



---

**Dokumentation**

---

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Wesentliche Technologie-  
entwicklungen und damit verbundene ökonomische Effekte**

---

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Wesentliche Technologieentwicklungen und damit verbundene ökonomische Effekte**

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 009/21  
Abschluss der Arbeit: 25.02.2021  
Fachbereich: WD 5 Wirtschaft und Verkehr, Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz

---

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Technologien</b>	<b>6</b>
2.1.	Solarenergie	6
2.2.	Windenergie an Land	8
2.3.	Windenergie auf See	9
2.4.	Bioenergie	9
2.5.	Geothermie	10
2.6.	Wasserkraft	11
2.7.	Bewertung	12
<b>3.</b>	<b>Integration der Technologien</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen</b>	<b>14</b>
4.1.	Deutschland	14
4.2.	Bundesländer	19
4.3.	Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe	22
4.4.	Exporte und Importe von Technologiegütern	22
<b>5.</b>	<b>Anhang: Weiterführende Literatur</b>	<b>25</b>
5.1.	Weitere vom BMWi in Auftrag gegebene Studien	25
5.2.	Sonstige Literatur	25

## 1. Einführung

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick zu den durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geförderten Technologien und den daraus folgenden gesamtwirtschaftlichen Effekten.

Die **Steuerungswirkung** des EEG lässt sich wie folgt zusammenfassen:

„Das **EEG** ist und bleibt das **zentrale Steuerungsinstrument** für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Ziel des EEG ist es die Energieversorgung umzubauen und den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis 2050 auf mindestens 80 Prozent zu steigern. Der Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgt insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes zur Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung. Daneben sollen die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung verringert, die fossilen Energieressourcen geschont und die Technologieentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien vorangetrieben werden.“<sup>1</sup>

„Die Hauptziel[e] des Gesetzes für den **Vorrang erneuerbarer Energien** (Erneuerbare-Energien-Gesetz) ist es, ‚im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung‘ (§ 1 Abs.1 EEG) voranzutreiben. Um diese Ziele zu erreichen, wird in §1 Abs. 2 EEG festgelegt, welchen Anteil der Strom aus Erneuerbaren Energien an der Gesamtstrommenge in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten mindestens erreichen soll. Zwei grundlegende Instrumente bzw. Mechanismen sieht das Erneuerbare-Energien-Gesetz zur Zielerreichung vor: Zum einen wird den Betreibern von EEG-Anlagen garantiert, dass die Anlagen an das Stromnetz des nächstgelegenen Verteilungsnetzbetreibers angeschlossen werden und zudem der Strom auch abgenommen wird (Anschluss- und Abnahmegarantie). Zum anderen erhalten die Anlagenbetreiber für eine Laufzeit von 20 Jahren garantierte Vergütungssätze, die nach Art, Größe und Standort der Anlage differenziert sind (garantierte Einspeisevergütung).

Der vom Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütete **Ökostrom** wird in das **Stromnetz** eingespeist und von den Übertragungsnetzbetreibern am Spotmarkt der Strombörse verkauft. Da die mittleren Börsenpreise für Strom unter den garantierten Einspeisevergütungen liegen, wird der Fehlbetrag über die so genannte EEG-Umlage refinanziert. Diese entspricht nach der Ausgleichsmechanismusverordnung (AusglMechV) der Differenz zwischen den von den Netzbetreibern zu zahlenden Einspeisevergütungen und den an der Börse erzielten Verkaufserlösen und wird von den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern berechnet. Die EEG-Umlage wird letztlich über die Stromversorgungsunternehmen den privaten oder gewerblichen Endkunden in Rechnung gestellt.

Durch diesen **Fördermechanismus** löste das Erneuerbare-Energien-Gesetz bislang eine Vielzahl privater, kommunaler und unternehmerischer **Energiewendeinvestitionen** aus. Die u.a. durch das EEG geförderten Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen stellen in

---

1 BMWi, Informationsportal Erneuerbare Energien, Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html>; Alle Hervorhebungen in Zitaten dieses Sachstands durch Verfasser.

2018 bereits mehr als ein Drittel des deutschen Stromverbrauchs umweltverträglich, nachhaltig und dezentral sicher. So wurden das Oligopol der ehemals vier großen Energiekonzerne durchbrochen, weit über 300.000 zukunftsfähige Arbeitsplätze in Deutschland geschaffen, positive Wertschöpfungseffekte in allen Landesteilen erzeugt, eine rasante Technologieentwicklung ermöglicht und Milliardensummen für vermiedene Brennstoffkosten eingespart.“<sup>2</sup>

Die historische **Entwicklung** des EEG stellt sich im Überblick wie folgt dar:

„Mit der Einführung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) am **1. April 2000** wurde in Deutschland der **Grundstein zum Ausbau erneuerbarer Energien** gelegt. Das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) ist das bedeutendste rechtlich-formale Fundament zur Förderung Erneuerbarer Energien in Deutschland und hat maßgeblich zur Initiierung der Energiewende beigetragen.

Im EEG wurden zwei elementare Ziele verankert: Zum einen erhielt Strom aus regenerativen Quellen im Netz **Vorrang** gegenüber **konventionellem Strom**. Zum anderen wurde **Investitionssicherheit** für die Marktakteure geschaffen, indem der Gesetzgeber Vergütungssätze - die sogenannte Einspeisevergütung - für das Angebot erneuerbarer Energien fixierte.

Seit seiner Einführung im Jahre 2000 wurde es **mehrfach novelliert**, um den zunehmenden Ausbau an die Gegebenheiten im deutschen Strommarkt anzupassen und Erneuerbare Energien sinnvoll in diesen zu integrieren. Insbesondere die **Einspeisevergütung** als auch die Wälzung der damit verbundenen Kosten („**EEG-Umlage**“) unterliegen stetigen Anpassungen.

Seit dem Inkrafttreten ist der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch kontinuierlich gestiegen: Von 6,2 Prozent im Jahr 2000 auf 42,1 Prozent in 2019. In **zahlreichen Ländern der Welt** wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz kopiert und mit Anpassungen übernommen und hat damit weltweit eine einmalige Entwicklungsdynamik erzeugt.

Am 1. Januar 2021 trat das ‚**EEG 2021**‘ in Kraft. Die jüngste EEG-Novelle befreit Solaranlagen bis 30 kW<sub>p</sub> von der EEG-Umlage-Pflicht und regelt den Weiterbetrieb von **Solar- und Windkraftanlagen**, deren Förderung ausläuft.“<sup>3</sup>

---

2 energie-experten.org, Erneuerbare-Energien-Gesetz: Ziele, Prinzipien und Novellen im Überblick. <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/erneuerbare-energien-gesetz>.

3 energie-experten.org, Erneuerbare-Energien-Gesetz: Ziele, Prinzipien und Novellen im Überblick. <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/erneuerbare-energien-gesetz>, mit tabellarischer Übersicht zur Entwicklung des EEG.

## 2. Technologien

Zur Energiewende gehören folgende zentrale Technologien:<sup>4</sup>

- Solarenergie
- Windenergie an Land
- Windenergie auf See
- Bioenergie
- Geothermie
- Wasserkraft
- Systemintegration erneuerbarer Energien

Die einzelnen Technologien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### 2.1. Solarenergie

„Die Sonnenergie lässt sich vielfältig direkt nutzen. Solarzellen in Photovoltaikanlagen, solarthermische Kraftwerke und Sonnenkollektoren nutzen die Sonnenstrahlung ohne Umwege und wandeln die Strahlungsenergie in Strom oder Wärme um.

#### **Photovoltaikanlagen, Solarzellen**

Solarzellen wandeln Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um. Herzstück jeder Solarzelle ist ein Halbleiter, der meist aus Silizium besteht und den ‚photovoltaischen Effekt‘ nutzt: Bei bestimmten übereinander angeordneten Halbleiterschichten entstehen unter dem Einfluss von Licht (Photonen) freie Ladungen, die als Elektronen über einen elektrischen Leiter abfließen können. Der so entstehende Gleichstrom kann direkt zum Betrieb elektrischer Geräte genutzt oder in Batterien gespeichert werden. Wird er in Wechselstrom umgewandelt, kann er auch in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Das ist heute die häufigste Art, den Solarstrom zu nutzen.

In Deutschland tragen netzgekoppelte Photovoltaikanlagen maßgeblich zur Stromversorgung bei. Sie bestehen aus der eigentlichen Solaranlage, die bei direkter oder indirekter Einstrahlung Gleichstrom liefert, und einem Wechselrichtersystem, in dem Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt und dann direkt von Haushaltsgeräten genutzt oder ins Netz eingespeist werden kann. Die Windenergienutzung an Land und die Photovoltaik sind heute und in Zukunft wichtige Säulen der Stromversorgung in Deutschland, da sie kurz-

---

<sup>4</sup> BMWi, Informationsportal Erneuerbare Energien, Technologien, <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/technologien.html>.

und mittelfristig das kostengünstigste Ausbaupotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien darstellen. Netzgekoppelte PV-Anlagen werden mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert.

Darüber hinaus sind Photovoltaikanlagen als Bestandteil eines brennstoffunabhängigen und wartungsarmen Systems häufig auch eine wirtschaftliche Lösung für eine netzferne Stromversorgung. In Ländern, in denen Versorgungsnetze kaum ausgebaut sind, werden Photovoltaikanlagen für die Versorgung einzelner Häuser, Dörfer oder für Pumpen eingesetzt. In der Regel werden eine Batterie und ein Laderegler benötigt, um Schwankungen der Einstrahlung zu überbrücken oder um auch Solarstrom zur Verfügung zu stellen, wenn die Sonne nicht scheint, z. B. nachts.

### **Solarthermische Kraftwerke**

In solarthermischen Kraftwerken werden die Sonnenstrahlen mit Brennsiegeln, sogenannten konzentrierenden Spiegelsystemen, gebündelt. Sie erhitzen eine Flüssigkeit, die dann eine konventionelle Turbine antreibt. Diese Kraftwerke bestehen also aus einem innovativen Teil zur solaren Wärmeerzeugung und einem konventionellen Teil zur Stromerzeugung. Die Anlagen können zur reinen Stromerzeugung oder zur Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden, also zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme.

Als Standorte für solarthermische Kraftwerke kommen hauptsächlich die sonnenreichen Zonen der Erde in Frage, da nur ein Teil der Sonnenenergie genutzt werden kann. Lediglich die direkte Strahlung kann gebündelt werden. Der hohe Anteil diffuser Strahlung und die insgesamt niedrigere Einstrahlung erschweren den wirtschaftlichen Einsatz in Ländern wie Deutschland.

### **Solarwärmeanlagen, Sonnenkollektoren**

Mit Solarkollektoren wird die Strahlung der Sonne in Wärme umgesetzt, um Wasser für den täglichen Bedarf zu erwärmen oder Gebäude zu heizen. Solarthermische Anlagen eignen sich zur Erwärmung von Trinkwasser und zur Aufbereitung von heißem Wasser für die Heizungsanlage. Mit Solarthermieanlagen lassen sich auch Kälte und Prozesswärme erzeugen. Großes Potenzial liegt in der Speicherung von Solarwärme im Sommer für den Winter und der Verteilung von heißem Wasser über Nahwärmenetze.

Am 1. Januar 2009 ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz in Kraft getreten. Für Neubauten wird damit eine Nutzungspflicht für erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung eingeführt. Diese kann auch mit Wärmeerzeugung aus Solarenergie erfüllt werden. Kleine Solaranlagen sind ein Standard im Programm der Heizungsindustrie und des Fachhandwerks. Genutzt werden kann auch Solarenergie, z.B. mittels eigener Solarkollektoren oder durch den Bezug von Nah- oder Fernwärme in Kombination mit einer zentralen großen Solarwärmeanlage.

Solarwärmeanlagen, sowohl kleine als auch große, werden durch das Marktanzreizprogramm gefördert.<sup>5</sup>

---

5 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Solarenergie-Photovoltaik/solarenergie-photovoltaik.html>.

## 2.2. Windenergie an Land

„Bis zum Jahr 2035 soll der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern auf bis zu 60 % gesteigert werden, wobei der größte Anteil durch den Ausbau der Windenergie geleistet werden soll. In den vergangenen Jahren hat die Nutzung der Windenergie an Land wesentlich zur Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen beigetragen. Ungeachtet des zukünftig verstärkten Ausbaus von Offshore-Windparks in Nord- und Ostsee wird die Windenergie an Land die bedeutende Rolle behalten, da sie kurz- und mittelfristig das kostengünstigste Ausbaupotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien darstellt.

Die Entwicklung neuer Anlagenklassen mit deutlich größeren Gesamthöhen führt zu einer Vielzahl von Veränderungen in den unterschiedlichen Bereichen, die von der Nutzung der Windenergie beeinflusst werden. So zeigt sich derzeit ein deutliches Absinken der Kosten für die Windenergie durch das Größenwachstum. Diese neuen Anlagen haben eine Vielzahl an Vorteilen für die Stromversorgung und den sicheren Betrieb der Netze. Die Steuerung der Nutzung der Windenergie an Land erfolgt über die Landes-, Regional- und Genehmigungsverfahren, wobei zukünftig verstärkt das Repowering eine wichtige Rolle übernehmen wird. Beim Repowering werden gerade an guten Standorten viele alte kleinere Windenergieanlagen mit geringer Leistung durch moderne leistungstärkere Anlagen ersetzt werden können.

Die Windenergienutzung an Land wird als eine der kostengünstigsten Sparten der erneuerbaren Energien immer wichtiger für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Damit auch in Zukunft diese Sparte der erneuerbaren Energien kontinuierlich wachsen kann, muss auf Nachhaltigkeit, die passenden Standorte und ein transparentes Genehmigungsverfahren geachtet werden. Die Anliegen aller Beteiligten müssen dabei angemessen berücksichtigt werden, um die Akzeptanz vor Ort zu gewährleisten. Die regionale Wertschöpfung sowie Beteiligungsmodelle, wie beispielsweise Bürgerwindparks, können dabei eine wichtige Rolle spielen.

Rund um die Windenergie untersucht das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Erarbeitung des EEG-Erfahrungsberichtes unterschiedliche Teilaspekte und diskutiert diese breit mit den unterschiedlichen Akteuren.“<sup>6</sup>

Die **aktuellen Entwicklungen** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

„Während in den vergangenen Jahren die Nutzung der Windenergie an Land wesentlich zur Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen beigetragen hat, sollen **zukünftig** verstärkt Offshore-Windparks in **Nord- und Ostsee** zur Stromerzeugung in Deutschland beitragen. **Windenergie an Land** wird ihre bedeutende Rolle jedoch behalten, da sie kurz- und mittelfristig das **kostengünstigste** Ausbaupotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien darstellt. Der Ausbau der Windenergie erfolgt neben der Installation neuer Windparks auch durch das Repowering, d.h. alte, weniger leistungsfähige Anlagen werden durch neue und leistungstärkere ersetzt.

---

6 [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms\\_docId=69020](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms_docId=69020).

Dabei wird der weitere Ausbau der Windenergie an Land stärker durch die **begrenzten Flächen**, die für den Ausbau der Windenergie zur Verfügung stehen, bestimmt als durch eine Änderung der EEG-Vergütung. Die Bundesregierung hat daher in ihrem Energiekonzept vom September 2010 beschlossen, zusammen mit den Ländern eine Initiative auf den Weg zu bringen, die durch eine Weiterentwicklung der Raumordnungspläne die Ausweisung ausreichender Flächen für neue Windenergiegebiete ermöglicht.

Im Mai 2011 ist die **Bund-Länder-Initiative Windenergie** (BLWE) erstmals zusammengetreten und trifft sich seitdem im regelmäßigen Turnus.“<sup>7</sup>

### 2.3. Windenergie auf See

„Die Stromerzeugung durch Offshore-Windenergieanlagen ist in vielerlei Hinsicht **technisch anspruchsvoller** als die Windenergienutzung an Land. Dies gilt in besonderem Maße für die Errichtung der Anlagen. Der Offshore-Ausbau in Deutschland findet in einer Entfernung von mehr als 30 - 40 km vor der Küste in Wassertiefen von bis zu 40 Metern statt. Daraus resultieren besondere technische Herausforderungen, sei es bei der Verankerung der Anlagen in den großen Wassertiefen per Fundament oder der Anbindung der Windparks an das Stromnetz am Festland. Deutschland nimmt in diesem Zusammenhang eine Vorreiterrolle ein, da der Offshorezubau in den meisten anderen Ländern vorrangig in geringeren Entfernungen zur Küste stattfindet. Für die deutsche Offshore-Industrie ergeben sich somit große Potenziale im Rahmen der technischen Entwicklung. Mittelfristig wird dieses Know-how auch in anderen Ländern gefragt sein, wenn dort der Ausbau in größeren Küstenentfernungen angestoßen wird.

Die erhöhten Anforderungen an die Technik setzen sich auch in der Betriebsphase nahtlos fort. Die Anlagen müssen sowohl dem **hohen Salzgehalt** der Luft, dem Wellengang als auch den hohen Windgeschwindigkeiten standhalten können. Auch die Wartung der Anlagen auf hoher See stellt die Servicedienstleister vor neue Herausforderungen.“<sup>8</sup>

### 2.4. Bioenergie

„Biomasse ist bisher der wichtigste und vielseitigste erneuerbare Energieträger in Deutschland. Biomasse wird in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Herstellung von Biokraftstoffen genutzt. Knapp über **zwei Drittel** der **gesamten Endenergie** aus erneuerbaren Energiequellen wurde 2013 durch die verschiedenen energetisch genutzten Biomassen bereitgestellt.

Die Nutzung von Bioenergie soll in den Sektoren Wärme, Verkehr und Strom weiter ausgebaut werden. Die technisch nutzbaren Potenziale dafür sind in Deutschland vorhanden, gleichwohl sind sie begrenzt und ihre Erschließung ist oft nur mit **hohen Kosten** möglich.

---

7 [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms\\_docId=69022](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms_docId=69022).

8 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Windenergie-auf-See/Technik/Intro/intro.html>.

Neben der land- und forstwirtschaftlich bereitgestellten Biomasse stehen **Reststoffe** und Abfälle biogenen Ursprungs für die energetische Nutzung zur Verfügung. Hierzu zählen, neben dem Alt- und Gebrauchtholz, Bioabfälle (z.B. die Biotonne), Gülle/Festmist und Getreidestroh. Der Erschließung dieses in großen Teilen noch unerschlossenen Potenzials wird in Zukunft im Vordergrund stehen. Die energetische Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen trägt dazu bei, mögliche Nutzungskonflikte zwischen der energetischen und der stofflichen Nutzung von Biomasse zu vermeiden oder zu vermindern. Bei neuen Anlagen im Strombereich sollen zukünftig vor allem Abfall- und Reststoffe zum Einsatz kommen.

Der in Deutschland mit Abstand wichtigste Bioenergieträger ist das **Holz**. Der inländische Verbrauch von Holzrohstoffen hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen. Zu den Holzrohstoffen gehören Waldholz, Altholz (Gebrauchtholz), Landschaftspflegematerial, aber auch Industrierestholz, das auch im Waldholz bereits enthalten ist. Neben der Forstwirtschaft ist die Landwirtschaft ein wichtiger Lieferant von Biomasse für die energetische Nutzung. Im Vordergrund steht dabei der Rapsanbau zur Biodieselproduktion die Bereitstellung von Substraten für die Biogaserzeugung und der Anbau von stärke- und zuckerhaltigen Pflanzen zur Bioethanolherstellung.“<sup>9</sup>

## 2.5. Geothermie

„Geothermie – auch Erdwärme genannt – ist eine nach menschlichen Maßstäben unerschöpfliche Energiequelle. Wenn man von der Erdoberfläche in die Tiefe vordringt, findet man auf den ersten 100 m Tiefe eine nahezu **konstante Temperatur** von etwa 10°C vor. Danach steigt die Temperatur mit jedem weiteren 100 Metern, je tiefer man kommt, im Mittel um 3°C an. Dies nennt man Erdwärme (Geothermie) und man kann sie mit verschiedenen technischen Verfahren zur Energiegewinnung nutzen.

Hierfür gibt es drei verschiedene Verfahren: die oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) sowie geothermische Systeme, die warmes, im Untergrund vorhandenes Wasser nutzen (bis ca. 4.500 m Tiefe) und Systeme, die Wärme aus dem tiefen Gestein für die Stromerzeugung nutzen (in Fachkreisen auch petrothermale Geothermie genannt), welche gegenwärtig bis 5.000 m Tiefe vordringen.

Am 1. Januar 2009 ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz in Kraft getreten. Für Neubauten wird damit eine Nutzungspflicht für erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung eingeführt. Genutzt werden kann dabei auch die Geothermie, z.B. mittels Wärmepumpen in Kombination mit oberflächennaher Erdwärmennutzung oder Fernwärme aus einer tiefen Geothermieanlage.

### **Oberflächennahe Geothermie / Wärmepumpen**

Erdwärme der oberflächennahen Geothermie wird meistens mithilfe von Wärmepumpen genutzt. Diese Form der Geothermienutzung ist auch für Privatpersonen möglich. Mit einer Wärmepumpenanlage kann ein Gebäude mit Heizwärme, Kälte und Warmwasser versorgt werden. Effiziente Wärmepumpen werden im Marktanreizprogramm gefördert.

---

9 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Bioenergie/bioenergie.html>.

Anlagen der tiefen Geothermie zur Strom- und/oder Wärmeenergieerzeugung werden darüber hinaus auch durch das Marktanzreizprogramm gefördert.

### **Tiefe Geothermie**

Geothermische Anlagen zur Stromerzeugung werden durch die Bundesregierung mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Das EEG bietet durch feste Vergütungssätze und einen 20jährigen Vergütungszeitraum hohe Planungs- und Investitionssicherheit. Es besteht ein Anspruch auf Einspeisevergütung für den erzeugten Strom gegenüber dem jeweiligen Netzbetreiber (Energieversorgungsunternehmen).

Anlagen der tiefen Geothermie zur Strom- und/oder Wärmeenergieerzeugung werden darüber hinaus auch durch das Marktanzreizprogramm gefördert.

Im Bereich der tiefen Geothermie spielt die Forschungsförderung eine wichtige Rolle. Welche Schwerpunkte in der Forschungsförderung gesetzt werden, erfahren Sie aus der aktuellen Förderbekanntmachung.<sup>10</sup>

## 2.6. Wasserkraft

„Die kinetische und potenzielle Energie einer Wasserströmung wird über ein **Turbinenrad** in mechanische Rotationsenergie umgewandelt, die zum Antrieb von Maschinen oder Generatoren genutzt werden kann. Heute wird mit Wasserkraft in Deutschland fast ausschließlich elektrischer Strom erzeugt.

Die Wasserkraft ist eine ausgereifte Technologie, mit der **weltweit**, an zweiter Stelle nach der traditionellen Nutzung von Biomasse, der **größte Anteil** an erneuerbarer Energie erzeugt wird.

Die größten Potenziale zur Nutzung der Wasserkraft liegen in den **südlichen Bundesländern**, da hier der Voralpenraum für ein günstiges Gefälle sorgt. Die wesentlichen Potenziale der Wasserkraft liegen im Ersatz, in der Modernisierung und Reaktivierung vorhandener Anlagen sowie im Neubau an bestehenden Querbauwerken. Dabei müssen alle Umweltanliegen ausgewogen berücksichtigt werden. Eine Leistungssteigerung verbunden mit der Verbesserung der gewässerökologischen Situation ist dabei das Ziel der Bundesregierung.

Wasserwerke unterscheiden sich in kleine (kleiner 1 MW) und große Anlagen (größer 1 MW). Von den großen Wasserkraftanlagen in Deutschland sind 20% Speicherkraftwerke und 80% Laufwasserkraftwerke:

### **Kleinwasserkraftwerke**

Es besteht ein gewisses Ausbaupotenzial bei Kleinwasserkraftanlagen, insbesondere durch die Modernisierung und Reaktivierung bestehender Anlagen oder durch vereinzelt den Neubau an bestehenden Querbauwerken. Dabei ist den Anliegen des Naturschutzes und der Gewässerökologie Rechnung zu tragen. Die Anlagen werden sowohl im Inselbetrieb als auch netzgekoppelt eingesetzt. Technisch handelt es sich hier ebenfalls um Speicher- oder Laufwasserkraftwerke, die aufgrund kleinerer Fallhöhen und Wassermengen aber nur geringere

---

10 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Geothermie/geothermie.html>.

Leistungen liefern. Die Kosten für den Bau von Wasserkraftanlagen sind grundsätzlich an die Höhe der installierten Leistung gebunden, aber auch abhängig von der Fallhöhe, von den weiteren Standortbedingungen und insbesondere von den notwendigen ökologischen Maßnahmen.

### **Speicherkraftwerke**

Speicherkraftwerke nutzen das hohe Gefälle und die Speicherkapazität von Talsperren und Bergseen zur Stromerzeugung. Beim Talsperren-Kraftwerk befinden sich die Turbinen am Fuß der Staumauer. Beim Bergspeicherkraftwerk wird ein in der Höhe liegender See über Druckrohrleitungen mit der im Tal liegenden Kraftwerksanlage verbunden. Speicherkraftwerke können sowohl zur Deckung der elektrischen Grundlast als auch im Spitzenlastbetrieb eingesetzt werden. Pumpspeicherkraftwerke werden nicht durch natürliche Wasservorkommen, sondern durch aus dem Tal gepumptes Wasser aufgefüllt. Damit wird in Schwachlastzeiten erzeugter elektrischer Strom als potenzielle Energie des Wassers zwischengespeichert und kann in Spitzenlastzeiten wieder über eine Turbine abgerufen werden.

### **Laufwasserkraftwerke**

Laufwasserkraftwerke nutzen die Strömung eines Flusses oder Kanals zur Stromerzeugung. Charakteristisch ist eine niedrige Fallhöhe bei relativ großer, oft jahreszeitlich mehr oder weniger stark schwankender Wassermenge. Die Anlagen werden aus wirtschaftlichen Gründen oft in Verbindung mit Schleusen gebaut.“<sup>11</sup>

## 2.7. Bewertung

Die vorgenannten Technologien sind Gegenstand von Bewertungen durch Fachinstitute:

- Das **Wuppertal Institut** u.a. geben Technologiebewertungen innerhalb des Vorhabens „Technologien für die Energiewende“ heraus. Die umfangreichen Technologieberichte umfassen 31 verschiedene Technologiefelder.<sup>12</sup>
- Das **Fraunhofer-Institut** für Solare Energiesysteme ISE untersucht verschiedene Energietechnologien als Grundlage für Technologiebewertung, langfristige Unternehmensstrategien und für zukünftige Investitionsentscheidungen.<sup>13</sup>

## 3. Integration der Technologien

„Erneuerbare Energien sollen in Deutschland **zukünftig** den **Hauptanteil** der Energieversorgung übernehmen. Bis 2050 soll ihr Anteil an der Stromversorgung mindestens 80 Prozent betragen. Die erneuerbaren Energien müssen daher kontinuierlich in das Stromversorgungs-

---

11 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Wasserkraft/wasserkraft.html>.

12 [https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/TFE\\_Downloads\\_Technologieberichte\\_de.pdf](https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/TFE_Downloads_Technologieberichte_de.pdf).

13 <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/leistungselektronik-netze-und-intelligente-systeme/energie-systemanalyse/techno-oekonomische-bewertung-von-energietechnologien.html>.

system integriert werden, damit sie die konventionellen Energieträger mehr und mehr ersetzen. Dies erfordert einen grundlegenden Umbau des Energieversorgungssystems. Die Sicherstellung einer zuverlässigen, umweltverträglichen und volkswirtschaftlich effizienten Stromversorgung ist dabei eine der großen Herausforderungen der Energiewende.

Ziele der Systemintegration der erneuerbaren Energien sind insbesondere:

- Ein sicherer Netzbetrieb bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien,
- die Flexibilisierung von Stromerzeugung und -nachfrage,
- ein intelligentes Zusammenspiel von Stromerzeugung, Verbrauch und modernen Netzen,
- eine effiziente Nutzung der vorhandenen Netzstruktur.

Mit diesen Zielen ergeben sich neue Herausforderungen für die Gestaltung der Rahmenbedingungen für die Strommärkte sowie für den Netzausbau und -umbau. Die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen müssen einem sich im Wandel befindlichen Stromsystem gerecht werden und den Transformationsprozess intelligent steuern.

Im Jahr 2015 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung 30 Prozent. Dieser Wert ist allerdings lediglich ein Durchschnittswert für das gesamte Jahr. Innerhalb des Jahresverlaufes ist der Anteil zeitweise heute schon deutlich höher. Stundenweise erreichen die fluktuierenden erneuerbaren Energien – Wind und Photovoltaik – einen Anteil von über 60 Prozent. Laut Netzentwicklungsplan (NEP 2014, Szenario B) werden im Jahr 2024 wahrscheinlich bereits knapp 140 GW an erneuerbaren Energien in Deutschland installiert sein. Der Stromverbrauch (Last) innerhalb eines Jahres schwankt allerdings lediglich zwischen ca. 40 und 80 GW. Die erneuerbaren Energien werden also zukünftig vermehrt den aktuellen **Strombedarf alleine abdecken** bzw. mehr als den Bedarf produzieren. Andererseits wird es auch Zeiten geben, z.B. eine länger anhaltende **Windflaute** im Winter, in denen wenig erneuerbare Energien zur Verfügung stehen. Solche Phasen der „Dunkelflaute“ werden in absehbarer Zeit v.a. **durch flexible konventionelle Kraftwerke abzudecken** sein, um Versorgungssicherheit sicherzustellen. Perspektivisch könnten solche Zeiten durch Langzeitspeicher überbrückt werden.

Das Energieversorgungssystem muss an die sich zeitlich stark ändernden **Angebots- und Nachfragesituationen angepasst** sein. Neben einem großräumigen Ausgleich der wetterbedingten Fluktuationen der erneuerbaren Energien muss sich beispielsweise die Stromerzeugung besser an der Nachfragesituation orientieren. Andererseits muss aber auch der Stromverbrauch („Last“) flexibler werden, zum Beispiel durch Lastmanagement. Hierbei wird Strom gezielt dann verbraucht, wenn gerade viel davon zur Verfügung steht, z.B. in Starkwindzeiten. Variable Tarife machen es möglich, dass sich eine solche so genannte „Lastverschiebung“ für den Endverbraucher finanziell auch lohnt. Durch die Steuerung der Verbrauchsseite kann auch die Höchstlast und damit der Bedarf an gesicherter Leistung reduziert werden. So können auch die Stromverbraucher einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten.

Des Weiteren müssen die – meist dezentralen – Erneuerbare-Energien-Anlagen zunehmend Systemverantwortung übernehmen und zunehmend solche Leistungen zum Erhalt

der Stabilität der Stromversorgung erbringen, die bisher vor allem zentrale fossile Kraftwerke erbracht haben.

Mit dem neuen BMWi-Förderprogramm ‚Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende‘ (SINTEG) sollen in großflächigen Modellregionen massentaugliche Musterlösungen für eine klimafreundliche, sichere und effiziente Energieversorgung bei hohen Anteilen schwankender Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie entwickelt werden. Im Fokus stehen dabei intelligente Netze („Smart Grids“), die mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien für Stabilität und ein verbessertes Zusammenspiel von Erzeugung, Verbrauch, Speichern und Netzen sorgen sollen.“<sup>14</sup>

#### 4. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen

Das BMWi hat mehrere Studien im Hinblick auf die erneuerbaren Energien in Auftrag gegeben. Die folgenden Auszüge geben die wesentlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende wieder auf Basis dieser Studien.

##### 4.1. Deutschland

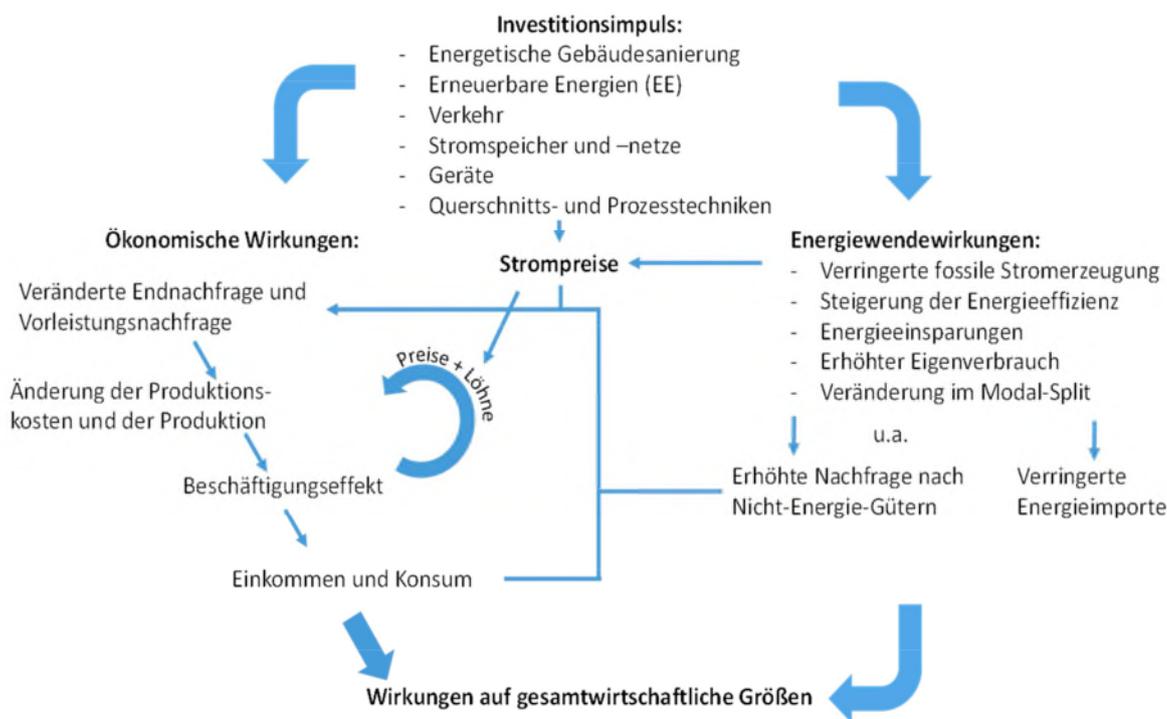
Die vom BMWi mit der Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte beauftragte Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH führt zu den grundlegenden Wirkungsmechanismen folgendes aus:

„Die **wichtigsten Treiber** für die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende sind die **Investitionsimpulse** in alle Teilbereiche der Energiewende. Dabei stehen den Mehrinvestitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien inklusive Netzausbau auch geringere Investitionen in konventionelle Kraftwerke gegenüber. Allein die Programme zur Unterstützung der energetischen Gebäudesanierung haben seit dem Jahr 2000 Investitionen in Höhe von mehr als 30 Milliarden Euro jährlich ausgelöst (vgl. IWU & Fraunhofer IFAM 2016 und frühere Jahrgänge). Im Bereich der Energieendnachfrage wurden gemäß der Bottom-up-Modellierung zwischen 2000 und 2014 147 Mrd. Euro in Preisen des Jahres 2014 zusätzlich für die Energiewende investiert, im Bereich der Umwandlung, also vor allem der Stromerzeugung waren es im gleichen Zeitraum sogar 158 Mrd. Euro. **Investitionen** in dieser Höhe lösen eine Vielzahl von wirtschaftlichen Impulsen aus (vgl. Abbildung 4-1) und **bewirken Treibhausgasreduktionen**, eine **Verringerung von Energieimporten** und den **Umbau der Energieversorgung** insgesamt, wie er in der Energiewende angestrebt wird. Zugleich müssen die Investitionen finanziert werden, was beim bisherigen Finanzierungsrahmen zu Änderungen der Energiepreise, insbesondere bei den Strompreisen, führt.

---

14 <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Systemintegration-Erneuerbarer-Energien/systemintegration.html>.

Abbildung 4-1: Wirkungskanäle der Energiewende



Quelle: Eigene Darstellung

[Quelle: GWS]

Auf der gesamtwirtschaftlichen Seite führen Investitionen in Energieeffizienz und die Veränderung des Energiesystems **zu stärkerer Nachfrage** nach den entsprechenden **Effizienz- und EE-Technologien** und ihren **Vorleistungen**, u.a. nach den Dienstleistungen, die mit dem EE-Ausbau, der Erstellung von Effizienzgutachten und den entsprechenden Beratungsleistungen, die mit der Energiewende verbunden sind. Dies führt einerseits zu **höherer Produktion in den betreffenden Wirtschaftszweigen**, zu höherer Nachfrage nach Gütern aus dem Ausland und insgesamt zu einer Substitution von Energiegütern (wie z.B. Energienachfrage zum Heizen oder für Industrieprozesse) durch Kapitalgüter (Dämmung, effizientere Motoren). Dagegen werden Wirtschaftszweige, die in der klassischen fossilen Energiewirtschaft angesiedelt sind, mit Umsatz- und Produktionsrückgängen konfrontiert. In der Vergangenheit ließ sich dies bereits für die großen Energieversorgungsunternehmen vor allem im Strombereich beobachten. Positive wie negative Produktionsveränderungen und mehr oder minder erbrachte Dienstleistungen übersetzen sich, wenngleich nicht eins zu eins, in entsprechende Veränderungen in der Beschäftigung. Diese Beschäftigungseffekte verändern die Einkommen der Haushalte und führen zu Veränderungen im Konsum. Hierdurch pflanzen sich die zusätzlichen Nachfrageeffekte in alle Wirtschaftsbereiche fort. Diese Veränderungen ergeben zusammen mit den Änderungen der Außenhandelstätigkeit, der staatlichen Nachfrage und Konsumausgaben die Veränderung des Bruttoinlandsprodukt (BIP). Das BIP wird trotz Kritik weiterhin häufig als Kriterium für die Vorteilhaftigkeit eines bestimmten Szenarios herangezogen.

Die vielfältigen Energiewendewirkungen betreffen abgesehen von der Stromerzeugung vor allem Bestandsgrößen und sind deshalb zunächst weniger deutlich sichtbar als die Investitionsimpulse. **Energieeinsparungen durch Energieeffizienz** und dadurch verringerte Energieimporte oder Veränderungen der Treibstoffnachfrage durch alternative Antriebe **kumulieren sich über die Jahre**. Niedrigere Energieausgaben ermöglichen Konsumenten eine höhere Nachfrage nach anderen Gütern. Unternehmen können kostengünstiger produzieren. Insbesondere langfristig sind diese Energiewendewirkungen der zentrale Grund für die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende.<sup>15</sup>

Das Ergebnis der Studie basiert auf dem:

„**Vergleich zweier Szenarien**. Das **Energiewende-Szenario (EWS)** basiert ex-post (2000-2014) auf den Ist-Werten. Die Entwicklung der Jahre 2015 bis 2050 wird als Umsetzung der Energiewende interpretiert. Das EWS hat den Charakter eines Zielszenarios, in dem die langfristigen Reduktionsziele für Treibhausgase und weitere Ziele der Energiewende erreicht werden. Das **Kontrafaktische Szenario (KFS)** erzählt die Geschichte einer alternativen Entwicklung, bei der ab dem Jahr 2000 der Pfad der Energiewende nicht verfolgt wird. Die Transformation zu einer nachhaltigen Energieversorgung wird nicht als Ziel betrachtet. Die bis ins Jahr 2000 geleistete Transformation wird aber nicht rückgängig gemacht; erreichte Standards bleiben erhalten. Das Energiewende-Szenario und das Kontrafaktische Szenario basieren auf identischen Annahmen bezüglich der Leitvariablen Bevölkerung, Erwerbstätige, Bruttowertschöpfung und Energiepreise.

Die **Differenzen** zwischen dem **Kontrafaktischen Szenario** und dem **Energiewende-Szenario** ergeben sich aufgrund der **ab dem Jahr 2000 eingeführten Instrumente und Förderprogramme**:

- Alle neuen nationalen Gesetzesänderungen im Energiebereich werden der Energiewende zugerechnet. Da die Bundesregierung den Gesetzesänderungen im EU-Ministerrat zustimmt und hierbei die Ziele der Energiewende berücksichtigt, werden auch alle EU-Gesetze im Energiebereich der Energiewende zugerechnet. Dies schließt alle durch die EU angestoßenen und in Deutschland eingeführten Gesetze ein, wie beispielsweise die Ökodesign-Richtlinien oder die CO<sub>2</sub>- Grenzwerte für die Pkw-Neuwagenflotte.
- Da ab dem Jahr 2000 die Energiewende nicht weiterverfolgt wird, werden im Kontrafaktischen Szenario die bestehenden Fördertatbestände im Energiebereich nicht weitergeführt; diese laufen aus. Die Gesamtwirkung aller Fördermaßnahmen ab dem Jahr 2000 wird der Energiewende zugerechnet.

---

15 Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH, 2018, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende, im Auftrag des BMWi, GWS RESEARCH REPORT 2018/04, S. 69 ff., [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energie-wende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energie-wende.pdf?__blob=publicationFile&v=8).

Die beiden **Szenarien unterscheiden sich im Zeitverlauf** zunehmend bei Primärenergieverbrauch, Endenergieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen (THG). Im Kontrafaktischen Szenario verringert sich der Primärenergieverbrauch auf 12.236 PJ (-15 % gegenüber 2000).

Im Energiewende-Szenario sinkt der Verbrauch um zusätzliche 5.242 PJ auf 6.993 PJ (-52 % gegenüber 2000). Im EWS sinkt der Endenergieverbrauch im Jahr 2050 auf 5.268 PJ. Gegenüber dem Jahr 2000 bedeutet dies eine Reduktion um 44 %. Im KFS sinkt der Verbrauch erwartungsgemäß weniger stark als im EWS. Im Jahr 2050 liegt der Endenergieverbrauch bei 8.332 PJ (-12 % gegenüber 2000). Das sind 3.065 PJ mehr als im Energiewende-Szenario.

Im Energiewende-Szenario verringern sich die THG-Emissionen bis ins Jahr 2050 auf 238 Mio. t CO<sub>2</sub>eq (ohne LULUCF, ohne internationale Verkehre). Dagegen bleiben die THG-Emissionen im KFS gegenüber dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2050 weitgehend unverändert.“

Basierend auf diesen Szenarien kommt die Studie zu folgendem **Ergebnis**:

„Der Vergleich der gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse der beiden Szenarien EWS und KFS im Modell PANTA RHEI<sup>[16]</sup> zeigt durchgehend **positive Effekte** der Energiewende insgesamt. Im Jahr 2050 ist das **BIP** im EWS um fast 4% größer als im KFS. Die **Beschäftigung** fällt um etwa 1% höher aus. Zusätzlich steigen auch die **Reallöhne**. Es werden dabei keine zusätzlichen Exporte von Energiewendegütern betrachtet, die sich ergeben dürften, wenn andere Länder sich an der deutschen Politik und entsprechenden Technologien orientieren.

Die Ergebnisse sind von einer Vielzahl von **Annahmen** und Modellzusammenhängen abhängig. Sensitivitätsrechnungen bieten die Möglichkeit, die Bedeutung wichtiger Einflussgrößen auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte zu prüfen und Modelleigenschaften auch mit anderen Analysen zu vergleichen.

Die Aufspaltung des EWS in Inputgrößen aus den Bottom-up-Modellierungen für den Strommarkt und für den Bereich der Endnachfrage zeigt, dass die gesamtwirtschaftlichen Effekte durch die Energiewende im **Strommarkt** insgesamt sehr viel **kleiner** sind als die durch die Maßnahmen auf der **Endnachfrageseite** ausgelösten Effekte. Auch die Wirkungsrichtung ist weniger eindeutig. Dagegen sind die Wirkungen von Maßnahmen zur

---

16 Anm.: Das hier in der Analyse verwendete Modell PANTA RHEI (altgriechisch „alles fließt“) ist ein makroökonomisches Modell post-Keynesianischer Theorierichtung, das die Nachfrageseite stärker betont, wobei anders als bei einfachen Input-Output-Ansätzen beide Marktseiten eine wichtige Rolle spielen. Verhaltensparameter werden durch ökonomische Schätzung von Zeitreihendaten bestimmt, sodass die Empirie von großer Bedeutung ist. Märkte sind in der Regel nicht geräumt. Es tritt unfreiwillige Arbeitslosigkeit auf. Ungleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage werden eher durch Mengen- als durch Preiseffekte ausgeglichen. Das Modell wird jährlich aktualisiert und durch Anwendungen u.a. für den Arbeitsmarkt, Energiewende und Klimaschutz regelmäßig evaluiert. Die ökonomisch geschätzten Gleichungen werden dabei regelmäßig im Modellzusammenhang auf ihren Erklärungsgehalt hin getestet (siehe S. 124 der Quelle).

Steigerung der Energieeffizienz und zu erneuerbaren Energien im Bereich der Endnachfrage mit deutlich positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden, die durch die kumulierte Einsparung teurer fossiler Energieträger mit zunehmendem Verlauf der Energiewende immer positiver ausfallen. Damit gibt es auch gute gesamtwirtschaftliche Gründe für den Ansatz ‚Efficiency first‘. Zugleich muss berücksichtigt werden, dass die konkrete Ausgestaltung der Energiewende die gesamtwirtschaftlichen Effekte deutlich beeinflussen kann.

Die Sensitivitäten mit Restriktionen auf dem Arbeitsmarkt und zur Finanzierung von zusätzlichen Investitionen zeigen, dass gerade angesichts der sehr guten gesamtwirtschaftlichen Lage in Deutschland auch diese Aspekte zukünftig stärker beobachtet werden sollten. Die positiven Effekte der Energiewende könnten in einer Situation mit sehr hoher Auslastung der Produktionskapazitäten durch die Verdrängung alternativer Verwendungen deutlich **geringer** ausfallen. Allerdings gibt es derzeit keinen Grund, die Modellierung entsprechend zu verändern. Noch besteht ein ausreichend flexibles Arbeitsangebot und die Zinsen befinden sich auf historisch niedrigem Niveau. Internationale Organisationen wie IWF und OECD (2018) mahnen regelmäßig höhere Investitionen in Deutschland an.

Die Ergebnisse passen in Größenordnung und Richtung zu eigenen früheren und anderen Studien, sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Studien **optimistisch** sind bzgl. der **Steuerungsfähigkeit** des Staates und der internationalen Zusammenarbeit im Klimaschutz. Die Zielerreichung wird mit Ausnahme von Bergbau und Energieversorgung ohne deutliche Verwerfungen erwartet, u.a. weil keine konkrete Instrumentierung der Energiewende abgebildet ist. Diese Ergebnisse werden im weiteren Projektverlauf zum einen durch Sensitivitätsanalysen noch weiter differenziert. Zum anderen werden im Vorhaben die Verteilungseffekte der Energiewende genauer betrachtet. Einen ersten Hinweis auf Verteilungswirkungen liefern die Finanzierungssalden einzelner Sektoren. Demnach sind die privaten Haushalte der Sektor mit dem größten Finanzierungsbeitrag zur Energiewende. In diesem Zusammenhang bleibt im Weiteren zu prüfen, inwieweit das Konzept einer energiewirtschaftlichen Gesamtrechnung (Lehr, Walter & Lutz 2017) mit den gesamtwirtschaftlichen Ergebnissen für zukünftige Jahre wie etwa 2030 verknüpft werden könnte, um Aussagen über zukünftige Belastungen mit Energieausgaben daraus abzuleiten.

Auch Fragen zu den **Gewinnern** und **Verlierern** der Energiewende während der Transformation können nicht im Detail beantwortet werden. Wer letztendlich die Last der Energiewende in der Zukunft tragen wird, bleibt unbeantwortet, weil sie abhängig von der konkreten Ausgestaltung der Instrumente ist. Um einen Pfad überhaupt zu ermöglichen, sind Refinanzierungsmechanismen und Ausnahmetatbestände bei der Förderung erneuerbarer Energien in die Zukunft fortgeschrieben worden. Ob diese Instrumente nun EEG heißen, oder die Überwälzung der zukünftigen Kosten in ähnlicher Größenordnung mit einem anderen Instrument umgesetzt wird, wird die Ergebnisse nur unwesentlich verändern. Wenn jedoch hypothetisch ein völlig neuer Mechanismus gefunden würde, der beispielsweise die Haushalte entlastet, wären die Effekte anders verteilt. Verteilungswirkungen lassen sich auch bezüglich der regionalen Effekte ausweisen. Die Kosten und Vorteile des Ausbaus erneuerbarer Energien sind unterschiedlich verteilt. Die intuitive Erkenntnis ‚Sonne

im Süden, Wind im Norden‘ stimmt beispielsweise nur bedingt, wenn es um die Regionalisierung von Beschäftigung und Wertschöpfung geht, wie ergänzende Untersuchungen für die einzelnen Bundesländer zeigen (Ulrich & Lehr 2018, Ulrich, Lehr & Lutz 2018).

Mit Blick auf zukünftige gesamtwirtschaftliche Analysen der Energiewende könnte die **Instrumentierung** der Energiewende genauer betrachtet werden. Sie kann ihrerseits die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Effekte verändern, was auch wichtige Aussagen für die Energiepolitik liefern kann. Für wichtige neue Technologien der Energiewende wie die Elektromobilität sind die ökonomischen Auswirkungen ebenfalls spezifischer zu analysieren. Die zukünftigen Wertschöpfungsanteile und etwa die Frage, ob Batterien zukünftig in Deutschland produziert werden, sind für die betroffenen Industrien, für die Gesamtwirtschaft und auch die Höhe des Energieverbrauchs für die Herstellung wichtig, was letztlich wiederum die politische Steuerung der Energiewende beeinflusst.“<sup>17</sup>

#### 4.2. Bundesländer

Eine weitere, vom BMWi bei der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH in Auftrag gegebene Studie, die neben den gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen auch die einzelnen Bundesländer in den Fokus rückt, kommt zu folgenden Ergebnissen:

„Die makroökonomische Analyse mit PANTA RHEI ergibt, dass das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland im Energiewendeszzenario (EWS) im Jahr 2030 um rund 83 Mrd. Euro und damit um etwa **2,5 % über dem Wert** im Kontrafaktischen Szenario (KFS) liegt (Tabelle 1). Im Jahr 2040 sind es rund 125 Mrd. Euro (3,4 %).

Tabelle 1: Preisbereinigtes BIP und seine Komponenten – Abweichungen im EWS vom KFS in Mrd. Euro 2010 und in %

	2030	2040	2030	2040
	Abweichung in Mrd. Euro		Abweichung in %	
Bruttoinlandsprodukt	82,56	125,18	2,45	3,42
Privater Konsum	44,77	70,59	2,45	3,58
Staatskonsum	12,44	25,44	2,07	4,00
Ausrüstungen	22,78	28,20	5,50	5,68
Bauten	11,29	11,44	5,50	5,68
Exporte	-5,62	1,03	-0,24	0,03
Importe	-3,38	3,70	-0,15	0,13
Erwerbstätige (1 000)	222,3	370,6	0,52	0,90

Quelle: Lutz et al. 2018.

[Quelle: GWS]

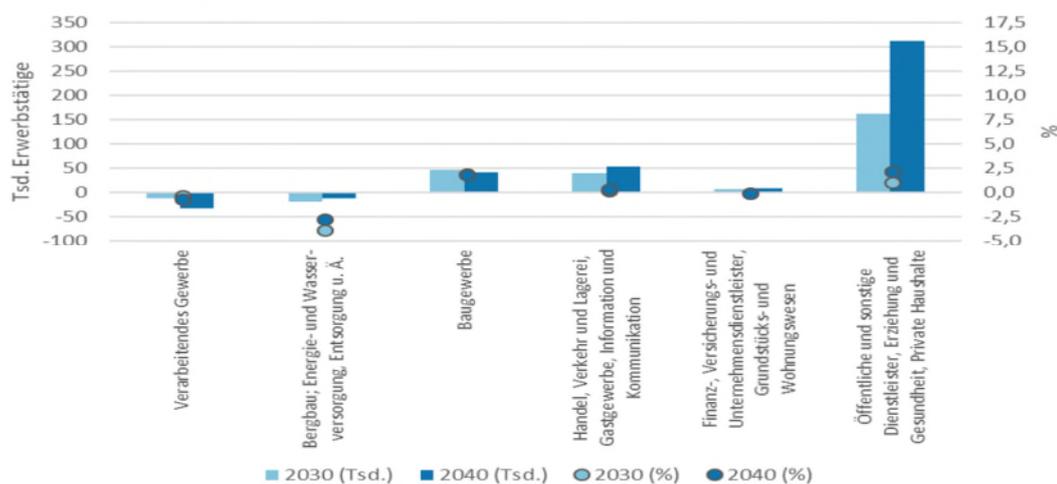
Die positiven Abweichungen zeigen sich in allen Komponenten des BIP außer beim **Außenhandel**, in denen die Abweichungen gering sind. Im Jahr 2030 ist die Abweichung der Investitionen besonders hoch, aber auch auf den privaten Konsum entfällt ein großer Teil der positiven Abweichungen. Zum Jahr 2040 hin reagiert der private und staatliche Konsum nochmals besonders stark, während die Abweichungen bei den Investitionen kaum

<sup>17</sup> A. a. O., S. 115 ff.

noch zunehmen. Die Anzahl der Erwerbstätigen ist im Energiewendeszenario im Jahr 2030 um 222 000 höher als im Kontrafaktischen Szenario, im Jahr 2040 beträgt die absolute Abweichung etwa 370 000. Die entsprechenden relativen Abweichungen betragen 0,52 und 0,9 %. Zu erwähnen ist, dass die Abweichung des BIP im Jahr 2015 bereits 1,2 % beträgt, da das Kontrafaktische Szenario bereits für die Jahre ab 2000 definiert wurde. Mehr Ergebnisse und Hintergründe zu den Ergebnissen der Szenarioanalyse sind in Lutz et al. (2018) zu finden.

Betrachtet man die Verteilung der Effekte auf die Wirtschaftsbereiche, so lässt sich zunächst feststellen, dass die **Bruttowertschöpfung** in fast allen Wirtschaftsbereichen im Energiewendeszenario **höher** ist als im Kontrafaktischen Szenario. Einzig im Bergbausektor ergeben sich langfristig teilweise negative Effekte auf die Wertschöpfung. Die Effekte auf die Beschäftigung und allgemein die Erwerbstätigkeit sind über die Wirtschaftsbereiche hinweg deutlich differenter (vgl. Abbildung 5). Die höchsten relativen Abweichungen zeigen sich im Bereich Bergbau, Energie- und Wasserversorgung mit -3,7 % im Jahr 2030 und -2,6 % im Jahr 2040. Innerhalb dieses Aggregats zeigt der Bergbau besonders hohe negative Abweichungen. Im Verarbeitenden Gewerbe ist die Anzahl der Erwerbstätigen im Durchschnitt um 0,2 % (2030) und 0,5 % (2040) geringer. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes zeigen sich ebenso Unterschiede in den Effekten. In der Nahrungsmittelindustrie sind die Effekte vernachlässigbar und im Maschinenbau ergeben sich in den Jahren 2030 und 2040 leicht positive Abweichungen in der Erwerbstätigkeit. In den übrigen industriellen Sektoren betragen die Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem Kontrafaktischen Szenario -0,5 bis -2 %. Besonders positive relative Abweichungen zeigen sich im Baugewerbe mit jeweils um die 2 % sowie im Dienstleistungsbereich. Gerade mit Blick auf die Absolutzahl sind die positiven Abweichungen im Bereich der öffentlichen Dienstleistungen besonders relevant. Sie betragen 160 000 Personen im Jahr 2030 und 310 000 im Jahr 2040. Hintergrund sind die durch höhere Wirtschaftsleistung ausgelösten Einkommenseffekte, die zu einer verstärkten Nachfrage in diesem Bereich und hier insbesondere in den Bereichen Bildung, Kunst und Unterhaltung sowie haushaltsnahe Dienstleistungen führen. Die relativen Abweichungen in den Handels-, Transport- und Informationssektoren betragen 0,4 und 0,5 %.

**Abbildung 5: Anzahl Erwerbstätige – Abweichungen im EWS vom KFS für Wirtschaftsbereiche in Tsd. und in %**



Quelle: Eigene Darstellung.

Quelle: GWS (sh. Fn. 15)

Dieser leichte **Beschäftigungsrückgang** im verarbeitenden Gewerbe ist für sich genommen zunächst kontraintuitiv, weil die Nachfrage nach Energiewendegütern hoch bleibt und die Produktion des verarbeitenden Gewerbes durch die Energiewende deutlich steigt. Letztlich zeigt sich, dass eine alleinige Betrachtung von Beschäftigten (in Personen oder Stunden) in einer Volkswirtschaft mit hohem Beschäftigungsstand zu kurz greift. Positive Arbeitsmarkteffekte schlagen sich zunehmend in höheren Stundenlöhnen nieder, die Steigerungen der Arbeitsproduktivität vor allem im verarbeitenden Gewerbe auslösen, wo die Stundenlöhne hoch und Effizienzpotenziale vorhanden sind. Teilweise ist dieser Effekt auch den konservativen Annahmen zum Export von Energiewendegütern geschuldet. Vor allem das verarbeitende Gewerbe würde zusätzliche Energiewendegüter in andere Länder exportieren können, was auch zu höherer Beschäftigung führen würde.

Diese Auswirkungen der Energiewende müssen im Folgenden ‚durch die Brille der Bundesländer‘ betrachtet werden. Der Anstieg an Beschäftigung, aber auch der Rückgang, wird sich in denjenigen Bundesländern wiederfinden, die die entsprechende **Industrie** aufweisen beziehungsweise einer der betroffenen Industrien und Wirtschaftssektoren zuliefern. Die Unterschiede zwischen den Bundesländern in der Wirtschaftsstruktur, der Einwohnerdichte, der Stromerzeugung und weiteren Energieverwendung sowie ihre Energieeffizienz prägt die Auswirkungen der Energiewende auf dieser regionalen Ebene. [...]

Insgesamt zeigt die regionale Betrachtung der gesamtwirtschaftlichen Effekte zum Energiewendeszenario in den Jahren 2030 und 2040, dass sich in **keinem Bundesland negative Abweichungen** ergeben. Dies gilt sowohl für die Anzahl der Erwerbstätigen als auch für das Bruttoinlandsprodukt. Jedoch fallen die positiven Abweichungen unterschiedlich stark aus und schwanken für das Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2030 zwischen 3,1 % und 5,6 %. In der Gesamtschau profitieren im Energiewendeszenario vor allem jene Bundesländer, in denen die erneuerbaren Energien im Stromerzeugungsmix einen hohen Anteil einnehmen. Ein wichtiger Bestimmungsfaktor für die regional unterschiedlichen Effekte ist zudem die allgemeine branchenspezifische Wirtschaftsstruktur. Zum einen profitieren Bundesländer, in denen die Bedeutung der öffentlichen und privaten Dienstleistungen groß ist. Zum anderen sind Bundesländer, in denen das Baugewerbe eine vergleichsweise hohe Bedeutung hat, strukturell etwas im Vorteil. Die Bauinvestitionen haben im Energiewendeszenario einen großen Anteil an den primären Impulsen auf die Volkswirtschaft. Für die Gebäudesanierung und entsprechende Investitionen wurden daher unterschiedliche Hypothesen zur regionalen Verteilung vorgeschlagen und in einer Sensitivitätsanalyse variiert. Die führt nicht zu einer nennenswerten Verschiebung der regionalen Abweichungen im Energiewendeszenario. Hintergrund ist hier, dass bei der regionalen Verteilung von Gebäudesanierung eine Hypothese, die stark von der durch Wohnflächenbestand vorgegebenen Verteilung abweicht, nicht zielführend ist.“<sup>18</sup>

---

18 Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH, 2018, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern Methodische Ansätze und Ergebnisse, im Auftrag des BMWi, GWS RESEARCH REPORT 2018/05, S.11 ff., S. 37, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende-in-den-bundeslaendern.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende-in-den-bundeslaendern.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

#### 4.3. Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe

Eine weitere Studie der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH, die Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Energieeffizienzgewinne und den Ausbau erneuerbarer Energien zum Thema hat schlussfolgert für die Jahre 2016-2018:

„Die Fortschreibung für die Jahre 2016 bis 2018 zeigt, dass die Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien und von Effizienzgewinnen im Energieeinsatz weiter **zugenommen** haben. Da der Anteil erneuerbarer Energien nur schwach gestiegen ist, lässt sich der überwiegende Teil der Importeinsparungen dem Effekt der Effizienzverbesserungen zuschreiben. Insgesamt belaufen sich die Importeinsparungen aus gesamtwirtschaftlicher Sichtweise auf 12,9 Mrd. Euro 2015 im Jahr 2016, auf 17,0 Mrd. Euro 2015 im Jahr 2017 und 24,6 Mrd. Euro 2015 im Jahr 2018, aus sektoraler Sichtweise ergeben sich ohne Umwandlungssektor 15,0 Mrd. Euro 2015 für 2016, 19,2 Mrd. Euro 2015 für 2017 und 25,8 Mrd. Euro 2015. Hier tragen insbesondere die Sektoren ‚**private Haushalte**‘ und ‚**Verkehr**‘ zu den Importeinsparungen bei. Beide Perspektiven eignen sich für die Berechnung der verminderten Importe fossiler Energieträger, jedoch können auf sektoraler Basis die Ursachen für die Veränderung des Energieverbrauchs differenzierter untersucht werden. So bietet beispielsweise die Wohnfläche für den Energieverbrauch privater Haushalte einen detaillierteren Treiber als das BIP, das viele unterschiedliche wirtschaftliche Aktivitäten zusammenfasst.“<sup>19</sup>

#### 4.4. Exporte und Importe von Technologiegütern

Die Analyse der deutschen Exporte und Importe von Technologiegütern zur Nutzung erneuerbarer Energien und anderer Energietechnologiegüter ist Inhalt einer weiteren Studie der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH. Sie kommt hierbei zu folgendem Fazit:

„Die Summe aller Exporte, die in dieser Untersuchung als Welthandel herangezogen wird, beläuft sich für das Jahr 2018 auf 20.834,7 Milliarden Dollar. Knapp **ein Zwanzigstel** entfällt auf diejenigen Gütergruppen, die **Energietechnologiegüter (ETG)** enthalten. Wenn gleich diese Gütergruppen in unterschiedlichem und nahezu nicht quantifizierbarem Umfang auch weitere Güter enthalten, die nichts mit einem nachhaltigeren, effizienteren und umweltverträglichen Einsatz von Energie, ja sogar eventuell nichts mit Energie zu tun haben, lässt sich dennoch schließen, dass Energietechnologiegüter ein **wichtiger und dynamischer Teil des internationalen Handels** sind. Der Welthandel mit Gütern aus den Gruppen der ETG hat seit dem Jahr 2000 deutlich zugenommen. In den ersten Jahren des Beobachtungszeitraums (2000 – 2018, bzw. in einigen Fällen bis 2017) wuchs er stärker als der Welthandel mit anderen Gütern. Mittlerweile wachsen andere Güter schneller, was zum einen der hohen Dynamik des Handels mit IKT geschuldet ist, zum anderen aber die

---

19 Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH, 2020, Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Energieeffizienzgewinne und den Ausbau erneuerbarer Energien – Fortschreibung für die Jahre 2016, 2017 und 2018, S. 15, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gws-research-report-20-01-importeinsparungen-fossiler-brennstoffe-kraftstoffe.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=14](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gws-research-report-20-01-importeinsparungen-fossiler-brennstoffe-kraftstoffe.pdf?__blob=publicationFile&v=14).

Preissenkungen bei Energietechnologiegütern abbildet. Für Güter, deren Preis sich innerhalb weniger Jahre halbiert, fallen die Wachstumsraten der nominalen Exporte entsprechend kleiner aus. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate über den gesamten Zeitraum für alle Energietechnologiegüter beträgt 8 Prozent. Im Jahr der Finanzkrise sind ETG Exporte weniger stark betroffen gewesen als der Welthandel insgesamt. Insbesondere die Güter zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur effizienten Nutzung von Energie versprechen unter unsicheren zinslichen Rahmenbedingungen eine sichere Rendite in Form der eingesparten Energie, beziehungsweise erzeugten, absetzbaren Stroms oder erzeugter Wärme. In einigen Ländern wurde während der Finanzkrise bewusst die Investition in die Transformation des Energiesystems vorangetrieben. Deutschland tut daher gut daran, sich stark auf diesem Markt zu beteiligen. Verschiedene Faktoren **beeinflussen den Export deutscher ETG**. Zum einen hat Deutschland erhebliche Stärken bei Exporten des **Maschinenbau[s]**, der **Fahrzeugindustrie** und der **Elektronikindustrie**. ETG sind eine Teilmenge des Maschinebaus und der Elektronikindustrie. Diese Teilmenge, bzw. die entsprechenden Gütergruppen tragen fast 9 Prozent zu den deutschen Exporten bei. Es ist vorstellbar, dass sich die Handelsbeziehungen in diesem Bereich ganz einfach auch auf ETG erstrecken. Zum anderen werden kleine und mittlere Unternehmen in ihren Exportvorhaben und -tätigkeiten in verschiedenen Schwerpunktbereichen durch Programme wie die Exportinitiative, oder das KMU Markterschließungsprogramm unterstützt. Zu diesen Bereichen zählen neben der Umwelttechnologie, der Gesundheitswirtschaft und den zivilen Sicherheitstechnologien und -dienstleistungen auch alle Arten der klimafreundlichen Energielösungen in der Exportinitiative Energie. Neben ihrer Rolle innerhalb deutscher Exporte ist die Rolle dieser Gütergruppen auf den jeweiligen Zielmärkten interessant. Zur **Messung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie für ETG** auf internationalen Märkten bieten sich verschiedene Indikatoren an. Die Exportspezialisierung eines Landes setzt den Anteil der Ausfuhren eines Gutes an den gesamten Ausfuhren eines Landes ins Verhältnis zum Anteil der weltweiten Ausfuhren dieses Gutes an den gesamten Weltexporten. Wenn Deutschland Exportspezialisierungsvorteile bei einem ETG zeigt, ist es bei diesem Gut relativ stärker auf Auslandsmärkte vorgezogen ist im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe. Hersteller dieses ETG erweisen sich auf Auslandsmärkten als überdurchschnittlich wettbewerbsfähig. Wettbewerbsfähigkeit von Anbietern von ETG zeigt sich auch im Ergebnis der Konkurrenz mit ausländischen Anbietern von ETG sowohl auf dem deutschen Inlandsmarkt als auch auf den jeweiligen ausländischen Zielmärkten. Welche Güter stehen besonders hervor hinsichtlich der **Exportvorteile Deutschlands**? Deutschland ist im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe insgesamt **mit allen ET-Gütern stärker auf Auslandsmärkten vertreten**. Besonders deutlich fällt die Exportspezialisierung bei Gütern zum Messen, Steuern und Regeln aus, ein Bereich der auch jenseits von ETG auf internationalen Märkten erfolgreich ist. Der andere große Player im globalen Handel, China, weist Exportspezialisierung beim Handel mit Gütern zur Nutzung von erneuerbaren Energien sowie Gütern für die rationelle Energieverwendung auf. In manchen Bereichen, wie etwa bei den erneuerbaren Energien, dominiert China nachgerade den Markt. Chinas Export von Photovoltaikzellen und -modulen deckt den größten Teil des gesamten Weltmarkts ab. Die Exportspezialisierung Chinas bei Gütern für effiziente Prozesse und Produkte hingegen schwindet im Beobachtungszeitraum. China und Deutschland unterscheiden sich deutlich im ETG-Segment hinsichtlich ihrer Exportspezialisierungsvorteile. In zunehmendem

Maße werden Dienstleistungen international gehandelt. Die Datenbasis ist jedoch lückenhaft. Während Waren einem historisch gewachsenen Geflecht von Zöllen und Handelsabkommen unterliegen, ist der Handel mit Dienstleistungen seit dem Ende der Uruguay Runde im Jahr 1994 zwar definiert, unterliegt jedoch eher nicht-tarifären Hemmnissen als Zollbeschränkungen. Damit unterliegt er jedoch auch keiner statistischen Erhebung. Oftmals folgt der Handel mit Dienstleistungen dem Handel einer bestimmten Ware. Schaut man sich z. B. die Wertschöpfungsketten von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien an, so stellt man fest, dass Dienstleistungen einen wesentlichen Teil der Wertschöpfung ausmachen. Für die Errichtung eines Windparks sind u.a. Architektur- und Planungsleistungen, Umweltverträglichkeitsanalysen, Finanzdienstleistungen sowie Transportdienstleistungen notwendig. Der weltweite Ausbau der erneuerbaren Energien führt u.a. dazu, dass neben dem internationalen Handel mit Komponenten und Energietechnologiegütern auch energietechnologiebezogene Dienstleistungen (ETDL) zunehmend international gehandelt bzw. nachgefragt werden. Mit einer strategischen Ausrichtung des Exports von ETG, würde der Handel mit ETDL positiv beeinflusst. Im Vergleich zu seinen wichtigsten Handelspartnern ließen sich zentrale Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich der Produktionskapazitäten und -neigungen zur Herstellung von ETG identifizieren. Dabei scheint sich zu bestätigen, dass die lokale oder regionale Marktgröße die Fertigungskapazitäten sowohl in ihrem Umfang als auch ganz generell in ihrem Vorkommen beeinflusst. Länder, die am Anfang der Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems stehen, haben weniger eigene Hersteller der entsprechenden Güter als solche, die schon über einen gereiften Markt verfügen.

Neben der Untersuchung vergangener Entwicklungen richtet sich der Blick in dieser Untersuchung kurz in die Zukunft. Allerdings ist im Jahr 2020, dem Jahr der Corona-Pandemie der Welthandel insgesamt vergleichsweise verzerrt und die Investitionen in vielen Ländern in den Gesundheitssektor gelenkt. Die zukünftige Entwicklung des Handels mit Energietechnologiegütern ist in einem Basisszenario mit *ceteris paribus* Annahmen von verschiedenen Einflussfaktoren geprägt. Zum einen entwickeln sich die aktuellen Handelspartner sowohl hinsichtlich des Einsatzes von Energietechnologiegütern als auch hinsichtlich ihrer Fähigkeiten, diese selbst zu produzieren. Zum anderen werden weitere Länder durch ihre jeweilige wirtschaftliche Entwicklung zum Beispiel befähigt, sich einer nachhaltigeren Entwicklung zuzuwenden und damit ETG stärker nachzufragen. Wenn Deutschland bei dem bisherigen Muster seiner Handelspartner bleibt, werden insgesamt Handelsanteile am Weltmarkt verloren gehen, einzig durch diese strukturellen Effekte. Neue Partner müssten erschlossen werden, die zum Teil räumlich entfernter sind, oder in anderweitigen Handelsabkommen gebunden sind. Allerdings ist eine Sensitivitätsrechnung bezüglich dieser Stellgrößen durch die aktuelle Weltwirtschaftslage und die Ereignisse rund um die Coronakrise zu verzerrt, als dass sie im Frühjahr 2020 durchführbar

wäre. Im Laufe des Jahres werden sich vielleicht belastbare Daten ergeben, die erneute Abschätzungen möglich machen.“<sup>20</sup>

## 5. Anhang: Weiterführende Literatur

### 5.1. Weitere vom BMWi in Auftrag gegebene Studien

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 2019, Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-der-energiebereitstellung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-der-energiebereitstellung.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH, 2018, Mögliche Engpässe für die Energiewende, S. 17 ff., [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/moegliche-engpaesse-fuer-die-energie-wende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/moegliche-engpaesse-fuer-die-energie-wende.pdf?__blob=publicationFile&v=10).

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH, 2018, Vorteile der Energiewende über die gesamtwirtschaftlichen Effekte hinaus – eine literaturbasierte Übersicht, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/vorteile-der-energie-wende-ueber-gesamtwirtschaftlichen-effekte-hinaus.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/vorteile-der-energie-wende-ueber-gesamtwirtschaftlichen-effekte-hinaus.pdf?__blob=publicationFile&v=8).

### 5.2. Sonstige Literatur

BMWi, Dossier: Erneuerbare Energien, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>.

BMWi, Oktober 2020, Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2019, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6).

BMWi, Weitere Publikationen zum Suchbegriff: „Erneuerbare Energien in Zahlen“, [https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen?query=Erneuerbare%20Energien%20in%20Zahlen#](https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen?query=Erneuerbare%20Energien%20in%20Zahlen#/).

Bundesnetzagentur, Zahlen, Daten und Informationen zum EEG, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html). \*\*\*

---

20 Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH, 2020, Analyse der deutschen Exporte und Importe von Technologiegütern zur Nutzung erneuerbarer Energien und anderer Energietechnologiegüter – Bericht, S. 199ff., [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/analyse-der-deutschen-exporte-und-importe-von-technologieguetern.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=22](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/analyse-der-deutschen-exporte-und-importe-von-technologieguetern.pdf?__blob=publicationFile&v=22).