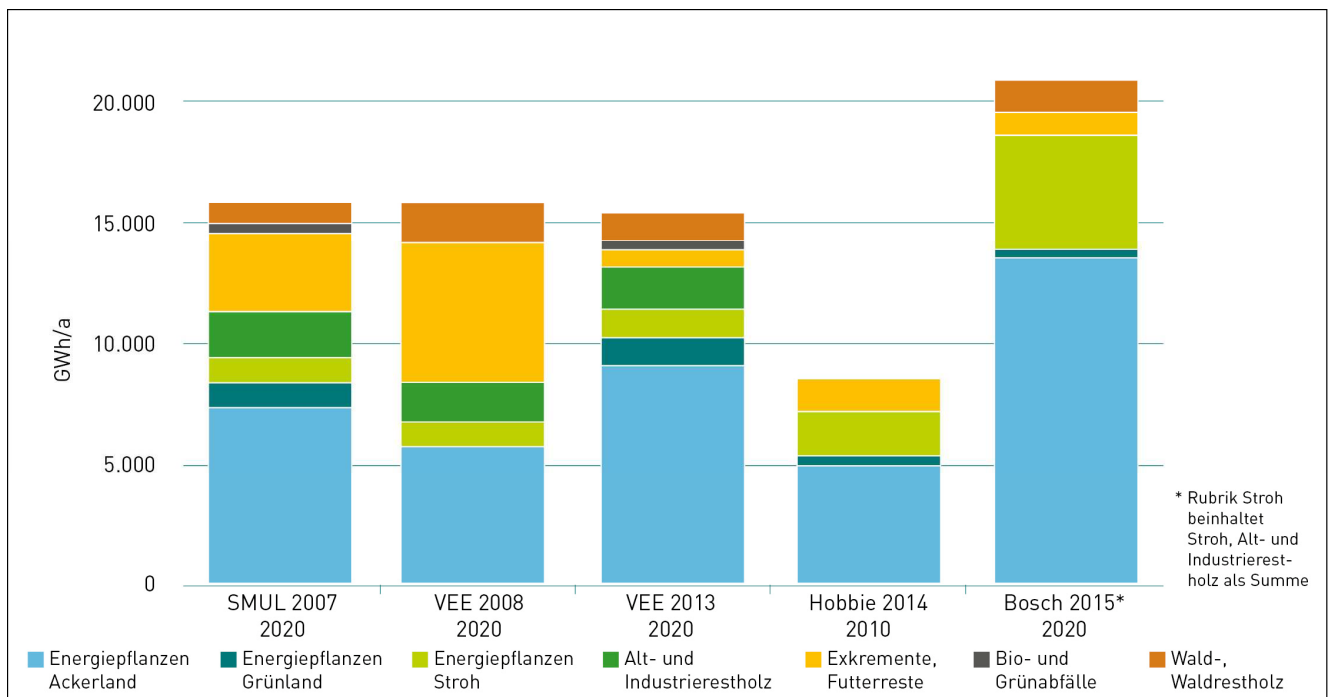


Abbildung 13: Technisches Brennstoffpotential für Biomasse – Auswertung der Studien für das Prognosejahr 2020 (2030)<sup>38</sup>

<sup>38</sup> eigene Darstellung.



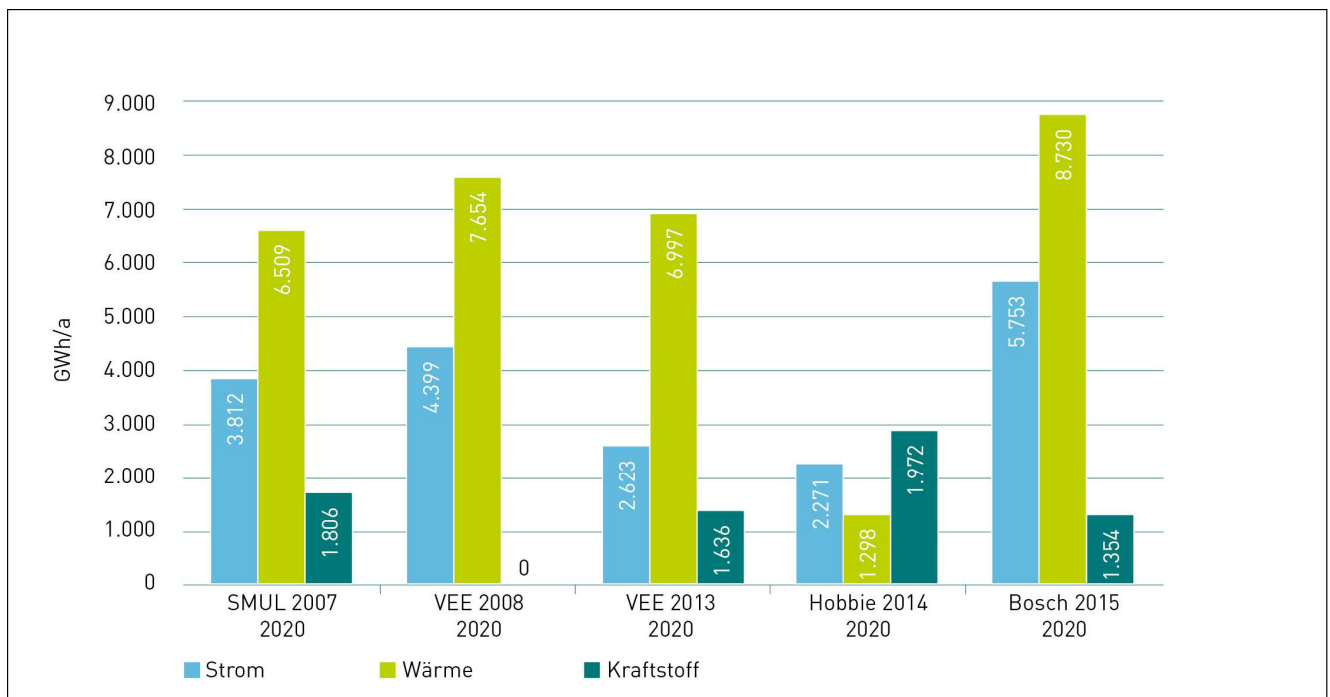


Abbildung 14: Technisches Bioenergiepotential Biomasse, Aufteilung auf Nutzungspfade als Endenergie<sup>39</sup>

Bei der Bewertung der Studienergebnisse ist zu berücksichtigen, dass

- VEE (2008) keine Potentiale bezüglich Biokraftstoffe untersucht, demzufolge entsprechend Flächen und Rohstoffe für die Strom- bzw. Wärmeerzeugung verfügbar sind und
- Hobbie (2014) nur Strom- und Biokraftstoffpotentiale untersucht; der Festbrennstoffpfad sowie die wärme- (und KWK-)relevanten Fraktionen Waldholz, Alt- und Industrierestholz, biogene Abfälle und Grünabfälle wurden nicht berücksichtigt.

<sup>39</sup> eigene Darstellung.

## Erschließung des technischen Biomassepotentials

Ob und in welchem Umfang das technische Biomassepotential erschlossen werden kann, hängt von vielen Faktoren ab. So kann aus SMUL 2007 für das Jahr 2006 abgeleitet werden, dass 34 Prozent des energetischen technischen Biomassepotentials<sup>40</sup> genutzt wurden. Seitdem gab es viele Aktivitäten – u. a. auf der politischen und gesetzlichen Ebene –, den Nutzungsgrad zu steigern.

Die Auswertung der Studien ergibt, dass im Jahr 2016 mind. 48 Prozent bzw. max. 68 Prozent des technischen Bioenergiepotentials in Sachsen erschlossen wurde.

Bei Überlegungen zur weiteren Steigerung des Nutzungsgrades ist zu betrachten, ob die dem technischen Potential zugrundeliegenden Parameter realistisch sind. So wird in den Studien von einer Steigerung der für den Anbau von Energiepflanzen verfügbaren Flächen ausgegangen. Im Gegensatz dazu wird aktuell eher angenommen, dass das energetische Potential aus Anbaubiomasse (insb. Ackerland) weitestgehend ausgeschöpft ist.

Neben einem flächen- und umweltwirksamen Anbau von Energiepflanzen wird deshalb verstärkt die Verwendung von Erntereststoffen, Bioabfall, Landschaftspflegematerial und kommunalem Grünschnitt sowie Waldrestholz und Alt- und Industrierestholz als Einsatzstoffe vorangetrieben.<sup>41</sup> Insbesondere in diesem Bereich ist das mögliche Potential noch nicht ausgeschöpft.<sup>42</sup> Dem gegenüber stehen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten oftmals Hemmnisse bei der Erschließung der Ressource (z. B. Zugänglichkeit, Besitzverhältnisse beim Wald) oder es haben sich Anbau- und Verwertungskonzepte (noch) nicht durchgesetzt (z. B. Kurzumtriebsplantagen oder halmgutartige Biomasse).

Bioenergieformen, die auf Basis von Biomassevergasung (z. B. Holz) oder aus Rest- und Abfallstoffen bereitgestellt werden, müssen sich mittel- bis langfristig und unter ggfs. erhöhten Nachhaltigkeitsanforderungen noch durchsetzen.<sup>43</sup> Dazu könnte die Kaskadennutzung von Altholz und Bioabfällen verstärkt werden. Hierzu werden weitere modellhafte Vorhaben erforderlich sein, die eine praktische Anwendung belegen.<sup>44</sup>

Anlagenkonzepte der Bioenergie sind seit dem EEG wesentlich von der speziellen Ausgestaltung der darin festgelegten Förderbedingungen geprägt worden. Dies bedeutet aber auch, dass nach Auslaufen/Anpassung der entsprechenden Förderung der Weiterbetrieb dieser Anlagen unter ökonomischen und energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen muss, da es sonst zu einem Rückgang der „eingepflanzten“ Erzeugungsmengen kommen kann.<sup>45</sup>

Der eingangs beschriebene Vorteil von Biomasse, für viele Anwendungsmöglichkeiten zur Verfügung zu stehen, führt dazu, dass sich die Rolle der Biomasse im Gesamtenergiesystem immer wieder verändert. So gibt es aktuell starke Anreize für den flexiblen Einsatz im Strombereich (Speicherbarkeit und bedarfsgerechter Einsatz) und mittelfristige Bedarfe für ausgewählte Kraftstoffnutzungen (z. B. Schwerlastverkehr, Schifffahrt, Flugverkehr). Insbesondere für den Verkehrsbereich sind nachhaltige Optionen<sup>46</sup> auf der Basis von biogenen Abfall- und Reststoffen erforderlich. Dies führt wiederum dazu, dass trotz etablierter Nutzung und hohen Potentials beispielsweise im Wärmebereich der Einsatz von Biomasse (ohne KWK) in der Breite nicht weiter forciert wird, da alternative erneuerbare Versorgungskonzepte verfügbar sind.<sup>47</sup>

<sup>40</sup> Bei ca. 40 Prozent kann keine klare Zuordnung zur stofflichen oder energetischen Nutzung getroffen werden.

<sup>41</sup> Hier sei u. a. auf die „Arbeitsgruppe Biomassereststoffmonitoring“ verwiesen, die zum Ende 2018 Ergebnisse veröffentlicht wird.

<sup>42</sup> Vgl. (Brosowski et al., 2015).

<sup>43</sup> Vgl. (Thrän, D. et al., 2015)

<sup>44</sup> Aktuell laufen beim Projektträger FNR Aufrufe für Forschungen zum verstärkten Einsatz von landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen in Biogasanlagen, insbesondere Stroh und landwirtschaftliche Reststoffe usw. sowie zur direkten Minderung von THG- und Luftschadstoffemissionen durch den optimierten Betrieb von Biogas- und Biomethananlagen und von mit Biomasse betriebenen Blockheizkraftwerken sowie mittleren und großen Feuerungsanlagen. Weitere Förderinstrumente erwägen die Aufnahme dieser Fördergegenstände (Novellierung Kommunalrichtlinie des Bundes).

<sup>45</sup> Vgl. (Scheffelowitz, M. et al., 2018)

<sup>46</sup> Winterpaket der EU: Ab dem Jahr 2030 soll jeder Mitgliedstaat 12 Prozent der im Verkehr verbrauchten Energie aus erneuerbaren Quellen speisen. Der Anteil von sogenannten Biokraftstoffe der ersten Generation (aus Nahrungs- oder Futtermittelpflanzen) sollte auf die Werte von 2017 bzw. auf maximal 7 Prozent im Straßen- und Schienenverkehr begrenzt werden.

<sup>47</sup> Vgl. (Thrän, D. et al., 2015) sowie (Arnold, 2017).

## 5.4 Potentiale Wasserkraft

Die „Grüne Ausbaustudie 2020 Perspektiven für Erneuerbare Energien in Sachsen“ ermittelt für den Freistaat ein technisches Zubaupotential von 456 Anlagen mit 36,1 MW installierter Leistung und einem Energieerzeugungspotential von 142 GWh. Daraus entsteht ein technisches Gesamtpotential von ca. 450 GWh, welches sich aus der Erzeugung bestehender Anlagen und dem technischen Zubaupotential ergibt.

Dabei haben 206 Anlagen eine Leistung > 40 kW mit einem Erzeugungspotential von 123 GWh und 92 Anlagen eine Leistung > 100 kW mit einem Erzeugungspotential von 100 GWh.

Das Flussgebiet Mulde/Weiße Elster weist das größte Zubaupotential mit 110 GWh über alle Anlagengrößen aus. Bezogen auf den Bruttostromverbrauch oder die Potentiale anderer EE würde dies nur einen kleinen Beitrag zur EE-Erzeugung darstellen.

Der Beitrag zur „Wasserkraftnutzung in Sachsen – aktueller Stand und Perspektiven“ weist im Ergebnis ein praktisches Potential zwischen 320 und 433 GWh und damit eine weitgehende Ausschöpfung des Wasserkraftpotentials aus.

### Erschließung des technischen Wasserkraftpotentials

Um für das technische Zubaupotential ein praktisches Potential abzuschätzen, werden in der „Grüne Ausbaustudie 2020 Perspektiven für Erneuerbare Energien in Sachsen“ alle Anlagen > 40 kW als wirtschaftlich sinnvoll umzusetzende Anlagen eingeordnet.

Das jährliche Wasserkraftpotential reduziert sich so auf 433 GWh. Darüber hinaus werden weitere Hemmnisse aufgezeigt, die das wirtschaftliche Potential einschränken. Dazu wird ausgeführt, dass Wasseraltrechte, Naturschutz und Konflikte mit den Fischereinutzern und Sportanglern wesentliche Hemmnisse darstellen.

## 5.5 Zielwertbetrachtung Umweltwärme in Wohngebäuden

Das für die Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung im Jahr 2050 notwendige energetische Gebäudeniveau erfordert für Sachsen eine lineare Sanierungsquote von ca. 3.990.120 m<sup>2</sup> (3,13 Prozent bezogen auf eine Gesamtwohnfläche von 166.255.000 m<sup>2</sup>)<sup>48</sup> pro Jahr. Bis zum Jahr 2030 wären damit 38 Prozent des Wohngebäudebestandes, der Baualtersklassen bis zum Baujahr 1990, energetisch auf den Zielwert eines heutigen KfW-55-Gebäudes zu sanieren.

Dies bedeutet in der Summe eine sanierte Gesamtfläche der Wohngebäude von 86.452.615 m<sup>2</sup> im Jahr 2030, bei einer Gesamtwohnfläche von 166.255.000 m<sup>2</sup><sup>49</sup> im Freistaat Sachsen.

Die Berechnung des Endenergieverbrauchs für den mit Wärmepumpen versorgten und sanierten Gebäudebestand in Sachsen ergibt für das Jahr 2030 ca. 4.010 GWh zur Raumwärmebereitstellung. Je nach Wärmequelle (Boden, Luft) wäre hierfür ein jährlicher Strombedarf von 770 bis 1.290 GWh für die Bereitstellung von Raumwärme für Wohnräume erforderlich.

Als Form einer mittleren Grenzbetrachtung wurden dafür die Klimadaten der Wetterstation Dresden-Klotzsche des Jahres 2009 als besonders kaltes Jahr zugrunde gelegt.

Der Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung für die mit Wärmepumpen versorgten Gebäude wird ebenfalls durch Wärmepumpen abgedeckt. Dieser beträgt ca. 16 kWh/m<sup>2</sup>a (30 Liter WW pro Person und Tag zzgl. 50 Prozent Zirkulationsverlust). Der hierfür erforderliche zusätzliche Wärmeverbrauch beträgt ca. 1.380 GWh jährlich.

Da zur Gewährleistung der Trinkwasserhygiene höhere Heizmedientemperaturen erforderlich sind, führt die Trinkwarmwasserbereitung insgesamt zu einer Verschlechterung der Jahresarbeitszahl (JAZ) und damit zu einer nichtlinearen Erhöhung des Stromverbrauchs für die Wärmepumpen. Je nach Wärmequelle wäre somit für den Zeithorizont 2030 ein jährlicher Strombedarf von 1.270 bis 1.820 GWh für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasserbereitung für Wohnräume erforderlich.

Von den genannten Strommengen werden je nach Wärmequelle 55 bis 70 Prozent in den Monaten Januar, Februar sowie November und Dezember benötigt.

Auf Aussagen zu den Potentialen gasbetriebener Wärmepumpen wird an dieser Stelle verzichtet, da dieser Typ von Wärmepumpen mit theoretisch erreichbaren JAZ von 1,3 bis 1,5 nur dann eine klimapolitisch sinnvolle Alternative darstellt, wenn es sich um EE-Gas handeln würde, welches bis 2030 nach dem Szenario KSZ80 2030 fast keine Rolle spielt.

---

<sup>48</sup> Vgl. (Statistisches Bundesamt, 2011).

<sup>49</sup> Vgl. (Statistisches Bundesamt, 2011).

### **Erschließung der Zielwerte für die Umweltwärmenutzung in Wohngebäuden**

Das theoretisch verfügbare Potential zur Nutzung von Umweltwärme weist in Abhängigkeit vom Quellentyp erhebliche Bandbreiten auf. Die verschiedenen Wärmequellen (Boden, Luft) bieten oberhalb der minimalen Betriebstemperaturen der Wärmepumpe ein de facto unerschöpfliches Potential. Die Erschließung dieses Potentials hängt von einer Vielzahl weiterer Randbedingungen ab.

Diese ergeben sich z. B. genehmigungsrechtlich (Immissionsschutz, Bergrecht, etc.) oder sind standortbedingt (z. B. unterschiedliche Entzugsleistungen pro Watt und Meter in der jeweiligen Lage und abhängig vom Regenerationsvermögen der Quelle) bzw. resultieren aus den Betriebsrandbedingungen des Wärmepumpentyps oder sind betriebswirtschaftlicher Natur (z. B. Preis des primären Energieträgers).

Da weiterhin die Nutzung von Umweltwärme immer daran gebunden ist, dass die treibende Energieform zeitgleich verfügbar ist, stellt die für den Betrieb elektrischer Wärmepumpen zum Bedarfszeitpunkt erforderliche Strommenge den limitierenden Faktor dar, um die verfügbaren Potentiale von Umweltwärme technisch und wirtschaftlich nutzen zu können.

Die Nutzung von Umweltwärme in Gebäuden mit dem aufgezeigten Energiekennwert ist heute weit verbreitet und stellt eine wirtschaftliche Alternative zu Versorgungsvarianten mit Erdgas oder Heizöl dar. Dazu beigetragen haben auch Nutzungsvorgaben für EE oder der günstige Primärenergiefaktor für Strom in den Berechnungsvorgaben der EnEV.

## 6 SZENARIEN ZUR BEDARFSERMITTLUNG FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN IN SACHSEN

Für die Einordnung der Potentiale der EE in Sachsen ist es notwendig, mögliche Szenarien für den Endenergiebedarf der eingesetzten Energieträger zu entwickeln.

Die Trendfortschreibung der bisherigen Entwicklung in Sachsen bis zum Jahr 2030 bildet dabei das erste Szenario.

### 6.1 Trendszenario 2030

Das Trendszenario 2030 stellt eine Fortschreibung der bisherigen Entwicklung der erzeugten Energiemengen aus erneuerbaren Energien und des Endenergieverbrauchs in den einzelnen Anwendungsbereichen Strom, Wärme und Verkehr dar.

Die Grundlagen bilden die Daten der sächsischen Energiebilanzen für die Jahre 2007 bis 2016. Zudem wurden im Anwendungsbereich Wärme für die Solarenergie und die sonstigen erneuerbaren Energien Korrekturen der Werte für das Jahr 2007 vorgenommen, da diese in der Energiebilanz noch mit „null“ ausgewiesen sind.

Die Entwicklung der erzeugten Wärmemenge aus Solarenergie erscheint über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht plausibel, wenn als Vergleichswert die Kollektorfläche aus den Daten AEE<sup>50</sup> gegenübergestellt wird. Diese werden aber dennoch übernommen

Mit der linearen Regression wurden die Gleichungen der Geraden bestimmt, mit denen die Fortschreibung der Daten ab dem Jahr 2017 im Szenario Trend 2030 erfolgte.

Das zweite Szenario spiegelt die klima- und energiepolitischen Ziele Deutschlands wider. Über einen Korrekturfaktor werden mögliche Zielpfade für Sachsen aus dem Zwischenziel für 2030 des Bundesszenarios abgeleitet.

**Die lineare Regression gleicht gegenläufige Entwicklungen in den Daten aus. Dies ist z. B. bei der Stromerzeugung aus Biomasse der Fall.**

**Bereits heute ist aus den Daten in Abbildung 4 erkennbar, dass eine Stagnation für die Stromerzeugung aus Biomasse eintritt. Das Szenario Trend 2030 geht aber von einer weiteren Erhöhung bis zum Jahr 2030 aus.**

---

<sup>50</sup> Vgl. (AEE, 2018)

## 6.2 Szenario KSZ80 2030

Für einen Zielpfad, welcher sich in die europäischen und deutschen klima- und energiepolitischen Ziele einordnet, wurde die Studie „Klimaschutzszenario 2050 2. Endbericht“<sup>51</sup> herangezogen. In dieser Studie sind drei Szenarien dargestellt, die eine zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen sowie die künftigen Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch nach Sektoren abbilden. Diese Szenarien basieren auf Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung, zur Wirtschafts- und Wirtschaftsstrukturentwicklung, zur Energiepreisentwicklung und unterstellen entsprechende begleitende politische Rahmenbedingungen.

Das Szenario KSZ80 bildet dabei die Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung beim Anteil der erneuerbarer Energien im Jahr 2050 und die untere Grenze der Treibhausgasemissionsminderung ab.

Die Auswahl des Szenario KSZ80 erfolgte unter der Annahme, dass es unter den derzeitigen Entwicklungen (THG-Minderungsziele für 2020 werden vermutlich deutlich verfehlt) als ambitioniert betrachtet werden kann. Die vom Bundeskabinett am 06. Juni 2018 eingesetzte Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (WSB) hat unter anderem den Auftrag, bis Ende 2018 ein Aktionsprogramm zu erarbeiten. Zu dessen Schwerpunkten gehört es, für den Beitrag der Kohleverstromung geeignete Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030 der Energiewirtschaft vorzuschlagen, die in das Maßnahmenprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplans einfließen sollen, sowie ein Plan zur schrittweisen Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung, einschließlich eines Abschlussdatums. Der anstehende Konsultationsprozess zu den Ausbaupotentialen erneuerbarer Energien im Freistaat Sachsen erfolgt davon unberührt und bedeutet ausdrücklich keine Vorfestlegung der Staatsregierung im Hinblick auf den Arbeitsauftrag der Kommission WSB.

Die vorliegenden Daten der Studie „Klimaschutzszenario 2050 2. Endbericht“<sup>52</sup> und der sächsischen Energiebilanzen unterscheiden sich für den Anwendungsbereich der Wärme. Die sächsischen Bilanzen stellen den Energieverbrauch in den einzelnen Sektoren dar. In den erstellten Klimaschutzszenarien der Studie wurden zumindest für die Sektoren Haushalt und GHD eine Aufschlüsselung nach Anwendungsbereichen, z. B. Raumwärme oder Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Klimatisierung, erstellt.

Daher kommt es für den Bereich der Wärme (inkl. Prozesswärme) zu Ungenauigkeiten, die aber für eine Abschätzung hingenommen werden. Im Ergebnis wird der gesamte energetische Endenergiebedarf ohne Strom der Sektoren Haushalte/GHD, Industrie und Verkehr aus der sächsischen Energiebilanz als Wärmeverbrauch deklariert. Dabei wird Strom, der zum Heizen oder Kochen/Backen oder für Prozesswärme genutzt wird, vernachlässigt.

Aus der Studie<sup>53</sup> wurde der gesamte Teil der Raumwärme und der Strom, der zum Heizen in den Sektoren Haushalte/GHD verwendet wird, dem Anwendungsbereich Wärme zugeschrieben. Aus dem Sektor Industrie wurde der gesamte Endenergiebedarf ohne Strom ebenfalls dem Anwendungsbereich Wärme zugeordnet. Für den Sektor Industrie ist die Art der EE zunächst nicht näher spezifiziert. Dem Bereich der Sektorallokation ist zu entnehmen, dass die EE zu 100 Prozent aus Biomasse bereitgestellt werden.

Um das Szenario KSZ80 auf Sachsen zu übertragen, ist ein Faktor zu bilden, der die bundesweiten Ergebnisse möglichst real in Sachsen abbildet. Um den Faktor zu verifizieren, wurde dieser anhand der Realdaten aus dem Jahr 2010 überprüft. Der Faktor (für Stromaufkommen und Wärme) ergibt sich aus dem Anteil der Bevölkerung Sachsens an der Gesamtbevölkerung Deutschlands und dem Verhältnis der Höhe des BIP je Einwohner in Sachsen zum deutschen Durchschnitt. Der Faktor für den Verkehr stellt den Anteil der zugelassenen Fahrzeuge am gesamten Fahrzeugbestand Deutschlands dar.

<sup>51</sup> Vgl. (Öko Institut e. V., Fraunhofer ISI, 2015).

<sup>52</sup> Vgl. (Öko Institut e. V., Fraunhofer ISI, 2015).

<sup>53</sup> Vgl. (Öko Institut e. V., Fraunhofer ISI, 2015).

	Bruttostromverbrauch	EEV Wärme	EEV Verkehr (national)
Verhältnis Realdaten Sachsen 2010 zu Realdaten Bund * 3,73% (4,66% Verkehr)	1,08	1,08	1,08

Tabelle 15: Abweichungen Sachsen real zu Sachsen berechnet<sup>54</sup>

**Tabelle 15** zeigt, dass bei Anwendung dieser Faktoren die Zielgrößen für den Endenergieverbrauch in Sachsen um 8 Prozent geringer ausfallen.

### 6.3 Ergebnisse

Tabelle 16 stellt die Ergebnisse der Zielpfade aus den Szenarien dar.

	Bruttostromverbrauch		EEV Wärme		EEV Verkehr (national)	
	Trend 2030	KSZ80 2030	Trend 2030	KSZ80 2030	Trend 2030	KSZ80 2030
Änderung zu 2010 in %	28	-13	-26	-28	24	-33
Anteil EE in %	34	59	23	21	0,8	7,1
Anteil Strom in %					0,9	8,4

Tabelle 16: Minderungsziele in den Szenarien<sup>55</sup>

Für die Zielgrößen Bruttostromverbrauch und EEV im Verkehr sind zwischen den Szenarien deutliche Abweichungen zu erkennen. Bedingt durch die lineare Regression und die bisher nicht vorliegenden Daten des Jahres 2017 werden im Szenario Trend 2030 Entwicklungen, die sich bereits heute abzeichnen, nur stark abgeschwächt abgebildet. Die Werte in Tabelle 16 für das Szenario KSZ80 2030 beziehen sich auf die deutschlandweiten Zielgrößen und Ist-Werte.

Die Berechnung der Zielwerte (EEV) für Sachsen im Szenario KSZ 80 erfolgt mit den Zielwerten (EEV) für Gesamtdeutschland über die in Tabelle 15 Spalte 1 angegebenen Faktoren. Bedingt durch die aufgezeigte Abweichung in Tabelle 15 ist bei einer Rückrechnung aus den abgeleiteten Zielwerten (EEV) für Sachsen und den bundesweiten Minderungszielen (Tabelle 16) keine Übereinstimmung mit den Ist-Daten in Sachsen 2010 zu erwarten. In den folgenden Diagrammen werden die Szenarien für die einzelnen Energieträger in den jeweiligen Anwendungsbereichen dargestellt.

<sup>54</sup> eigene Darstellung

<sup>55</sup> eigene Darstellung



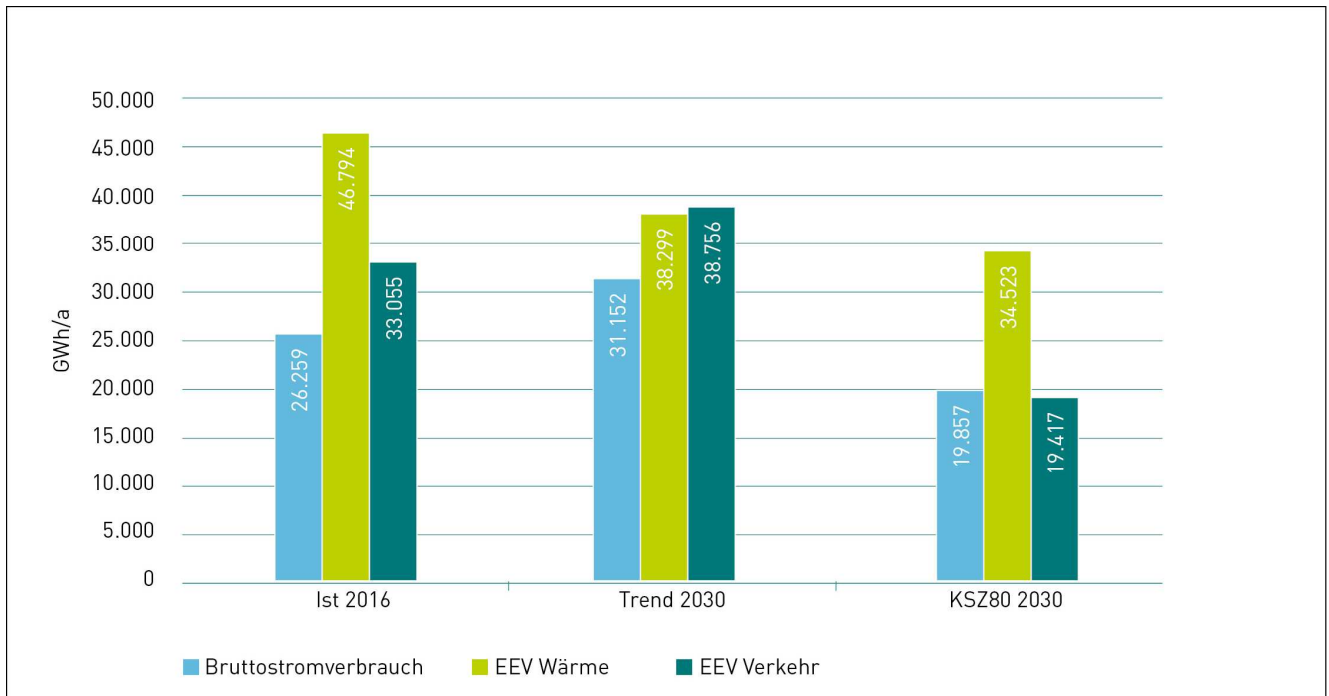


Abbildung 15: Aktueller und zukünftiger EEV in den einzelnen Anwendungsgebieten<sup>56</sup>

Die Entwicklung des Bruttostromverbrauchs weist für das Szenario Trend 2030 und das Szenario KSZ80 2030 eine gegenläufige Richtung auf, wodurch eine Zielerreichung im Rahmen der Bundesziele nicht möglich erscheint. Für den Endenergieverbrauch der Wärme spiegelt das Szenario KSZ80 2030 ein ähnliches Ergebnis wie die Trendfortschreibung wider. Das Szenario Trend 2030 bildet mit dem weiter ansteigenden EEV im Verkehr auch die derzeitige bundesweite Situation ab. Im Anwendungsbereich Verkehr ist bisher noch keine Trendwende zu den Zielwerten des Szenario KSZ80 2030 erkennbar.

Die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien unterscheidet sich im Szenarienvergleich deutlich. Abbildung 16 verdeutlicht, dass es zwischen dem Szenario Trend 2030 und dem KSZ80 2030 keine sich annähernden Tendenzen, sondern völlig gegenläufige Entwicklungen gibt.

Dies liegt z. B. für die Wasserkraft an den deutlich begrenzten Potentialen in Sachsen.

Für die Biomasse deutet sich eine klare Trendumkehr beim Zubau an. Biogas zur Stromerzeugung wird perspektivisch bevorzugt zur Abdeckung der Residuallast und nicht wie bisher durchgängig eingesetzt werden. Außerdem wird angenommen, dass Biomasse künftig bevorzugt in anderen Sektoren eingesetzt wird.

Für das Szenario KSZ80 2030 wurde bei der Ableitung für Sachsen der Anteil der Offshore-Windenergieerzeugung herausgerechnet, dennoch führt die Fortschreibung des sächsischen Trends aufgrund des in den letzten Jahren geringen Zubaus an Windkraftanlagen nicht zur Erreichung der abgeleiteten Zielwerte für Sachsen im Szenario KSZ80

Das Trendszenario zur Photovoltaik enthält die sehr zubaustarken Jahre 2010 bis 2012. Ein vergleichbarer Zubau wird bis 2030 im Szenario KSZ 80 2030 nicht erwartet.

<sup>56</sup> eigene Darstellung.

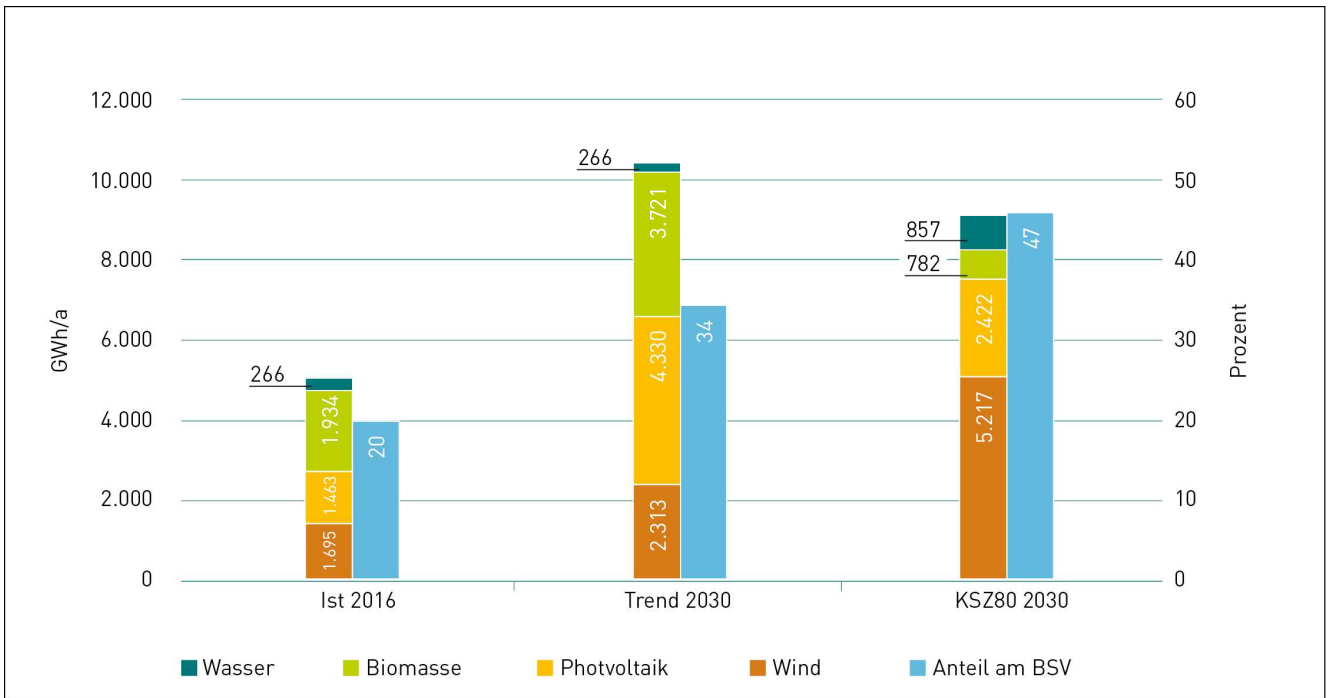


Abbildung 16: Aktuelle und zukünftige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, Anteil am Bruttostromverbrauch<sup>57</sup>

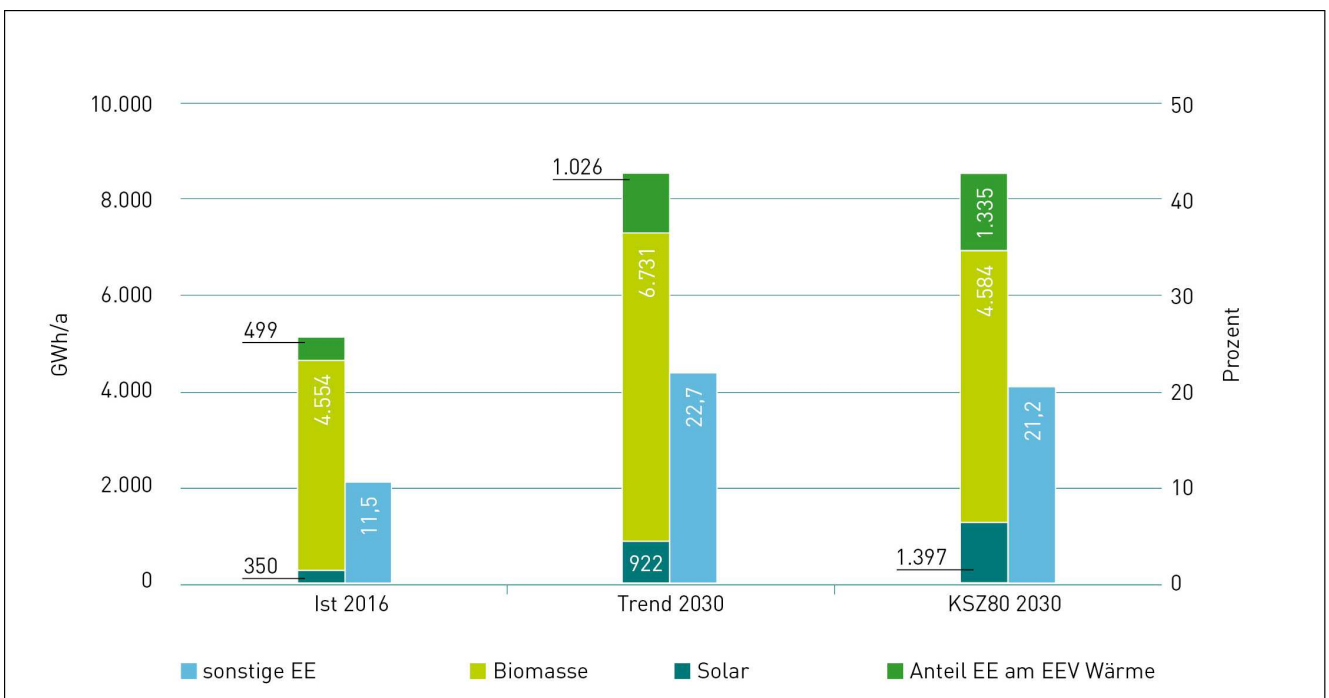


Abbildung 17: Aktuelle und zukünftige erneuerbare Wärmenutzung, Anteil erneuerbare Energien am EEV Wärme<sup>58</sup>

<sup>57</sup> eigene Darstellung.

<sup>58</sup> eigene Darstellung.

Im Anwendungsbereich Wärme zeigt sich für die einzelnen Energieträger in der Szenarienbetrachtung ein ähnliches Bild wie bei den erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung. Die Zielstellungen im Bereich der Biomasse führen zu einem vergleichbar hohen Biomasseeinsatz, wie er heute bereits erfolgt.

Im Trendszenario hingegen würde der Einsatz von Biomasse zur Wärmeerzeugung weiter deutlich zunehmen. Beim Einsatz von Umweltwärme (sonstige EE) und der Solarthermie sind höhere Zielwerte im Szenario KSZ80 2030 als im Szenario Trend 2030 zu verzeichnen.

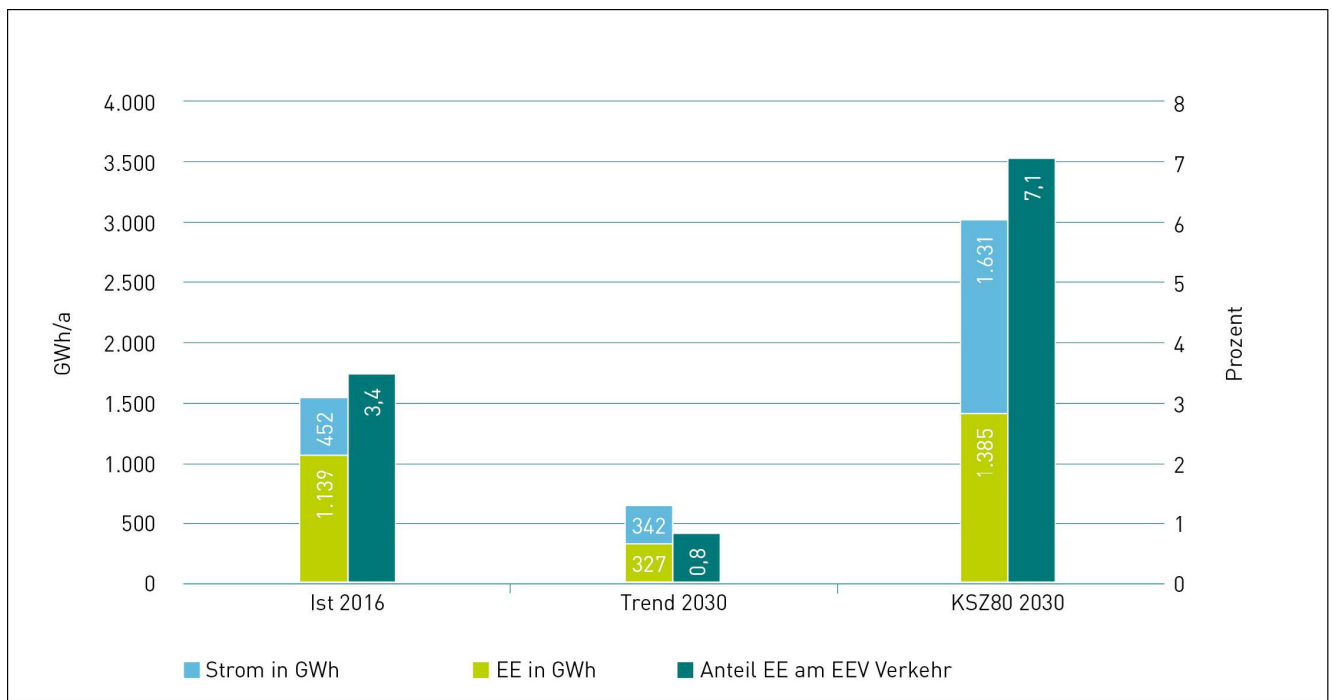


Abbildung 18: Aktuelle und zukünftige erneuerbare Kraftstoffnutzung, Stromnutzung, Anteil erneuerbare Energien am EEV Verkehr<sup>59</sup>

Im Anwendungsbereich Verkehr entspricht die derzeitige Nutzung der erneuerbaren Energien (Biomasse) annähernd der notwendigen Menge nach dem Szenario KSZ80 2030. Der Trendverlauf zeigt hingegen einen deutlichen Rückgang für Biomasse.

Das KSZ80 2030 Szenario kalkuliert mit deutlich erhöhtem Stromverbrauch durch den Einsatz von Elektromobilität, was sich im Trendverlauf für Sachsen aktuell noch nicht darstellen lässt.

Zusammenfassend betrachtet liefert im Szenario Trend 2030 nur die Entwicklung des EEV im Wärmebereich ähnliche Werte wie das Szenario KSZ80 2030, welches für die Erfüllung der klima- und energiepolitischen Zielstellungen eine Möglichkeit der zukünftigen Energieversorgung darstellt.

<sup>59</sup> eigene Darstellung

## 7 GEGENÜBERSTELLUNG DER POTENTIALE UND ZIELPFADE

Die Potentiale der erneuerbaren Energien und mögliche Zielpfade im Freistaat Sachsen wurden mit diesem Gutachten ermittelt und werden im Folgenden gegenübergestellt. Es werden Einschätzungen zur Mobilisierbarkeit der technischen Potentiale aus Sicht der Autoren vorgenommen, die unter den gegenwärtig bestehenden Rahmenbedingungen gelten.

Änderungen der wirtschaftlichen oder regulatorischen Rahmenbedingungen sowie bedeutende technologische Entwicklungen können in der Zukunft zu anderen Ergebnissen bei der Potentialerschließung führen.

### 7.1 Strom

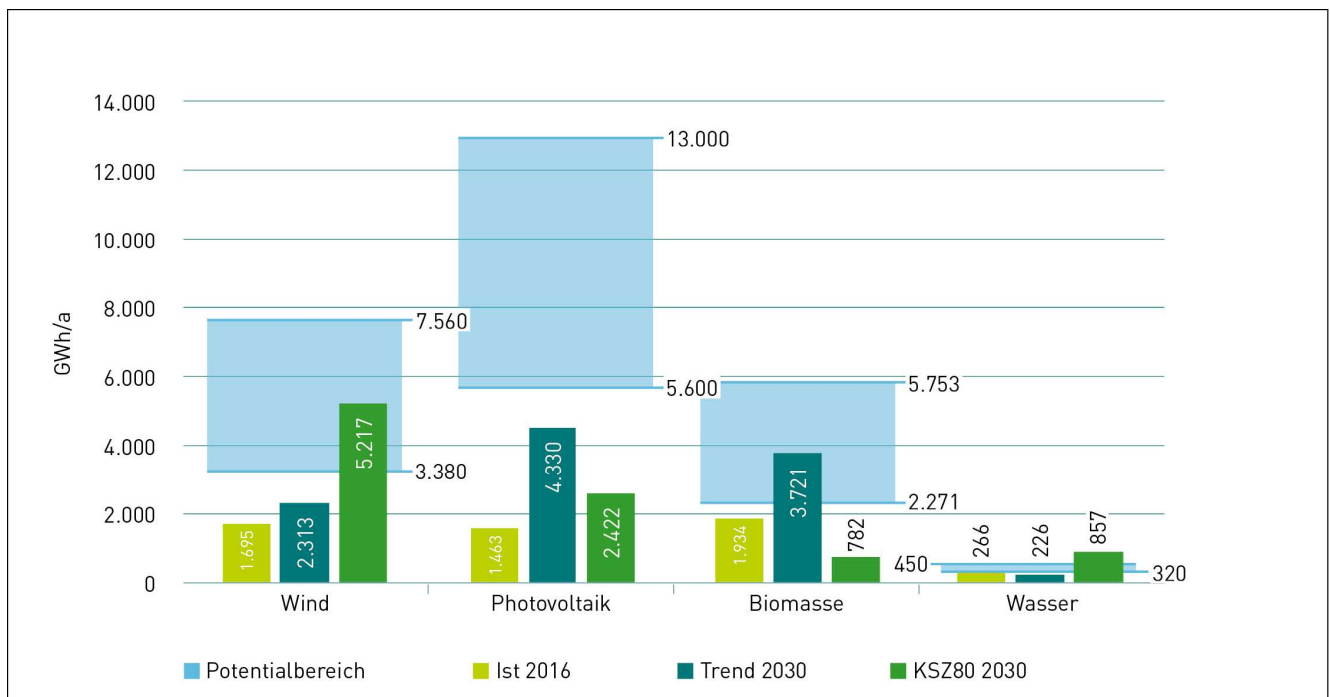


Abbildung 19: Potentiale und Zielwerte EE-Strom<sup>60</sup>

<sup>60</sup> eigene Darstellung.

## Windenergie

Für die Stromerzeugung aus Windenergie in Sachsen im Jahr 2030 sind technische Potentiale mit 3.380 bis 7.560 GWh in ausreichendem Maße vorhanden. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind diese auch mobilisierbar. Um den Anteil der erneuerbaren Energien auch im Szenario KSZ80 2030 in Sachsen und damit im Rahmen der bundesdeutschen Ziele darzustellen, sind Weichenstellungen erforderlich, die sowohl die Verfügbarkeit der Flächen als auch die Akzeptanz für die Windenergie gewährleisten.

## Photovoltaik

Im Jahr 2016 lag die Energieerzeugung aus Photovoltaik bei 1.463 GWh. Würde der Trend für den Zubau der Photovoltaikleistung bis zum Jahr 2030 linear fortgesetzt, ergäbe sich bis dahin eine Energieproduktion von 4.330 GWh pro Jahr.

Dieser Trendverlauf ergibt sich durch die sehr starken Zubaujahre 2010 bis 2012 und beinhaltet auch die aus der EEG-Vergütung entfallenden Anlagen mit einer Leistung von 290 MW, die vor dem Jahr 2010 in Betrieb genommen wurden. Ob diese Anlagen nach dem Entfallen der EEG-Vergütung weiter in das öffentliche Netz einspeisen werden, ist derzeit nicht prognostizierbar.

Im Szenario KSZ80 2030 ergibt sich für Sachsen eine jährliche Stromproduktion von 2.422 GWh aus Solarstromanlagen.

Die technischen Potentiale auf Dach- und Freiflächen sind im Freistaat Sachsen ausreichend vorhanden. Ob diese Potentiale auch umgesetzt werden können, hängt von den Rahmenbedingungen für Photovoltaikanlagen ab. Nur bei ei-

Die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie ist derzeit unter ökonomischen Aspekten für eine zukunftsorientierte Energieversorgung zu präferieren. Auch unter ökologischen Gesichtspunkten ist bei einer verantwortungsvollen Planung gegenüber der Nutzung anderer Primärenergieträger kein Nachteil zu verzeichnen.

**Die Nutzung eines Teils der Windenergiepotentiale in Sachsen – über den heutigen Stand hinaus – scheint durch entsprechende Anstrengungen bei der Zielstellung und den begleitenden Maßnahmen möglich.**

ner Verstetigung des Bruttozubaues von Photovoltaikleistung können die Ziele erreicht werden.

Nicht näher betrachtet wurde der fluktuierende Charakter der Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen. Durch einen Tag-Nacht- sowie Winter-Sommer-Zyklus ergeben sich, in Relation zur erzeugten Energiemenge, ausgeprägte Lastgradienten und hohe Spitzenleistungen. Dies führt zu zusätzlichen Herausforderungen für die Stromnetze und Residualkraftwerke.

**Der weitere Ausbau der Stromerzeugung aus Photovoltaik im Freistaat Sachsen ist bis zum Jahr 2030 möglich, sofern die Rahmenbedingungen für Investoren geeignet sind.**

## Biomasse

Im Jahr 2016 lag die Stromerzeugung aus Biomasse bei 1.934 GWh. Würde der Trend für den Zubau der Biomasseanlagen bis zum Jahr 2030 linear fortgeschrieben, ergäbe sich eine Energieproduktion von 3.721 GWh pro Jahr. Dieser Trendverlauf beinhaltet die sehr starken Zubaujahre 2006 bis 2014. Bereits heute ist absehbar, dass sich dieser Trend nicht fortsetzen wird.

So gab es seit den im EEG 2014 beschlossenen Änderungen (Ausbaukorridore, Absenkung der Vergütung, Streichen der Zuschläge für Nawaro) und den 2017 begonnenen Ausschreibungsverfahren (auch für Bestandsanlagen) für Biomasse einen Stillstand beim Ausbau der Bioenergie zur Stromerzeugung in Sachsen. Eine der wesentlichen Voraussetzungen zur Teilnahme an Ausschreibungen ist eine Flexibilisierung der Anlagen. So sinkt bei gleicher installierter Leistung die erzeugte Strommenge aus Biomasse, da flexible Anlagen mit verminderten Vollbenutzungsstunden betrieben werden.<sup>61</sup> Für die Zukunft wird ein Rückgang der installierten Leistung und erzeugten Strommengen erwartet.

## Wasserkraft

Das Szenario KSZ80 2030 zeigt für Sachsen einen Zielpfad von 857 GWh auf. Dieser liegt deutlich über dem Szenario Trend 2030 mit 221 GWh, welches die langfristige Entwicklung in Sachsen fortschreibt.

Die technischen Potentiale für die Stromerzeugung aus Biomasse sind im Freistaat Sachsen ausreichend vorhanden. Das im EKP 2012 für das Jahr 2022 gesetzte Ziel von 1.800 GWh wurde bereits erreicht.

**Die zur Erreichung des Szenarios KSZ80 2030 erforderliche Strommenge kann aus sächsischer Biomasse erzeugt werden. Die Potentiale und auch die derzeitigen Erzeugungsmengen liegen deutlich darüber.**

**Die Potentiale für Wasserkraft sind in Sachsen nahezu ausgeschöpft. Eine Erfüllung des Zielpfades aus dem Szenario KSZ80 2030 ist nicht möglich.**

---

<sup>61</sup> Vgl. (Scheftelowitz, M. et al, 2018).

## 7.2 Wärme

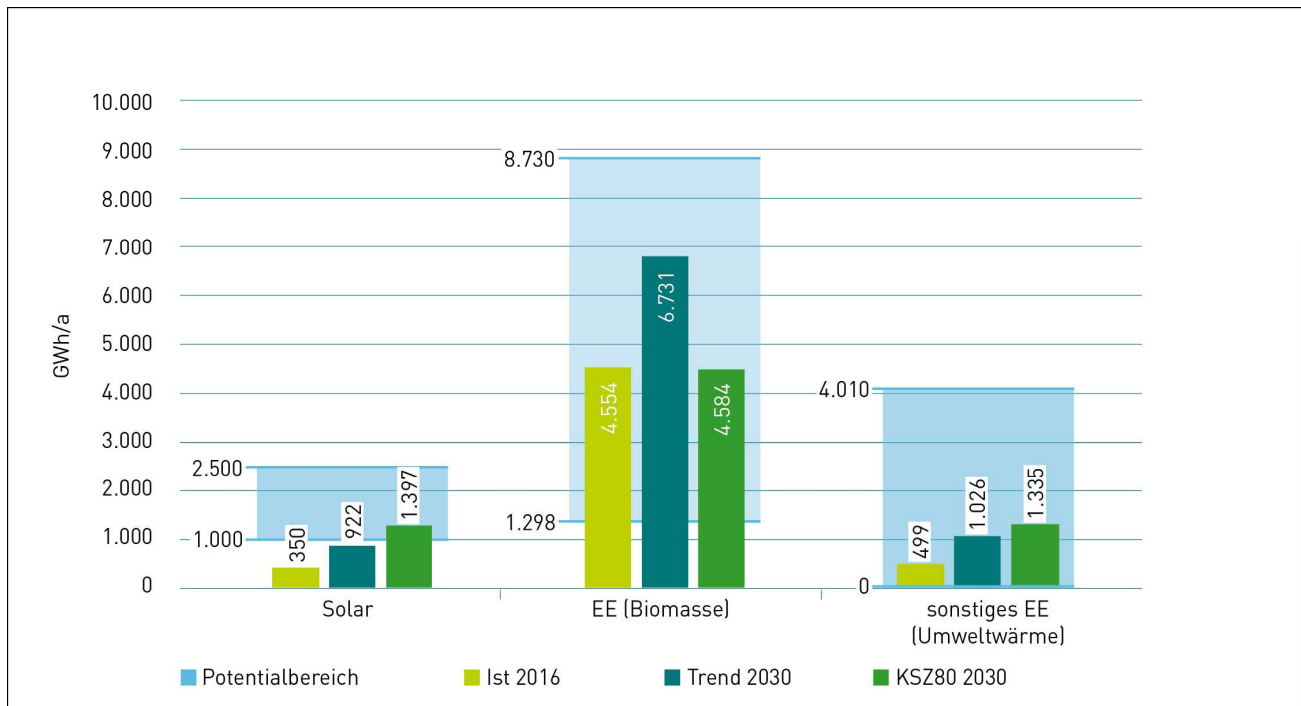


Abbildung 20: Zielwerte und Potentiale EE-Wärme<sup>62</sup>

### Solarenergie

Im Jahr 2016 betrug die Wärmeerzeugung aus solarthermischen Anlagen in Sachsen 350 GWh. Dies ist ein Schätzwert auf Basis der Kollektorfläche, da eine Erfassung der produzierten Wärmemengen aus diesen Anlagen üblicherweise nicht erfolgt. Der Trendverlauf, linear bis zum Jahr 2030 fortgesetzt, führt zu einer jährlichen erzeugten Wärmemenge aus solarthermischen Anlagen von 922 GWh im Jahr 2030. Das Szenario KSZ80 2030 erwartet für 2030 eine Wärmeproduktion von 1.397 GWh.

Das Trendszenario in Bezug auf die Energiemengen erscheint anhand der aus den Förderdaten ableitbaren zugebauten Kollektorflächen nicht plausibel. Außerdem sind die spezifischen Energieerträge für den Bereich der dominierenden Heizungsunterstützungsanlagen im Wohngebäudebereich eher geringer, als angenommen.

Eine Kostendegression oder signifikante technologische Weiterentwicklung der Solarthermie war im Verlauf der letzten Jahre nicht zu erkennen und wird auch für die Zukunft nicht erwartet.

**Die technischen Potentiale für den Einsatz von Solarthermieanlagen sind hoch. Auf Dachflächen ergibt sich unter Umständen eine Konkurrenz zum Einsatz von Photovoltaik. Eine Umsetzung dieses technischen Potentials in den nötigen Mengen wäre nur mit einer erheblichen Steigerung der Nettozu- bauraten an Kollektorfläche möglich und erscheint derzeit unwahrscheinlich. Die im Szenario KSZ80 2030 vorgesehene Wärmeerzeugungsmenge aus Solarthermie muss daher ggf. durch andere EE-Technologien substituiert werden.**

**Solarthermie auf Freiflächen, z. B. zur Einspeisung in Wärmenetze, ist derzeit aufgrund wirtschaftlicher Rahmenbedingungen noch eine Nischentechnologie.**

<sup>62</sup> eigene Darstellung.

## Biomasse

Im Jahr 2016 betrug die Wärmeerzeugung aus Biomasse in Sachsen 4.554 GWh. Der Trendverlauf, linear bis zum Jahr 2030 fortgesetzt, bedeutet eine jährliche erzeugte Wärmemenge von 6.731 GWh im Jahr 2030. Das Szenario KSZ80 2030 bezogen auf Sachsen veranschlagt eine Wärmeproduktion von 4.584 GWh.

In allen Studien, die eine Wärmenutzung mit berücksichtigen, verfügt Sachsen auch bei gleichzeitigem Einsatz von Biomasse zur Kraftstoffproduktion über das notwendige technische Potential, um das Szenario KSZ80 im Jahr 2030 zu erfüllen.

## Umweltwärme

Sowohl im Szenario Trend 2030 als auch im Szenario KSZ80 2030 wird der Anteil der Umweltwärme (Sektor Haushalte und GHD) dem Anteil sonstige erneuerbare Energien zugeordnet. Dort stellt sie aktuell und in Zukunft den größten Anteil der sonstigen erneuerbaren Energien dar.

Das technische Potential zur Nutzung von Umweltwärme in diesen Sektoren ist meistens nicht durch die Verfügbarkeit der Umweltwärme an sich, sondern vielmehr durch die Wärmenachfrage aus einem für Wärmepumpen geeigneten Gebäudebestand begrenzt. Zur Ermittlung dieser Nachfrage wurde angenommen, dass der Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 „klimaneutral“ auf durchschnittlich KfW-55-Standard saniert wird, und sich daraus – vom aktuellen Zustand ausgehend – eine entsprechende Gebäudestruktur in Sachsen für das Jahr 2030 ergibt.

Unter dieser Annahme ergeben sich für das Jahr 2030 Einsatzmöglichkeiten für Wärmepumpen, welche Umweltwärme im Umfang von 4.010 GWh nutzen könnten.

Der Trend zeigt allerdings eine deutlich geringere Sanierungsquote als für das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 erforderlich wäre, und dementsprechend auch deutlich geringere umsetzbare Einsatzpotentiale für Wärmepumpen. Im unsanierten Altbau sind meist keine zufriedenstellenden Jahresarbeitszahlen zu erreichen, wodurch dort ein Einsatz von Wärmepumpen nicht sinnvoll möglich ist.

Es bleibt abzuwarten, wie sich die Entwicklung im Bereich der Stromerzeugungsanlagen mit KWK auf die erzeugte Wärmemenge auswirkt. In allen Studien wird bei der Prognose der kombinierten Kraft-Wärme-Kopplung ein hoher Stellenwert eingeräumt und gegenüber einer reinen Verbrennung (außer bei Holz) priorisiert.

**Bereits im Jahr 2016 liegt die Wärmeproduktion aus Biomasse im Bereich des Szenarios KSZ80 2030 für das Jahr 2030. Das technische Potential ist in Sachsen vorhanden.**

Auch das KSZ80 Szenario geht bis 2030 von einem deutlich geringeren Einsatz von Umweltwärme im Gebäudebereich aus, als möglich wäre.

Um die Möglichkeiten zur Nutzung von Umweltwärme zu erschließen, sind daher erhebliche Anstrengungen zur Steigerung der Sanierungsquoten nötig.

Aufgrund weiterhin niedriger Preise für fossile Energieträger besteht für Gebäudeeigentümer derzeit kein ausreichender wirtschaftlicher Druck, die Energieeffizienz von Bestandsgebäuden zu verbessern.

Zu einem erheblichen Teil sind Wohnungsgenossenschaften und -gesellschaften für den betrachteten Zeithorizont, aufgrund der Ende der 1990iger Jahre durchgeführten Gebäudesanierungen, noch mit Krediten belastet. Außerdem ist die Höhe der erzielbaren Mieteinnahmen durch die lokalen Einkommensverhältnisse limitiert.

Durch den demographischen Wandel verändert sich in den nächsten Jahrzehnten die Mieterstruktur in Sachsen. Es wird daher für den betrachteten Zeitraum erwartet, dass Sanierungen auch unter dem Fokus „altersgerechtes Wohnen“ durchgeführt werden.

**Aktuell ist zu erwarten, dass sich der Trend der vergangenen zehn Jahre bis zum Zeithorizont 2030 fortsetzt und keine Erhöhung der Zubauraten von Wärmepumpen eintritt.**



### **Strom im Anwendungsbereich Wärme**

Im Szenario KSZ80 2030 wird sich der Anteil von Strom im Wärmesektor trotz der vermehrten Nutzung von Umweltwärme (Wärmepumpen) und ggfs. der Abwärmenutzung in der Industrie kaum verändern. Der absolute Stromverbrauch sollte in diesen Sektoren durch Effizienzsteigerungen (Gebäudesanierung, effiziente Stromverbraucher und -prozesse) zurückgehen.

Es ist im Szenario KSZ80 2030 nicht zu erwarten, dass erhebliche Stromzusatzverbräuche bis zum Jahr 2030 im Anwendungsgebiet der Wärme eintreten. Erst über das Jahr 2030 hinaus und insbesondere bei ambitionierten Klimazielstellungen ist mit deutlich steigenden Stromverbräuchen im Wärmesektor zu rechnen.

Gegenwärtig wird versucht, den bestehenden und zukünftigen Bestand von Power-to-Heat-Anwendungen zu flexibilisieren, um die perspektivisch zunehmenden volatilen Stromanteile im Stromnetz besser zu nutzen. Energieträger aus erneuerbaren Energien (Power-to-X) und deren Speicherung sowie weitere Verwendung in anderen Sektoren stellen neben anderen Speichern (Batterie, Pumpspeicher) eine weitere Option dar, die für die Sicherstellung einer Stromversorgung aus erneuerbaren Energien ggfs. benötigt wird. Der Einsatz dieser Technologien ist insbesondere von den regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie den Zielstellungen beim Klimaschutz abhängig.

### 7.3 Verkehr

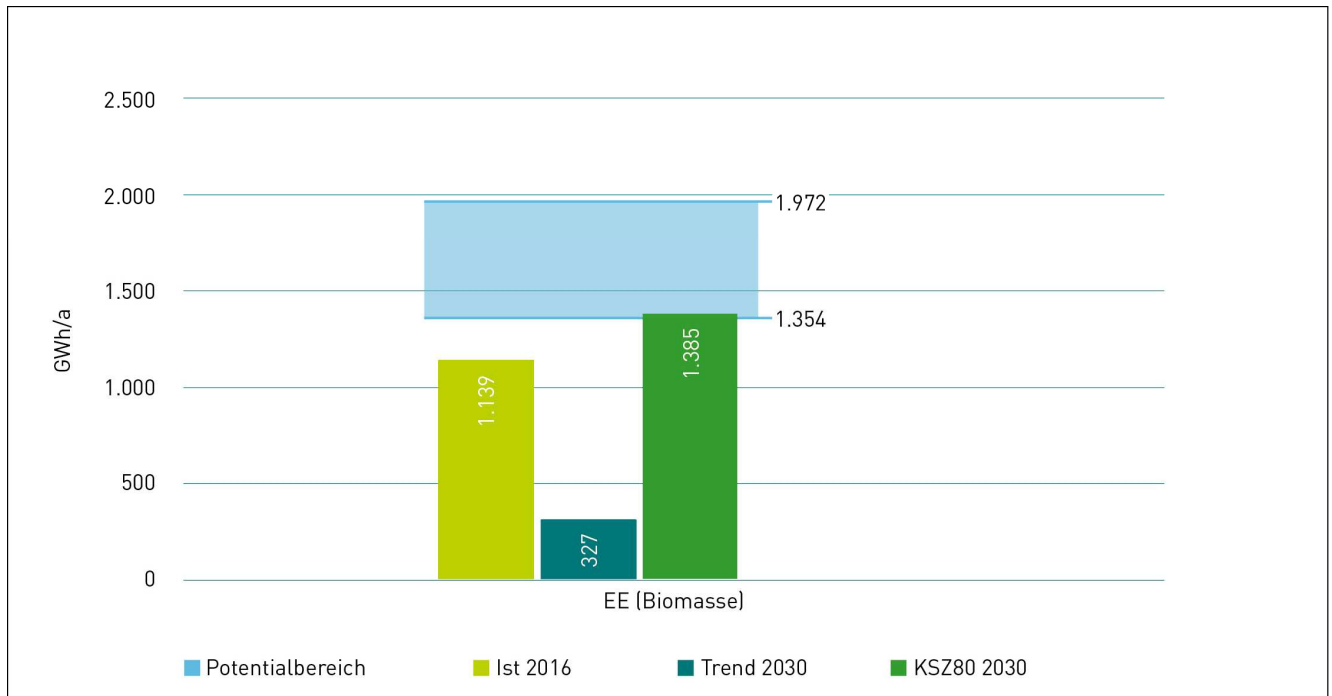


Abbildung 21: Potentiale und Zielwerte EE-Verkehr<sup>63</sup>

#### Biomasse

Im Jahr 2016 betrug die Kraftstoffproduktion aus Biomasse in Sachsen 1.139 GWh. Der lineare Trendverlauf bis zum Jahr 2030 ergibt einen deutlichen Rückgang auf 327 GWh im Jahr 2030 (im Gegensatz zu einem gestiegenen Energieverbrauch im Verkehrssektor). Dieser Trend beinhaltet den deutlichen Einbruch infolge des Wegfalls der Steuervergünstigung auf Biokraftstoffe und die gleichzeitig eingeführte verpflichtende Biokraftstoffquote. Das Szenario KSZ80 2030 bezogen auf Sachsen geht von 1.385 GWh im Verkehrsbereich aus Biokraftstoffen aus.

Gemäß den Studien verfügt Sachsen über das hierfür erforderliche technische Potential zur Erfüllung dieses Zieles. Allerdings sind hierfür hohe Nutzungsgrade zu realisieren, was wiederum die Wahrscheinlichkeit von Importen deutlich erhöht. Diese Entwicklung ist vor

allem unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten<sup>64</sup> kritisch zu hinterfragen. Allerdings wurde in den Studien teilweise die in den Jahren der Veröffentlichung noch geltenden Biokraftstoffmengenquoten als Limit festgelegt. Somit liegen die technischen Potentiale möglicherweise höher, dann allerdings im Gegenzug mit einer Reduzierung im Anwendungsbereich Strom/Wärme.

**Die technischen Potentiale für die Erfüllung des Szenarios KSZ80 2030 in Sachsen sind vorhanden. Hierfür wäre eine umfassende Ausschöpfung der Potentiale erforderlich, sofern diese aus heimischen Rohstoffen gespeist werden sollen. Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation werden im Szenario KSZ80 2030 kaum berücksichtigt, hier gäbe es weitere nachhaltige Optionen für den Verkehrssektor.**

<sup>63</sup> eigene Darstellung

<sup>64</sup> Hierbei ist zu berücksichtigen, dass vor dem Hintergrund einer sozial verträglichen Erzeugung der Biomasse für Biokraftstoff (insbesondere in bestimmten Drittländern) eine verstärkte Nutzung von Rest- und Abfallstoffen für die Biokraftstoffherzeugung und die Einführung einer Obergrenze für „konventionelle“ Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse eingeführt wurde.

## Sektorkopplung im Verkehr

Im Verkehrssektor muss aus energetischer Sicht im Wesentlichen zwischen Flugzeugen, Schiffen, schienengebundenem Verkehr und Straßenverkehr unterschieden werden.

Flugzeuge und Schiffe werden aus Gründen der Energiedichte auch im Jahr 2030 mit Treibstoffen betrieben. Diese können teilweise auf Biomasse basieren oder alternativ aus Strom, Wasser und Kohlendioxid synthetisiert werden. Angesichts aktueller Preisentwicklungen ist ein wirtschaftliches Potential für alternative Kraftstoffe in diesem Einsatzgebiet bis 2030 nicht wahrscheinlich, sich ändernde politische Rahmenbedingungen wie z. B. Kraftstoffquoten können allerdings einen solchen Einsatz befördern oder erzwingen.

Der Schienenfahrzeugverkehr zum Personen- und Gütertransport ist bereits heute zu großen Teilen elektrifiziert. Es wird angenommen, dass die Elektrifizierungsquote bis 2030 weiter ansteigt.

Für Kraftfahrzeuge steht das batterieelektrische Fahrzeug derzeit an der Schwelle zum Eintritt in den Massenmarkt und hat das Potential, bis zum Jahr 2030 signifikante Marktanteile zu erschließen. Aufgrund des hohen Wirkungsgrades von Elektromotoren ergeben sich aus energetischer Sicht signifikante Effizienzvorteile zum konventionell angetriebenen PKW, vor allem bei überwiegender Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien. Eine Wirtschaftlichkeit von batterieelektrischen PKW ist in vielen Einsatzszenarien bis 2030 wahrscheinlich.

Der Einsatz von Agrartreibstoffen in PKW ist nicht wirtschaftlich und wird derzeit durch Beimischungsquoten getrieben. Da im PKW-Bereich mit dem elektrischen Fahrzeug in den kommenden Jahren eine bzgl. Energieverbrauch und lokalen Schadstoffemissionen deutlich bessere Alternative bereitstehen wird, sind hier Änderungen wahrscheinlich.

Die Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen aus „Überschussstrom“ ist bis 2030 unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten voraussichtlich nicht konkurrenzfähig und wird sich auf Pilotanlagen zur Erprobung der Technologie beschränken. Die Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen in Elektrolyseuren mit hoher Auslastung ist kostengünstiger. Aus energetischer Sicht hingegen ist der Pfad, teilweise fossile Energieträger zu verstromen, diesen Strom dann zu Treibstoff zu wandeln und schließlich in einer Brennstoffzelle oder einem Verbrennungsmotor zu verwenden, nicht erstrebenswert, da in der Gesamtkette große Effizienzverluste auftreten. Im Vergleich zum batterieelektrischen Fahrzeug haben Wasserstoff und synthetische Treibstoffe Vorteile bei der Betankungszeit. Außerdem dienen sie als Speicher zwischen fluktuierender Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie einerseits und der Stromnachfrage für Mobilität andererseits.

In Reisebussen und LKW mit hohen Anforderungen an die Reichweite und „Tankzeiten“ ist bis 2030 keine starke Marktdurchdringung mit batterieelektrischen Antrieben zu erwarten. Hier werden bis 2030 politische Entscheidungen auf Bundes- und EU-Ebene ausschlaggebend für die künftig bereitgestellte Infrastruktur sein, sofern eine Substitution von fossilen Kraftstoffen in signifikantem Maße erfolgen soll. Technisch denkbar sind als Energieträger Wasserstoff aus Elektrolyse, aus diesem Wasserstoff produzierte synthetische Treibstoffe, Treibstoffe aus Biomasse oder der Einsatz von Elektrizität über Oberleitungen.

## Literaturverzeichnis

- Öko Institut e. V., Fraunhofer ISI. (2015). *Klimaschutzszenario 2050 2. Endbericht*.
- AEE. (2018). *Portal "Föderal Erneuerbar"*. (Agentur für Erneuerbare Energien) Von [www.federal-erneuerbar.de](http://www.federal-erneuerbar.de) abgerufen
- AEE. (2013). *Potentialatlas: Bioenergie in den Bundesländern Teilkapitel Sachsen*. Agentur für Erneuerbare Energien.
- Arnold, K. (2017). Herausforderungen und Erfolgsfaktoren für die Umsetzung der Energiewende – mit einem speziellen Exkurs zur Bioenergie. 7. Statuskonferenz „Energetische Biomassenutzung“. 20. November 2017 Leipzig.
- Auhagen, P. D. (2013). *Windenergieanlagen in Sachsen - Fünf Szenarien zum Ausbau der Windenergie*.
- BMUB. (2016). *Klimaschutzplan 2050*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit .
- Bosch & Partner GmbH et al. (2015). *Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland*. Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin.
- Brosowski et al. (2015). *Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen - Status Quo in Deutschland*. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR).
- BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (2018). *Solaratlas*. Von [www.solaratlas.de](http://www.solaratlas.de) abgerufen
- DBFZ. (2018). *Bioenergie-Atlas*. Von <https://www.dbfz.de/index.php?id=1061&L=0> abgerufen
- DBFZ. (2010). *Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen*. Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.
- eclareon GmbH. (2018). *Biomasseatlas*. Von [www.biomasseatlas.de](http://www.biomasseatlas.de) abgerufen
- Everding, D. (2004). *Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus*. Ecofys GmbH.
- Felsmann, P. C., Eckstädt, E., Rühling, D. K., & TU-Dresden. (2014). *Wärmeversorgung für Sachsen aus erneuerbaren Energien*. Technische Universität Dresden.
- Hobbie, H. et al. (2014). *Potenziale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen*. Technische Universität Sachsen.
- Kraus, U., Kind, O., & Spänhoff, B. (2011). *Wasserkraftnutzung in Sachsen – aktueller Stand und Perspektiven*.
- Lödl, M. et al. . (2010). *Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland*. Technische Universität München.
- LfULG. (2018). *Datenerhebung zum Bestand an Kleinf Feuerungsanlagen in Sachsen, Bericht in Bearbeitung*.
- Scheftelowitz, M. et al. (2018). *Stellungnahme zum EEG 2017*. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.
- SMUL. (2007). *Energie für die Zukunft – Sachsens Potential an nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse*. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.

SMWA & SMUL. (2013). *Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012*. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.

SMWA. (2017). *Windpotentialstudie Sachsen*. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.

Staatsbetrieb Sachsenforst. (2011). *Empfehlungen für die Regionalen Planungsverbände aus forstfachlicher Sicht für die Bewertung der Standorteignung von Waldflächen bei der Ausweisung von Vorrang- und Eignungsgebieten zur Nutzung der Windenergie (VREG WEA)* .

Statistisches Bundesamt. (2011). *Zensus 2011*. Von [www.zensus2011.de](http://www.zensus2011.de) abgerufen

StMWi. (Juni 2018). *Energie-Atlas Bayern*. (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie) Von [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de) abgerufen

Thrän, D. e. (2018). Bioenergy Carriers – From Smoothly Treated Biomass towards Solid and Gaseous Biofuels. *Chem. Ing. Tech* (1-2), S. 68-84.

Thrän, D. et al. (2018). Bioenergy Carriers – From Smoothly Treated Biomass towards Solid and Gaseous Biofuels. *Chem. Ing. Tech* (1-2), S. 68-84.

Thrän, D. et al. (2015). *Meilensteine 2030 - Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie*. Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ Band 18, DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.

Thrän, D., & Pfeiffer, D. (2013). *Methodenhandbuch - Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte* (Bd. „Energetische Biomassenutzung“ Band 4).

VEE. (2008). *Ermittlung der technischen Potenziale der erneuerbaren Energieträger in Sachsen sowie deren wirtschaftliche Umsetzungsmöglichkeiten für die Stromerzeugung bis zum Jahr 2020*. Grüne Ausbaustudie 2020 Perspektiven für Erneuerbare Energien in Sachsen, VEE SACHSEN e.V.