



**ENERGIEWENDE IN HESSEN**  
MONITORINGBERICHT 2017





# **Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2017**

Wiesbaden 2017



<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>1</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Energieverbrauch und Energieeffizienz</b> .....	<b>12</b>
3.1 Primärenergieverbrauch .....	12
3.2 Endenergieverbrauch .....	13
3.3 Stromverbrauch und Stromerzeugung .....	17
3.4 Energieeffizienz .....	20
<b>4 Erneuerbare Energien</b> .....	<b>25</b>
4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch .....	25
4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch .....	26
<b>5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch</b> .....	<b>33</b>
5.1 Endenergieverbrauch .....	33
5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch .....	33
5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden .....	40
<b>6 Anlagen der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung</b> .....	<b>45</b>
6.1 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung .....	45
6.2 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung .....	46
6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung .....	54
<b>7 Netzbestand und Netzausbau</b> .....	<b>57</b>
7.1 Stromnetzbestand und -ausbau .....	57
7.2 Investitionen in Stromnetze .....	62
7.3 Versorgungssicherheit im Strombereich .....	63
7.4 Gasverteilnetz .....	65
7.5 Fernwärmenetz .....	66
<b>8 Verkehr</b> .....	<b>68</b>
8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor .....	68
8.2 Elektromobilität .....	71
<b>9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen</b> .....	<b>75</b>
9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen .....	75
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen .....	76
9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität .....	77
9.4 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren .....	78
<b>10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende</b> .....	<b>81</b>
10.1 Energiekosten und Energiepreise .....	81
10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz .....	89
10.3 Beschäftigung im Energiebereich in Hessen .....	91
10.4 Forschung und Entwicklung .....	93
<b>11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung</b> .....	<b>97</b>
<b>12 Ausblick</b> .....	<b>105</b>

	Seite
<b>Abbildungs- / Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>107</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>111</b>
<b>Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren.....</b>	<b>113</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>114</b>
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>120</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>125</b>
A 1 Regional installierte Leistung und erzeugte Strommengen nach erneuerbaren Energieträgern .....	127
A 2 Biomasseanlagen .....	129
A 3 Windenergieanlagen .....	133
A 4 Photovoltaikanlagen .....	137
<b>Impressum .....</b>	<b>143</b>

## Vorwort

In Hessen kommt die Energiewende weiter voran. Im Juni 2017 ist das 1.000 Windrad in unserem Bundesland in Betrieb gegangen – ein Schritt hin zu unserem Ziel, den Verbrauch von Wärme und Strom bis zum Jahr 2050 vollständig aus erneuerbaren Energien zu decken.

Viele weitere Schritte sind nötig. Wir müssen nicht nur die Erzeugung erneuerbarer Energien ausbauen, sondern auch Energie effizienter nutzen. Dazu hat die Hessische Landesregierung eine Vielzahl von Maßnahmen angestoßen. Sie fördert die energetische Modernisierung kommunaler Gebäude ebenso wie die Bildung von Energieeffizienznetzwerken für Unternehmen. Die Hessische Energiesparaktion informiert Bürgerinnen und Bürger dazu, was jeder im eigenen Haushalt tun kann. Mit der Landesenergieagentur haben wir einen einheitlichen Ansprechpartner für Kommunen, Unternehmen und Bürger gegründet.

Die dritte große Aufgabe bei der Energiewende ist der Ausbau und die Modernisierung der Übertragungs- sowie der lokalen Verteilnetze, die an die neue, dezentrale Struktur anzupassen sind. Netzausbau und Versorgungssicherheit sind deshalb die Fokusthemen des Monitoringberichts 2017. Die Digitalisierung spielt dabei eine immer wichtigere Rolle für die Energiewende. Intelligente Stromnetze und Smart Meter helfen, die Erzeugung, den Transport und den Verbrauch von Energie besser aufeinander abzustimmen.

Mein Dank gilt im Besonderen den Autorinnen und Autoren und allen Beteiligten aus Verbänden und Forschungseinrichtungen, die an der Entstehung des Berichts mitgewirkt haben.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und informative Lektüre.



Tarek Al-Wazir

Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr  
und Landesentwicklung



## Zusammenfassung

Der vorliegende dritte Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen schreibt faktenbasiert Indikatoren zu den wichtigen Feldern der Energiewende – Energieverbrauch und Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Netzausbau, Verkehr, Treibhausgasemissionen, gesamtwirtschaftliche Effekte – fort.

Der Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen geht in Hessen voran. Der Löwenanteil fällt dabei auf den Energieträger Windenergie. Im Jahr 2016 wurden insgesamt 103 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 294,5 Megawatt (MW) zugebaut. Damit wurde der Zubau des Vorjahres (200,5 MW) um 47 Prozent übertroffen. Auch bei den PV-Anlagen gab es im Jahr 2016 einen Zubau in Höhe von 49,5 MW, der im Vergleich zum Vorjahr (58,6 MW) jedoch etwas geringer ausfiel. Inbetriebnahmen von Anlagen der Energieträger Biomasse, Wasserkraft sowie Deponie- und Klärgas gab es im Jahr 2016 lediglich in Höhe von 2,8 MW. Insgesamt waren zum 31.12.2016 in Hessen erneuerbare Energieanlagen mit einer Leistung in Höhe von 3.855,8 MW installiert. Obwohl das Jahr 2016 durch ein vergleichsweise geringes Windaufkommen gekennzeichnet war, konnte durch den Zubau die produzierte Strommenge aus Windenergie gegenüber dem Vorjahr gesteigert werden. Die durch PV-Anlagen produzierte und eingespeiste Strommenge lag hingegen niedriger als im Vorjahr. Hier konnte die geringe Sonnenscheindauer im Jahr 2016 nicht durch den erfolgten Zubau ausgeglichen werden. Im Jahr 2016 schien die Sonne im Hessendurchschnitt um rund 3,5 Prozent weniger als im langjährigen Mittel.

Der Endenergieverbrauch (EEV) ist im Jahr 2016 gegenüber dem Vorjahr um 15,6 Petajoule (PJ) bzw. 1,9 Prozent auf insgesamt 815 PJ bzw. 226 Terawattstunden (TWh) angestiegen. Als Ursachen sind hierfür eine vergleichsweise kühle Witterung, das Wirtschaftswachstum von real 1,5 Prozent, die weitere Zunahme der Einwohnerzahl sowie ein zusätzlicher Februartag wegen des Schaltjahres zu nennen. Bereinigt um die Effekte der kühleren Witterung lag der Anstieg des EEV etwas niedriger bei 1,3 Prozent. In der sektoralen Betrachtung ist die Zunahme des EEV überwiegend auf den gestiegenen Verbrauch an Mineralölen im Verkehrssektor zurückzuführen, wohingegen der EEV der Industrie im Vorjahresvergleich unverändert blieb. In den Sektoren private Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen stieg wegen der kühleren Witterung der Verbrauch von Gasen leicht an. Die gesamtwirtschaftliche Endenergieproduktivität – gemessen als Verhältnis aus realem Bruttoinlandsprodukt zum temperaturbereinigten EEV – hat sich in Hessen im Jahr 2016 um 0,2 Prozent gegenüber

dem Vorjahr erhöht, die Energieeffizienz blieb damit nahezu unverändert.

Erneuerbare Energien trugen im Jahr 2016 insgesamt 18,0 TWh zum EEV bei (siehe Abbildung 1), was einer Steigerung um 0,3 TWh bzw. 2,1 Prozent im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Der relative Zuwachs war bei Strom aus erneuerbaren Energien mit 3,2 Prozent am stärksten, gefolgt von 1,8 Prozent bei Wärme aus erneuerbaren Energien und 0,5 Prozent bei erneuerbaren Treibstoffen. Der Beitrag erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Hessen lag im Jahr 2016 bei rund 6,5 TWh. Damit konnten insgesamt 17,3 Prozent des hessischen Bruttostromverbrauchs (37,4 TWh) gedeckt werden. Im Jahr 2015 lag der entsprechende Wert bei 16,7 Prozent.

Im Jahr 2016 wurden in Hessen für die Erzeugung von Wärme 297 PJ Endenergie und damit 36,4 Prozent des gesamten EEV eingesetzt. Dazu haben erneuerbare Energien insgesamt 32,7 PJ beigetragen, was einem Anteil von 11,0 Prozent entspricht. Für Heizung, Kühlung, Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung von Gebäuden wurden insgesamt 256 PJ verbraucht, der größte Teil davon für Wohngebäude. Der Anteil des gebäuderelevanten Energieverbrauchs am gesamten EEV lag 2016 damit bei 31,4 Prozent.

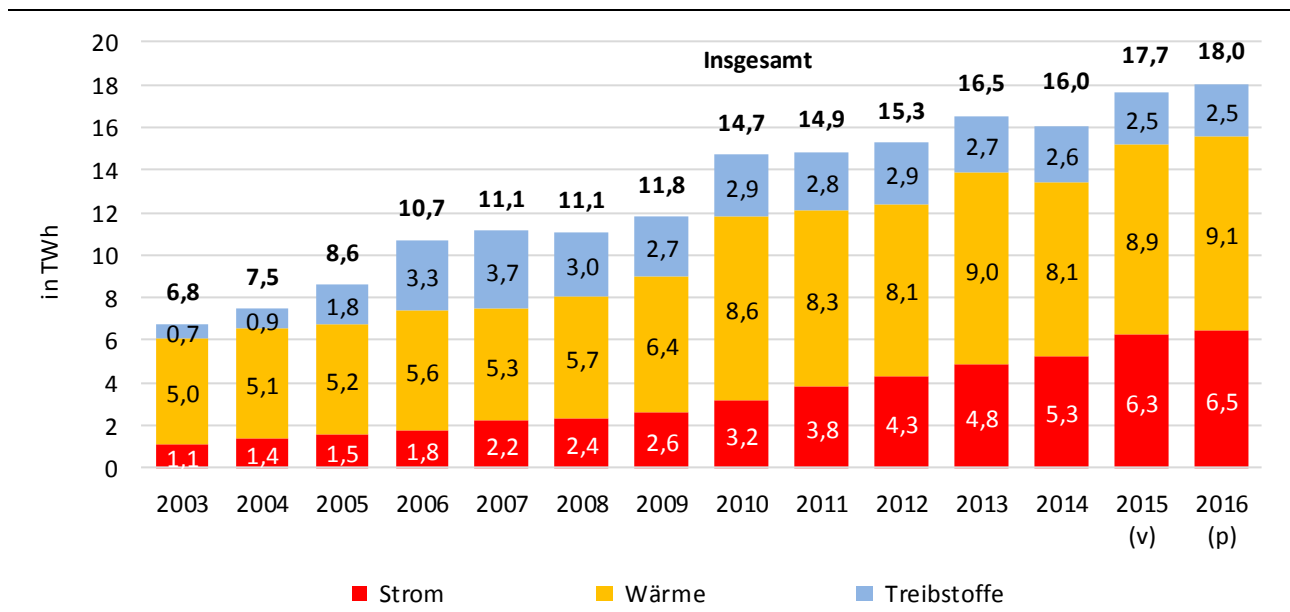
Der Ausbau und die Modernisierung der überregionalen Übertragungsnetze und der lokalen Verteilnetze sind eine Schlüsselaufgabe der Umsetzung der Energiewende. Im Rahmen des Netzausbaus nach dem Bundesbedarfsplan sind deutschlandweit Leitungen mit einer Länge von 5.900 km geplant. Davon sind bislang Leitungen mit rund 450 km genehmigt, das sind 100 km mehr als im Vorjahr. Bereits realisiert wurden Leitungen mit einer Länge von 150 km. Damit konnten gegenüber dem Vorjahr 85 km zusätzliche Leitungen fertiggestellt werden. Hessen ist potenziell von acht Vorhaben betroffen, die sich noch im Planungs- bzw. Genehmigungsverfahren befinden. Rund 90 Prozent der erneuerbaren Energien werden auf der regionalen und lokalen Netzebene eingespeist, sodass den Verteilnetzen eine besondere Bedeutung zukommt. Im Vergleich zum Vorjahr hat die Netzlänge in Hessen um 60 km zugenommen. Die Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit der Netze sind deutschlandweit im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr durch die witterungsbedingt geringere Erzeugungsmenge aus Wind- und Photovoltaikanlagen und durch eine geringere Anzahl an Einspeisespitzen deutlich zurückgegangen. Die Dauer der in Hessen gemeldeten strombedingten Redispatchmaßnahmen ging von 943 Stunden auf 728 Stunden zurück, die spannungsbedingten Redispatchmaßnahmen sind demgegenüber von 435



Stunden auf 1.255 Stunden angestiegen. Deutschlandweit hat der Einsatz von Reservekraftwerken zugenommen, da manche Reservekraftwerke effizienter auf aktuelle Engpässe wirken als andere Kraftwerke. In Hessen

stehen hier der mit Erdgas befeuerte Block 4 des Kraftwerks Staudinger und das Gasturbinenkraftwerk Darmstadt zur Verfügung.

**Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe 2003–2016 (in TWh)**



Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Nicht nur bezogen auf die Wirtschaftsleistung, auch im Hinblick auf den Endenergieverbrauch hat der Verkehrssektor durch den Flughafen Frankfurt im Vergleich zu Deutschland ein überdurchschnittlich hohes Gewicht. Im Jahr 2016 liegt der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bei 397 PJ, was einem Anteil von 49 Prozent des gesamten EEV entspricht (Vergleichswert für Deutschland: 30 %). Gegenüber dem Vorjahr ist der EEV um 13 PJ bzw. 3,3 Prozent gestiegen. Zu Jahresbeginn 2017 waren in Hessen 2.592 Elektroautos (0,1 % an PKW insgesamt) und 14.360 Hybridfahrzeuge (0,4 %) gemeldet. Im Vergleich zum Vorjahr war dies ein Zuwachs von 626 bzw. 2.652 Fahrzeugen.

Zu den Treibhausgasemissionen liegen für 2016 noch keine aktuellen Daten vor. Im Jahr 2015 lagen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs bei 36,0 Mio. Tonnen. Gegenüber 2014 stieg der CO<sub>2</sub>-Ausstoß damit um 2,1 Mio. Tonnen an. Maßgebliche Gründe hierfür waren die Wiederaufnahme des Betriebs im Kohlekraftwerk Staudinger sowie eine witterungsbedingt längere Heizperiode. In der Langfristbetrachtung von 2000 bis 2015 sind

die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um insgesamt 8,3 Mio. Tonnen bzw. 18,7 Prozent gesunken. Die mit Abstand höchste absolute Reduzierung erreichte der Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) mit einem Rückgang von 2,7 Mio. Tonnen. Prozentual war die Abnahme im Industriesektor mit 35 Prozent am größten.

Der Trend sinkender Energiepreise aus dem Vorjahr hielt auch 2016 an; vor allem für Mineralölprodukte gingen die Preise zurück. Während auch die Großhandelsstrompreise weiter rückläufig waren, zahlten private Haushalte je Kilowattstunde Strom 29,23 Cent und Industrieunternehmen im Schnitt 17,02 Cent, d. h. 0,4 bzw. 1,5 Cent mehr als im Vorjahr. Ursächlich für diesen Preisanstieg sind die gestiegene EEG-Umlage sowie höhere Netzentgelte.

Im Jahr 2017 wurde für insgesamt 126 Abnahmestellen in Hessen eine Befreiung von der EEG-Umlage mit einer privilegierten Strommenge von insgesamt 9,2 TWh beantragt. Dies waren 12 Abnahmestellen weniger als im Vorjahr, wobei die privilegierte Strommenge (-0,1 TWh)

nahezu unverändert blieb. Für in Hessen im Rahmen des EEG erzeugten erneuerbaren Strom wurden im Jahr 2015 insgesamt 886 Mio. Euro an die Anlagenbetreiber ausgezahlt. Davon entfielen mit 594 Mio. Euro etwa zwei Drittel auf EEG-Vergütungen und ein Drittel bzw. 290 Mio. Euro auf Marktprämien.

Die Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Gewinnung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien lagen im Jahr 2016 bei 720 Mio. Euro. Das waren 143 Mio. bzw. 25 Prozent mehr als im Vorjahr. Der seit 2011 zu beobachtende Trend rückläufiger Investitionen konnte damit erstmalig wieder durchbrochen werden.

In Hessen waren im Jahr 2016 mehr als 13.000 Menschen in Energieversorgungsunternehmen tätig, 523 Beschäftigte bzw. 4,2 Prozent mehr als im Vorjahr. Der seit 2011 zu beobachtende kontinuierliche Beschäftigungsaufbau hat sich damit weiter fortgesetzt. Es wurde der höchste Beschäftigtenstand seit dem Jahr 2000 erreicht. Mit der Herstellung sowie dem Betrieb und der Wartung von erneuerbaren Energieanlagen waren in Hessen im Jahr 2015 insgesamt 16.090 Personen beschäftigt. Dies waren 1.520 bzw. 8,6 Prozent weniger als im Vorjahr 2014.

Hessen partizipiert in hohem Maße an der Bundes-Förderung der Energieforschung. Beispiele sind die ETA-Fabrik in Darmstadt, das Kopernikusprojekt „SynErgie“ und das Projekt „C/sells“ im Rahmen des Förderprogramms „SINTEG“: Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende. Die Mittel des Landes Hessen zur Förderung der Energieforschung lagen im Jahr 2015 bei 5,2 Mio. Euro (2014: 5,7 Mio. Euro). Thematische Schwerpunkte waren E-Mobilität, Energieeinsparung sowie Brennstoffzellen / Wasserstoff.

# 1 Einleitung

Die Umsetzung der Energiewende in Hessen hat in den Jahren 2016 und 2017 weiter an Fahrt aufgenommen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ging stetig voran. So konnte Ende des ersten Halbjahres 2017 das 1.000. Windrad in Gemünden im Landkreis Waldeck-Frankenberg eingeweiht werden. Im September 2016 wurde das Solar-Kataster Hessen freigeschaltet, mit dem jedes der fünf Millionen Dächer von Gebäuden in Hessen und jede Freifläche in Hessen auf die Eignung für eine Solaranlage geprüft werden kann. Das Solar-Kataster Hessen ist beim bundesweiten eGovernment-Wettbewerb zur Digitalisierung und Modernisierung der öffentlichen Verwaltung im Jahr 2017 als bestes Digitalisierungsprojekt ausgezeichnet worden.

Zur Unterstützung des Landes bei der strategischen Ausrichtung und organisatorischen Umsetzung der Energiewende und des Klimaschutzes wurde im Mai 2017 die Landesenergieagentur (LEA) als Abteilung der Hessen Agentur GmbH eingerichtet. Sie ist auch Träger der Hessischen Energiesparaktion HESA und führt die Geschäftsstelle Elektromobilität in Hessen sowie die Geschäftsstelle der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e.V. (H2BZ-Initiative Hessen). Die LEA ist zudem zentrale Anlaufstelle für hessische Kommunen, Unternehmen und Bürger bei allen Fragen rund um die Energiewende und den Klimaschutz und bietet Schulungen und fachliche Begleitung zum Thema CO<sub>2</sub>-Neutralität. Mit dem Bürgerforum Energieland Hessen organisiert die LEA gemeinsam mit hessischen Kommunen Austauschmöglichkeiten für Bürgerinnen und Bürger rund um lokale Planungen zur Nutzung erneuerbarer Energien und erweiterte ihr Angebot für Kommunen ab Juli 2017 durch die Fachstelle „Hessen aktiv: Die Klimakommunen“.

Im Berichtszeitraum sind auch neue gesetzliche Regelungen in Kraft getreten, die die Energiewende in Hessen berühren. So startete die Bundesregierung beispielsweise im Mai 2016 die Offensive zur Steigerung der Energieeffizienz mit neuen Förderprogrammen und einer breit angelegten Öffentlichkeitskampagne. Ziel ist es, die Energieeffizienz im Gebäudebereich voranzubringen. Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE) wurden mit dem „Anreizprogramm Energieeffizienz“ im Januar 2016 weitere Förderimpulse gesetzt, um umfassende Modernisierungen zu beschleunigen. Das im August 2016 in Kraft getretene Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende regelt die digitale Infrastruktur für die Verbindung von Stromerzeugern und Verbrauchern. Im Zentrum des Gesetzes steht die Einführung intelligenter Messsysteme. Das Gesetz definiert klare Mindeststandards für Datenschutz und Datensicherheit, um die Digitalisierung auch sicher zu gestalten. Ein weiteres

Beispiel ist das Ende Juni 2017 verabschiedete Gesetz zur Förderung von Mieterstrom. Für Strom, der mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Wohnhauses erzeugt wurde und an die Mieter geliefert wird, erhält der Vermieter nun auch eine Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Diese Neuregelung soll Impulse für das Angebot für Mieterstrom geben. Hessen fördert die Ausstattung von Mietshäusern mit Eigenstromversorgung bereits seit Juni 2016 mit einem Pilotprogramm und einem Fördervolumen von bis zu 1,5 Mio. Euro.

Mit dem vorliegenden dritten Monitoringbericht wird das hessische Energiemonitoring entsprechend dem Hessischen Energiegesetz (HEG) fortgesetzt. Aufgabe ist, auf Basis von Daten und Fakten über die Umsetzung der Energiewende in Hessen zu berichten. Der vorliegende Monitoringbericht informiert auf Basis einer Vielzahl von Indikatoren über die aktuellen Entwicklungen in den unterschiedlichen Handlungsfeldern und den gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der Energiewende in Hessen.

Der Bericht ist wie folgt gegliedert:

Zunächst werden im Kapitel 2 die Ziele der hessischen Energiepolitik beschrieben sowie die Grundlagen und Indikatoren des hessischen Energiemonitorings dargestellt.

Wichtige Handlungsfelder der Energiewende sind der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Realisierung von Energieeinsparungen und die Steigerung der Energieeffizienz.

Kapitel 3 zeigt die aktuelle Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis zum Jahr 2016, differenziert nach Energieträgern und Verbrauchssektoren. Als Maß für die Energieeffizienz werden die gesamtwirtschaftliche Energie- und Stromproduktivität sowie die Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes insgesamt und für einzelne Industriebranchen dargestellt.

Ein wesentliches Ziel der Energiewende ist der Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien für den Endenergieverbrauch, differenziert nach den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr, zeigt Kapitel 4. Neu im Vergleich zum letztjährigen Monitoringbericht ist die Darstellung von neuen Technologien der Sektorkopplung.

Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch sind Thema von Kapitel 5. Neben der Quantifizierung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs in Hessen werden erste Ergebnisse der Erhebung des Instituts Wohnen

und Umwelt zur energetischen Modernisierung in hessischen Wohngebäuden dargestellt. Zudem werden die Inanspruchnahmen der KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz sowie der Förderung des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführung von erneuerbaren Energieanlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms aufgezeigt.

Kapitel 6 gibt einen Überblick über die Stromerzeugungsanlagen in Hessen. Neben der Darstellung der vorhandenen Kraftwerkskapazitäten auf Basis konventioneller Energieträger wird der Fokus vor allem auf die erneuerbaren Energieanlagen gelegt. Eine Besonderheit ist die regionale Auswertung von erneuerbaren Energieanlagen. Diese Informationen sind auch in Form einer interaktiven Karte im Internet unter [www.energieland.hessen.de/Monitoring-Karten](http://www.energieland.hessen.de/Monitoring-Karten) abrufbar. Darüber hinaus werden Ergebnisse einer Studie vorgestellt, die sich der Problematik des nicht erfassten Selbstverbrauchs von PV-Anlagen widmet und dessen Größenordnung abschätzt. Abschließend werden in diesem Kapitel die in Hessen vorhandenen Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung näher betrachtet.

Ein besonderer Fokus wird im diesjährigen Monitoringbericht auf den Netzausbau und die Versorgungssicherheit im Strombereich gelegt. Die Netzinfrastruktur steht durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und die zunehmenden witterungsbedingten Schwankungen der Netzeinspeisung vor großen Herausforderungen. In Kapitel 7 wird der Stromnetzausbau sowie die Versorgungssicherheit im Strombereich betrachtet. Neu gegenüber dem Monitoringbericht 2016 sind ein Blick auf die Digitalisierung der Energiewende, den Ausbaubedarf bei den Verteilnetzen in Hessen sowie die Darstellung des Einsatzes von Reservekraftwerken und von Einspeisemanagement- und Anpassungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit der Stromnetze.

Der Elektromobilität kommt zur Erreichung der Klimaschutzziele eine hohe Bedeutung zu. In Kapitel 8 wird daher neben der Betrachtung des Endenergieverbrauchs des Verkehrssektors die Entwicklung der Zahl der Elektrofahrzeuge sowie der Ladeinfrastruktur dargestellt.

Kapitel 9 stellt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen sowie der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen dar. Neu gegenüber dem letztjährigen Bericht ist die Darstellung der Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen.

Die Auswirkungen der Energiewende auf die Entwicklung der Energiepreise und Energiekosten, Investitionen, Beschäftigung sowie Forschung und Entwicklung werden in Kapitel 10 aufgezeigt.

Eine Zusammenstellung der Maßnahmen der Hessischen Landesregierung im Rahmen der Umsetzung der Energiewende liefert Kapitel 11. Der Fokus liegt dabei auf aktuellen und noch laufenden Maßnahmen. Zur besseren Übersicht ist die Liste nach Themenfeldern gegliedert.

Schließlich gibt Kapitel 12 einen kurzen Ausblick auf aktuelle Entwicklungen in der Energiestatistik und die zukünftige Berichterstattung.

Ziel des Energiemonitorings ist eine möglichst zeitnahe Berichterstattung. Redaktionsschluss für die in diesem Bericht bearbeiteten Daten war der 30. Juni 2017. Sofern die Datenlage es erlaubt, werden die Indikatoren für den Zeitraum von 2000 bis 2016 grafisch oder tabellarisch aufbereitet. Da aus der Energiebilanz des Landes für den Energieverbrauch erst vorläufige Werte für das Jahr 2015 verfügbar waren, wurde vom Leipziger Institut für Energie GmbH (IE-Leipzig) eine Schätzung des Primär- und Endenergieverbrauchs für das Jahr 2016 vorgenommen. Für einen Teil der Indikatoren konnten bereits Angaben für das erste Quartal 2017 (konventionelle Energieerzeugungsanlagen, Netze, börsengehandelter Grundlaststrom) bzw. das zweite Quartal 2017 (Preis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate, Strompreise für Haushalte und Unternehmen) berücksichtigt werden. Um im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien so aktuell wie möglich sein zu können, wurden auch die Angaben zur installierten Leistung von erneuerbaren Energieträgern für das erste Halbjahr 2017 verarbeitet. Diese lagen im August 2017 vor.

# 2

## Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings



## 2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings

Die beim Hessischen Energiegipfel definierten Ziele der hessischen Energiepolitik wurden im Hessischen Energiezukunftsgesetz aus dem Jahr 2012 festgeschrieben und bilden mit den Zielsetzungen der Koalitionsvereinbarung den Rahmen des Monitorings. Darüber hinaus wurden im hessischen Klimaschutzplan Zielwerte für den Rückgang der Treibhausgasemissionen festgelegt. Die folgende Übersicht zeigt das Zielsystem der hessischen Energiewende:

### Ziele der Energiewende in Hessen

- Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050
- Zwischenziel: Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch bis 2019 auf 25 Prozent
- Festlegung von Windvorrangflächen in einer Größenordnung von 2 Prozent der Landesfläche in den Regionalplänen
- Steigerung der Energieeffizienz und Realisierung deutlicher Energieeinsparungen sowie Anhebung der jährlichen energetischen Sanierungsquote im Gebäudebestand auf mindestens 2,5 bis 3 Prozent
- Ausbau der Energieinfrastruktur zur Sicherstellung der jederzeitigen Verfügbarkeit – so dezentral wie möglich und so zentral wie nötig
- Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz der energiepolitisch notwendigen Schritte in der Zukunft
- Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2050 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 90 Prozent
- Zwischenziele: Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 30 Prozent und bis zum Jahr 2025 um 40 Prozent gegenüber 1990

Auch das Monitoring der hessischen Energiewende ist im Hessischen Energiezukunftsgesetz verankert. Aufgabe des Energiemonitorings ist es, auf Basis von Daten und Fakten die Fortschritte in der Umsetzung der Energiewende in Hessen zu dokumentieren.

Zur Messung der Fortschritte der Energiewende wurde ein Indikatorensystem aufgebaut, welches Kenngrößen zu wichtigen Handlungsfeldern der Energiepolitik umfasst. Datengrundlagen sind die amtliche Energiestatistik, Statistiken der Bundesnetzagentur sowie weiterer Institutionen und Verbände und eigens für das hessische Energiemonitoring durchgeführte Analysen und Berechnungen.

Im Rahmen des Energiemonitorings arbeiten das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (im Folgenden HMWEVL), die Hessen Agentur (im Folgenden HA) und das Hessische Statistische Landesamt (im Folgenden HSL) eng zusammen. Das hessische Energiemonitoring wird begleitet von einer Arbeitsgruppe mit Vertretern von Forschungsinstitutionen und Verbänden. Mit der Arbeitsgruppe erfolgt ein regelmäßiger Austausch über Datengrundlagen, methodische Fragestellungen sowie Möglichkeiten zur Schließung von noch bestehenden Datenlücken. Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe sei an dieser Stelle für den fachlichen Input und die immer konstruktiv geführten Diskussionen besonders gedankt.

In der das hessische Energiemonitoring begleitenden Arbeitsgruppe sind folgende Institutionen vertreten (alphabetisch geordnet):

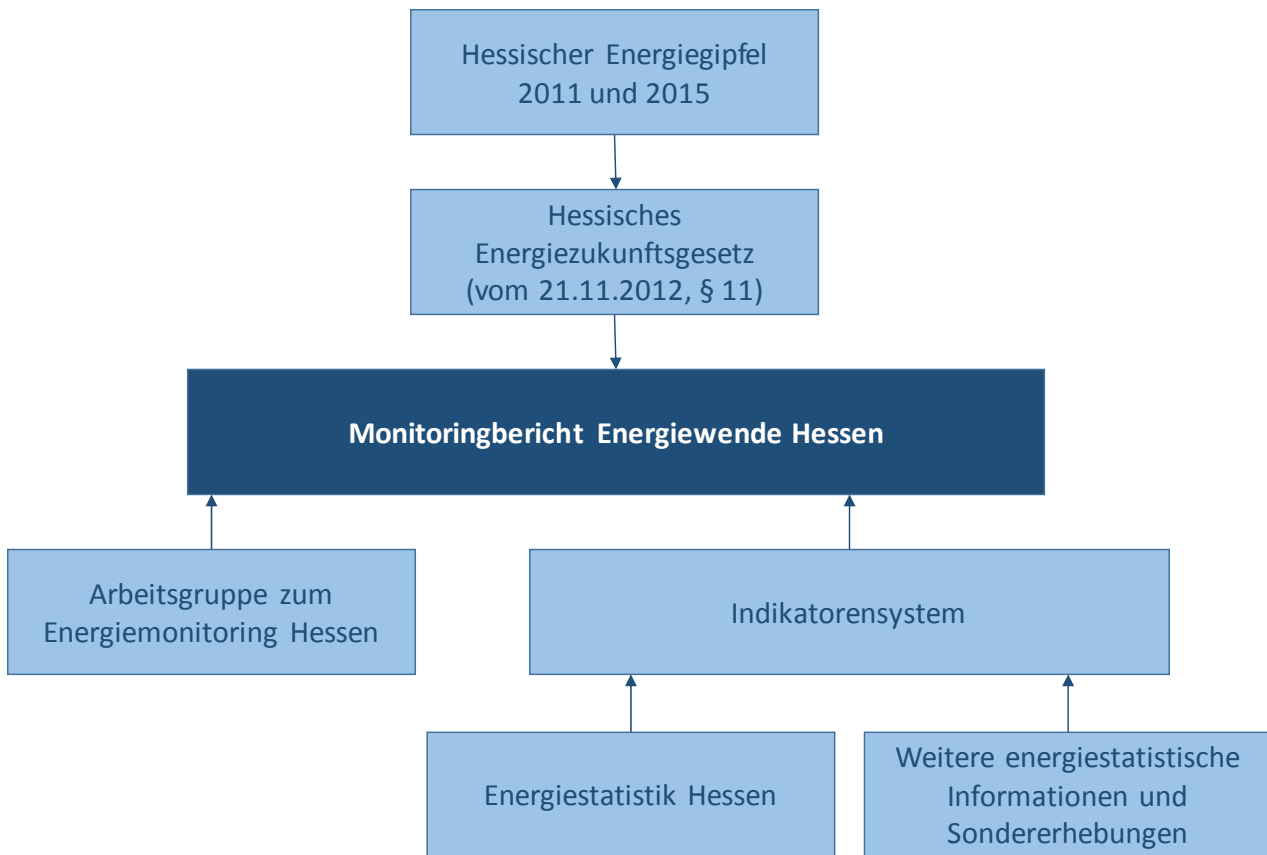
- o AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
- o Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK)
- o Fachverband Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Hessen
- o Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)
- o Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen / Rheinland-Pfalz e.V. – LDEW
- o SUN Stadtwerke Union Nordhessen GmbH & Co. KG
- o VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
- o Verband kommunaler Unternehmen Landesgruppe Hessen e.V. (VKU)
- o Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)

Im Folgenden wird in Abbildung 2 das Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings dargestellt. Die Grundlagen des hessischen Energiemonitorings sind anschließend in Abbildung 3 schematisch aufgezeigt.

**Abbildung 2: Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings**

<b>Energieverbrauch und Energieeffizienz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primärenergieverbrauch nach Energieträgern</li> <li>- Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren</li> <li>- Brutto- und Nettostromverbrauch</li> <li>- Bruttostromerzeugung nach Energieträgern</li> <li>- Primär- und Endenergieproduktivität der Gesamtwirtschaft</li> <li>- Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft</li> <li>- Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes und nach Industriebranchen</li> </ul>
<b>Erneuerbare Energien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anteil erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch nach Energieträgern</li> <li>- Endenergieverbrauch an erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe</li> <li>- Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch</li> <li>- Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern</li> <li>- Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern</li> <li>- Treibstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern</li> </ul>
<b>Anlagen der konventionellen und erneuerbaren Energien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlagen und installierte elektrische Leistung</li> <li>- Bau, Planung und Stilllegungen von Anlagen</li> <li>- Bestand, installierte Leistung und erzeugte Strommengen EEG-geförderter Anlagen nach Energieträgern in Hessen, den Landkreisen, kreisfreien Städten und Gemeinden</li> <li>- Anzahl und elektrische Leistung der KWK-Anlagen, Hessen und Landkreise</li> </ul>
<b>Wärme / Gebäude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endenergieverbrauch für Wärme</li> <li>- Struktur des Gebäudebestands: Alter, Anzahl der Wohnungen, Wohnfläche, Art der Beheizung</li> <li>- Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch</li> <li>- Förderung von Gebäudemodernisierung</li> <li>- Marktanreizprogramm: geförderte Anlagen</li> </ul>
<b>Netzbestand und Netzausbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stromkreislänge Übertragungs- und Verteilnetz</li> <li>- Netzausbau: Bundesbedarfsplan- und EnLAG-Projekte</li> <li>- Versorgungssicherheit im Stromnetz: SAIDI, Redispatchmaßnahmen, Reservekraftwerke</li> <li>- Netz-Investitionen</li> <li>- Gasverteilnetz: Netzlänge, SAIDI</li> <li>- Fernwärmenetzlänge</li> </ul>
<b>Verkehr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern und Energieträgern</li> <li>- Durchschnittlicher Treibstoffverbrauch neu zugelassener PKW</li> <li>- PKW nach Antriebsarten</li> <li>- Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr</li> <li>- Bestand an Elektrofahrzeugen</li> <li>- Ladestationen für Elektrofahrzeuge</li> </ul>
<b>Treibhausgasemissionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Treibhausgasemissionen nach Gasen und Quellgruppen</li> <li>- Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren</li> <li>- Treibhausgasemissionen bezogen auf Bevölkerung und BIP</li> </ul>
<b>Gesamtwirtschaftliche Effekte</b>	
<b>Energiepreise und Energiekosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieausgaben privater Haushalte</li> <li>- Energiekosten der Industrie</li> <li>- Strompreise für Haushalte und Industrieunternehmen</li> <li>- EEG-Vergütungen und Marktprämien</li> <li>- Von EEG-Umlage befreite Abnahmestellen</li> <li>- Großhandelsstrompreis</li> <li>- Preise energetischer Rohstoffeinführen</li> <li>- CO<sub>2</sub>-Preise</li> </ul>
<b>Investitionen und Beschäftigte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investitionen in erneuerbare Energieerzeugungsanlagen</li> <li>- Investitionen hessischer Betriebe zur Steigerung der Energieeffizienz</li> <li>- Beschäftigte in der Energiewirtschaft</li> <li>- Beschäftigte durch erneuerbare Energien</li> </ul>
<b>Forschung und Entwicklung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Förderung der Energieforschung</li> <li>- Patente im Bereich erneuerbarer Energien</li> </ul>

Quelle: Hessen Agentur.

**Abbildung 3: Grundlagen des hessischen Energiemonitorings**

Quelle: Zusammenstellung der Hessen Agentur.



# 3

## Energieverbrauch und Energieeffizienz



### 3 Energieverbrauch und Energieeffizienz

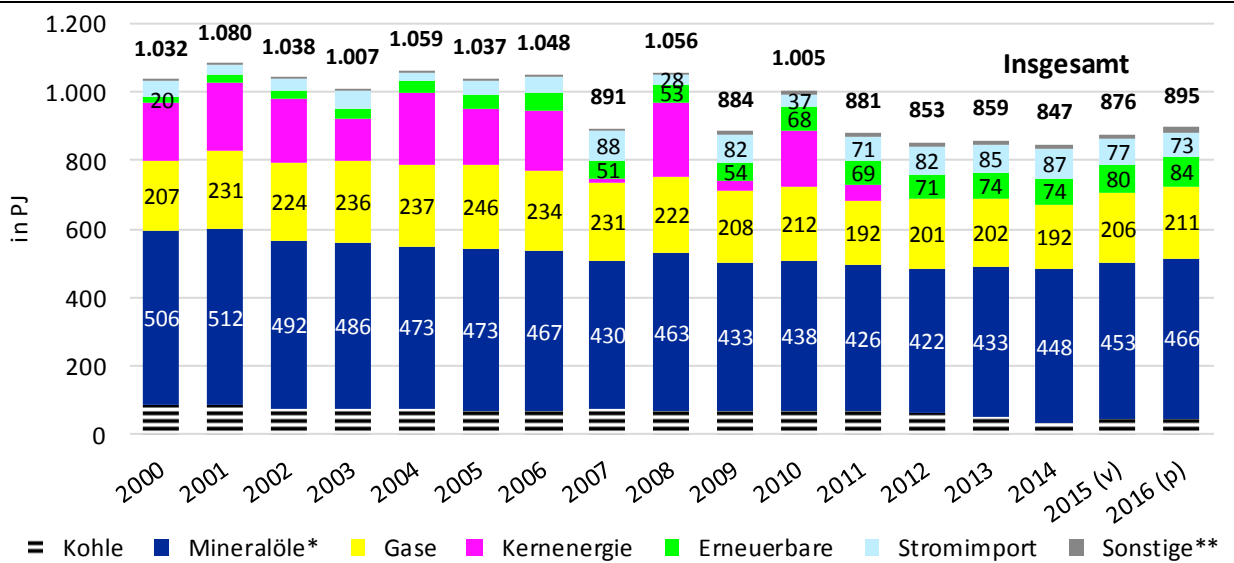
Nach ersten Berechnungen werden im Jahr 2016 sowohl der Primär- als auch der Endenergieverbrauch in Hessen gegenüber dem Vorjahr zugenommen haben. Die Entwicklung des Energieverbrauchs hängt dabei von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab, die sich im Jahr 2016 überwiegend als für den Energieverbrauch treibende Kräfte erwiesen haben. So hat sich durch die gegenüber dem Vorjahr kühlere Witterung der Heizenergiebedarf erhöht, durch Zuwanderungen ist die Einwohnerzahl Hessens weiter angestiegen und das reale Bruttoinlandsprodukt ist um 1,5 Prozent gewachsen, was auch mit einem spürbaren Anstieg der Verkehrsleistungen einschließlich des für Hessen besonders wichtigen Luftverkehrs einherging. Zusätzlich war das Jahr 2016 ein Schaltjahr mit einem zusätzlichen Wintertag im Februar.

#### 3.1 Primärenergieverbrauch

Für das Jahr 2016 schätzt die Leipziger Institut für Energie GmbH (IE-Leipzig) für Hessen einen Primärenergieverbrauch (PEV) von 895 Petajoule (PJ) (siehe Abbildung 4). Das sind 19 PJ bzw. 2,2 Prozent mehr als im Jahr 2015. Nach dem besonders milden Jahr 2014 mit dem bisher niedrigsten PEV in Höhe von 847 PJ ist damit das zweite Jahr in Folge eine leichte Zunahme des PEV festzustellen.

Dadurch setzt sich auch der bis zum Jahr 2012 zu beobachtende langfristig abwärts gerichtete Trendverlauf des PEV aktuell nicht weiter fort.

Abbildung 4: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ)



\*) einschl. Flüssiggas. \*\*) sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Die rückläufige PEV-Entwicklung korrelierte in der Vergangenheit stark mit der Stromerzeugung des Kernkraftwerks Biblis. Die länger anhaltenden Produktionsunterbrechungen in den Jahren 2007 und 2009 wie auch das

endgültige Herunterfahren des Reaktors im Jahr 2011 haben sich spürbar dämpfend auf den Primärenergieverbrauch in Hessen ausgewirkt.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gemäß internationaler Vereinbarung hat die Energieerzeugung aus Kernenergie einen Wirkungsgrad von 33 Prozent, wohingegen für erneuerbare Energien und auch für Stromimporte Wirkungsgrade von 100 Prozent angenommen werden. Wird Kernenergie durch Energieträger mit höheren Wirkungsgraden substituiert, reduziert sich der Primärenergieverbrauch entsprechend. Berechnungen des HSL zeigten beispielhaft für das Jahr 2010, dass sich bei einer angenommenen Substitution der Kernkraft durch erneuerbare Energien und Stromimporte eine Reduzierung des Primärenergieeinsatzes für Hessen in Höhe von 11 Prozent ergeben würde (HSL 2014, S. 176).

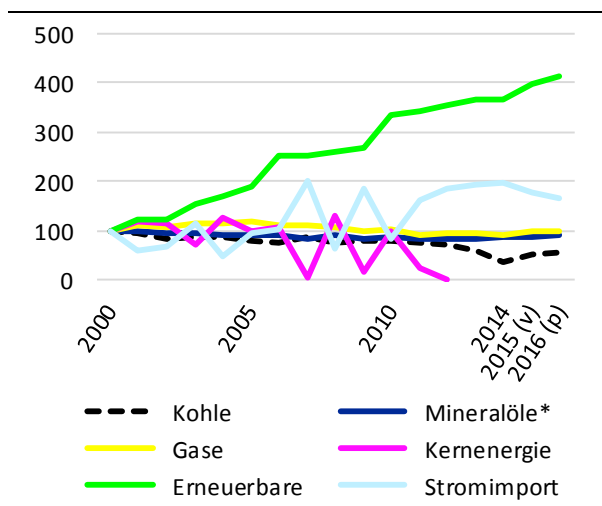
### Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Mit Anteilen von 52 und 24 Prozent dominieren im Jahr 2016 Mineralöle bzw. Gase mit großem Abstand den Primärenergieverbrauch in Hessen. Es folgen erneuerbare Energien mit 9 Prozent, Stromimporte mit 8 Prozent und Kohle mit 5 Prozent.

Gegenüber dem Vorjahr hat der Mineralölverbrauch um 2,8 Prozent zugenommen und erreicht damit wieder das Niveau von 2006, der Gasverbrauch ist um 2,5 Prozent und der Kohleverbrauch um 5,9 Prozent gestiegen. Ebenfalls erhöht hat sich der PEV von erneuerbaren Energien mit einem Plus von 3,2 PJ bzw. 3,9 Prozent auf einen bisherigen Höchstwert von 84 PJ. Demgegenüber hat sich der Stromimport um 4,9 PJ bzw. 6,3 Prozent verringert.

Die seit 2014 beobachtbare rückläufige Entwicklung des Stromimports verläuft fast spiegelbildlich zum Anstieg des Kohleverbrauchs, der mit Wiederaufstart des Kohlekraftwerks Staudinger im Jahr 2015 wieder zugenommen hat (siehe Abbildung 5). Bereits in der Vergangenheit wurden Produktionsschwankungen in Biblis und dessen endgültige Stilllegung im Jahr 2011 stets durch Stromimporte ausgeglichen.

**Abbildung 5: Indexentwicklung des PEV nach Energieträgern (Index 2000 = 100)**



\*) einschl. Flüssiggas.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a;  
2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Über den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2016 weisen erneuerbare Energien die höchsten Zuwächse auf. Deren Beitrag zum PEV hat sich seit 2000 von 20 PJ auf 84 PJ im Jahr 2016 mehr als vervierfacht (siehe auch Kapitel 4.1). Entsprechend hat sich ihr Anteil am gesamten PEV von 2,0 Prozent auf zuletzt 9,3 Prozent erhöht.

### 3.2 Endenergieverbrauch

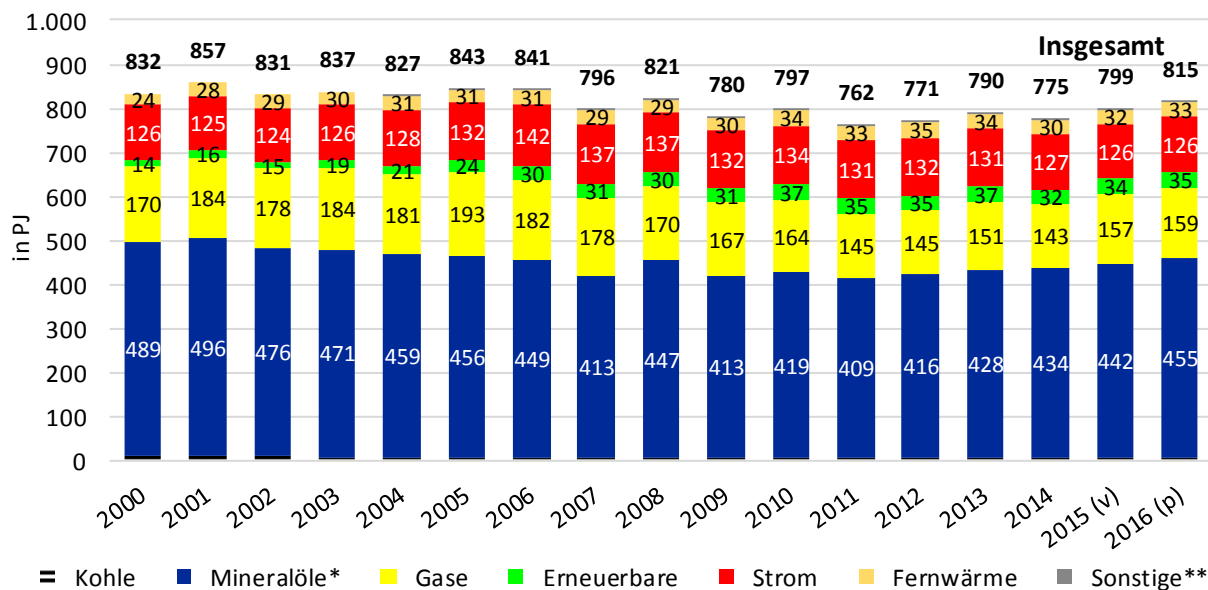
Der Endenergieverbrauch (EEV) umfasst die gesamte an die Endkunden im Inland abgegebene Energie und beträgt in Hessen nach erster Schätzung für das Jahr 2016 insgesamt 815 PJ (siehe Abbildung 6). Gegenüber 2015 ist dies ein Anstieg um 16 PJ bzw. 1,9 Prozent. Laut Schätzung des IE-Leipzig dürfte im Jahr 2016 damit der höchste Wert seit 2009 erreicht worden sein. Ähnlich wie beim PEV setzte sich die langfristig abwärts gerichtete Trendentwicklung nicht fort. Der Mittelfristtrend der letzten fünf Jahre ist sogar deutlich aufwärtsgerichtet.

#### Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Der Anstieg des EEV gegenüber dem Vorjahr ist zu großen Teilen auf die Zunahme von Mineralölen in Höhe von 13 PJ bzw. 2,8 Prozent zurückzuführen (siehe Abbildung 6). Damit entfallen nun 455 PJ bzw. 56 Prozent des gesamten EEV auf Mineralöle. Der Zuwachs der Energieträger Gase und Fernwärme beziffert sich zusammen auf rund 3 PJ. Nahezu unverändert blieb der Verbrauch von Kohle, Strom und sonstigen Energieträgern.

Erneuerbare Energien tragen vor allem als feste Biomasse in Form von Holz zum Heizen zum EEV bei. Darüber hinaus sind sie als Biokraftstoffe im Verkehrssektor für den EEV von Bedeutung. Aus methodischen Gründen ist der Einsatz erneuerbarer Energien für die Strom- und Fernwärmeerzeugung in den dargestellten Werten nicht enthalten; er wird in Kapitel 4.2 dargestellt.

Der Verbrauch erneuerbarer Energien hat um 0,5 PJ bzw. 1,3 Prozent zugenommen. Wegen dieses leicht unterproportionalen Zuwachses – der gesamte EEV ist um 1,9 Prozent gestiegen –, ging der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten EEV von 4,3 Prozent im Jahr 2015 auf 4,2 Prozent im Jahr 2016 leicht zurück. Den bisher höchsten Anteilswert haben erneuerbare Energien im Jahr 2010 mit 4,7 Prozent erzielt.

**Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ)**

\*) einschl. Flüssiggas. \*\*) sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

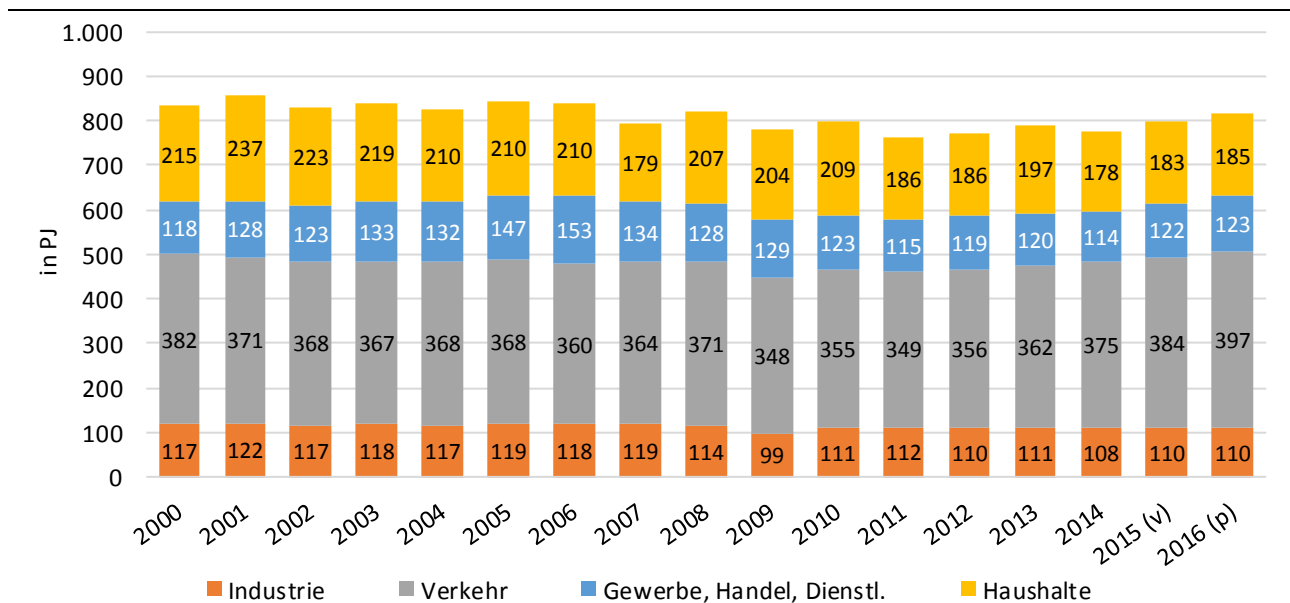
### Endenergieverbrauch nach Sektoren

Differenziert nach einzelnen Sektoren ist der Anstieg des EEV (16 PJ bzw. 1,9 %) im Jahr 2016 überwiegend auf den Verkehrssektor zurückzuführen, der sich um rund 13 PJ bzw. 3,3 Prozent erhöht hat (siehe Abbildung 7). Demgegenüber blieb der EEV in der Industrie<sup>2</sup> nahezu unverändert. In den Sektoren private Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD) hat sich der EEV um jeweils 0,9 Prozent erhöht, wofür insbesondere die kühlere Witterung ursächlich gewesen sein dürfte.

In langfristiger Betrachtung ist der EEV seit dem Jahr 2000 in der Industrie und stärker noch bei den privaten Haushalten rückläufig. Demgegenüber ist der EEV im Sektor GHD und vor allem im Verkehrssektor aktuell höher als vor 16 Jahren. Mit 397 PJ im Jahr 2016 verzeichnet der Verkehrssektor den höchsten Verbrauchswert im gesamten Zeitverlauf.

Auch die in den letzten fünf Jahren wieder aufwärtsgerichtete Trendentwicklung des EEV wird maßgeblich durch den Verkehrssektor geprägt. Die gesamte Zunahme des EEV in Höhe von 53 PJ seit dem Jahr 2011 setzt sich aus Zunahmen im Verkehrssektor und im Sektor GHD in Höhe von 48 PJ bzw. 8 PJ sowie leichten Rückgängen in der Industrie (-2 PJ) und bei den privaten Haushalten (-1 PJ) zusammen.

2 Der Begriff „Industrie“ wird in diesem Bericht synonym für Unternehmen und Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes verwendet.

**Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000–2016 (in PJ)**

Quelle: Sektoren Industrie und Verkehr: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Haushalte: IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### Sektoraler Endenergieverbrauch nach Energieträgern

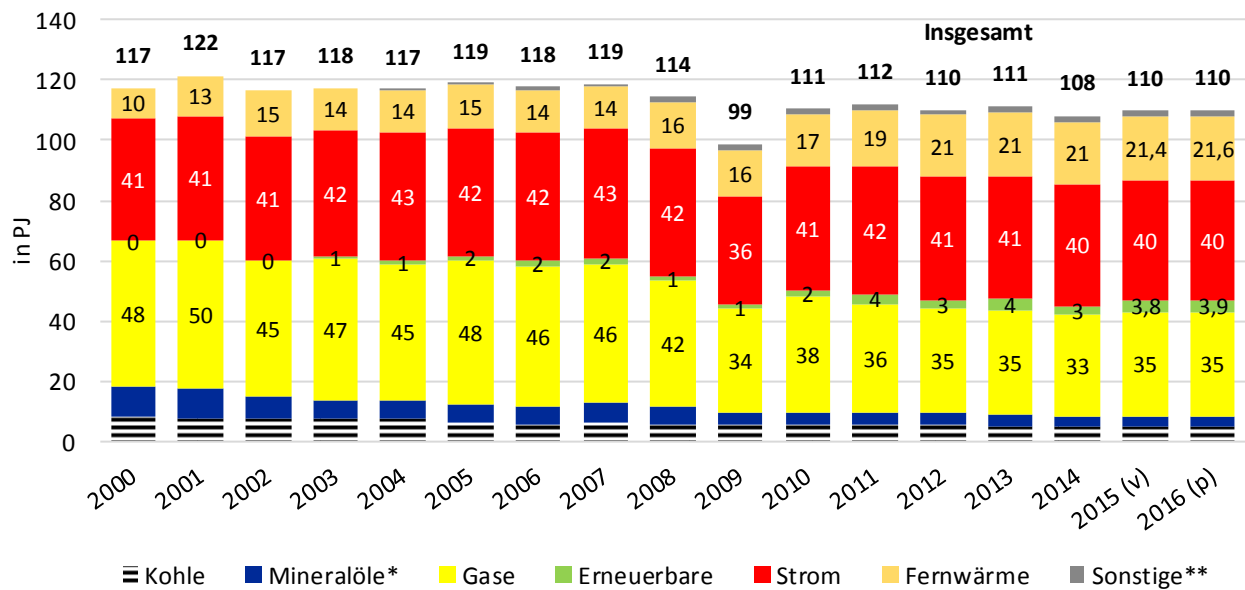
Die folgenden Abbildungen 8 bis 10 zeigen den Endenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern für die Verbrauchssektoren Industrie, GHD und private Haushalte. Der Verkehrssektor ist im Kapitel 8 detailliert dargestellt.

Der EEV der Industrie (siehe Abbildung 8) betrug im Jahr 2016 wie bereits im Vorjahr 110 PJ. Auch die Zusammensetzung nach Energieträgern blieb nahezu unverändert. In der langfristigen Betrachtung seit dem Jahr 2000 ist der Einsatz von Mineralölen und insbesondere von Gasen in der Industrie deutlich rückläufig, wohingegen erneuerbare Energien und noch stärker der Verbrauch von Fernwärme zugenommen haben. Der Stromverbrauch der Industrie ist im gesamten Zeitverlauf – mit Ausnahme des Wirtschaftskrisenjahres 2009 – nahezu konstant. Mit Blick auf die letzten fünf Jahre haben in der Industrie sowohl bei der Höhe des Gesamtverbrauchs als auch bei der Zusammensetzung der einzelnen Energieträger kaum noch Veränderungen stattgefunden.

In den beiden Sektoren GHD (siehe Abbildung 9) und private Haushalte (siehe Abbildung 10) hat sich der EEV im Jahr 2016 leicht gegenüber dem Vorjahr um 1 PJ bzw. 2 PJ erhöht. Die Zusammensetzung des Energieverbrauchs nach Energieträgern blieb dabei in beiden Sektoren nahezu identisch.

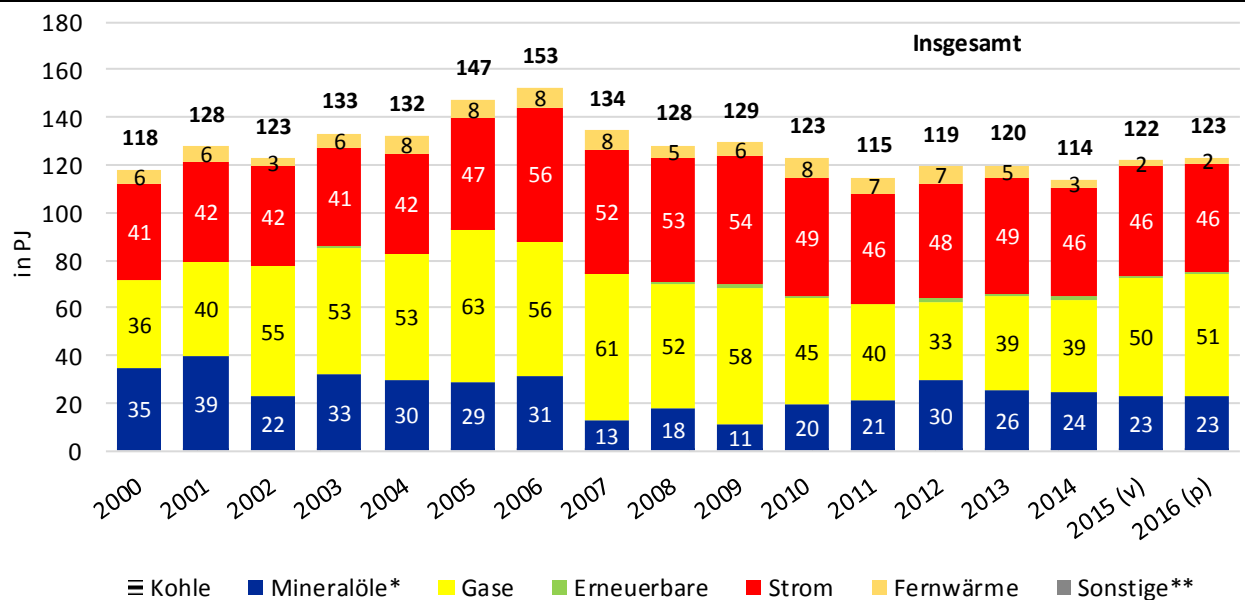
Lang-, aber auch mittelfristig sind jedoch in beiden Verbrauchssektoren erhebliche Veränderungen in der Zusammensetzung des Energieverbrauchs festzustellen. Private Haushalte verbrauchen auf lange Sicht zunehmend mehr erneuerbare Energien, wobei dieser Trend seit 2011 stagniert. Für den Sektor GHD leisten erneuerbare Energien bis heute mit weniger als 1 PJ keinen nennenswerten Beitrag. Anzumerken ist, dass bei den erfassten erneuerbaren Energien die zur Erzeugung von Fernwärme und Strom eingesetzten erneuerbaren Energien aus methodischen Gründen nicht enthalten sind.

Während der Stromverbrauch im Sektor private Haushalte über den gesamten Zeitraum seit 2000 nahezu konstant blieb, hat er sich im Sektor GHD langfristig erhöht, bewegt sich allerdings seit 2011 relativ konstant um das Niveau von 46 PJ. Die deutliche Zunahme des gesamten EEV in den Jahren 2005 und 2006 im Sektor GHD ist zum Teil konjunkturbedingt. Hinzu kommen wegen der Anhebung der Mehrwertsteuer im Jahr 2007 Vorabkäufe von Mineralölprodukten bei nicht vorsteuerabzugsberechtigten privaten Haushalten und Kleinunternehmen. Entsprechend niedriger waren deren Einkäufe im Jahr 2007.

**Abbildung 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ)**

\*) einschl. Flüssiggas. \*\*) sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

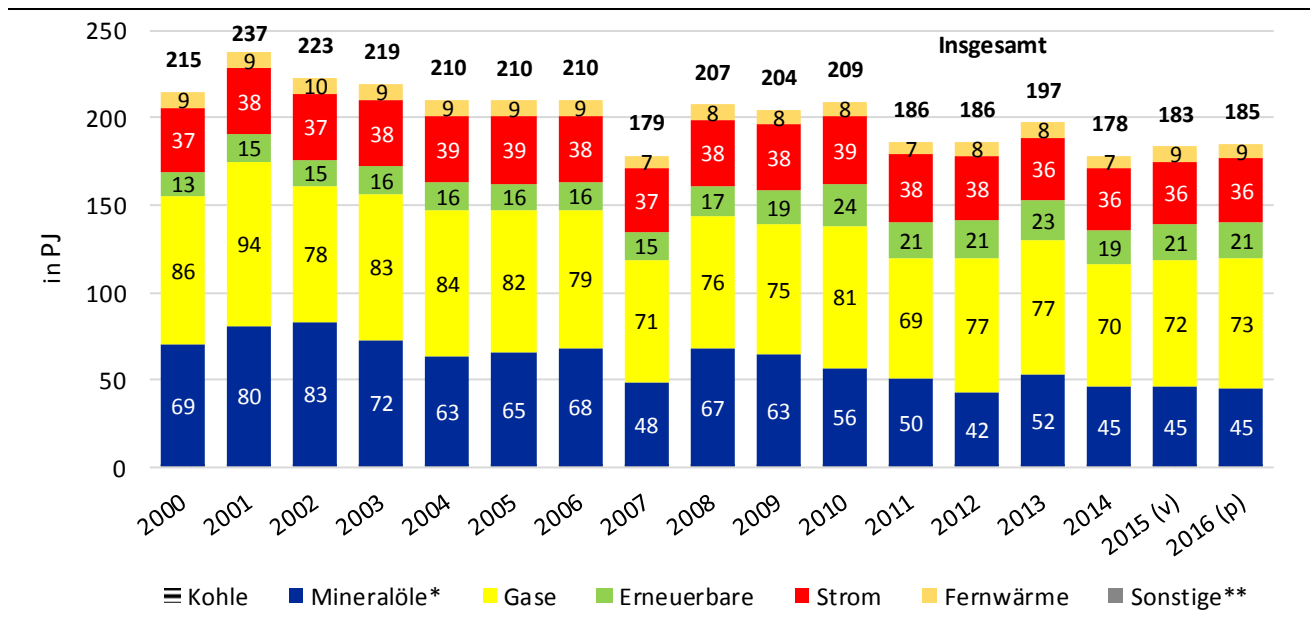
Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ)**

\*) einschl. Flüssiggas. \*\*) sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Abbildung 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ)**



\*) einschl. Flüssiggas. \*\*) sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### 3.3 Stromverbrauch und Stromerzeugung

In Hessen wurden im Jahr 2016 insgesamt 17,2 Terawattstunden (TWh) Strom erzeugt, 1,3 TWh mehr als im Vorjahr. Der Stromverbrauch lag bei 37,4 TWh und veränderte sich im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig. Die sich ergebende Lücke in Höhe von 20,2 TWh und damit 54 Prozent des hessischen Bruttostromverbrauchs wurde durch Stromimporte aus anderen Bundesländern ausgeglichen (siehe Abbildung 11). Die Einbindung in das deutsche und europäische Fernübertragungsnetz ist damit elementar für die Versorgungssicherheit von Hessen. Ein flächendeckender Übertragungsnetzausbau hat daher für Hessen eine hohe Priorität (siehe dazu Kapitel 7).

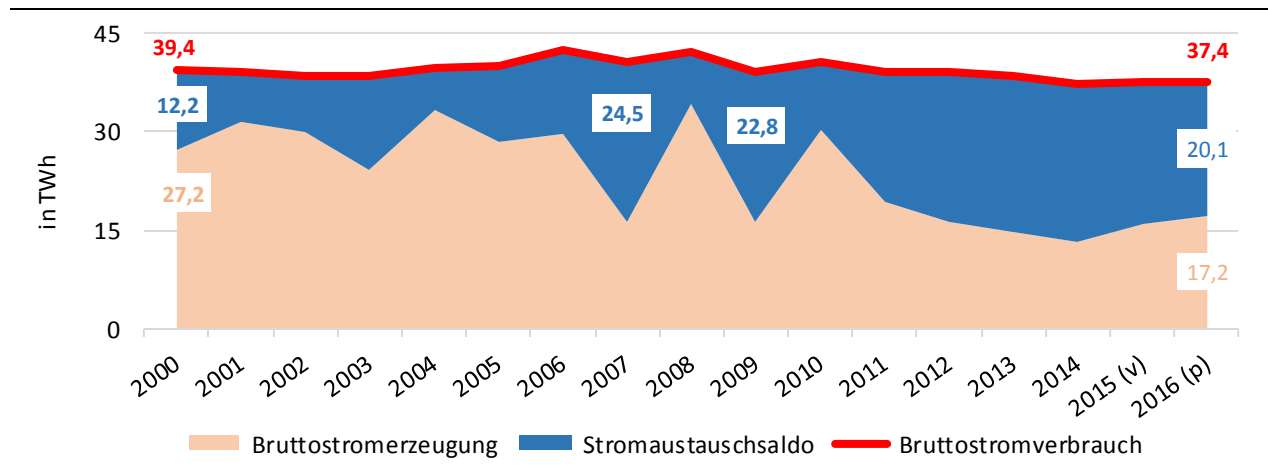
Während der Bruttostromverbrauch über den gesamten Zeitraum seit 2000 hinweg relativ stabil und tendenziell leicht rückläufig war, zeichnet sich die Stromerzeugung durch ausgeprägte Auf- und Abwärtsbewegungen aus. Diese sind im Wesentlichen mit den Betriebszeiten der großen hessischen Kraftwerke in den einzelnen Jahren zu erklären. Die längeren Stillstände des Kernkraftwerkes Biblis in den Jahren 2007 und 2009 und dessen endgültige Stilllegung im Jahr 2011 bilden sich hier ebenso ab wie der durch einen Unfall verursachte Ausfall des Kraftwerks Staudinger im Jahr 2014 und dessen Wiederanfahren im Jahr 2015.

### Brutto- und Nettostromverbrauch

Werden vom Bruttostromverbrauch der Eigenverbrauch der Kraftwerke bei der Stromerzeugung sowie die Übertragungs- und Verteilungsverluste auf dem Weg zum Endverbraucher abgezogen, ergibt sich der Nettostromverbrauch. Im Vergleich zum Vorjahr blieben diese drei Komponenten nahezu unverändert. Im Jahr 2016 liegen der Bruttostromverbrauch bei 37,4 TWh, Eigenverbrauch und Verluste bei 2,5 TWh und der Nettostromverbrauch bei 34,9 TWh (siehe Abbildung 12).

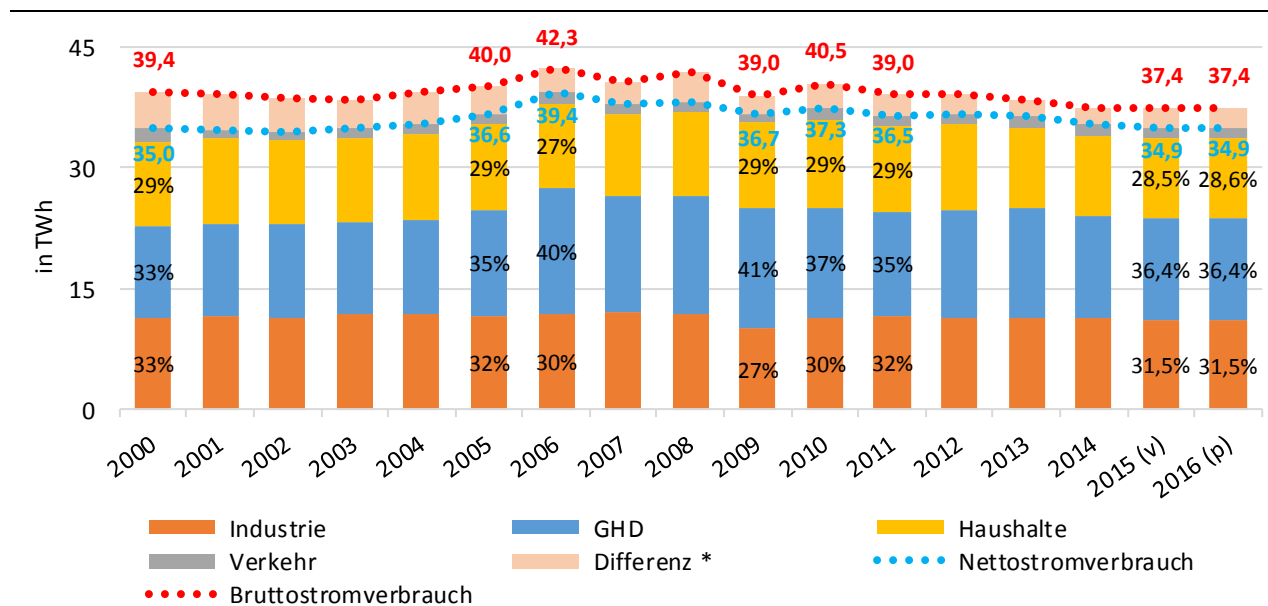
Im Zeitverlauf ist für den Nettostromverbrauch zunächst ein Anstieg auf fast 40 TWh im Jahr 2006 und anschließend ein kontinuierlicher Rückgang zu beobachten. Im Jahr 2016 verharrt der Nettostromverbrauch jedoch auf dem Vorjahresniveau. Auch in der Verbrauchsstruktur nach Sektoren ist eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Vorjahresergebnis festzustellen. Mit einem Anteil von 36,4 Prozent zeigt sich die hohe Bedeutung des Dienstleistungssektors für die hessische Wirtschaft auch im Stromverbrauch nach Verbrauchssektoren. Es folgen Industrie (31,5 %) und private Haushalte (28,6 %). Der Verkehrssektor spielt demgegenüber für den Stromverbrauch in Hessen mit einem Anteilswert von 3,5 Prozent nur eine untergeordnete Rolle.

**Abbildung 11: Entwicklung von Bruttostromverbrauch, -erzeugung und Stromaustauschsaldo 2000–2016**  
(in TWh)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Abbildung 12: Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000–2016** (in TWh, Anteilswerte in %)



\*) Verbrauch im Umwandlungssektor / Eigenverbrauch und Übertragungsverluste.

Quelle: Sektoren Industrie und Verkehr: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Haushalte: IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### Stromverbrauch pro Einwohner

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung des Pro-Kopf-Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Hessen seit dem Jahr 2000.<sup>3</sup> Dieser beziffert sich für das Jahr 2016

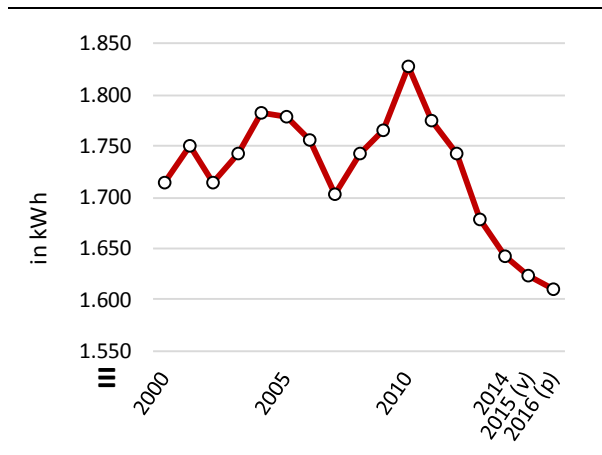
auf 1.611 Kilowattstunden (kWh) je Einwohner und lag damit abermals leicht unter dem Vorjahresniveau von 1.624 kWh. Gegenüber dem Höchststand von 1.829 kWh im Jahr 2010 – einem Jahr mit relativ strengem Winter und dadurch verstärktem Einsatz von strombetriebenen

<sup>3</sup> Aufgrund von Verzögerungen werden amtliche Bevölkerungszahlen für den 31.12.2016 voraussichtlich erst Ende des ersten Quartals 2018 verfügbar sein. Daher wird für die Pro-Kopf-Berechnungen eine geschätzte Bevölkerungszahl von 6.200.000 für das Jahr 2016 in Hessen zugrunde gelegt.



Heizgeräten und Wärmepumpen – errechnet sich ein Rückgang von 11,9 Prozent. Damit hat sich der spezifische Stromverbrauch der privaten Haushalte in den letzten Jahren stark reduziert.

**Abbildung 13: Stromverbrauch der privaten Haushalte je Einwohner 2000–2016 (in kWh)**



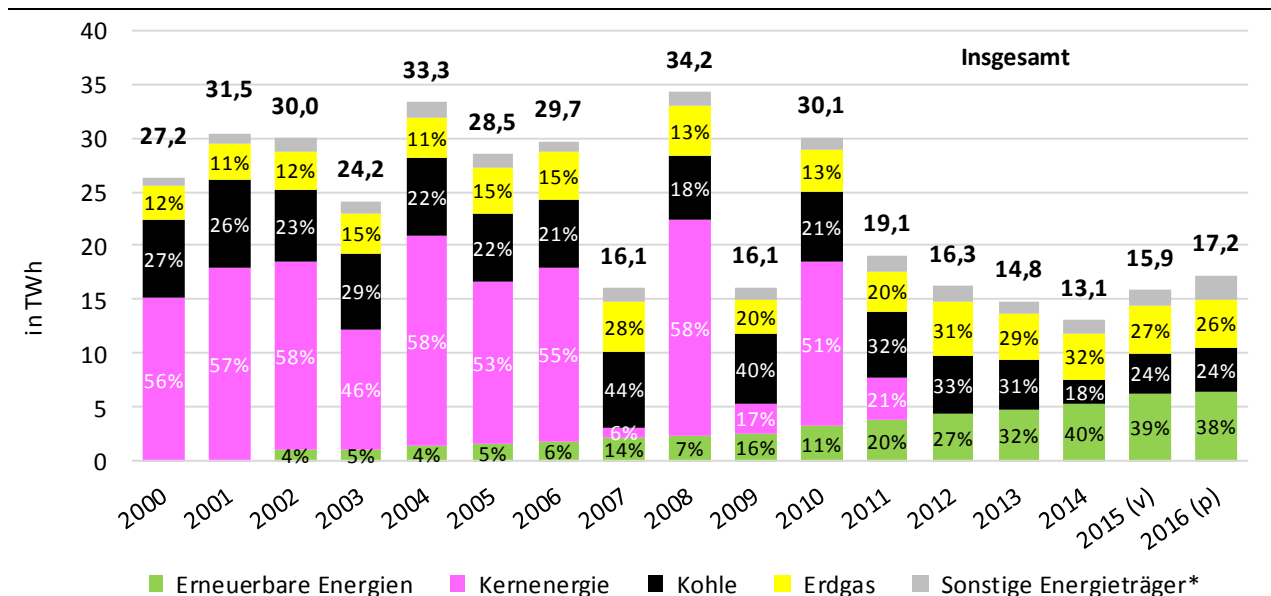
Quelle: HSL 2017a und IE-Leipzig 2017a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

Im Jahr 2016 wurden in Hessen insgesamt 17,2 TWh Strom erzeugt, 1,3 TWh bzw. 8,3 Prozent mehr als im Vorjahr. Dabei haben alle Energieträger absolut gesehen Verbrauchszuwächse aufzuweisen. Mit einem Plus von 0,6 TWh ist der Gesamtanstieg vor allem auf die Gruppe der sonstigen Energieträger zurückzuführen, unter der Mineralöl, nicht-biogene Abfälle und Pumpspeicherwerke verbucht werden. Durch den ganzjährigen Normalbetrieb des Kraftwerks Staudinger, das im Jahr 2015 zunächst unter Probebedingungen wieder hochgefahren werden musste, hat sich die Stromerzeugung aus Kohle abermals um 0,3 TWh erhöht.

Auch der Einsatz erneuerbarer Energien hat sich leicht von 6,3 auf 6,5 TWh bzw. um 3,2 Prozent erhöht. Da dieser relative Zuwachs allerdings unter dem Gesamtzuwachs blieb, ist der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung von 39,3 Prozent im Jahr 2015 auf 37,5 Prozent im Jahr 2016 zurückgegangen. Weiterhin leisten erneuerbare Energien damit den größten Beitrag aller Energieträger zur Stromerzeugung in Hessen, vor Erdgas (26 %) und Kohle (24 %) (siehe Abbildung 14).

**Abbildung 14: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000–2016 (in TWh, Anteilswerte in %)**



\*) Mineralöl, nicht-biogene Abfälle, Pumpspeicherwerke usw.

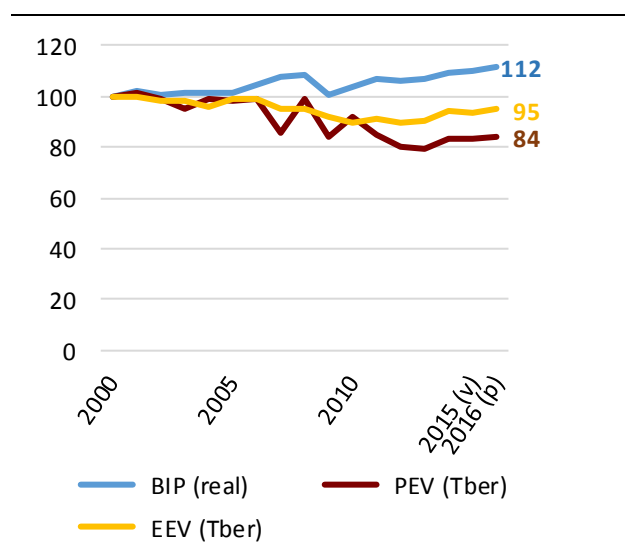
Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015(v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### 3.4 Energieeffizienz

Der Ausbau der erneuerbaren Energien (siehe dazu Kapitel 4 und 6) und die Steigerung der Energieeffizienz sind die zentralen Handlungsfelder der Energiewende in Hessen.<sup>4</sup> Im Folgenden wird die Entwicklung der Energieeffizienz anhand der gesamtwirtschaftlichen Energie- und Stromproduktivität betrachtet. Die Energieproduktivität einer Volkswirtschaft wird als Quotient aus Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch (Primärenergieproduktivität) bzw. Endenergieverbrauch (Endenergieproduktivität) berechnet. Ein hoher Produktivitätswert bzw. eine hohe Energieeffizienz ergibt sich dann, wenn eine Volkswirtschaft viele Güter und Dienstleistungen erzeugt und trotzdem wenig Energie verbraucht. Abbildung 15 zeigt die Entwicklungen des temperaturbereinigten Primär- und des temperaturbereinigten Endenergieverbrauchs sowie der hessischen Wirtschaftsleistung, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP). Eine Temperaturbereinigung (Tber) wurde vorgenommen, um Witterungseinflüsse wie z. B. besonders milde Winter zu eliminieren. Ohne Temperaturbereinigung würde in diesem Fall auch ohne Energieeinsparungen eine Effizienzsteigerung suggeriert werden. Um die Zeitreihen miteinander vergleichen zu können, wurde eine Indexdarstellung gewählt.

**Abbildung 15: Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber)**

(Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

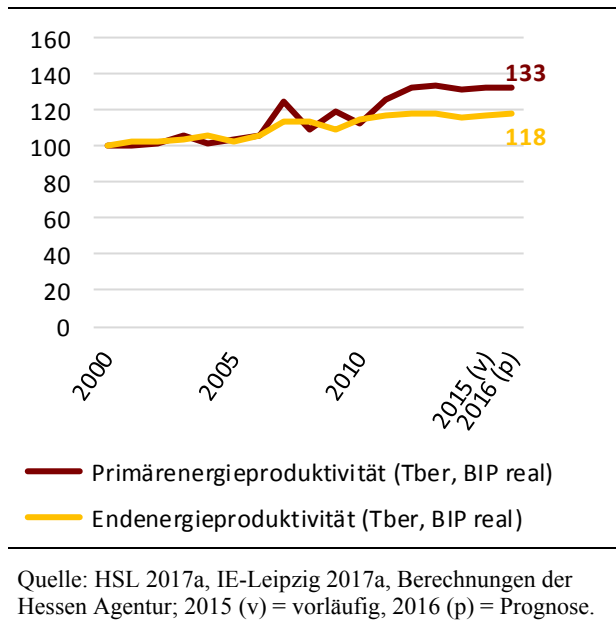
Über den Gesamtzeitraum von 2000 bis 2016 ist die hessische Wirtschaftsleistung real um 12 Prozent gewachsen. Der Einbruch des BIP in den Jahren 2008 und 2009 ist auf die internationale Finanz- und Wirtschaftskrise zurückzuführen. Dem im Gesamtzeitraum steigenden BIP steht ein Rückgang des gesamtwirtschaftlichen Energieverbrauchs gegenüber. Der Endenergieverbrauch lag im Jahr 2016 um 5 Prozent niedriger als im Ausgangsjahr 2000. Der Primärenergieverbrauch ist sogar um 16 Prozent zurückgegangen. Langfristig ist demnach eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum auf der einen Seite und Energieverbrauch auf der anderen Seite festzustellen. Dies trifft – unterbrochen von der Rezession in den Jahren 2008 und 2009 – insbesondere auf den Zeitraum zwischen 2005 und 2012 zu. Der Trend sinkender Energieverbräuche bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum scheint nach 2012 zum Erliegen gekommen zu sein. Seit 2014 steigt der gesamtwirtschaftliche Energieverbrauch wieder leicht an. Eine Ursache hierfür dürfte der ab 2013/2014 zu beobachtende Preiserückgang für fossile Brennstoffe sein (siehe Kapitel 10.1). Im Jahr 2016 hat sich der temperaturbereinigte PEV nach den vorliegenden Schätzergebnissen gegenüber dem Vorjahr um 1,5 Prozent und damit ebenso stark wie das reale BIP erhöht. Der Anstieg des temperaturbereinigten EEV fiel mit 1,3 Prozent im Vorjahresvergleich nur leicht niedriger als das reale Wirtschaftswachstum aus.

#### Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Primär- und Endenergieproduktivität

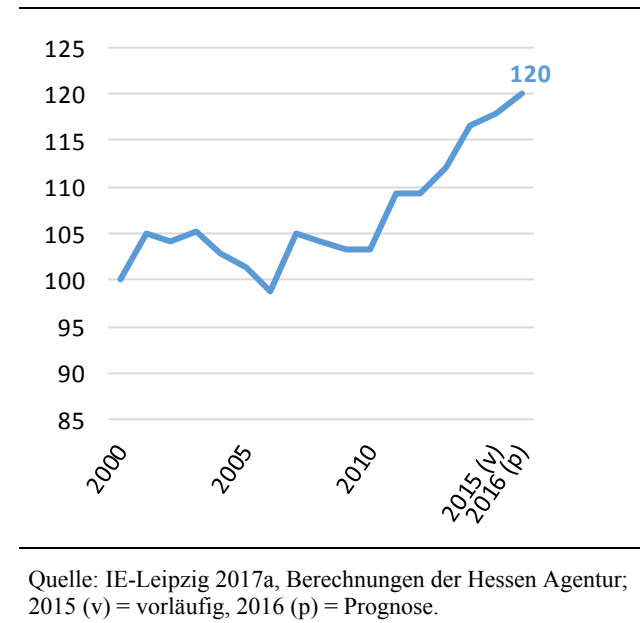
Die Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Primär- und Endenergieproduktivität ist in Abbildung 16 dargestellt. Hierzu wurden die einzelnen Zeitreihen der Wirtschafts- und Energieverbrauchsentwicklung zusammengeführt, indem jeweils Quotienten aus Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch bzw. Endenergieverbrauch gebildet wurden. Die – wie oben beschrieben – lange Zeit gegenläufigen Entwicklungen von Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch haben sich bis etwa zum Jahr 2012 in einer deutlich steigenden Energieproduktivität niedergeschlagen. So ist im Zeitraum von 2000 bis 2012 die Primärenergieproduktivität um 33 Prozent und die Endenergieproduktivität um 19 Prozent gestiegen. Mit einer gegebenen Menge an Energie konnte also im Zeitverlauf immer mehr Wirtschaftsleistung produziert werden. Seitdem bewegen sich die Primär- und Endenergieproduktivität mit geringen Schwankungen um einen Indexwert von 133 bzw. 118. Im Jahr 2016 blieb die Primärenergieproduktivität im Vergleich zum Vorjahr unverändert, die Endenergieproduktivität hat sich geringfügig um 0,2 Prozent erhöht.

4 Siehe Hessische Landesregierung 2013, Präambel S. 4.

**Abbildung 16: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität 2000–2016 (Index 2000 = 100)**



**Abbildung 17: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Stromproduktivität 2000–2016 (Tber, Index 2000 = 100)**



### Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft

Im Gegensatz zur gesamtwirtschaftlichen Primär- und Endenergieproduktivität hat sich der seit 2010 zu beobachtende Anstieg der gesamtwirtschaftlichen Stromproduktivität (reales BIP je MWh temperaturbereinigtem Bruttostromverbrauch) auch im Jahr 2016 weiter fortgesetzt. Dabei ging das reale Wirtschaftswachstum von 1,5 Prozent in Hessen einher mit einer leichten Abnahme des temperaturbereinigten Bruttostromverbrauchs von 0,2 Prozent. Daraus errechnet sich eine Zunahme der gesamtwirtschaftlichen Stromproduktivität um 1,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Im gesamten Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2016 ist die Stromproduktivität um 20 Prozent gestiegen (siehe Abbildung 17).

### Energie- und Stromintensität der Industrie

Abschließend wird in diesem Kapitel noch der Blick auf die Energie- und Stromintensität der Industrie gerichtet. Die Energie- bzw. Stromintensität geben an, wie viel Energie bzw. Strom aufgewendet werden, um eine Einheit wirtschaftliche Leistung zu erzeugen.<sup>5</sup> Sie werden berechnet durch den Quotienten aus Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung bzw. Stromverbrauch und Bruttowertschöpfung. Auf eine Temperaturbereinigung wird bei der Berechnung der Energie- und Stromintensität verzichtet, da Witterungseinflüsse für den Energie- und Stromverbrauch der Industrie nur eine geringe Bedeutung haben.

Im Jahr 2016 wurde im hessischen Verarbeitenden Gewerbe<sup>6</sup> real 0,5 Prozent weniger Bruttowertschöpfung (BWS) erzeugt als im Vorjahr. Dies könnte an den Entwicklungen in der Chemischen Industrie und im Fahrzeugbau liegen, die im Jahr 2016 in Hessen jeweils einen Umsatzrückgang im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen hatten. Die im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt

5 Der Energieverbrauch ist der Gesamtverbrauch an Kohle, Mineralöl, Erdgas, erneuerbaren Energieträgern, Abfall, Fernwärme, Strom und sonstigen Energieträgern, einschließlich der Mengen, die in eigenen Anlagen in andere Energiearten umgewandelt werden. Ausgewiesen werden sowohl die in den Betrieben zur Strom- und Wärmeerzeugung (Prozesswärme, Heizung, Warmwasser einschließlich Kälte) eingesetzten als auch die nicht-energetisch genutzten Energieträger bzw. Brennstoffe. Nicht erfasst werden Einsatzkohle für die Brikett- und Koksherstellung, Kraftstoffe für den Einsatz in Fahrzeugen sowie technische Gase (siehe auch die Begriffserläuterungen in HSL 2017d).

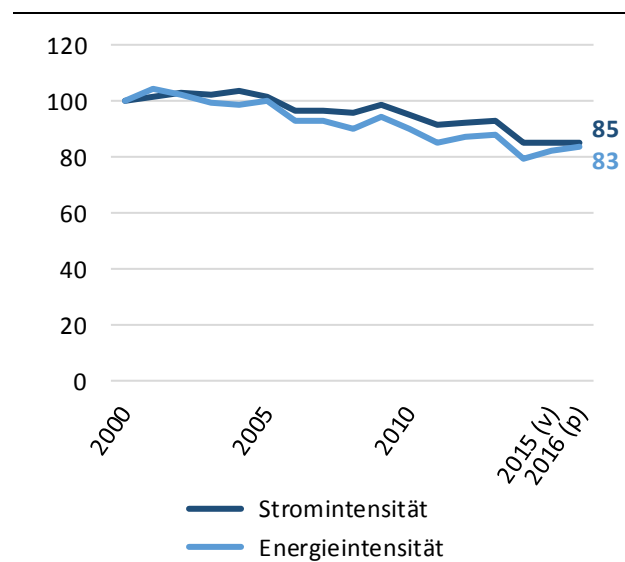
6 Angaben zur Bruttowertschöpfung der Industrie (d. h. des Verarbeitenden Gewerbes und des Bergbaus) liegen momentan nur bis zum Jahr 2014 vor. Für das Verarbeitende Gewerbe liegen allerdings aktuelle Daten zur Bruttowertschöpfung bis zum Jahr 2016 vor.

eingesetzte Energiemenge war leicht höher (+0,5 %), die eingesetzte Strommenge marginal niedriger (-0,2 %) als im Vorjahr. Je 1.000 Euro erzeugter Bruttowertschöpfung wurden 736,4 kWh Energie bzw. 262,8 kWh Strom verbraucht. Das war jeweils ein höherer Energieverbrauch (+1,0 %) bzw. Stromverbrauch (+0,3 %) je Einheit BWS als im Vorjahr.

In Abbildung 18 sind für den Zeitraum von 2000 bis 2016 die langfristigen Entwicklungen von Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes in Hessen dargestellt. Der Trendverlauf ist insgesamt abwärtsgerichtet, erfolgt aber stufenförmig. Nach einem Jahr mit deutlichem Rückgang folgen häufig ein bis zwei Jahre mit gleichbleibendem Niveau.

#### Abbildung 18: Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000–2016

(Index 2000 = 100)

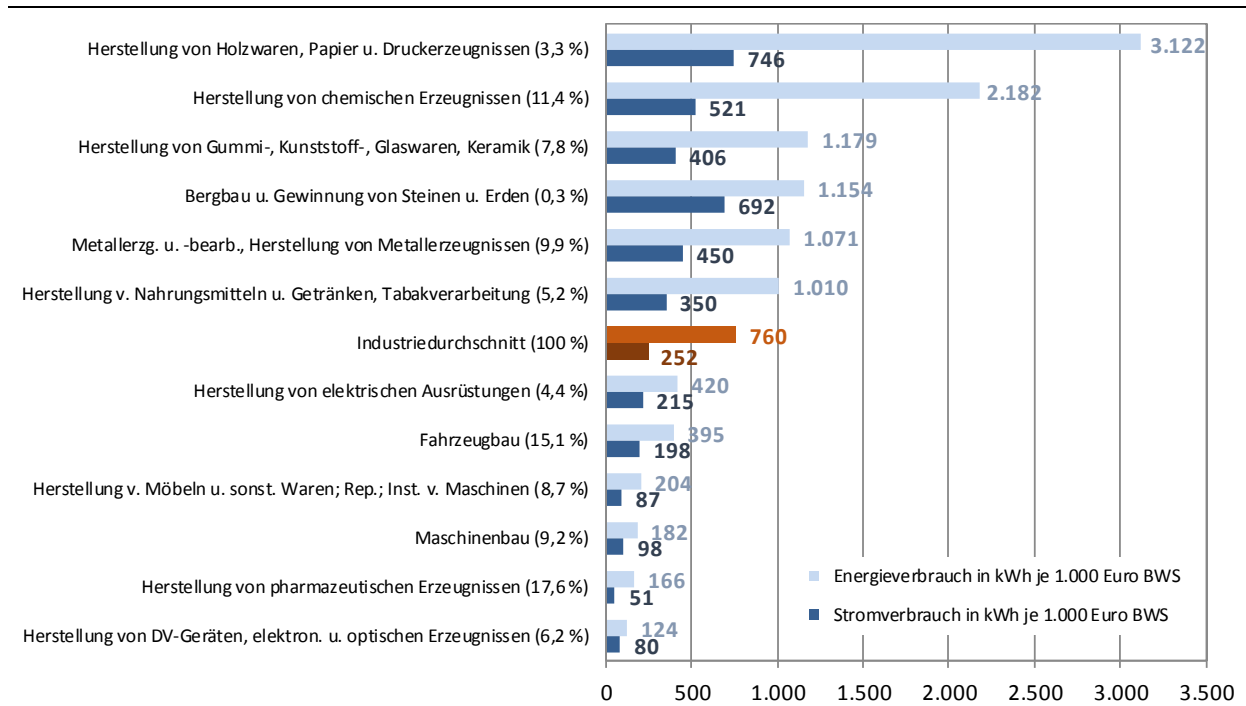


Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Abbildung 19 stellt differenzierte Angaben zur Energie- und Stromintensität für die einzelnen Industriebranchen (Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) für das Jahr 2014 dar. Aktuellere Angaben zur Bruttowertschöpfung liegen für einzelne Industriebranchen noch nicht vor. Den höchsten spezifischen Energieverbrauch weist die Herstellung von Holzwaren, Papier und Druckerzeugnissen auf. Diese Industriebranche spielt mit einem Anteil von rund 3 Prozent an der gesamten industriellen Bruttowertschöpfung allerdings nur eine geringe Rolle. An zweiter Stelle der Branchen mit hoher Energieintensität liegt die chemische Industrie, die an dritter Position der – gemessen an der Bruttowertschöpfung – bedeutendsten Industriebranchen in Hessen steht. Ebenfalls einen überdurchschnittlichen Energieverbrauch sowie eine hohe Bedeutung für die hessische Industrie weisen die Branchen Herstellung von Gummi, Kunststoff, Glas und Keramik sowie Metallherzeugung und Metallbearbeitung auf.

Beim Blick auf die Stromintensität der hessischen Industriebranchen ergibt sich ein ähnliches Bild, wobei die Spannbreite jedoch weniger stark ausgeprägt ist.

**Abbildung 19: Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2014**  
(in kWh je 1.000 Euro BWS)



Die Angabe in Klammern hinter den Branchenbezeichnungen gibt deren Anteil an der Bruttowertschöpfung der Industrie insgesamt an. Berücksichtigt bei den Angaben zu Energie- und Stromverbrauch werden alle Betriebe mit 20 und mehr Beschäftigten.

Quelle: HSL 2017a, HSL 2017d, Berechnungen der Hessen Agentur.

# 4

## Erneuerbare Energien



## 4 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien können sowohl bei der Strom- und Wärmeerzeugung als auch im Verkehrssektor zur Energieerzeugung eingesetzt werden und prinzipiell die fossilen Brennstoffe Mineralöle, Erdgase und Kohlen vollständig ersetzen. Nach den Vorstellungen der Hessischen Landesregierung (2013, S. 19) soll dieses Ziel bis zum Jahr 2050 erreicht werden.

Eine wichtige Aufgabe des Energiemonitorings besteht daher in der Darstellung der Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung sowie des Treibstoffverbrauchs aus erneuerbaren Energien.

### 4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch

Im Jahr 2016 haben erneuerbare Energien insgesamt 83,5 Petajoule (PJ) zum PEV beigetragen, 3,2 PJ bzw. 3,9 Prozent mehr als im Jahr 2015. Am stärksten zugenommen haben dabei feste Biomasse (+1,9 PJ), wofür vor allem das Heizen mit Holz aufgrund der kühleren Witterung verantwortlich war, und Windenergie (+0,7 PJ). Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Wachstumsdynamik der erneuerbaren Energien leicht abgeschwächt. Dies ist neben Änderungen des EEG auch auf die ungünstigen Windverhältnisse und eine niedrigere

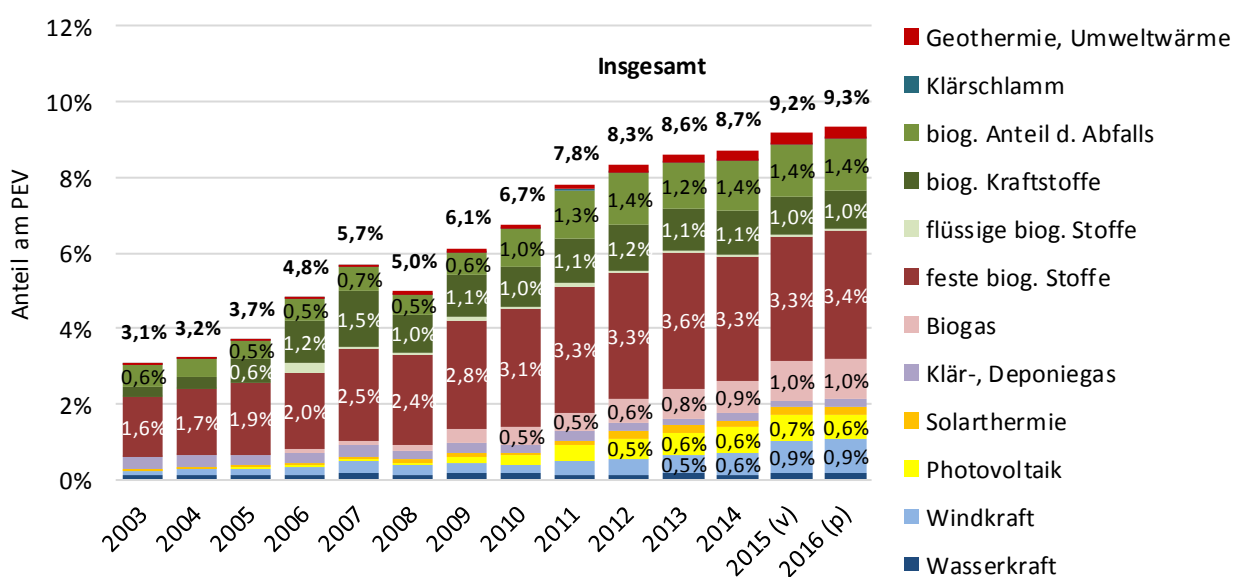
Sonnenscheindauer im Jahr 2016 im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt zurückzuführen.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am PEV beträgt im Jahr 2016 insgesamt 9,3 Prozent. Dies bedeutet allerdings im Vergleich zum Vorjahr (9,2 %) nur einen geringfügig gestiegenen Anteilswert und ist neben den schlechten Wind- und Sonnenertragsergebnissen auch darauf zurückzuführen, dass sich der PEV insgesamt ebenfalls erhöht hat und zwar um 19 PJ bzw. 2,2 Prozent.

Ausgehend von 31 PJ im Jahr 2003 hat die Bedeutung erneuerbarer Energien für den PEV in längerfristiger Betrachtung deutlich zugenommen. So hat sich deren Anteilswert ausgehend von 3,1 Prozent im Jahr 2003 auf 9,3 Prozent im Jahr 2016 verdreifacht. Wie Abbildung 20 zeigt, konnte der Einsatz von biogenen Stoffen über den Gesamtzeitraum hinweg stark ausgeweitet werden. Seit dem Jahr 2013 tragen Windenergie und Photovoltaik zusammen über 1 Prozent zum PEV in Hessen bei, im Jahr 2016 waren es zuletzt gut 1,5 Prozent.

Relativ geringe Beiträge zum Primärenergieverbrauch in Hessen leisten die Energieträger Wasserkraft, Solarthermie, Klär- und Deponiegas, flüssige biogene Stoffe, Klärschlamm sowie Geothermie und Umweltwärme mit einem Anteilswert von zusammen weniger als 1 Prozent.

Abbildung 20: Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003–2016 (in %)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

## 4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch

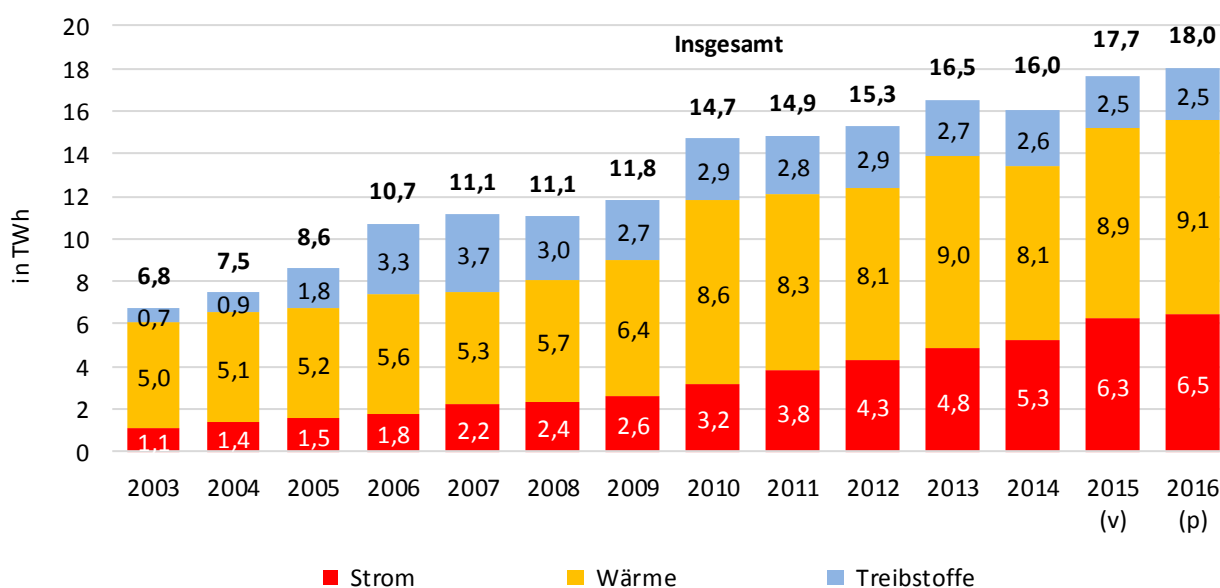
### Endenergieverbrauch an Strom, Wärme und Treibstoffen im Überblick

Zum EEV des Jahres 2016 haben erneuerbare Energien insgesamt 18 Terawattstunden (TWh) beigetragen (siehe Abbildung 21).

Der Anstieg gegenüber dem Vorjahr beläuft sich auf 0,37 TWh bzw. 2,1 Prozent.

Dabei beziffert sich der Zuwachs bei Strom auf 0,2 TWh bzw. 3,2 Prozent und bei Wärme aus erneuerbaren Energien auf 0,16 TWh bzw. 1,8 Prozent. Bei erneuerbaren Treibstoffen war der Verbrauch mit 2,5 TWh nahezu identisch wie im Vorjahr (+0,01 TWh).

**Abbildung 21: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe 2003–2016 (in TWh)**



Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Um trotz der unterschiedlichen absoluten Niveaus die zeitliche Entwicklung des EEV an erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe miteinander vergleichen zu können, erfolgt in Abbildung 22 zusätzlich eine Indexdarstellung. Dabei zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg, dass sich die Entwicklungen der einzelnen Sektoren erheblich voneinander unterscheiden.

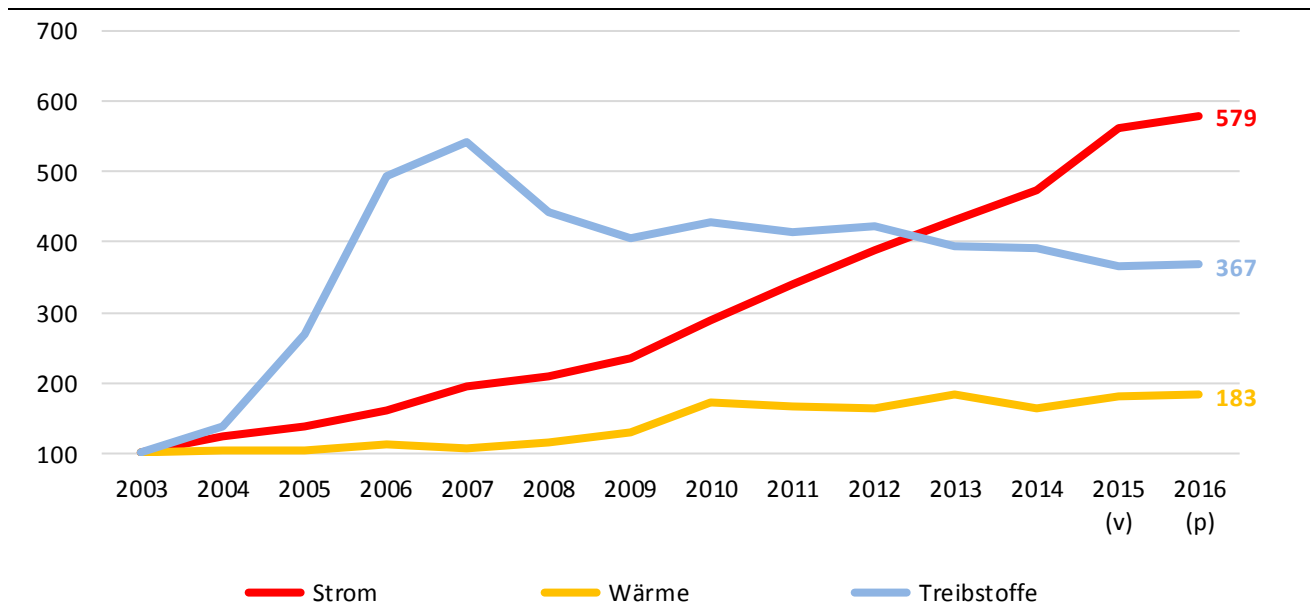
Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat den stärksten relativen Zuwachs zu verzeichnen und hat sich gegenüber dem Ausgangsniveau im Jahr 2003 fast sechsfacht. Es ist zudem der einzige Sektor, der über den gesamten Zeitraum von Jahr zu Jahr angestiegen ist. Im letzten Jahr hat sich das Wachstumstempo jedoch etwas verlangsamt.

Die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien stieg zunächst bis zum Jahr 2008 kaum an, wuchs dann zwei Jahre lang relativ stark und bewegt sich seither um ein Niveau, das knapp doppelt so hoch wie das Ausgangsniveau ist.

Aufgrund von Steuerbefreiungen für Biodiesel ist der Biotreibstoffverbrauch zunächst stark angestiegen und hat sich von 2003 bis zum Jahr 2007 mehr als verfünffacht. Mit Rücknahme dieser Befreiung sinkt der Biotreibstoffverbrauch wieder und bewegt sich mit leicht sinkender Tendenz zwischen 2,9 und 2,5 TWh.



**Abbildung 22: Entwicklung von Strom, Wärme und Treibstoffen aus erneuerbaren Energien 2003–2016**  
(Index 2003 = 100)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### Stromsektor

Erneuerbare Energien haben im Jahr 2016 mit insgesamt 6,5 TWh zur Stromerzeugung in Hessen beigetragen, 0,2 TWh bzw. 3,2 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 23). Den höchsten Beitrag hat dazu die Windenergie mit einer Steigerung von 0,19 TWh bzw. 8,9 Prozent geleistet (siehe dazu auch Kapitel 6.2), auf die mittlerweile mehr als ein Drittel der gesamten erneuerbaren Stromerzeugung entfällt (35 %). Ebenfalls zugenommen haben Bio-, Klär- und Deponiegas mit zusammen 34 Gigawattstunden (GWh) sowie der biogene Anteil des Abfalls mit 24 GWh.

Rückläufig waren hingegen Photovoltaik (-31 GWh) wegen der ungünstigen Sonnenertragssituation, Wasserkraft (-9 GWh) sowie feste und flüssige Biomasse (-3 GWh). Die Anteilswerte von Photovoltaik und Wasserkraft haben sich dadurch leicht um jeweils einen Prozentpunkt auf 25 Prozent bzw. 6 Prozent verringert.

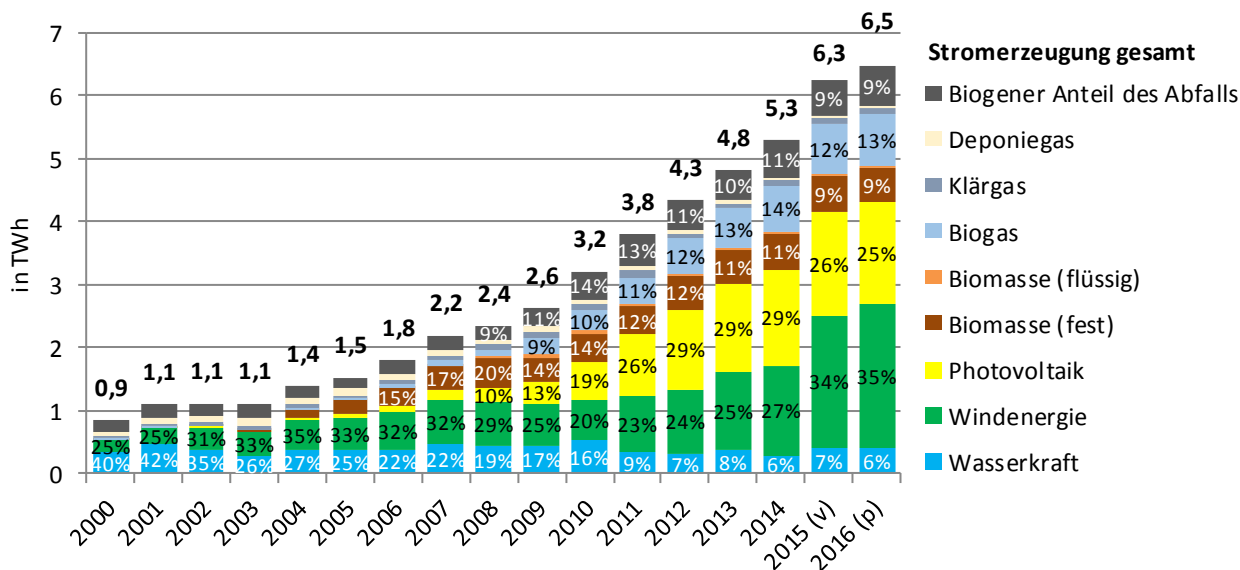
Im Jahr 2016 wurden in Hessen 17,3 Prozent des Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien erzeugt. Im Vorjahr lag der entsprechende Anteilswert noch bei 16,7 Prozent. In Abbildung 24 sind die Anteilsentwicklung der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch seit dem Jahr 2000 sowie die Zielvorgaben für die Jahre 2019 (25 %) und 2050 (100 %) dargestellt.

Eingefügt ist zudem eine mögliche Trendlinie für die zukünftige Entwicklung. Um die Zielvorgabe des Anteils von 25 Prozent Stromerzeugung durch erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2019 zu erfüllen, müssen in den verbleibenden drei Jahren Anteilsgewinne in Höhe von jeweils knapp 2,6 Prozentpunkten realisiert werden (2017: 19,9 %; 2018: 22,4 % und 2019: 25 %).

Unter der Annahme eines gleichbleibenden Bruttostromverbrauchs in Höhe von 37,4 TWh bis zum Jahr 2019 müssen demnach jährlich rund 1 TWh mehr Strom durch erneuerbare Energien in Hessen erzeugt werden (2017: 7,4 TWh; 2018: 8,4 TWh und 2019: 9,4 TWh). Rückblickend konnte von 2014 auf 2015 bereits ein ähnlich dynamischer Zuwachs erreicht werden, wobei die Stromerzeugung alleine durch Windenergie um 0,7 TWh gesteigert werden konnte.

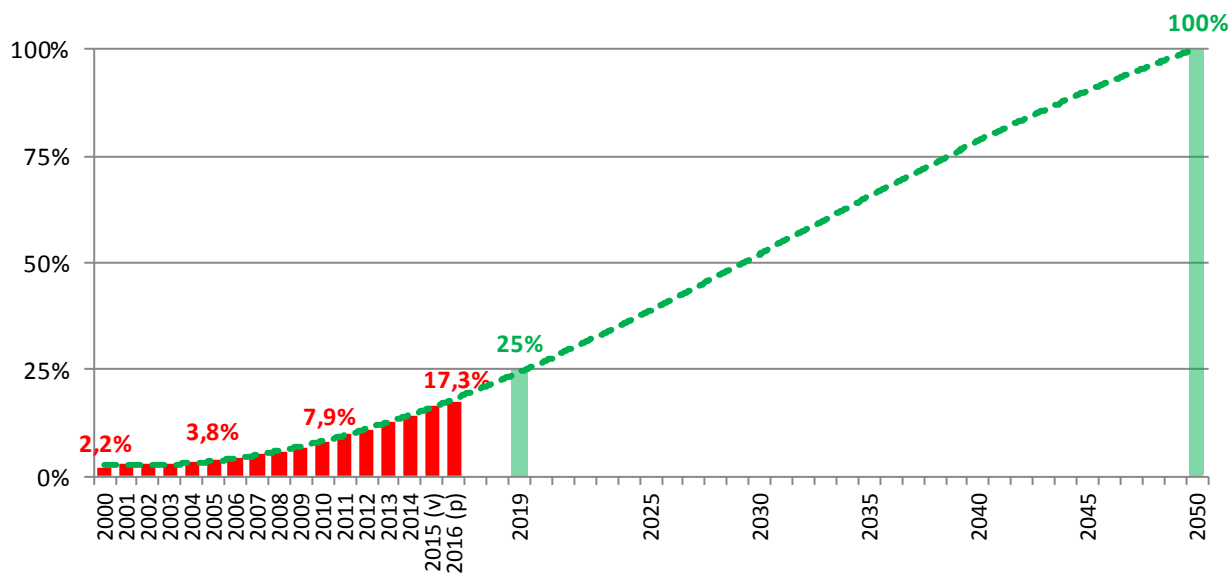
Mit dem am 1. Januar 2017 in Kraft getretenen EEG 2017, dem Strommarktgesetz und dem Digitalisierungsgesetz der Energiewende haben sich allerdings die Rahmenbedingungen grundlegend verändert. So wird z. B. die Vergütungshöhe für neue Anlagen nach dem EEG 2017 durch Ausschreibungen unter Wettbewerbsbedingungen ermittelt und nicht mehr wie bisher über gesetzlich festgelegte Einspeisetarife. Welche Auswirkungen sich daraus konkret für Hessen ergeben, ist aus den bisher verfügbaren Daten noch nicht ersichtlich.

**Abbildung 23: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000–2016**  
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Abbildung 24: Anteilentwicklung erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000–2016 sowie Trendfortschreibung bis 2050 (in %)**



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Wärmesektor**

Im Jahr 2016 haben erneuerbare Energien insgesamt mit 9,1 TWh zur Wärmeerzeugung in Hessen beigetragen, rund 0,2 TWh bzw. 1,8 Prozent mehr als im Vorjahr.

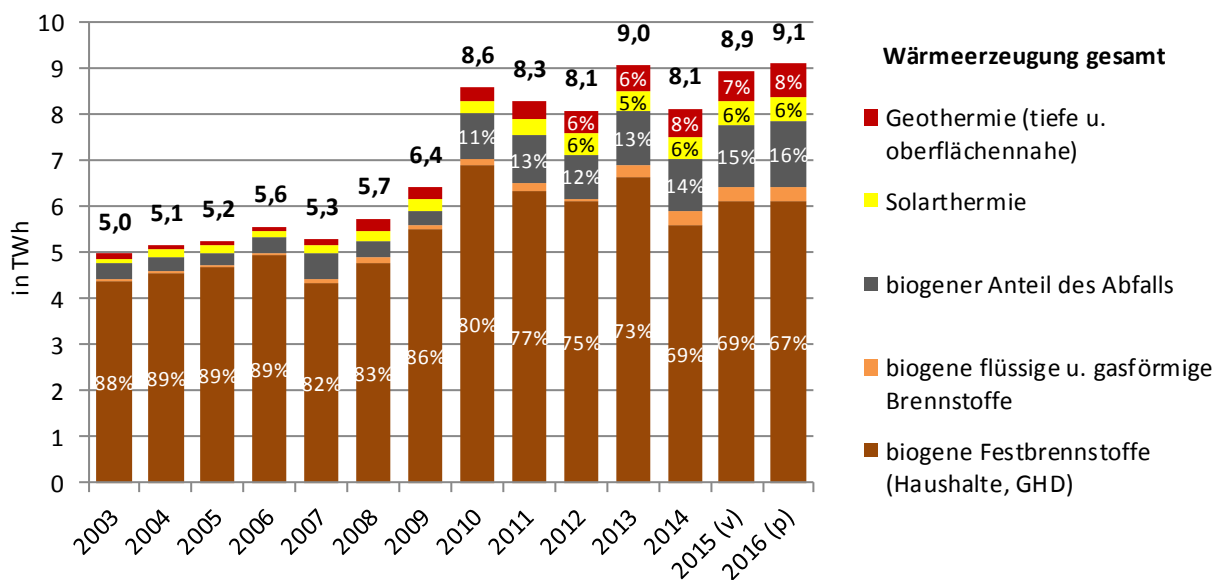
Dieser leichte Zuwachs geht einher mit nur kleinen Veränderungen in der Zusammensetzung der dabei eingesetzten Energieträger (siehe Abbildung 25).

Nahezu unverändert blieb mit 6,1 TWh der absolute Einsatz biogener Festbrennstoffe, dem mit Abstand wichtigsten erneuerbaren Energieträger zur Wärmeerzeugung, zu dem z. B. Scheitholz, Pellets, Holzhackschnittel, aber auch Stroh zählen. Der Anteil dieses Energieträgers lag mit 67 Prozent jedoch zwei Prozentpunkte niedriger als im Jahr 2015. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Gewichte des biogenen Anteils des Abfalls sowie der Nutzung von Geothermie und dabei insbesondere der oberflächennahen Geothermie in Form von Wärmepumpen jeweils um einen Prozentpunkt im Vorjahresvergleich erhöht haben. Etwas an Bedeutung konnten ebenfalls die flüssigen und gasförmigen biogenen Brennstoffe gewinnen, die aber in Hessen im Jahr

2016 mit 322 GWh nur einen relativ kleinen Betrag von 3,5 Prozent zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien geleistet haben. Die Nutzung von Solarthermie verharrte mit gut 500 GWh unverändert auf dem Vorjahresniveau.

In langfristiger Betrachtung hat sich der Einsatz erneuerbarer Energien von 5,0 TWh im Jahr 2000 auf 9,1 TWh im Jahr 2016 fast verdoppelt. Besonders deutlich war die Zunahme von 6,4 TWh im Jahr 2009 auf 8,6 TWh im Jahr 2010, einem Jahr mit einer witterungsbedingt besonders hohen Wärmeerzeugung. Seitdem verläuft die Entwicklung – bei leicht steigendem Trend – um dieses Niveau.

**Abbildung 25: Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003–2016**  
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

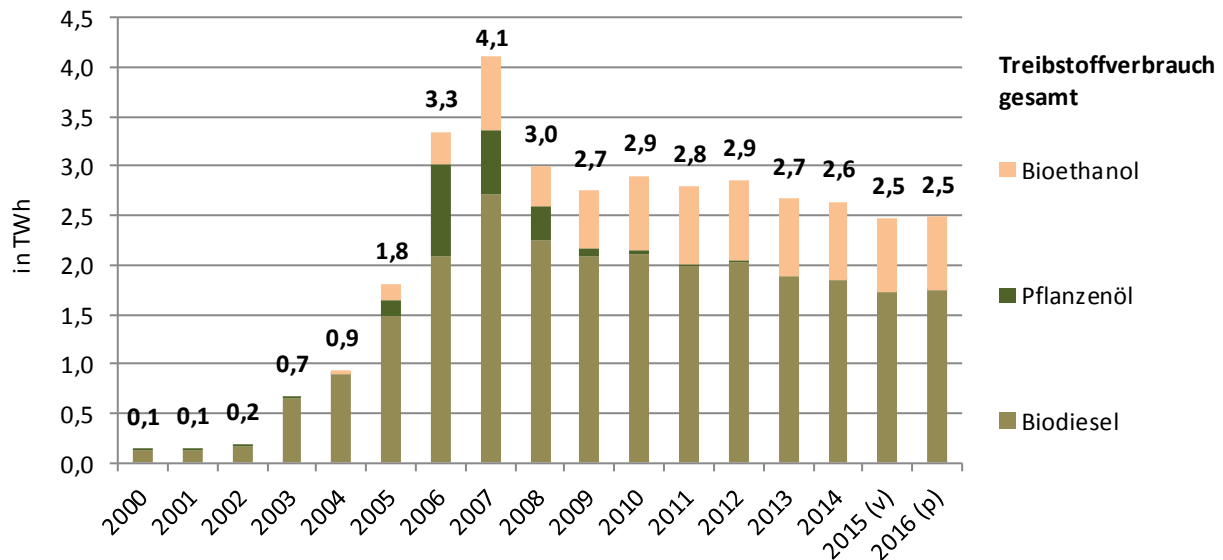
## Verkehr

Im Verkehrssektor werden erneuerbare Energien vor allem als Biokraftstoffe genutzt. Darüber hinaus wird auch Strom zu Mobilitätszwecken eingesetzt, der wiederum zu immer größeren Teilen durch erneuerbare Energieträger erzeugt wird. Wie in Kapitel 8.1 noch gezeigt wird, entfällt im Jahr 2016 auf Strom rund 1 Prozent am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors. Auf Länderebene gibt es jedoch keine amtlichen Daten zum Stromverbrauch aus erneuerbaren Energien im Verkehrssektor.

Abbildung 26 zeigt den Treibstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien in Hessen im Zeitraum von 2000 bis

2016. Für das Jahr 2016 wird vom IE-Leipzig ein nahezu identischer Treibstoffverbrauch wie im Vorjahr in Höhe von insgesamt 2,5 TWh prognostiziert. Ebenfalls identisch ist dabei die Zusammensetzung nach Energieträgern mit einem Anteil von rund 70 Prozent für Biodiesel und 30 Prozent für Bioethanol. Mit 0,1 Prozent hat Pflanzenöl nur noch eine marginale Bedeutung.

Insgesamt setzt sich damit die seit dem Jahr 2009 zu beobachtende Stagnation beim Einsatz von Biokraftstoffen weiter fort.

**Abbildung 26: Treibstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000–2016 (in TWh)**

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

## Sektorkopplung

Unter Sektorkopplung versteht man die Verbindung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr mit dem Ziel der Optimierung des Energiesystems und der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger. Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist die weitere Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig, d. h. die für die Erzeugung von Wärme und im Verkehr noch überwiegend genutzten fossilen Energieträger müssen sukzessive durch erneuerbare Energieträger ersetzt und die Energieeffizienz gesteigert werden. Beispiele für Technologien der Sektorkopplung sind Wärmepumpen und Elektroautos. Wärme kann statt durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen durch den Einsatz von Wärmepumpen produziert werden. Elektroautos, die mit erneuerbar erzeugtem Strom betrieben werden, fahren emissionsfrei und tragen ebenfalls zur Senkung der klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

Neben der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch eine enge Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr auch Schwankungen im Stromangebot (insbesondere von Windenergie und Sonnenenergie) durch den Stromeinsatz in den anderen Sektoren ausgeglichen werden, z. B. für das Laden von Batterien von Elektroautos, für die Erzeugung von Brennstoffen oder für die Erzeugung von Wärme. So könnten beispielsweise kurzfristig anfallende Stromüberschüsse effizient genutzt werden. Dies führt auch zu einer Entlastung der Stromnetze bzw. einer Reduzierung notwendiger Netzeingriffe (siehe Kapitel 7.3).

In der nachfolgenden Tabelle 1 ist dargestellt, welche Wärme- bzw. Antriebsenergie in den Sektoren Wärme und Verkehr durch den Input einer Kilowattstunde (kWh) an regenerativem Strom beim Einsatz unterschiedlicher Technologien zur Sektorkopplung bereitgestellt werden können. Ebenfalls aufgezeigt ist das jeweilige Substitutionsverhältnis zum Einsatz fossiler Energieträger.

Es wird ersichtlich, dass Wärmepumpen und Elektroautos hocheffiziente Technologien sind, d. h. sie können einen hohen Beitrag zur Substitution fossiler Brennstoffe und zur Effizienzsteigerung im Wärme- und Verkehrssektor leisten. So kann beispielsweise durch den Einsatz von einer kWh regenerativ erzeugtem Strom mit Hilfe einer Wärmepumpe Wärmeenergie in Höhe von 3,3 kWh bereitgestellt werden. Um die gleiche Wärmeenergie aus Erdgas bereitzustellen, wäre ein Input in Höhe von 3,1 kWh notwendig. Damit ergibt sich ein Substitutionsverhältnis von 3,1. Die ebenfalls in der Tabelle dargestellten, auf regenerativen Energien basierenden Power-to-Gas- und Power-to-Liquid-Technologien zur Herstellung von Wasserstoff, Methan oder flüssigem Kraftstoff durch Elektrolyse und weitere chemische Umsetzungen sind weniger effizient, wie das ungünstigere Substitutionsverhältnis zeigt. Für die Bereitstellung von 0,5 kWh flüssigem Kraftstoff mit Hilfe der Power-to-Liquid-Technik ist ein Einsatz von 1 kWh regenerativ erzeugtem Strom notwendig, d. h. das Substitutionsverhältnis beträgt 0,5.

**Tabelle 1: Vergleich der Energieeffizienz verschiedener Energieträger und Technologien in den Sektoren Wärme und Verkehr**

Regenerative Bereitstellung			Fossile Einsparung		Substitutions- verhältnis
Input	Technik	Bereitgestellte Energie / Nutzen	Technik	Input	
1 kWh reg. Strom	Power-to-Heat Wärmepumpe	3,3 kWh Wärme	Brennwertkessel	3,1 kWh Erdgas	<b>3,1</b>
1 kWh reg. Strom	E-Auto	4,6 km	Verbrennungs- motor	2,6 kWh Diesel	<b>2,6</b>
1 kWh reg. Strom	Power-to-Heat direktelektrisch	1,0 kWh Wärme	Brennwertkessel	0,9 kWh Erdgas	<b>0,9</b>
1 kWh reg. Strom	Power-to-Gas (Wasserstoff) stofflich	0,7 kWh Wasser- stoff	Dampfreforming	0,9 kWh Erdgas	<b>0,9</b>
1 kWh reg. Strom	Power-to-Gas Methan	0,6 kWh Methan		0,6 kWh Erdgas	<b>0,6</b>
1 kWh reg. Strom	Power-to-Liquid	0,5 kWh flüssiger Kraftstoff		0,5 kWh flüssiger Kraftstoff	<b>0,5</b>

Quelle: UBA 2016a und 2016b, zitiert nach BMWi 2016a, S. 100.

Um die Sektorkopplung voranzutreiben, hat die Bundesregierung verschiedene Fördermaßnahmen beschlossen. So wird z. B. die verstärkte Nutzung strombetriebener Wärmepumpen durch das Marktanzreizprogramm gefördert. Ein weiteres Beispiel ist die im Februar 2017 gestartete Förderinitiative "Energiewende im Verkehr: Sektorkopplung durch die Nutzung strombasierter Kraftstoffe". Deren Fokus liegt auf Projekten zur Herstellung von alternativen, strombasierten Kraftstoffen (BMWi 2017f).

Aufgrund der niedrigen Preise der fossilen Brennstoffe hat Strom derzeit jedoch wirtschaftlich gesehen einen Wettbewerbsnachteil. Die Bundesregierung plant daher eine Reform der Umlagen, Entgelte und Steuern, um den Strompreis zu senken (BMWi 2017g).

# 5

## Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch



## 5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch

Ein großer Teil des Endenergieverbrauchs (EEV) entfällt auf den Wärmesektor. So macht in Deutschland die Erzeugung von Wärme rund die Hälfte und in Hessen etwas mehr als ein Drittel des EEV aus. Dieser deutliche Strukturunterschied ist ausschließlich auf die hohe Bedeutung des Verkehrssektors in Hessen (mit dem Flughafen Frankfurt am Main) für den EEV zurückzuführen. Angesichts der hohen Bedeutung des Wärmesektors für den Energieverbrauch ergeben sich im Hinblick auf die Energieeffizienz große Einsparmöglichkeiten vor allem bei der Nutzung von Wärme in Gebäuden, z. B. für Heizung und Warmwasserbereitung.

Da aus den vorliegenden Energiebilanzen nicht direkt ersichtlich wird, wie die Energie für Wärme und Kälte, Prozesswärme, mechanische Energie, Elektronik und Beleuchtung eingesetzt wird, wurde unter Leitung der AGEB eine Methode zur Erstellung einer Anwendungsbilanz für Deutschland entwickelt, um den Endenergieverbrauch speziell für Wärmeanwendungen zu quantifizieren.

Im Monitoringbericht 2016 konnte anhand der Sondererhebung zum Mikrozensus 2010 detailliert gezeigt werden, dass die Wohnungs- und Heizungsstrukturen in Hessen und Deutschland insgesamt relativ ähnlich sind. Aufgrund dieser hohen Strukturäquivalenz wurde die von der AGEB für Deutschland entwickelte Methode zur Erstellung der Anwendungsbilanz auf Hessen übertragen.

In Kapitel 5.2 kann zunächst diese hohe Strukturäquivalenz zwischen Hessen und Deutschland auch auf Basis der zwischenzeitlich veröffentlichten Ergebnisse der Sondererhebung des Mikrozensus 2014 bestätigt werden.

Für die anschließende Ermittlung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs hat das IE-Leipzig auf Basis der aktuell veröffentlichten Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2015 eine Neuberechnung für Hessen für den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2016 vorgenommen.

Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) hat gegenwärtig eine umfangreiche Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand durchgeführt. In Kapitel 5.3 werden die methodischen Grundlagen der Studie vorgestellt.

Im Anschluss daran werden in Kapitel 5.4 die Nachfrageentwicklungen der Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA) zur Steigerung der Energieeffizienz von Wohngebäuden in Hessen dargestellt.

### 5.1 Endenergieverbrauch

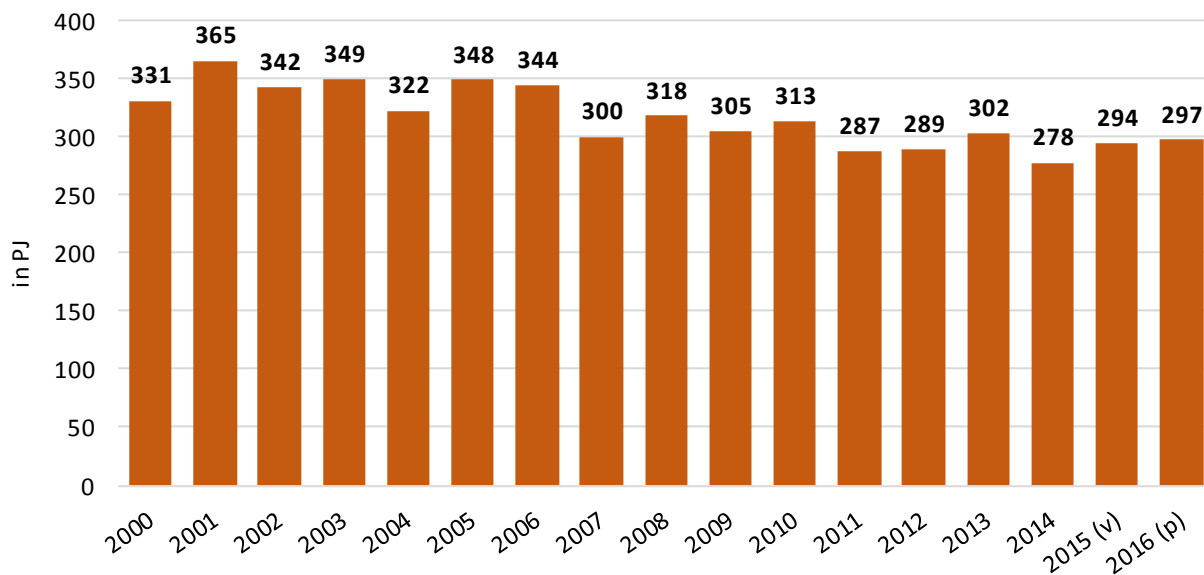
Im Jahr 2016 wurden in Hessen 297 Petajoule (PJ) Endenergie für die Erzeugung von Wärme verbraucht (siehe Abbildung 27). Dies war geringfügig (3 PJ bzw. 1,0 %) mehr als im Vorjahr und dürfte vor allem auf die etwas kühlere Witterung zurückzuführen sein. Der Anteil der Wärmeerzeugung am gesamten EEV ist allerdings leicht von 36,7 Prozent im Jahr 2015 auf 36,4 Prozent im Jahr 2016 zurückgegangen, was durch den starken Zuwachs des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor zu erklären ist.

Rückblickend war der EEV für Wärme im Zeitraum von 2000 bis 2011 deutlich rückläufig. Seit 2011 stagniert der Verbrauch jedoch.

Erneuerbare Energien haben im Jahr 2016 insgesamt 32,7 PJ zum EEV der Wärmeerzeugung beigetragen, was einem Anteil von 11,0 Prozent entspricht (siehe hierzu auch Kapitel 4.2). Der relative Zuwachs gegenüber dem Vorjahr fällt bei den erneuerbaren Energien mit 1,8 Prozent dabei fast doppelt so hoch aus wie der Zuwachs beim EEV für Wärmeerzeugung insgesamt (+1,0 %).

### 5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch

Für die Berechnung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs in Hessen kann die von der AGEB für Deutschland entwickelte Methodik auf Hessen übertragen werden, wenn die Strukturen im Wohnungsbestand sowohl in Hessen als auch in Deutschland relativ ähnlich sind. Im letzten Monitoringbericht konnte bereits anhand der Sondererhebung zum Mikrozensus 2010 eine hohe Strukturäquivalenz des Bestands an Wohngebäuden, Wohnungen als auch Heizungsanlagen in Hessen und Deutschland nachgewiesen werden.

**Abbildung 27: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000–2016 (in PJ)**

Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

### Strukturvergleich des Wohnungsbestandes

Dieser Nachweis soll nun auch mit den Ergebnissen der im Jahr 2014 durchgeführten Zusatzerhebung des Mikrozensus durchgeführt werden, die das Statistische Bundesamt im Dezember 2016 veröffentlicht hat. Diese neuen Ergebnisse werden für Hessen und Deutschland in Tabelle 2 sowohl im Regionalvergleich als auch im Vergleich zu den Ergebnissen des Jahres 2010 gegenübergestellt (Statistisches Bundesamt 2012 und 2016).

Die Daten aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2014 sind grundsätzlich mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2010 vergleichbar. Allerdings basiert die Mikrozensus-Zusatzerhebung 2014 auf den Daten der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 und der darauf aufbauenden laufenden Gebäude- und Wohnungsfortschreibung. Die Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 wurden für Hessen hingegen auf Basis der Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 fortgeschrieben. Aus diesem Grund werden beim Vergleich der Jahre 2010 und 2014 ausschließlich Strukturangaben und keine absoluten Größen betrachtet.

Für Hessen werden in der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2014 in Wohngebäuden (ohne Wohnheime) insgesamt 2,8 Mio. Wohnungen ausgewiesen. Zum Zeitpunkt der

Erhebung waren 176.000 davon unbewohnt, woraus sich für Hessen eine Leerstandsquote von 6,3 Prozent und 2,63 Mio. bewohnten Wohnungen ergibt. In der folgenden Tabelle werden für den regionalen und temporalen Strukturvergleich ausschließlich diese bewohnten Wohnungen betrachtet.

In der aktuellen Erhebung bestehen Unterschiede zwischen Hessen und Deutschland wie auch schon vor vier Jahren bei Wohngebäuden mit 2 Wohnungen, die für Hessen eine größere Bedeutung haben, und bei Wohngebäuden mit 7 bis 12 Wohnungen, die für Deutschland ein größeres Gewicht haben.

Mit Blick auf das Alter des Bestandes an Wohngebäuden wurde in den dreißig Jahren von 1949 bis 1978 sowohl in Hessen als auch in Deutschland jeweils rund die Hälfte des gesamten Wohnungsbestandes errichtet. Dabei waren die Bauaktivitäten in Hessen in dieser Zeit noch etwas größer als in Deutschland.

Die auch bei diesem Indikator insgesamt nur geringen Strukturunterschiede zwischen Hessen und Deutschland führen zu einem relativ ähnlichen Durchschnittsalter des Wohngebäudebestandes: Der Bundesdurchschnitt beträgt 55,3 Jahre, der Hessendurchschnitt 54,4 Jahre.



**Tabelle 2: Strukturvergleich des Wohnungsbestandes in bewohnten Wohnhäusern in Hessen und Deutschland in den Jahren 2010 und 2014 (Anteilswerte in %)**

	2014		2010	
	Hessen	Deutschland	Hessen	Deutschland
<b>Wohngebäude mit</b>				
1 Wohnung	30,3	31,8	27,9	29,5
2 Wohnungen	20,4	15,6	23,0	18,3
3–6 Wohnungen	26,6	24,9	21,9	21,0
7–12 Wohnungen	18,6	23,0	18,3	20,8
13–20 Wohnungen	1,1	1,9	3,3	4,5
21 und mehr Wohnungen	2,9	2,8	5,6	5,9
<b>von ... bis ... errichtet</b>				
bis 1918	12,5	13,7	13,3	14,3
1919–1948	9,7	12,9	9,7	12,9
1949–1978	53,8	46,5	54,7	46,5
1979–1986	8,5	10,0	8,2	10,5
1987–1990	2,5	2,8	2,3	2,8
1991–2000	8,0	8,0	7,8	8,2
2001–2010	4,1	5,0	4,0	4,9
2011 und später	1,0	1,3		
<b>Wohnfläche von ... bis unter ... m<sup>2</sup></b>				
unter 40	3,6	4,0	4,0	4,5
40–60	13,5	16,3	13,5	16,8
60–80	22,6	24,2	22,9	24,2
80–100	18,3	17,1	19,1	17,4
100–120	12,3	12,1	12,9	12,3
120 und mehr	29,7	26,2	27,6	24,8
<b>Art der Beheizung (Mehrfachnennungen möglich)</b>				
mit Sammelheizung	94,4	93,9	93,3	92,8
darunter:				
Fernheizung	5,6	13,8	5,5	13,2
Block- / Zentralheizung	81,6	73,2	79,2	71,0
Etagenheizung	7,7	7,8	8,6	8,6
mit Einzel- oder Mehrraumöfen	5,6	6,1	6,7	7,2

Fortsetzung der Tabelle:	2014		2010	
	Hessen	Deutschland	Hessen	Deutschland
<b>überwiegend verwendete Energieart der Beheizung</b>				
Fernwärme	5,6	13,8	5,5	13,1
Gas	54,1	50,6	51,6	48,6
Elektrizität (Strom)	4,1	4,0	4,2	4,0
Heizöl	31,8	25,8	35,0	28,1
Briketts, Braunkohle	—*	0,4	0,2	0,6
Koks, Steinkohle	—	0,2	—	0,2
Holz, Holzpellets	3,1	3,7	2,5	3,5
Biomasse (außer Holz), Biogas	—	0,2	—	0,1
Sonnenenergie	—	0,1	—	0,1
Erd- und andere Umweltwärme, Abluftwärme	0,8	1,3	0,5	0,7
<b>weitere Merkmale</b>				
mittleres Alter der Wohnung in Jahren	54,4	55,3	51,5	52,0
<b>durchschnittliche Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>				
je Wohnung	97,1	92,9	96,4	92,1
je Person in der Wohnung	45,5	44,5	46,3	45,1
Leerstandquote	6,3	7,9	6,7	8,4
Eigentümerquote	46,7	45,5	47,3	45,7
Mieterquote	53,3	54,5	52,7	54,3

\* Null (nichts vorhanden).

Quelle: Statistisches Bundesamt 2016 und 2012.

Mit 97,1 m<sup>2</sup> war eine Wohnung in Hessen im Jahr 2014 im Schnitt gut 4 m<sup>2</sup> größer als im Bundesdurchschnitt (92,9 m<sup>2</sup>). In Hessen gibt es im Vergleich zu Deutschland relativ mehr größere Wohnungen mit 80 m<sup>2</sup> und mehr Wohnfläche. Dies relativiert sich allerdings etwas bei Betrachtung der Wohnfläche je Person. Diese lag im Jahr 2014 in Hessen bei 45,5 m<sup>2</sup> und in Deutschland bei 44,5 m<sup>2</sup>.

Auch bei der Art der Beheizung bestätigt sich in der aktuellen Erhebung wieder das Strukturbild aus dem Jahr 2010. Für die weit überwiegende Mehrzahl aller Wohnungen erfolgt die Wärmeaufbereitung in Deutschland (73,2 %) und deutlich stärker noch in Hessen (81,6 %) durch eine Zentral- bzw. Blockheizung. In Deutschland hat zudem Fernwärme mit 13,8 Prozent eine deutlich größere Bedeutung für die Wärmeaufbereitung als in Hessen (5,6 %). Wie bereits im Jahr 2010 waren die Anteilswerte von Etagenheizungen und Einzelöfen im Vergleich Deutschland und Hessen nahezu identisch.

Im Zeitvergleich haben diese beiden Beheizungsarten aber sowohl in Hessen als auch in Deutschland etwas an Bedeutung verloren. Differenziert nach der überwiegend verwendeten Energiequelle liegt Gas in Hessen (54,1 %) und in Deutschland (50,6 %) an der Spitze aller Energieträger. Im Vergleich zur Erhebung aus dem Jahr 2010 hat die Bedeutung sogar jeweils noch um 2,5 Prozentpunkte bzw. 2,0 Prozentpunkte zugenommen. Dieser Bedeutungsgewinn ging im Wesentlichen einher mit einem Bedeutungsverlust von Heizöl, das aber immer noch der zweitwichtigste Energieträger zur Wärmeerzeugung in Wohngebäuden ist. Bei allen anderen Energiearten sind die im Zeitverlauf feststellbaren Anteilsveränderungen zumeist deutlich kleiner als 1 Prozentpunkt. Dabei haben Braunkohle und Briketts weiter an Bedeutung verloren, wohingegen der Einsatz der erneuerbaren Energieträger Holz und Holzpellets sowie Erd- und andere Umweltwärme als überwiegend verwendete Energieart der Beheizung in Wohngebäuden leicht zugenommen hat.

Der Zuwachs gegenüber 2010 beziffert sich für Hessen und Deutschland auf jeweils 0,9 Prozentpunkte. Mit zusammen 3,9 Prozent haben erneuerbare Energiequellen aber auch im Jahr 2014 für die Wärmeerzeugung im hessischen Wohnungsbestand nur eine relativ geringe Bedeutung. Der entsprechende Anteil für Deutschland beläuft sich auf 5,3 Prozent.

### Heizung in neu errichteten Wohngebäuden und Wohnungen

Dies ändert sich aber grundlegend, wenn nur die neu errichteten Wohngebäude und Wohnungen betrachtet werden. Hier spielen erneuerbare Energien mittlerweile eine prägende Rolle für die Beheizung (siehe Tabelle 3). Im Jahr 2016 wurden in Hessen über 6.400 Wohngebäude

mit zusammen knapp 16.300 Wohnungen fertiggestellt. Für 45,6 Prozent aller Wohngebäude und 46,9 Prozent aller Wohnungen wurde Gas als hauptsächlichster bzw. primärer Energieträger für die Heizung verwendet.

Erneuerbare Energien folgen aber bereits als die zweitwichtigste primäre Energiequelle. Für Wohngebäude liegt deren Anteil mit 44,1 Prozent nur knapp hinter Gas. Bei Wohnungen liegt deren Anteil zwar auch auf dem zweiten Platz, ist mit 28 Prozent aber deutlich niedriger. Erneuerbare Energien kommen insbesondere in Einfamilienhäusern zum Einsatz, wohingegen in größeren Wohnanlagen Fernwärme genutzt wird. So wurden 23,9 Prozent aller im Jahr 2016 fertiggestellten Wohnungen, aber nur 8,5 Prozent aller fertiggestellten Wohnhäuser überwiegend mit Fernwärme beheizt.

**Tabelle 3: Im Jahr 2016 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Anzahl, Anteilswerte in %)**

	Primäre Energiequelle*		Sekundäre Energiequelle*	
	Wohngebäude	Wohnungen	Wohngebäude	Wohnungen
<b>A) Alle Heizarten</b>				
Öl	89 (1,4 %)	134 (0,8 %)	7 (0,1 %)	19 (0,1 %)
Gas	2.932 (45,6 %)	7.634 (46,9 %)	47 (0,7 %)	187 (1,1 %)
Fernwärme	545 (8,5 %)	3.894 (23,9 %)	27 (0,4 %)	123 (0,8 %)
Erneuerbare Energien	2.836 (44,1 %)	4.561 (28,0 %)	2.104 (32,7 %)	4.423 (27,2 %)
Sonstige	17 (0,3 %)	44 (0,3 %)	64 (1,0 %)	71 (0,4 %)
Keine Energie	6 (0,1 %)	10 (0,1 %)	4.176 (65 %)	11.454 (70,4 %)
<b>Summe</b>	<b>6.425 (100 %)</b>	<b>16.277 (100 %)</b>	<b>6.425 (100 %)</b>	<b>16.277 (100 %)</b>
<b>B) Erneuerbare Energien</b>				
Umweltwärme	2.172 (76,6 %)	2.996 (65,7 %)	71 (3,4 %)	359 (8,1 %)
Holz	374 (13,2 %)	1.090 (23,9 %)	855 (40,6 %)	1.098 (24,8 %)
Geothermie	239 (8,4 %)	324 (7,1 %)	3 (0,1 %)	14 (0,3 %)
Solarenergie	40 (1,4 %)	140 (3,1 %)	1.173 (55,8 %)	2.949 (66,7 %)
Sonstige EE	11 (0,4 %)	11 (0,2 %)	2 (0,1 %)	3 (0,1 %)
<b>Summe</b>	<b>2.836 (100 %)</b>	<b>4.561 (100 %)</b>	<b>2.104 (100 %)</b>	<b>4.423 (100 %)</b>

\*) Bei der Angabe „zur Heizung verwendete Energie“ wird unterschieden in primäre und sekundäre Energiequellen. Als primäre Energiequelle gilt die – bezogen auf den Heizenergieanteil – überwiegende Energiequelle. Die primäre Heizenergie ist beim Einsatz nur einer Energiequelle die alleinige eingesetzte Heizenergie. Die Angabe zur sekundären Heizenergie ist daher nur erforderlich, wenn mindestens eine weitere Energiequelle für die Beheizung eingesetzt wird. Bei mehr als zwei Energiequellen sind die beiden überwiegenden entsprechend ihrer Bedeutung (primär/sekundär) anzugeben.

Quelle: HSL 2017c.

In 65 Prozent aller Wohngebäude und 70 Prozent aller Wohnungen kommt nur eine einzige Energiequelle zum Heizen zum Einsatz.

Wenn erneuerbare Energien als primäre Energiequellen in Neubauten genutzt werden, handelt es sich überwiegend um Wärmepumpen, die Temperaturunterschiede von Wasser und Luft für Heizzwecke nutzen und unter den Gesichtspunkten Energieeffizienz und Vermeidung von Emissionen eine richtungsweisende Technologie darstellen (siehe Kapitel 4, Tabelle 1). Aktuell liegen die Anteile der Umweltwärme beim Neubau von Wohngebäuden bei 76,6 Prozent und von Wohnungen bei 65,7 Prozent. Als weitere primäre erneuerbare Energien folgen mit deutlichem Abstand Holz und Geothermie.

Kommen erneuerbare Energien hingegen als sekundäre Energiequellen für Heizzwecke zum Einsatz, zeigt sich ein völlig anderes Bild. Nun ist Solarenergie die mit großem Abstand wichtigste sekundäre Energiequelle, gefolgt von Holz. Alle anderen erneuerbaren Energien spielen als sekundäre Energiequellen kaum eine Rolle.

### Endenergieverbrauch für Gebäude

Insgesamt kann auch mit der aktuell vorliegenden Mikrozensus-Zusatzerhebung aus dem Jahr 2014 eine große Strukturäquivalenz des Wohnungsbestands in Deutschland und Hessen festgestellt werden. Daher kann die von der AGEB für Deutschland entwickelte Methode zur Berechnung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs auf Hessen übertragen werden.<sup>7</sup>

Zum gebäuderelevanten Endenergieverbrauch (EEV) zählen die Nutzungsarten Raumwärme, Warmwasser, Raumkühlung und Beleuchtung für die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie (siehe Tabelle 4). Für den Verkehrssektor werden in den Anwendungsbilanzen ebenfalls Energieverbräuche für die Kategorien Raumwärme und -kühlung sowie Beleuchtung ausgewiesen. Diese sind jedoch nicht gebäuderelevant, da sie durch den Betrieb der Fahrzeuge entstehen, z. B. durch die Beheizung bzw. Kühlung der Fahrgastzellen und die Innen- und Außenbeleuchtung der Fahrzeuge.<sup>8</sup> In methodischer Übereinstimmung mit dem Monitoringbericht zur Energiewende des Bundes wird daher für den Verkehrssektor auch in der Berichterstattung für Hessen kein Energieverbrauch für Raumwärme mehr ausgewiesen.

Der Unterschied zum EEV für Wärme (siehe Kapitel 5.1) besteht insbesondere in der Nutzungsart Prozesswärme, die für die Industrie von großer Bedeutung ist, aber nicht zum gebäuderelevanten EEV gerechnet wird. Als weiterer Unterschied ist die Kategorie Beleuchtung beim gebäuderelevanten EEV zu nennen, die zu 100 Prozent durch Strom erzeugt wird und daher nicht zum EEV Wärme zählt.

Das IE-Leipzig hat auf Basis der von der AGEB für Deutschland für die Jahre 2008 bis 2015 veröffentlichten Anwendungsbilanzen den gebäuderelevanten EEV für Hessen für den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2016 abgeschätzt. Demnach wurden in Hessen im Jahr 2016 über alle Sektoren hinweg 256,1 PJ an gebäuderelevanter Energie verbraucht (siehe Tabelle 4). Das entspricht einem Anteil von 31,4 Prozent des gesamten EEV in Höhe von 815 PJ.

Differenziert nach Anwendungsbereichen benötigte die Bereitstellung von Raumwärme mit großem Abstand die meiste Energie mit 200,9 PJ. Alleine auf diesen Posten entfällt knapp ein Viertel des gesamten hessischen EEV. Es folgen Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung mit 3,9 bzw. 2,6 Prozent. Raumkühlung hat mit 0,3 Prozent nur eine sehr geringe Bedeutung.

Für den Sektor private Haushalte prägt der gebäuderelevante EEV mit 160,9 PJ maßgeblich dessen gesamten EEV in Höhe von 185,1 PJ. Der Großteil des gebäuderelevanten EEV der privaten Haushalte wird für Heizung und Warmwasseraufbereitung mit zusammen 157,8 PJ eingesetzt. Damit wird in Hessen alleine für das Heizen der Wohnungen und die Warmwasserbereitung rund ein Fünftel des gesamten Endenergieverbrauchs benötigt. Der Energieverbrauch für Beleuchtung beträgt 3,1 PJ.

Der gebäuderelevante EEV des Sektors GHD belief sich im Jahr 2016 auf insgesamt 83,2 PJ, was 10,2 Prozent des gesamten hessischen EEV entspricht. Im Vergleich zu allen anderen Sektoren hat der EEV für die Beleuchtung von Gebäuden mit 16,5 PJ eine relativ hohe Bedeutung im Sektor GHD. Im Vergleich zu den privaten Haushalten und zum Sektor GHD hat der gebäuderelevante EEV für den Sektor Industrie mit insgesamt 12 PJ nur eine relativ geringe Bedeutung.

In Abbildung 28 ist die längerfristige Entwicklung des gebäuderelevanten EEV für die Jahre 2000 und 2005 und ab 2010 für alle Einzeljahre dargestellt. Gut ersichtlich

7 Die AGEB hat für die Erstellung der Anwendungsbilanz der Industrie das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, für die Anwendungsbilanz von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen den Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU München und für die Anwendungsbilanz der Haushalte und des Verkehrssektors das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung beauftragt. Eine detaillierte Methoden- und Ergebnisbeschreibung ist für die Jahre 2008 bis 2012 (siehe AGEB 2016a) sowie für die Jahre 2013 bis 2015 (siehe AGEB 2017) im Internet verfügbar.

8 Siehe dazu die Erläuterungen in RWI 2016, S. 6.

wird der Einfluss der Witterung auf den gebäuderelevanten EEV mit etwas höheren Verbrauchswerten in den kühlen Jahren 2010 und 2013. Im besonders milden Jahr

2014 sank der gebäuderelevante EEV auf 237 PJ, seinen bisherigen Tiefststand.

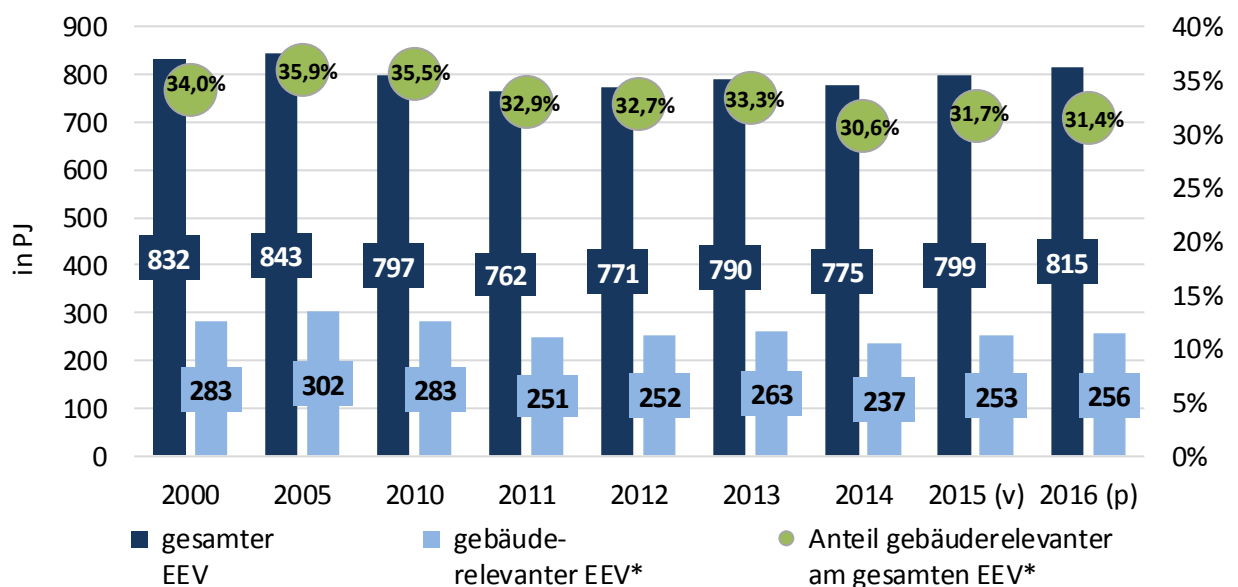
**Tabelle 4: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2016** (in PJ, Anteilswerte in %)

	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	160,9	83,2	12,0	—	256,1
<i>davon:</i>					
<i>Raumwärme</i>	132,3	60,0	8,6	—	200,9
<i>Warmwasser</i>	25,5	5,5	0,8	—	31,8
<i>Raumkühlung</i>	0,0	1,3	0,8	—	2,1
<i>Beleuchtung</i>	3,1	16,5	1,8	—	21,4
<b>EEV insgesamt</b>	<b>185,1</b>	<b>123,0</b>	<b>110,0</b>	<b>396,9</b>	<b>815,0</b>
	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	19,7 %	10,2 %	1,5 %	—	31,4 %
<i>davon:</i>					
<i>Raumwärme</i>	16,2 %	7,4 %	1,1 %	—	24,6 %
<i>Warmwasser</i>	3,1 %	0,7 %	0,1 %	—	3,9 %
<i>Raumkühlung</i>	0,0 %	0,2 %	0,1 %	—	0,3 %
<i>Beleuchtung</i>	0,4 %	2,0 %	0,2 %	—	2,6 %
<b>EEV insgesamt</b>	<b>22,7 %</b>	<b>15,1 %</b>	<b>13,5 %</b>	<b>48,7 %</b>	<b>100,0 %</b>

\* — kein gebäuderelevanter Endenergieverbrauch im Verkehrssektor vorhanden.

Quelle: IE-Leipzig 2017a; vorläufige Daten; Berechnungen der Hessen Agentur.

**Abbildung 28: Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs 2000–2016** in Hessen (in PJ, Anteilswerte in %)



\*) geschätzte Werte.

Quelle: IE-Leipzig 2017a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

Insgesamt ist der gebäuderelevante EEV im betrachteten Zeitraum deutlich gesunken. So wurden in der Dekade von 2000 bis 2009 pro Jahr im Schnitt 293 PJ Endenergie für die Nutzung von Gebäuden verbraucht, im Zeitraum von 2010 bis 2016 liegt der entsprechende Durchschnittswert bei 257 PJ. Dies hat sich auch in den ebenfalls in Abbildung 28 dargestellten Anteilswerten des gebäuderelevanten EEV am gesamten EEV niedergeschlagen, die im Zeitverlauf tendenziell gesunken sind.

Dieser Abwärtstrend hat aber deutlich an Dynamik verloren. Seit 2011 bewegen sich die Verbrauchswerte um 250 PJ. Am aktuellen Rand ist dabei ein leichter Anstieg der absoluten Verbrauchswerte sowohl beim gebäuderelevanten EEV als auch beim gesamten EEV feststellbar.

### 5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden

Modernisierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden sowie die Substitution von fossiler durch erneuerbare Wärmeerzeugung leisten einen großen Beitrag zum Gelingen der Energiewende. Insbesondere bei älteren Wohngebäuden mit schlechter Wärmedämmung und einer oftmals veralteten Heizungs-technik bestehen große Modernisierungspotenziale.

Die Hessische Landesregierung strebt eine Modernisierungsquote von 2,5 bis 3 Prozent im Jahr an und unterstützt dies durch eigene Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden (siehe dazu in Kapitel 11 die Maßnahmen 15 bis 25).

#### Energetische Merkmale und Modernisierungsraten im hessischen Wohngebäudebestand

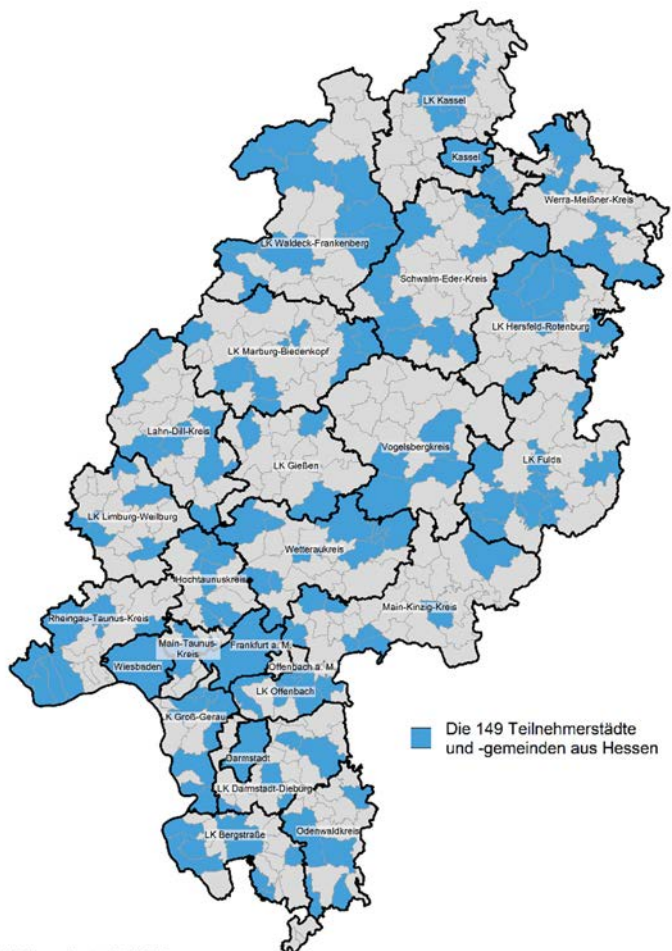
Bei der Einhaltung der Energiespar- und Klimaschutzziele kommt dem Wohngebäudesektor eine besondere Bedeutung zu, da rund ein Fünftel der verbrauchten Endenergie für die Beheizung und Warmwasserbereitung von Wohngebäuden der privaten Haushalte aufgewendet wird. Eine zielgerichtete strategische Weiterentwicklung dieses Gebäudesektors wird jedoch dadurch erschwert, dass aktuelle statistisch belastbare Daten zum energetischen Zustand der Wohngebäude genauso fehlen wie zur Sanierungsdynamik in Bezug auf den Wärmeschutz und die Wärmeversorgung.

An dieser Stelle setzt ein Forschungsprojekt des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) aus Darmstadt an. Fördermittelgeber im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ ist neben dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL). Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die

beschriebenen Datenlücken durch die Schaffung einer repräsentativen Datenbasis zu schließen, die zum einen im Sinne einer Erfolgskontrolle die bisher erreichten energetischen Standards beim Wärmeschutz und der Wärmeversorgung abbildet und die zum anderen die notwendigen Eingangsdaten für entsprechende Prognosen und Szenarienanalysen zur Verfügung stellt.

Die erforderlichen Gebäudedaten wurden überwiegend durch eine schriftlich-postalische Befragung gewonnen. Dabei wurden deutschlandweit mit einem Schwerpunkt im Bundesland Hessen die Eigentümer von mehr als 90.000 zufällig ausgewählten Wohngebäuden, davon rund 47.000 aus Hessen, mit der Bitte angeschrieben, einen vierseitigen Fragebogen auszufüllen. Neben energetisch relevanten Gebäudemerkmalen wurden auch grundlegende Daten wie z. B. zur Eigentümerstruktur, zum Gebäudetyp und zum Denkmalschutz erhoben, wodurch auch Auswertungen über energetische Fragestellungen hinaus ermöglicht werden.

**Abbildung 29: Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im Wohngebäudebestand: Die 149 Teilnehmerstädte und -gemeinden aus Hessen**



Mangels Zugangs zu Eigentümeranschriften erfolgte die Befragungsdurchführung unter Mitwirkung 683 Städten und Gemeinden, davon 149 Kommunen aus Hessen, wo somit mehr als jede dritte Kommune in die Erhebung eingebunden war. Die hessischen Teilnehmerkommunen verteilen sich über das gesamte Bundesland und schließen kleinere Gemeinden genauso ein wie die Großstädte Frankfurt am Main, Wiesbaden, Kassel und Darmstadt (siehe Abbildung 29).

Für das Projekt haben die Grundsteuerstellen der Teilnehmerkommunen die Eigentümeranschriften vorgegebener Wohngebäudeadressen ermittelt und den recherchierten Eigentümern die Befragungsunterlagen zugeschickt. Dieses Versandverfahren hat aus Sicht der befragten Eigentümer ein Höchstmaß an Anonymität gewährleistet, da der „eigentliche“ Versender der Befragungsunterlagen – also das IWU – nicht in Kontakt mit Eigentümeranschriften kam. Da darüber hinaus die Befragten die Fragebögen ohne Angabe ihrer Person und des Untersuchungsgebäudes an das IWU zurückschickten, war sichergestellt, dass Gebäudeangaben nicht auf einzelne Eigentümer oder konkrete Gebäude zurückverfolgt werden konnten.

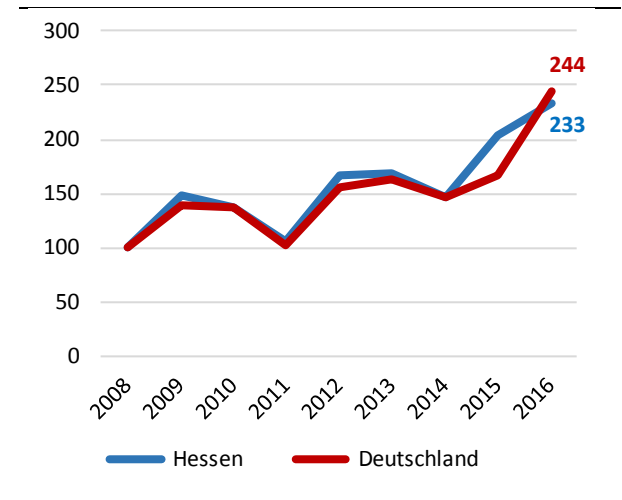
### Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor der KfW und des BAFA

Neben den hessischen Förderprogrammen werden auch von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor angeboten. Die Nachfrageentwicklung der Bau- und Sanierungsförderung von Wohngebäuden der KfW sowie die im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) des BAFA in den hessischen Landkreisen geförderten Anlagen zur Wärmeerzeugung werden im Folgenden dargestellt.

Die Inanspruchnahme der Förderprogramme der KfW sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Gebäuden belief sich im Jahr 2016 bundesweit auf ein Volumen von insgesamt knapp 15,5 Mrd. Euro, rund 1 Mrd. Euro davon entfiel auf Hessen, was einem Anteil von 6,6 Prozent entspricht. Im Vergleich zum Vorjahr hat das Fördervolumen in Hessen und Deutschland deutlich zugenommen (siehe Abbildung 30).

Insgesamt hat sich die Nachfrage nach Fördermitteln zur Steigerung der Energieeffizienz von Wohngebäuden seit 2008 in Hessen und Deutschland bisher sehr ähnlich entwickelt.

**Abbildung 30: Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung in Hessen und Deutschland 2008–2016 (Index 2008 = 100)**



Quelle: KfW 2017.

Auf die Neubauförderung entfielen im Jahr 2016 mit 729 Mio. Euro 72 Prozent der gesamten Fördermittel in Höhe von 1.014 Mio. Euro in Hessen (siehe Tabelle 5). Damit wurden in Hessen im Jahr 2016 über 10.500 neu errichtete Wohneinheiten gefördert, jede im Schnitt mit rund 69.200 Euro. Gegenüber dem Vorjahr hat das Fördervolumen je Wohneinheit in diesem Förderprogramm deutlich um 27.300 Euro bzw. 65,2 Prozent zugenommen.

**Tabelle 5: Bau- und Sanierungsförderung der KfW nach Anzahl der Zusagen, Fördervolumen und geförderten Wohneinheiten 2016 in Hessen**

	Anzahl der Zusagen	Mio. Euro	geförderte Wohneinheiten
Bauen	4.785	729	10.537
Sanieren	11.410	285	25.856
davon: Effizienzhaus	670	152	2.876
Einzelmaßnahmen	1.983	107	5.440
Ergänzungskredit	103	2	300
Zuschuss	8.654	24	17.240
<b>Insgesamt</b>	<b>16.195</b>	<b>1.014</b>	<b>36.393</b>

Quelle: KfW 2017.

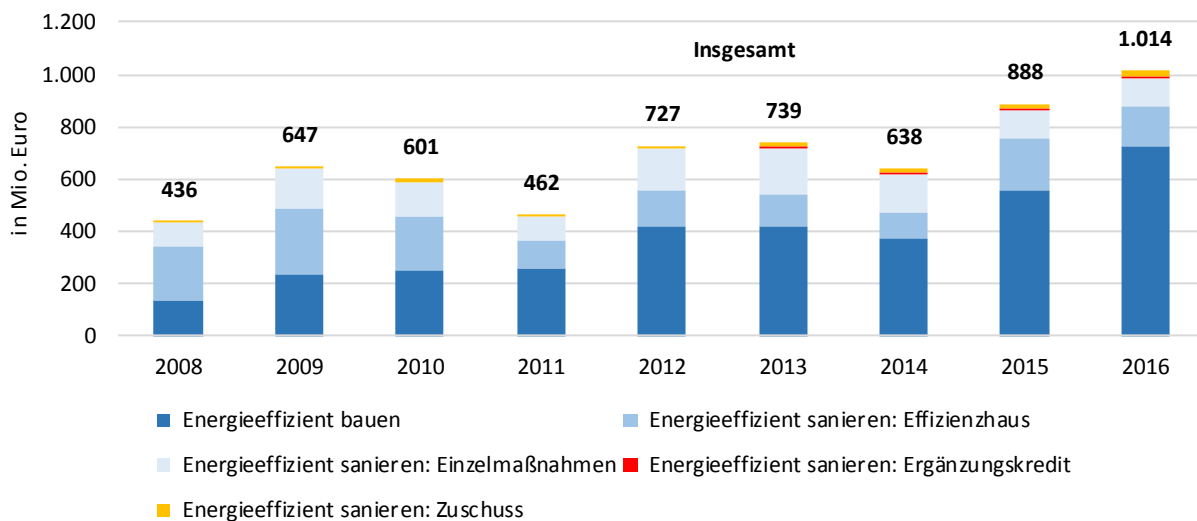
Mit den Sanierungsprogrammen Effizienzhaus und Einzelmaßnahmen wurden im Jahr 2016 weitere 8.300 Wohneinheiten in Hessen mit zusammen knapp 260 Mio. Euro gefördert und energieeffizienter gemacht.

Das Fördervolumen der beiden Förderprogramme Ergänzungskredite und Sanierungszuschüsse ist mit zusammen 26 Mio. Euro vergleichsweise gering. Die Zahl der insbesondere mit Zuschüssen geförderten Wohneinheiten

bezieht sich im Jahr 2016 jedoch auf über 17.200. Je Wohneinheit errechnet sich ein Zuschuss in Höhe von durchschnittlich 1.400 Euro.

Die Entwicklung des Fördervolumens der einzelnen KfW-Förderprogramme seit 2008 ist in Abbildung 31 dargestellt. Deutlich wird, dass der Gesamtanstieg am aktuellen Rand vor allem auf das Förderprogramm „Energieeffizient Bauen“ zurückzuführen ist.

**Abbildung 31: KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008–2016 (in Mio. Euro)**



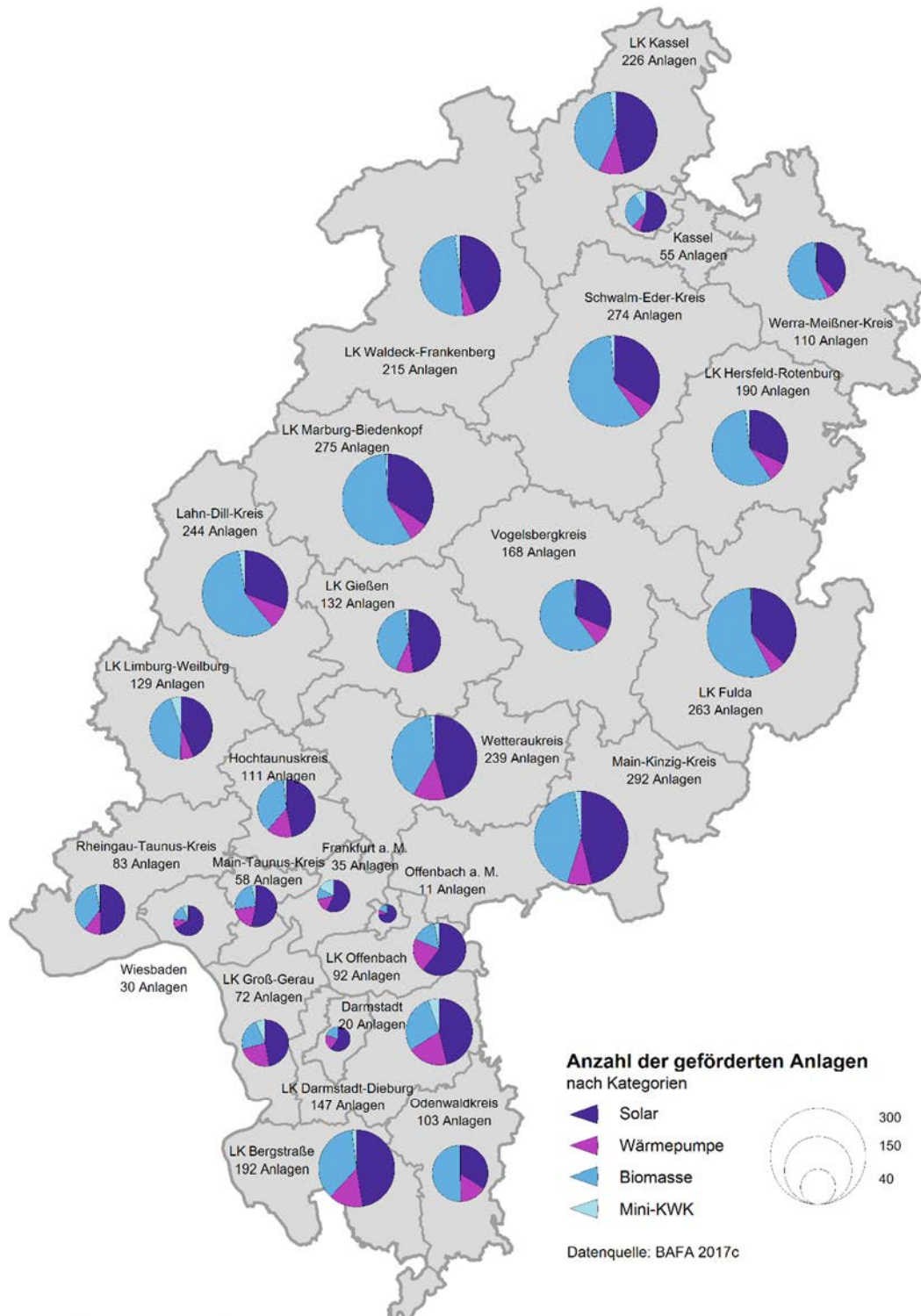
Quelle: KfW 2017.

Mit dem Marktanreizprogramm (MAP) des BAFA soll der Einsatz von erneuerbaren Energien aus Sonne, Biomasse und Umweltwärme für die Wärmeerzeugung spürbar erhöht werden. Gefördert werden sowohl kleinere Anlagen für einzelne Gebäude, wie z. B. Solarthermieanlagen, Biomasseheizungen und Wärmepumpen, als auch größere Anlagen wie der Neubau von Heizwerken, die erneuerbare Energien nutzen, Tiefengeothermieanlagen oder Nahwärmenetze zur Verteilung erneuerbar erzeugter Wärme, z. B. für Quartierslösungen in Kommunen. Mit insgesamt 3.766 Anlagen wurden im Rahmen des MAP im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr 1.551 Anlagen mehr gefördert, ein Plus von 70 Prozent. Mit 46 Prozent aller geförderten Anlagen lagen Biomasseanlagen knapp vor Solarthermieanlagen (42 %), mit deutlichem Abstand folgen Wärmepumpen (10 %) und Mini-KWK-Anlagen (2 %).

Während sich Biomasseanlagen überwiegend auf eher ländlich geprägte Regionen konzentrieren, sind Solarthermieanlagen deutlich gleichmäßiger über die hessischen Regionen verteilt (siehe Abbildung 32).



Abbildung 32: Im Rahmen des MAP vom BAFA im Jahr 2016 geförderte Anlagen in Hessen



# 6

## Anlagen der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung



## 6 Anlagen der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung

In Hessen werden rund 46 Prozent des verbrauchten Stroms im Bundesland selbst erzeugt (siehe Abbildung 11 in Kapitel 3.3). Die Stromerzeugung erfolgt sowohl durch konventionelle Kraftwerke als auch durch Anlagen der erneuerbaren Energieerzeugung, die in Kapitel 6.1 und 6.2 jeweils thematisiert werden. Da der Ausbau der erneuerbaren Energien von besonderer Bedeutung für die Energiewende in Hessen ist, wird dieser schwerpunktmäßig vorgestellt. Darüber hinaus wird in Kapitel 6.3 ein Fokus auf die in Hessen vorhandenen Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung gelegt.

### 6.1 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung

Konventionelle Energieanlagen erzeugen Strom auf Basis fossiler bzw. nicht erneuerbarer Energieträger. In Deutschland spielen bei der von den Kraftwerken vorgehaltenen elektrischen Leistung<sup>9</sup> vor allem die Energieträger Steinkohle (28.307 MW), Erdgas (27.135 MW), Braunkohle (20.873 MW) und Kernenergie (10.800 MW) eine Rolle (siehe BNetzA 2017a). In Hessen sieht die Situation anders aus (siehe Tabelle 6). Mit einer installierten elektrischen Leistung in Höhe von 1.620 MW dominiert Erdgas als Energieträger. Mit größerem Abstand folgen die Energieträger Steinkohle mit einer elektrischen Leistung von 753 MW und Pumpspeicher mit 623 MW. Im Gegensatz zu Deutschland insgesamt hat der Energieträger Braunkohle (34 MW) in Hessen nur eine geringe Bedeutung. Lediglich im Fernwärmekraftwerk in Kassel wird mit Braunkohle neben anderen Energieträgern befeuert. Kernenergie wird in Hessen nicht mehr genutzt, seitdem das Kernkraftwerk in Biblis 2011 vom Netz genommen wurde.

Insgesamt wird in Hessen eine elektrische Leistung in Höhe von 3.190 MW aus 34 Anlagen vorgehalten, die auf Basis konventioneller Energieträger Strom produzieren. Die Hälfte der in Hessen installierten elektrischen Leistung entfällt dabei auf lediglich drei große Anlagen. Mit einer elektrischen Leistung von 622 MW ist die größte Anlage der durch Erdgas betriebene Block 4 des Kraftwerks Staudinger in Großkrotzenburg. Diese Anlage dient jedoch nur als Reservekraftwerk, das von der BNetzA als systemrelevant eingestuft und gesetzlich an der Stilllegung gehindert wird. Die zweitgrößte Anlage ist Block 5 des Kraftwerks Staudinger und verfügt über

eine elektrische Leistung in Höhe von 510 MW. Dieser Block wird mit Steinkohle betrieben. An dritter Stelle folgt das Pumpspeicherwerk Waldeck 2 am Edersee mit einer installierten Leistung von 480 MW. Darüber hinaus gibt es drei Anlagen mit einer Leistung zwischen 100 und 150 MW. Dazu gehören das Pumpspeicherwerk Waldeck 1 (153 MW), das erdgasbetriebene Kraftwerk der Adam Opel AG in Rüsselsheim (112 MW) und das hauptsächlich durch Erdgas betriebene Kraftwerk der K+S AG in Heringen (109 MW). Die weiteren 28 Anlagen haben eine installierte Leistung von jeweils unter 100 MW. Dabei handelt es sich häufig um Industriekraftwerke. Gegenüber dem Vorjahr hat sich der Anlagenbestand und die installierte Leistung der konventionellen Energieanlagen in Hessen nicht verändert.

**Tabelle 6: Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern, erstes Quartal 2017**

Energieträger*	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung (in MW)
Erdgas	19	1.620
Steinkohle	5	753
Pumpspeicher	2	623
Abfall	5	108
Sonstige Energieträger	1	28
Braunkohle	1	34
Mineralölprodukte	1	25
<b>Summe</b>	<b>34</b>	<b>3.190</b>

\*) Zuordnung von Anlagen mit mehreren Energieträgern nach Hauptenergieträgern.

Quelle: BNetzA 2017a (Stand: 31.03.2017), Auswertung der Hessen Agentur.

In Zukunft ist bei den konventionellen Energieanlagen zur Stromerzeugung wenig Veränderung im Bestand zu erwarten. Für das Jahr 2017 ist ein Teilrückbau des Heizkraftwerks Niederrad in Frankfurt geplant. Betroffen ist der erdgasbetriebene Block 2 mit einer elektrischen Leistung in Höhe von 56 MW. Demgegenüber ist im Jahr 2017 ein Kapazitätsszubau am Heizkraftwerk West in Frankfurt zu erwarten. Mit der Installierung einer neuen

9 Ausgewertet wurden nur Anlagen mit Standort in Deutschland. Die Bundesnetzagentur (BNetzA 2017a) weist darüber hinaus auch Anlagen in Österreich, Schweiz und Luxemburg sowie Anlagen ohne Zuordnung aus, die Leistung in das deutsche Stromnetz einspeisen.

Dampfturbine soll die im Kraftwerk vorgehaltene Leistung um 39 MW erhöht werden. Der Energieträger der neuen Anlage ist Erdgas (BNetzA 2017b).

## 6.2 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung

Während bei den konventionellen Energieanlagen der Strom in wenigen, großen und zentralen Kraftwerken erzeugt wird, ist bei den erneuerbaren Energieanlagen das Gegenteil der Fall (siehe [Informationen zur Datenquelle](#)). Die Anlagen sind dezentral und zahlenmäßig in großer Menge über ganz Hessen verteilt. So haben zum 31.12.2016 – gegenüber den 34 konventionellen Energieanlagen – insgesamt 107.725 Anlagen Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Da die erneuerbaren Energieanlagen technologisch bedingt im Gegensatz zu den konventionellen Energieanlagen eine vergleichsweise geringe elektrische Leistung aufweisen, ist ein weiterer Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen notwendig, um zum Gelingen der Energiewende in Hessen beizutragen.

In Summe waren Ende des Jahres 2016 in Hessen 3.855,8 MW an elektrischer Leistung durch erneuerbare Energien vorhanden.

Da erneuerbare Energieanlagen – und hier vor allem die Energieträger Windenergie und Photovoltaik – witterungsbedingt über geringere Volllaststunden verfügen als

konventionelle Energieanlagen, ist die durch erneuerbare Energieanlagen produzierte Strommenge (38 %) noch geringer als die erzeugte Strommenge aus konventionellen Anlagen (62 %) (siehe [Abbildung 14](#) in Kapitel 3.3). Zusätzlich zu der in Hessen erzeugten Strommenge sind hohe Stromimporte nötig, um den Strombedarf zu decken.

Gemessen an der Anlagenleistung basiert die hessische Energiewende im Bereich der Stromerzeugung vor allem auf den Energieträgern Photovoltaik und Windenergie. Auf diese entfallen über 90 Prozent der in Hessen installierten elektrischen Leistung von erneuerbaren Energieanlagen. Zum 30.12.2016 waren in Hessen PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.873,0 MW installiert. Dies entspricht mit 48,6 Prozent knapp der Hälfte der durch erneuerbare Energien vorgehaltenen Leistung. Windenergie kommt mit einer installierten Leistung in Höhe von 1.629,0 MW auf einen Anteilswert von 42,2 Prozent. Mit deutlichem Abstand folgt der Energieträger Biomasse. Insgesamt waren Ende 2016 in Biomasseanlagen 256,4 MW Leistung installiert. Dies entspricht einem Anteil von 6,7 Prozent. Die Energieträger Wasserkraft sowie Klär- und Deponiegas haben eine eher geringe Bedeutung. Wasserkraft weist eine installierte Leistung in Höhe von 64,1 MW auf, gefolgt von Deponiegas mit 21,8 MW und Klärgas mit 11,4 MW.

### Informationen zur Datenquelle

Erneuerbare Energieanlagen werden in diesem Kapitel mit Anlagen gleichgesetzt, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert werden. Dadurch wird ein kleiner Teil erneuerbarer Energieanlagen außer Acht gelassen – und zwar solche, die nicht nach EEG gefördert werden. Dies betrifft Abfallverbrennungsanlagen, die Strom aus dem biogenen Anteil des Abfalls erzeugen, sowie zu einem kleinen Teil den Energieträger Wasserkraft.

Datengrundlage für die Auswertungen in Kapitel 6.2 sind die von der Bundesnetzagentur aufbereiteten Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber im Rahmen der EEG-Jahresendabrechnung 2014 (ÜNB 2015). Darüber hinaus wurden das Anlagenregister und die Photovoltaik-Meldezahlen der Bundesnetzagentur (BNetzA 2017c und 2017d) ausgewertet. Da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses die EEG-Jahresendabrechnung für das Jahr 2016 noch nicht vorlag, wurde eine Schätzung des IE-Leipzig (2017b) zu den eingespeisten Strommengen im Jahr 2016 herangezogen.

Bei der Prüfung der Daten der Übertragungsnetzbetreiber sind Fehler, vor allem bezüglich des Energieträgers Windenergie, aufgefallen. Häufig werden ganze Windparks aggregiert ausgewiesen oder als Standort wird der Netzanschlusspunkt und nicht der tatsächliche Standort der Anlage genannt. Offensichtliche Fehlzuordnungen wurden bereinigt. Die so ermittelten Daten weichen von den Ergebnissen der Energiestatistik bzw. Energiebilanz ab. Entscheidend für die Erfassung der eingespeisten Mengen ist dort nicht der tatsächliche Standort, sondern der Einspeisepunkt.

Die Bundesnetzagentur hat den Anlagenbestand im Marktstammdatenregister nach § 111e Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) zusammengeführt und dieses im Herbst 2017 erstmalig veröffentlicht. Schrittweise sollen nun durch Übernahme der Datenverantwortung für die Bestandsanlagen inkonsistente Angaben von Betreiberseite beseitigt werden.

Bei der Zahl der Anlagen ist die gleiche Rangfolge der Energieträger festzustellen, wobei jedoch mit 105.709 Anlagen bzw. 98 Prozent der Großteil der Anlagen zum 31.12.2016 auf den Energieträger Photovoltaik entfiel (siehe Tabelle 7). Zu diesem Zeitpunkt waren 950 Windenergieanlagen, 503 Biomasseanlagen, 496 Wasserkraftanlagen, 41 Deponiegasanlagen sowie 26 Klärgasanlagen in Betrieb.

**Tabelle 7: Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2016 in Hessen nach Energieträgern**

Energieträger	Anlagenzahl	Installierte Leistung (MW)	Anteil installierte Leistung
Biomasse	503	256,4	6,7 %
Deponiegas	41	21,8	0,6 %
Klärgas	26	11,4	0,3 %
Photovoltaik	105.709	1.873,0	48,6 %
Wasserkraft	496	64,1	1,7 %
Windenergie	950	1.629,0	42,2 %
<b>Summe</b>	<b>107.725</b>	<b>3.855,8</b>	<b>100,0 %</b>

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen. Durch Bereinigungen sind Abweichungen zu vorherigen Datenständen möglich.

Quelle: BNetzA 2017c, BNetzA 2017d, ÜNB 2015, Bereinigungen der Hessen Agentur.

Damit der Strombedarf in Zukunft – wie als Ziel der Energiewende in Hessen festgeschrieben – vollständig von erneuerbaren Energien gedeckt werden kann, muss ein weiterer Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen erfolgen. Tabelle 8 stellt die Ausbauaktivitäten seit dem Jahr 2014 bis einschließlich des ersten Halbjahres 2017 dar. Ausgewiesen sind alle Inbetriebnahmen von Anlagen. Informationen über Bestandsanlagen, die eine Leistungsänderung verbuchten, bzw. die in diesem Zeitraum stattgefundenen Stilllegungen von Anlagen werden in den Tabellen 9 und 10 separat dargestellt.

Im Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 30.06.2017 wurden 13.326 Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung in Höhe von 1.101,6 MW neu in Betrieb genommen. Das entspricht einem Viertel der zum 30.06.2017 installierten Leistung. Mit einem Anteil von 78 Prozent entfällt der größte Anteil der neu installierten Leistung auf den

Zubau von Windenergie. Im betrachteten Zeitraum sind 317 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 856,9 MW installiert worden. Es konnten jährlich jeweils über 200 MW zugebaut werden, im Jahr 2016 sogar knapp 300 MW. Mit deutlichem Abstand wurden am zweitstärksten PV-Anlagen ausgebaut. Zwischen 2014 und dem ersten Halbjahr 2017 wurden insgesamt 12.947 Anlagen mit einer Leistung von 224,9 MW neu in Betrieb genommen.

Ein Blick auf die einzelnen Jahre zeigt jedoch, dass die durch Inbetriebnahmen neu hinzukommende Leistung rückläufig ist. Während im Jahr 2014 noch 83,5 MW installiert wurden, sind die Inbetriebnahmen im Jahr 2015 auf 58,6 MW und 2016 auf 49,5 MW gesunken. Ebenfalls rückläufig bei den Inbetriebnahmen sind Biomasseanlagen. Im Jahr 2016 wurden lediglich 10 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1,8 MW neu in Betrieb genommen. Im Jahr 2014 waren dies noch 23 Anlagen mit einer Leistung von 12,3 MW. Insgesamt wurden zwischen 2014 und dem ersten Halbjahr 2017 16,2 MW beim Energieträger Biomasse zugebaut. Bei den Energieträgern Wasserkraft, Deponie- und Klärgas erfolgten nur vereinzelt Inbetriebnahmen. Entsprechend gering ist die insgesamt zugebaute Leistung. Zusammengenommen summiert sich die durch Inbetriebnahmen hinzugekommene Leistung der drei Energieträger auf 3,5 MW.

Neben der Inbetriebnahme von Anlagen sind im Anlagenregister der BNetzA (2017c) seit 2015 auch Leistungsänderungen von Bestandsanlagen verzeichnet. Dabei ist sowohl eine Leistungsreduktion als auch ein Leistungsanstieg möglich. Im Jahr 2015 gab es per Saldo einen Leistungsanstieg in Höhe von 2,23 MW und im Jahr 2016 einen Anstieg in Höhe von 2,38 MW. Davon entfällt in beiden Jahren jeweils ein Anstieg von 2,18 MW auf den Energieträger Biomasse. Neben dem Energieträger Biomasse sind auch Leistungsänderungen bei den Energieträgern Deponie- und Klärgas sowie Wasserkraft verzeichnet, die in Summe aber gering ausfallen.

**Tabelle 8: Inbetriebnahmen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen, 2014 bis erstes Halbjahr 2017, Anzahl der Anlagen sowie installierte elektrische Leistung**

Energieträger	Anlagenzahl					Installierte Leistung (in MW)				
	2014	2015	2016	1. Halb-jahr 2017	Summe	2014	2015	2016	1. Halb-jahr 2017	Summe
Biomasse	+23	+15	+10	+1	+49	+12,3	+2,0	+1,8	+0,1	+16,2
Deponiegas	+1	+1	+1	–	+3	+2,2	+0,1	+0,5	–	+2,8
Klärgas	–	+2	+2	–	+4	–	+0,2	+0,2	–	+0,4
Photovoltaik	+4.630	+3.002	+3.252	+2.063	+12.947	+83,5	+58,6	+49,5	+33,3	+224,9
Wasserkraft	+1	+2	+3	–	+6	+0,02	+0,02	+0,4	–	+0,4
Windenergie	+85	+76	+103	+53	+317	+215,5	+200,5	+294,5	+146,4	+856,9
<b>Insgesamt</b>	<b>+4.740</b>	<b>+3.098</b>	<b>+3.371</b>	<b>+2.117</b>	<b>+13.326</b>	<b>+313,5</b>	<b>+261,4</b>	<b>+346,8</b>	<b>+179,8</b>	<b>+1.101,6</b>

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen. Durch Bereinigungen sind Abweichungen zu vorherigen Datenständen möglich.

Quelle: BNetzA 2017c, BNetzA 2017d, ÜNB 2015, Bereinigungen der Hessen Agentur.

**Tabelle 9: Leistungsänderung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2015 und 2016 (in MW)**

Energieträger	2015	2016	1. Halb-jahr 2017
Biomasse	+2,18	+2,18	+1,40
Deponiegas	-0,28	-0,07	-0,14
Klärgas	+0,10	+0,08	–
Photovoltaik	–	–	–
Wasserkraft	+0,23	+0,20	+0,01
Windenergie	–	–	–
<b>Insgesamt</b>	<b>+2,23</b>	<b>+2,38</b>	<b>+1,27</b>

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2017c.

Darüber hinaus liegen vereinzelt auch Informationen über Stilllegungen von Anlagen vor. Im Jahr 2015 kam es zu einer Stilllegung von einer Deponiegasanlage mit einer Leistung von 1,22 MW. Im Jahr 2016 wurden eine Biomasseanlage (-0,01 MW), eine Deponiegasanlage (-1,23 MW) sowie drei Windenergieanlagen (-2,10 MW) stillgelegt. Für das erste Halbjahr 2017 sind keine Stilllegungen verzeichnet.

Welche Dimension der Zubau von Windenergie in naher Zukunft erreichen wird, kann durch eine Auswertung der erfolgten Genehmigungen von Windenergieanlagen abgeschätzt werden. Informationen über Genehmigungen finden sich im Anlagenregister der BNetzA (2017c)

sowie im Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2017). Nach einem Abgleich der jeweiligen Informationen ergibt sich eine Anlagenzahl in Höhe von insgesamt 151 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 457,4 MW, die genehmigt, aber noch nicht errichtet worden sind. Darunter befinden sich auch Anlagen, deren Bescheide beklagt werden. Anlagen, deren Genehmigung nach dem 01.01.2017 erfolgte, müssen sich am neuen Ausschreibungsverfahren für Windenergie an Land beteiligen.

**Tabelle 10: Stillgelegte Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2015 und 2016 (in MW)**

Energieträger	2015	2016	1. Halb-jahr 2017
Biomasse	–	-0,01	–
Deponiegas	-1,22	-1,23	–
Klärgas	–	–	–
Photovoltaik	–	–	–
Wasserkraft	–	–	–
Windenergie	–	-2,10	–
<b>Insgesamt</b>	<b>-1,22</b>	<b>-3,34</b>	<b>–</b>

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2017c; LIS-A 2017.

## Umstellung auf Ausschreibungsverfahren bei Windenergie an Land

Mit dem EEG 2017 wurde das Verfahren zur Ermittlung der Vergütungssätze für Windenergie an Land auf ein neues System umgestellt. Die Höhe der Vergütung wird fortan nicht mehr staatlich festgelegt, sondern durch Ausschreibungen ermittelt. Dadurch wird eine bessere Planbarkeit und Steuerung des zukünftigen Ausbaus sowie eine Reduzierung der Kosten für die Energiewende durch mehr Wettbewerb erwartet. Ein wichtiger Bestandteil des neuen Verfahrens ist die Festsetzung einer fixen Zubauobergrenze. So wird der Zubau an Windenergie an Land in den Jahren 2017 bis 2019 deutschlandweit auf insgesamt 2.800 MW pro Jahr beschränkt.<sup>10</sup> Das Ausschreibungsverfahren findet jährlich in drei bis vier Ausschreibungsrunden statt. Interessenten können sich unter der Angabe einer angestrebten Vergütung in Cent pro kWh und unter Angabe der geplanten Anlagenleistung für den Bau einer Windenergieanlage bei der BNetzA bewerben. Die BNetzA sortiert die Angebote nach der Höhe der von den Interessenten angebotenen Vergütung. Die günstigsten Angebote erhalten den Zuschlag. Der Zuschlag wird solange gewährt, bis das ausgeschriebene Ausbauvolumen erreicht ist (siehe FA Wind 2017).

Die erste Ausschreibungsrunde hat im Mai 2017 stattgefunden. Das ausgeschriebene Ausbauvolumen für Windenergie an Land betrug 800 MW. Endgültig bezuschlagt wurden 806 MW. Der niedrigste Gebotswert wurde mit 4,2 ct/kWh abgegeben, das höchste noch berücksichtigte Angebot veranschlagte 5,78 ct/kWh. Im Durchschnitt lag der Zuschlagswert bei 5,71 ct/kWh. In der ersten Ausschreibungsrunde wurden insgesamt 11 „hessische“ Angebote mit einer Leistung von insgesamt 149 MW abgegeben. Von diesen wurden drei Angebote mit einer Leistung von 42 MW berücksichtigt. Damit entfielen 5,2 Prozent der deutschlandweit bezuschlagten Leistung auf Hessen (siehe BNetzA 2017j).

In der zweiten durchgeführten Ausschreibungsrunde mit dem Gebotstermin 01.08.2017 wurden 67 Gebote mit einem Umfang von 1.013 MW bezuschlagt. Die Ausschreibung war deutlich überzeichnet. Abgegeben wurden 281 Gebote mit einem Volumen von 2.927 MW. Der durchschnittliche Zuschlagswert lag bei 4,28 ct/kWh. Der höchste Gebotswert, der noch einen Zuschlag erhalten

konnte, betrug 4,29 ct/kWh. Mit 84 Prozent der eingereichten Gebotsmenge waren Bürgerenergiegesellschaften auch bei dieser Ausschreibung besonders stark vertreten. Im Ergebnis entfielen 90 Prozent der Zuschläge sowie 95 Prozent des Zuschlagvolumens auf Bürgerenergiegesellschaften. Drei Zuschläge wurden an hessische Projekte mit insgesamt 11 Windenergieanlagen und einer Gesamtleistung von 39 MW erteilt. Das entspricht 3,8 Prozent der deutschlandweit bezuschlagten Leistung (siehe BNetzA 2017k).

Damit der Zubau von Windenergie nicht nur in Gebieten mit sehr guter Windhöflichkeit wie z. B. den Küstengebieten Deutschlands stattfindet, wurde im Ausschreibungsverfahren ein Mechanismus implementiert, der eine regionale Steuerung ermöglicht. Es wird der Zubau im sogenannten Netzausbaugebiet begrenzt. Beim Netzausbaugebiet handelt es sich um norddeutsche Regionen, die bereits jetzt viel Strom aus Windenergie einspeisen, aber noch nicht über die notwendigen Netzkapazitäten für den Stromtransport verfügen. Gebiete mit einer schlechten Windhöflichkeit werden außerdem berücksichtigt, indem die abgegebenen Angebotswerte von der BNetzA im sogenannten Referenzertragsmodell um einen Korrekturfaktor angepasst werden (siehe FA Wind 2017, S. 12).

Wird auf Basis der ersten beiden Ausschreibungsrunden der zukünftige Jahreszubau von Windenergie in Hessen abgeschätzt, zeichnet sich ab, dass das Zubauvolumen der letzten Jahre mit mehr als 200 MW nicht mehr erreicht werden kann.

## Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

Für die erneuerbaren Energieanlagen, die nach dem EEG gefördert sind<sup>11</sup> und daher für jede eingespeiste kWh eine Vergütung erhalten, liegen Informationen über die Gesamtmenge des erzeugten und eingespeisten Stroms vor. Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses (30.06.2017) standen Daten der Übertragungsnetzbetreiber für das Jahr 2015 zur Verfügung (ÜNB 2016). Um aktuellere Werte zu erhalten, wurde das IE-Leipzig (2017b) beauftragt, die Strommengen für das Jahr 2016 zu schätzen. Demnach wurden 5.464,3 GWh Strom von EEG-geförderten Energieanlagen im Jahr 2016 erzeugt

<sup>10</sup> Vom Ausschreibungsverfahren sind Windenergieanlagen ausgenommen, die vor dem 01.01.2017 eine Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz erhielten, diese vor dem 01.02.2017 bei der BNetzA gemeldet haben und die Inbetriebnahme bis zum 31.12.2018 erfolgt. Ebenfalls ausgenommen sind Pilotwindenergieanlagen und Windenergieanlagen mit einer Leistung unter 750 kW (siehe BNetzA 2017i).

<sup>11</sup> Hier werden ausschließlich Energieerzeugungsanlagen betrachtet, die nach dem EEG gefördert werden. Dadurch kommt es zu Abweichungen zu der in Abbildung 23 dargestellten durch erneuerbare Energien erzeugten Strommenge. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, dass in Abbildung 23 z. B. auch der biogene Anteil des Abfalls berücksichtigt wird, der nicht durch das EEG gefördert wird. Darüber hinaus ist in Abbildung 23 auch ein Teil der selbstverbrauchten und nicht ins Netz eingespeisten Strommenge erfasst, in Tabelle 11 hingegen sind diese Strommengen nicht enthalten. Darüber hinaus sind in Tabelle 11 nur Wasserkraftanlagen berücksichtigt, die nach dem EEG gefördert werden.

und ins Netz eingespeist (siehe Tabelle 11). Das waren rund 160 GWh bzw. 3 Prozent mehr als im Vorjahr. Der bedeutendste Energieträger war im Jahr 2016 mit großem Abstand die Windenergie. Es wurden insgesamt 2.292,8 GWh Strom durch Windenergieanlagen erzeugt. Das entspricht einem Anteil von 42,0 Prozent an der gesamten durch erneuerbare Energieanlagen erzeugten Strommenge. Die zweitgrößte Strommenge entfällt auf die PV-Anlagen. Diese speisten Strom in Höhe von 1.537,1 GWh (28,1 %) ins Netz ein. Vom Erzeuger direkt selbstverbraucher Strom ist in dieser Zahl jedoch nicht berücksichtigt. Obwohl die installierte Leistung bei PV-Anlagen und Biomasseanlagen sehr unterschiedlich ist, folgt bei der eingespeisten Strommenge der Energieträger Biomasse wegen der deutlich höheren Vollbenutzungsstunden relativ dicht hinter PV-Anlagen. Mit 24,3 Prozent wurde rund ein Viertel des erzeugten erneuerbaren Stroms durch Biomasseanlagen produziert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Biomasseanlagen im Gegensatz zu PV-Anlagen im Jahresverlauf relativ gleichmäßig Strom produzieren können, wohingegen PV-Anlagen stark von der Sonneneinstrahlung abhängig sind. Wasserkraftanlagen haben im Jahr 2016 257,5 GWh Strom (4,7 %) erzeugt. Deponiegas sowie Klärgas kommen zusammengenommen auf eine Einspeisung von 50,7 GWh bzw. 0,9 Prozent.

**Tabelle 11: Eingespeiste Strommengen von EEG-geförderten Anlagen in Hessen nach Energieträgern 2016 (in GWh)**

Energieträger	Strommenge	Anteil
Biomasse	1.326,0	24,3 %
Deponiegas	43,6	0,8 %
Klärgas	7,1	0,1 %
Photovoltaik	1.537,1	28,1 %
Wasserkraft	257,5	4,7 %
Windenergie	2.292,8	42,0 %
<b>Summe</b>	<b>5.464,3</b>	<b>100,0 %</b>

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: IE-Leipzig 2017b.

### Selbstverbrauch von Photovoltaikstrom

Während vor 2009 der von PV-Anlagen produzierte Strom aufgrund der sehr hohen EEG-Vergütung meist vollständig in das Stromnetz eingespeist wurde, kann derzeit davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der neu in Betrieb gehenden PV-Anlagen auf Selbstverbrauch ausgerichtet ist.

Durch das EEG 2009 wurden monetäre Anreize in Form von Bonuszahlungen gesetzt, um den Selbstverbrauch zu fördern. Dies gilt für PV-Anlagen, die zwischen Januar 2009 und März 2012 in Betrieb gegangen sind. Die Betreiber dieser Anlagen bekommen jede erzeugte und selbstverbrauchte kWh vergütet. Für Anlagen mit Inbetriebnahmedatum ab April 2012 gilt diese Regelung nicht mehr und die Bonuszahlungen entfallen. Jedoch ist die EEG-Vergütung für PV-Anlagen soweit gesunken, dass sich der Selbstverbrauch allein deshalb lohnt. Die EEG-Vergütung für selbsterzeugten und eingespeisten Strom liegt niedriger als der Preis, der für den Strombezug aus dem öffentlichen Netz zu zahlen ist. Aus diesem Grund lohnt es sich für die Anlagenbetreiber, den Strombezug von außen durch einen hohen Selbstverbrauch niedrig zu halten.

In der Energiestatistik kann der Selbstverbrauch derzeit nicht vollständig erfasst werden. Das ZSW (2017b) wurde deshalb beauftragt, für Hessen eine Schätzung des nicht erfassten Selbstverbrauchs durch PV-Anlagen durchzuführen. Für das Jahr 2015 berechnet das ZSW einen nicht erfassten Selbstverbrauch von PV-Anlagen in Höhe von 125,9 GWh. Wird zu dieser Zahl der aufgrund der Bonuszahlungen erfasste Selbstverbrauch in Höhe von 54,3 GWh (siehe ÜNB 2016) hinzugerechnet, ergibt sich ein Selbstverbrauch insgesamt von 180,2 GWh. Demgegenüber steht der durch PV-Anlagen in das Netz eingespeiste Strom von 1.566,5 GWh (siehe ÜNB 2016). Anteilig kann also davon ausgegangen werden, dass im Jahr 2015 10,3 Prozent der erzeugten Strommenge von den Anlagenbetreibern selbst verbraucht wurden. Für das Jahr 2016 wird vom ZSW der nicht erfasste Selbstverbrauch auf 129,5 GWh geschätzt. Unter der Annahme eines leicht sinkenden erfassten Selbstverbrauchs von 53,3 GWh errechnet sich ein Selbstverbrauchs-Anteil in Höhe von 10,6 Prozent.

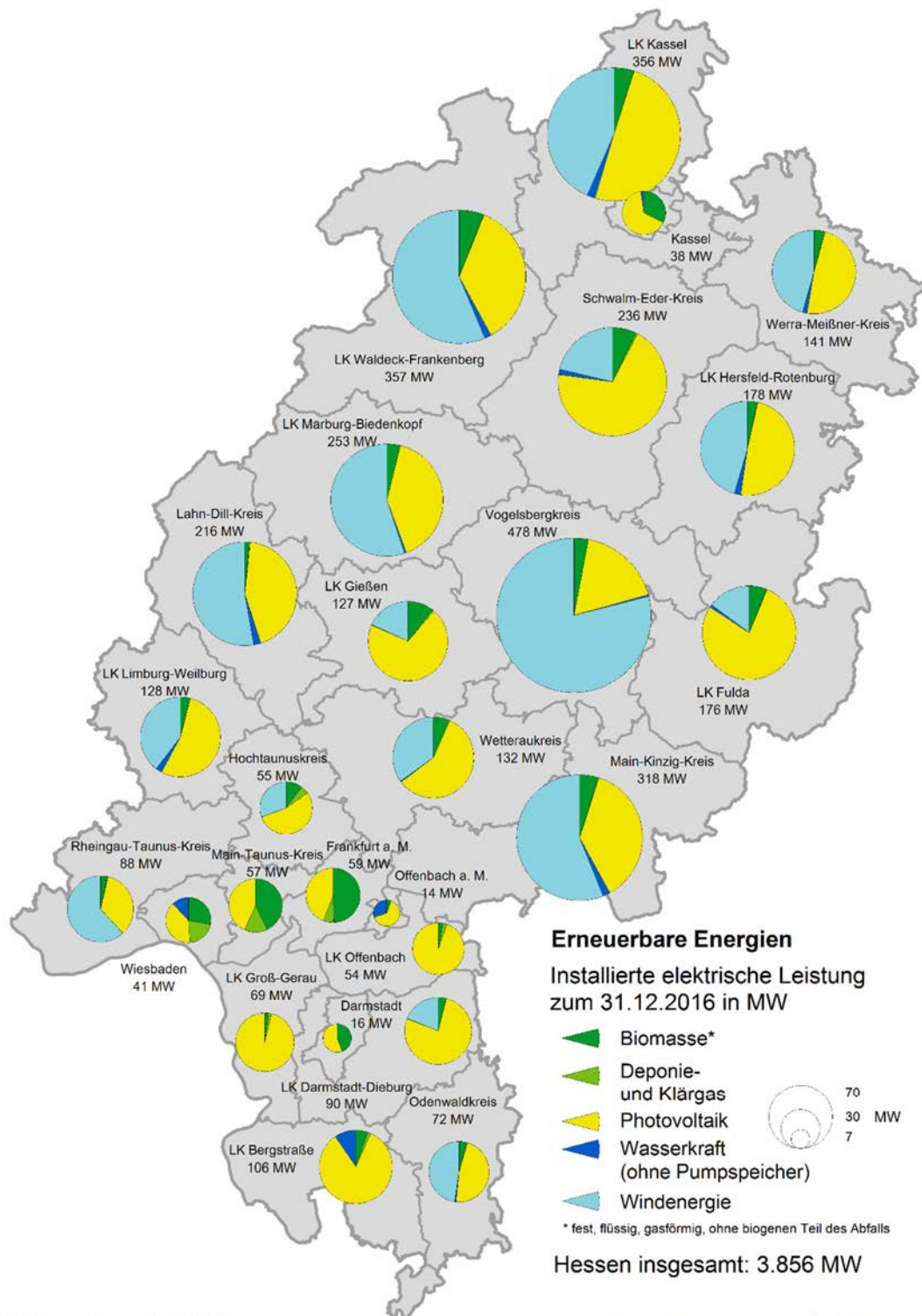
Da es auf dem Gebiet der Photovoltaik z. B. mit der Entwicklung von Batterien als Speichermöglichkeiten einen technologischen Fortschritt gibt, ist in Zukunft mit einem ansteigenden Anteil des selbstverbrauchten Stroms auszugehen.

### Regionale Verteilung der erneuerbaren Energieanlagen

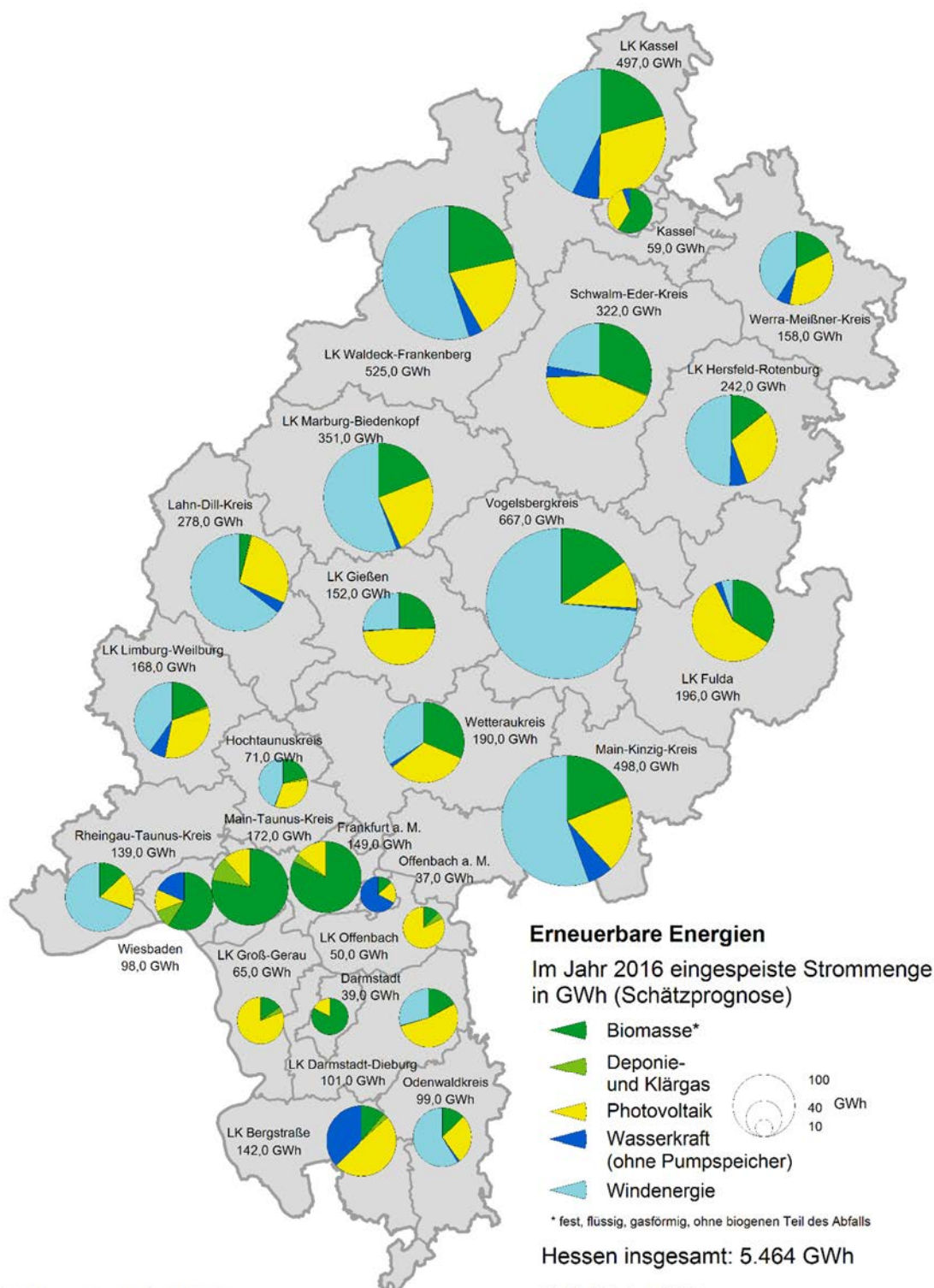
Erneuerbare Energieanlagen verteilen sich nicht gleichmäßig auf die Landesfläche, sondern es sind regionale Schwerpunkte erkennbar. Abbildung 33 zeigt die installierte Leistung von erneuerbaren Energieanlagen zum 31.12.2016 auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte. Es ist deutlich erkennbar, dass in Südhessen, vor allem im dicht besiedelten Rhein-Main-Gebiet, weniger Leistung installiert ist und eine andere Energieträgerstruktur vorherrscht als z. B. im eher ländlich geprägten Mittel- und Nordhessen.



Abbildung 33: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG am 31.12.2016 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW)



**Abbildung 34: Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2016 nach Energieträgern (in GWh)**



Dies wird auch bei der erzeugten und eingespeisten Strommenge des Jahres 2016 deutlich, die für die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in Abbildung 34 dargestellt ist. Hier stechen insbesondere vier Landkreise hervor. Im Vogelsbergkreis (667 GWh), im Landkreis Waldeck-Frankenberg (525 GWh), im Main-Kinzig-Kreis (498 GWh) und im Landkreis Kassel (497 GWh) werden zusammengenommen 40 Prozent des erneuerbaren Stroms in Hessen produziert. Eine Auflistung aller Landkreise und kreisfreien Städte ist im Anhang A 1 zu finden. Ebenfalls im Anhang sind in den Abbildungen A 2 bis A 4 regionalisierte Informationen auf Ebene der hessischen Gemeinden für die drei wichtigsten Energieträger Photovoltaik, Windenergie und Biomasse dargestellt. Darüber hinaus sind im Internet interaktive Karten abrufbar, in denen die Informationen benutzerfreundlich aufbereitet zur Verfügung stehen: [www.energie-land.hessen.de/Monitoring-Karten](http://www.energie-land.hessen.de/Monitoring-Karten).

In Tabelle 12 sind die fünf Landkreise in Hessen mit dem größten Zubau an erneuerbaren Energieanlagen im Jahr 2016 dargestellt. Der starke Zubau in den Landkreisen ist dabei größtenteils auf die Neuinbetriebnahmen von Windenergieanlagen zurückzuführen. Im Vogelsbergkreis konnte im Jahr 2016 der stärkste Zubau mit einem Plus von 65,5 MW an installierter elektrischer Leistung verzeichnet werden, gefolgt vom Landkreis Marburg-Biedenkopf (+38,6 MW) und dem Werra-Meißner-Kreis (+36,9 MW). Den vierten Rang belegt der Landkreis Limburg-Weilburg mit einem Plus von 33,9 MW, an fünfter Stelle steht der Landkreis Kassel mit einem Plus von 31,8 MW. Zu erwähnen ist, dass sowohl der Vogelsbergkreis als auch der Landkreis Marburg-Biedenkopf bereits im Vorjahr zu den fünf stärksten Zubau-Regionen Hessens gehörten.

**Tabelle 12: Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2016**

Rang	Landkreis	Zugebaute elektrische Leistung 2016 (in MW)
1	Vogelsbergkreis	65,5
2	LK Marburg-Biedenkopf	38,6
3	Werra-Meißner-Kreis	36,9
4	LK Limburg-Weilburg	33,9
5	Landkreis Kassel	31,8

Quelle: BNetzA 2017c, BNetzA 2017d, ÜNB 2015, Bereinigungen der Hessen Agentur.

In Tabelle 13 sind die zehn Gemeinden mit der höchsten elektrischen Leistung, die im Jahr 2016 neu installiert wurde, dargestellt. Die Rangliste wird angeführt von der Stadt Alsfeld mit einem Zubau in Höhe von 48,5 MW. Auf dem zweiten Rang steht der Gutsbezirk Kaufunger Wald mit einem Zubau von 30,0 MW und auf Rang 3 die Gemeinde Ludwigsau mit einem Zubau von 23,1 MW.

**Tabelle 13: Die zehn Gemeinden mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2016**

Rang	Gemeinde	Zugebaute elektrische Leistung 2016 (in MW)
1	Alsfeld, St.	48,5
2	Gutsbezirk Kaufunger Wald	30,0
3	Ludwigsau	23,1
4	Helsa	18,0
5	Eiterfeld	17,3
6	Dautphetal	15,1
7	Bad Arolsen, St.	14,5
8	Elz	14,4
9	Gedern, St.	13,2
10	Amöneburg, St.	12,8

Quelle: BNetzA 2017c, BNetzA 2017d, ÜNB 2015, Bereinigungen der Hessen Agentur.

### Festlegung von Vorranggebieten zur Nutzung von Windenergie

Perspektivisch sollen in Hessen zwei Prozent der Landesfläche als Vorranggebiete zur Nutzung von Windenergie (Windvorranggebiete) zur Verfügung stehen. Außerhalb dieser Windvorranggebiete soll der Bau von Windenergieanlagen ausgeschlossen werden. Mit diesem energiepolitischen Ziel will das Land Hessen die Energiewende entscheidend vorantreiben, jedoch auch einen unkontrollierten Zubau verhindern. Windvorranggebiete kennzeichnen Flächen, in denen aus regionalplanerischer Sicht die Nutzung der Windenergie Vorrang hat und entgegenstehende Nutzungen ausgeschlossen sind. Für die regionalplanerische Ermittlung der Windvorranggebiete hat das Land entsprechende Vorgaben gemacht (siehe HMWVL 2013).

Die Hessische Landesregierung hat mit der Genehmigung der Teilpläne Energie Nordhessen und Mittelhessen die rechtliche Basis für den weiteren Ausbau der Windenergie in diesen Planungsregionen geschaffen. In der Planungsregion Südhessen ist das Verfahren noch nicht so weit fortgeschritten. In der Planungsregion Nordhessen wurden ca. 16.600 Hektar als Windvorranggebiete festgelegt, dies entspricht rund 2 Prozent der Regionsfläche. In der Planungsregion Mittelhessen umfassen die Windvorranggebiete eine Fläche von zusammen 12.100 Hektar, was einem Anteilswert von 2,2 Prozent entspricht.

### 6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung

In Hessen gibt es eine Vielzahl von Anlagen, die in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) neben Strom auch nutzbare Wärme produzieren. Die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme wird bei der Kraft-Wärme-Kopplung abgeführt und z. B. als Raumwärme oder als Prozesswärme zur Verfügung gestellt. Dadurch wird die Effizienz gesteigert sowie klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Große Kraftwerke sind häufig an Fernwärmenetze angeschlossen und versorgen dadurch private Haushalte und Gewerbe mit Raumwärme oder Industrieunternehmen mit Prozesswärme. Kleinere KWK-Anlagen sind hingegen oft in unmittelbarer Nähe von Wohnquartieren aufgestellt. Bei diesen KWK-Anlagen, die Strom vor Ort erzeugen, kommt es zu einer doppelten Effizienzsteigerung: Neben der Abführung der bei der Stromerzeugung entstehenden Wärme als Raumwärme können zudem Übertragungsverluste verhindert werden, die beim Transport von Strom über lange Strecken entstehen.

Betreiber von KWK-Anlagen können beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eine Förderung der Anlage beantragen. In Hessen wurden zum 31.12.2016 insgesamt 4.696 KWK-Anlagen mit einer vorgehaltenen elektrischen Leistung von zusammengekommen 2.600 MW vom BAFA gefördert.

In Tabelle 14 ist die Zahl der geförderten Anlagen in Hessen nach Leistungskategorien dargestellt. Bei dem überwiegenden Anteil der KWK-Anlagen handelt es sich um kleinere Anlagen mit einer elektrischen Leistung von maximal 50 kW. Diese sogenannten Mini- (20 bis 50 kW), Mikro- (2 bis 20 kW) bzw. Nano-KWK-Anlagen (bis zu 2 kW) stellen knapp 90 Prozent der geförderten Anlagen in Hessen. Bei diesen Anlagen besteht auch die größte Dynamik beim Zubau. Gegenüber dem Vorjahr gab es Ende des Jahres 2016 insgesamt 274 bzw. 7,0 Prozent mehr geförderte Anlagen in dieser Größenordnung. Bei der Anlagenkategorie von 50 kW bis 1000 kW hat sich

die Zahl um 25 bzw. um 6,3 Prozent erhöht und bei den großen Anlagen mit einer Leistung von über 1 MW gibt es 3 Anlagen bzw. 3,1 Prozent mehr. Trotz der Zunahmen der Anlagenzahlen ging die installierte Leistung im Vergleich zum Vorjahr leicht um 3,3 MW bzw. 0,1 Prozent zurück. Dies ist auf den Wegfall einer größeren Anlage in der Kategorie bis unter 50 MW zurückzuführen.

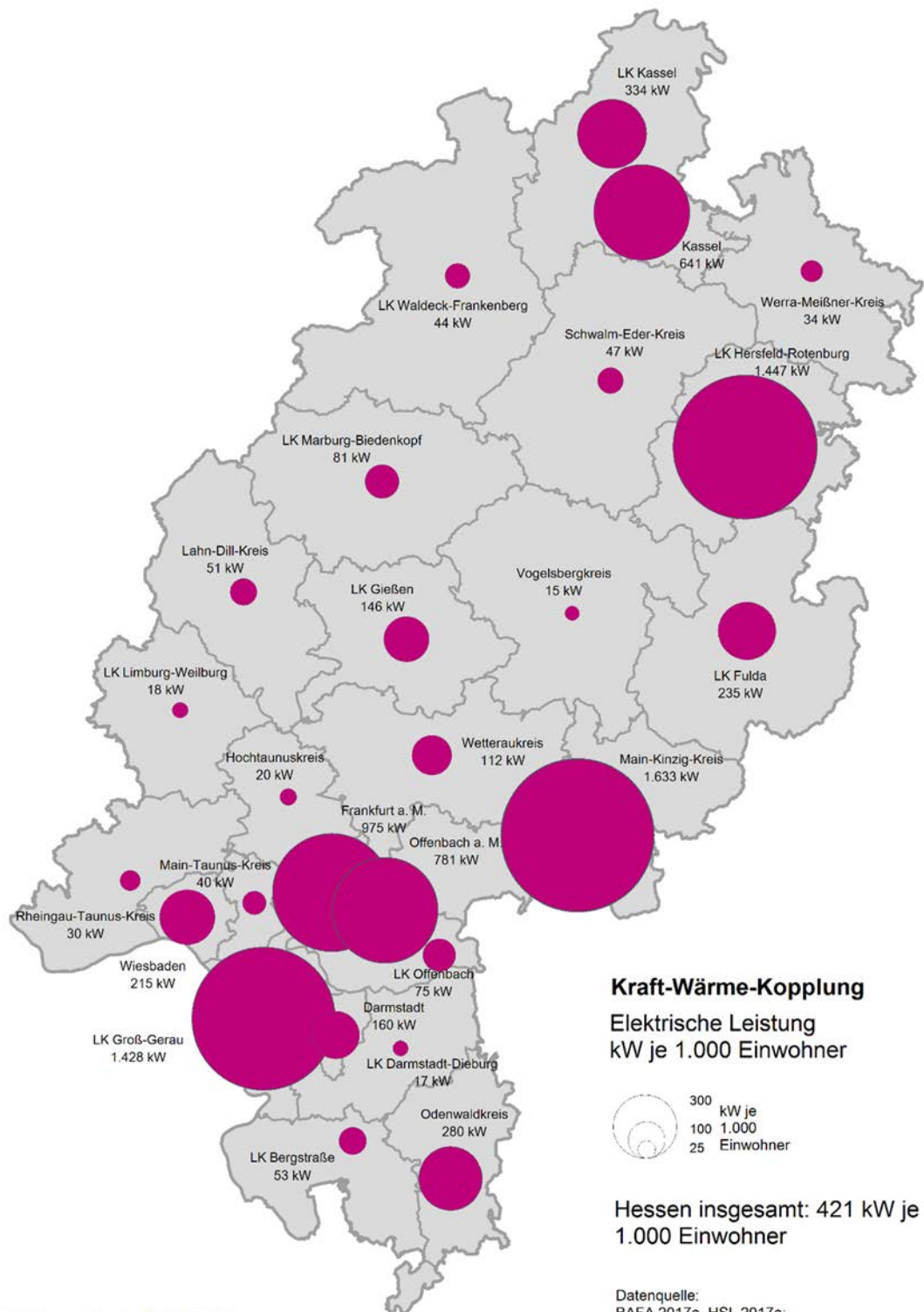
**Tabelle 14: Anzahl und elektrische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen nach Leistungskategorie 2016**

Leistungs-kategorie (in kW/MW)	durchschnittl. elektrische Leistung (in kW)	Anzahl der Anlagen	elektrische Leistung (in kW)
<= 2 kW	1,05	643	675,2
> 2 <= 10 kW	5,32	2.389	12.709,5
> 10 <= 20 kW	17,90	676	12.100,4
> 20 <= 50 kW	42	469	19.698,0
> 50 <= 100 kW	74	106	7.844,0
> 100 <= 250 kW	170	202	34.340,0
> 250 <= 500 kW	369	68	25.092,0
> 500 <= 1.000 kW	720	43	30.960,0
> 1 <= 2 MW	1.600	40	64.000,0
> 2 <= 10 MW	5.000	37	185.000,0
> 10 <= 50 MW	21.400	10	214.000,0
> 50 <= 100 MW	74.100	9	666.900,0
> 100 MW	332.000	4	1.328.000,0
<b>Insgesamt</b>		<b>4.696</b>	<b>2.601.319,0</b>

Quelle: BAFA 2017a, Berechnungen der Hessen Agentur.

In Abbildung 35 ist die elektrische Leistung von KWK-Anlagen auf Ebene der hessischen Landkreise und kreisfreien Städte normiert auf die Einwohnerzahl dargestellt (kW je 1.000 Einwohner). Über eine relativ hohe elektrische Leistung je Einwohner verfügen Landkreise und kreisfreie Städte, die über große Kraftwerke verfügen. Zu nennen ist insbesondere der Main-Kinzig-Kreis mit einer elektrischen Leistung je 1.000 Einwohner von 1.633 kW. Diese hohe Leistung ist zum Großteil auf das Kraftwerk Staudinger zurückzuführen, das an ein Fernwärmenetz angeschlossen ist. Durch den Wegfall eines größeren Kraftwerks in Witzenhausen hat sich die elektrische Leistung je 1.000 Einwohner im Werra-Meißner-Kreis gegenüber dem Vorjahr von 247 kW auf 34 kW je 1.000 Einwohner deutlich reduziert.

Abbildung 35: In KWK-Anlagen installierte Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner im Jahr 2016 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten



# 7

## Netzbestand und Netzausbau



## 7 Netzbestand und Netzausbau

Die sich ändernde Erzeugungslandschaft mit zunehmenden Anteilen von erneuerbaren Energien schafft neue Herausforderungen für das Stromnetz. Im Folgenden werden der Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze in Hessen, die Entwicklung der Investitionen in das Stromnetz sowie die Versorgungssicherheit im Stromnetz betrachtet. Ein Blick auf die Entwicklung im Gasverteils- und Fernwärmenetz rundet das Kapitel ab.

### 7.1 Stromnetzbestand und -ausbau

Der Ausbau und die Modernisierung der überregionalen Übertragungsnetze und der lokalen Verteilnetze sind eine Schlüsselaufgabe bei der Umsetzung der Energiewende, da die Anforderungen an die Stromübertragung und die Netze durch den Ausbau der erneuerbaren Energien steigen. So muss die durch Windkraft im Norden Deutschlands zunehmende erzeugte Strommenge zu den Verbrauchszentren in Süddeutschland transportiert werden.

Durch den steigenden Anteil der wetterabhängigen erneuerbaren Energieträger Wind und Sonne ist die Stromerzeugung schwer kalkulierbar und die Einspeisung in die Stromnetze unterliegt hohen Schwankungen. Zudem müssen die Netze heute infolge der zunehmenden Dezentralisierung der Stromerzeugung den Stromtransport in beide Richtungen – also quasi mit „Gegenverkehr“ – bewältigen, während früher der Strom wie in einer Einbahnstraße vom Kraftwerk über die Übertragungsnetze und die Verteilnetze bis zum Verbraucher floss. Netze und Verbrauch müssen flexibel reagieren und intelligent miteinander verknüpft werden, um den Herausforderungen der dezentralen Stromerzeugung gerecht zu werden. Mit der Digitalisierung der Energiewende, d. h. durch ein intelligentes Stromnetz und den Einsatz intelligenter Stromzähler, sollen die Erzeugung, der Transport und der Verbrauch von Energie besser aufeinander abgestimmt und Sparpotenziale erschlossen werden (siehe Digitalisierung der Energiewende).

#### Digitalisierung der Energiewende

Im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende vom 29. August 2016 wurde das Startsignal für Smart Grid, Smart Meter und Smart Home in Deutschland gegeben (Bundesgesetzblatt 2016). Im Zentrum der Digitalisierung der Energiewende steht die Einführung intelligenter Messsysteme (Smart Meter). Mit intelligenten Messsystemen soll die Kommunikation in den Energienetzen, z. B. die Bereitstellung von Informationen dezentraler Erzeuger und flexibler Lasten, ermöglicht werden. Smart Meter machen den Stromverbrauch transparenter, wodurch Anreize für einen effizienten Umgang mit Strom gegeben werden. Ein Smart Meter besteht aus einem digitalen Stromzähler und einer Kommunikationseinheit, dem Smart Meter Gateway. Das Smart Meter Gateway ermöglicht eine datenschutz- und datensicherheitskonforme Einbindung von Zählern in das intelligente Stromnetz. Der Einbau intelligenter Messsysteme soll stufenweise erfolgen: Größere Verbraucher und Erzeugungsanlagen übernehmen beim Einsatz moderner Mess- und Steuerungstechnik die Vorreiterrolle, kleinere Stromverbraucher folgen später.

Das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende schafft verbindliche Schutzprofile und technische Richtlinien für intelligente Messsysteme, um Datenschutz und Datensicherheit zu gewährleisten (BMWi 2017a).

Mit dem Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) sind Ende 2016 bundesweit fünf Schaufensterregionen gestartet, in denen innovative Verfahren und Technologien für industrielle Verbraucher, Speicher und Netzbetreiber erprobt werden. Im Schaufenster „C/sells“ mit Schwerpunkt Solarenergie sind die Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Bayern beteiligt. Hier stehen die regionale Optimierung von Erzeugung und Verbrauch, Flexibilitätsanreize in Verteilnetzen sowie der Ausgleich im Verbund mit Wärme und Verkehr im Fokus. Es soll ein zellulär strukturiertes Energiesystem aufgebaut werden („Cells“), d. h. autonom handelnde, regionale Zellen, die im überregionalen Verbund miteinander agieren. Diese greifen auf mehr als 10.000 geplante Smart Meter und die dazugehörige Gateway-Infrastruktur zurück. In Hessen arbeiten Projektpartner vor allem an der Konzeption und modellhaften Implementierung eines regionalen Flexibilitätsmarkts. Die Sektorkopplung spielt hierbei eine wichtige Rolle. Die hessische Regionalkoordination des C/sells-Projekts hat das House of Energy in Kassel inne (siehe House of Energy 2017). Projektpartner sind u. a. die Universität Kassel und das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES). Im Mai 2017 hat das Bundeskabinett die sog. SINTEG-Verordnung beschlossen, die den notwendigen rechtlichen Rahmen schafft, um neue Verfahren für eine sichere und stabile Stromversorgung bei sehr hohen Anteilen an erneuerbaren Energien zu erproben und voranzutreiben (BMWi 2017c).

## Übertragungsnetze

Übertragungsnetze ermöglichen – bislang in der Regel über Freileitungen – den überregionalen Transport von Strom über große Entfernungen. Die Stromkreislänge der deutschen Übertragungsnetze beträgt ca. 35.000 km. Übertragen wird bei Drehstrom mit Höchstspannung von 220 Kilovolt (kV) oder 380 kV. Die geplanten neuen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ-Leitungen) – mit Ausnahme des als Hybridleitung geplanten Vorhabens Ultramet – sind auf bis zu 525 kV ausgelegt und sollen vorrangig als Erdkabel verlegt werden. Diese sind zwar teurer, erhöhen aber die Akzeptanz der Bürger (BMWi 2017b).

Für die Instandhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Übertragungsnetze sorgen die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB). Sie haben auch die Aufgabe, Netzschwankungen auszugleichen. In Hessen fällt das Übertragungsnetz im Wesentlichen in die Zuständigkeitsbereiche der Übertragungsnetzbetreiber TenneT (73 %) und Amprion (26 %).

Das Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) regelt den Ausbau der Stromnetze auf Übertragungsnetzebene. Im Bundesbedarfsplan sind die vordringlichen Ausbauvorhaben festgelegt. Im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) sind die ausschließlich in der Zuständigkeit der Länder liegenden Projekte enthalten. Der Stand des Netzausbaus wird von der Bundesnetzagentur (BNetzA) regelmäßig dokumentiert.

Hessen ist in das deutsche und europäische Übertragungsnetzsystem eingebunden. Im Folgenden wird zunächst der Ausbaustand der Netze nach dem Bundesbedarfsplan dargestellt.

### Stand des Ausbaus nach dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG)

Das Bundesbedarfsplangesetz enthält die von der Bundesnetzagentur bestätigten Vorhaben des Netzentwicklungsplans. Die Gesamtlänge der entsprechenden geplanten Leitungen liegt aktuell bei etwa 5.900 km, davon sind

etwa 3.050 km als Netzverstärkung kategorisiert. Die tatsächliche Gesamtlänge hängt noch stark vom Verlauf der Nord-Süd-Korridore ab und wird sich im weiteren Verfahrensverlauf konkretisieren. Insgesamt sind deutschlandweit zum 30.06.2017 Leitungen mit rund 450 km genehmigt, das sind 100 km mehr als im Vorjahr. Leitungen mit einer Länge von insgesamt rund 150 km wurden bislang realisiert. Damit konnten gegenüber dem Vorjahr 85 km zusätzliche Leitungen fertiggestellt werden.

In Abbildung 36 sind die acht innerhalb bzw. möglicherweise durch Hessen verlaufenden Leitungsvorhaben aus dem Bundesbedarfsplangesetz dargestellt. Rot gestrichelte Linien zeigen Vorhaben, die sich im Raumordnungsverfahren befinden. Die blau gestrichelten Linien stellen Vorhaben dar, die sich noch nicht im Genehmigungsverfahren befinden. Tabellarisch aufgeführt sind für die einzelnen Vorhaben besondere Kennzeichnungen, Träger, technische Charakteristika und der Zeitpunkt der geplanten Inbetriebnahme.

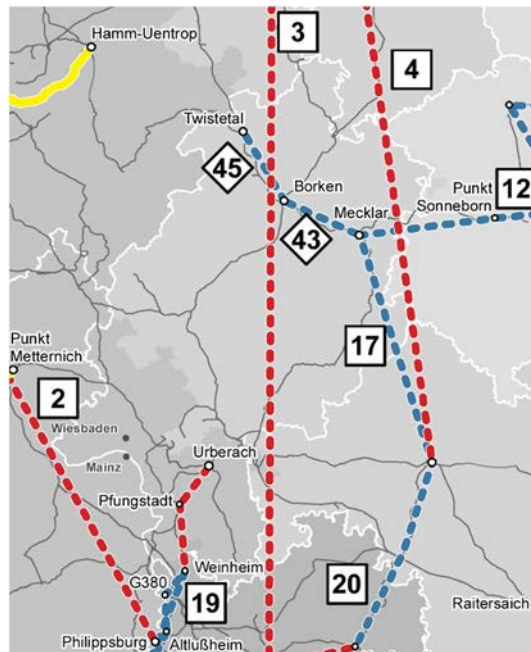
Der Vorzugskorridor des ULTRANET-Vorhabens (Nr. 2 im BBPIG) verläuft von Nordrhein-Westfalen über Rheinland-Pfalz und Hessen nach Baden-Württemberg und soll den Süden Deutschlands nach Abschaltung der letzten Kernkraftwerke ausreichend mit Strom versorgen. Die Trassenlänge beträgt etwa 340 km. Das in Gleichstromtechnik zu realisierende Vorhaben ist ein Pilotprojekt für die verlustarme Übertragung hoher Leistungen über weite Entfernungen. Es ist als von gemeinsamem Interesse kategorisiert.<sup>12</sup> Die Abschnitte A (Riedstadt – Mannheim – Wallstadt) und D (Weißenthurm – Riedstadt) verlaufen durch Hessen. Für Abschnitt A muss der Vorhabenträger die im Juni 2016 eingereichten Unterlagen nach Prüfung durch die BNetzA noch überarbeiten. Für Abschnitt D wurde am 24. Juni 2016 der Untersuchungsrahmen festgelegt. Ein Antrag auf Fristverlängerung wurde vom Vorhabenträger gestellt. Die Gesamtinbetriebnahme ist für 2021 geplant.

Das SUEDLINK-Vorhaben Nr. 3 im BBPIG von Brunsbüttel nach Großgartach und Vorhaben Nr. 4 im BBPIG von Wilster nach Grafenrheinfeld zählen zu den zentralen Transportkorridoren von Nord- nach Süddeutschland. Beide Trassen werden komplett als Erdkabel geplant.

12 Um das Erreichen der gemeinsamen europäischen Ziele zu gewährleisten, werden zumeist national bereits als notwendig identifizierte Netzausbauprojekte der Energieinfrastruktur als „Vorhaben von gemeinsamem Interesse“ (engl. Projects of Common Interest, PCI) gekennzeichnet. Sie sollen bestehende Lücken in der europäischen Energienetzinfrastruktur schließen, zur Entwicklung der erneuerbaren Energien beitragen und positive Auswirkungen auf mindestens zwei Mitgliedstaaten bringen. Die Mitgliedstaaten und die EU-Kommission beschließen die regionalen PCI-Listen, die in einer übergreifenden unionsweiten Liste zusammengeführt werden. Diese wird als delegierter Rechtsakt durch die Kommission erlassen. Die zweite unionsweite Liste von Vorhaben von gemeinsamem Interesse ist am 27. Januar 2016 in Kraft getreten und wird alle zwei Jahre aktualisiert (BNetzA 2017).



Abbildung 36: Leitungsvorhaben in Hessen aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG)



blau:  
noch nicht im  
Genehmigungsverfahren

rot:  
Vorhaben im Raumordnungs- bzw.  
Bundesfachplanungsverfahren

**2** Nr. des BBPIG-Vorhabens,  
Zuständigkeit der BNetzA

**43** Nr. des BBPIG-Vorhabens,  
Zuständigkeit der Landesbehörden

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen	Träger	Technische Charakteristika	Geplante Inbetriebnahme
2	Osterath – Philippsburg (ULTRANET) Abschnitt D: Weißenthurm – Riedstadt Abschnitt A: Riedstadt – Mannheim – Wallstadt	HGÜ-Pilotprojekt, Vorhaben von gemeinsamem Interesse (PCI)	Amprion	380 kV Gleichstrom	2021
3	Brunsbüttel – Großgartach (SUEDLINK) Abschnitt C: Bad Gandersheim / Seesen – Gerstungen; Abschnitt D: Gerstungen – Arnstein	HGÜ-Pilotprojekt, Erdkabelprojekt, PCI	TenneT, TransnetBW	320 oder 525 kV Gleichstrom	2025
4	Wilster – Grafenrheinfeld (SUEDLINK) Abschnitt C: Bad Gandersheim / Seesen – Gerstungen; Abschnitt D: Gerstungen – Grafenrheinfeld	HGÜ-Pilotprojekt, Erdkabelprojekt, PCI	TenneT, TransnetBW	320 oder 525 kV Gleichstrom	2025
12	Vieselbach – Mecklar	keine	TenneT, 50Hertz	380 kV Drehstrom	2023
17	Mecklar – Grafenrheinfeld	keine	TenneT	380 kV Drehstrom	2027
19	Urberach – Daxlanden Abschnitt Nord: Urberach – Weinheim	keine	Amprion, TransnetBW	380 kV Drehstrom	2022
43	Borken – Mecklar	keine	TenneT	380 kV Drehstrom	2022
45	Borken – Twistetal	keine	TenneT	380 kV Drehstrom	2024

Quelle: BNetzA 2017f.

In beiden Vorhaben wurde für den Hessen betreffenden Abschnitt C im März 2017 der Antrag auf Bundesfachplanung eingereicht. Für den ebenfalls in beiden Vorhaben Hessen betreffenden Abschnitt D hat die BNetzA ebenso im März 2017 die Bundesfachplanung eröffnet. Am Ende der Bundesfachplanung folgt die endgültige Festlegung auf den Trassenverlauf. Die Gesamtinbetriebnahme ist für beide Vorhaben für 2025 angestrebt.

Vorhaben 12 im BBPIG verläuft durch Thüringen und Hessen. Es sieht eine Umbeseilung einer bereits bestehenden Verbindung vor, um die Übertragungskapazität zu erhöhen. Die geplante Trassenlänge beträgt rund 135 km. Von einer Antragstellung auf Bundesfachplanung gehen die Vorhabenträger nicht vor 2018 aus. Die Gesamtinbetriebnahme ist für das Jahr 2023 geplant.

Vorhaben 17 im BBPIG verbindet das hessische Mecklar mit dem bayerischen Grafenrheinfeld und soll das EnLAG-Vorhaben 6 „Wahle – Mecklar“ (siehe folgenden Abschnitt) fortsetzen. Derzeit besteht zwischen diesen beiden Umspannwerken noch keine direkte Verbindung. Die Leitungslänge liegt bei etwa 130 km. Die geplante Inbetriebnahme soll 2027 erfolgen.

Zur Erhöhung der Übertragungskapazität in der durch hohe Lasten geprägten Region Frankfurt / Karlsruhe soll im Rahmen des Vorhabens Nr. 19 im BBPIG eine Umstellung der Leitungen auf einen 380-kV-Betrieb erfolgen. Der in Hessen verlaufende Abschnitt Nord besitzt eine Länge von 66 km. Der Vorhabenträger hat hierfür am 8. Februar 2017 einen Antrag auf Bundesfachplanung gemäß § 6 Netzausbaubeschleunigungsgesetz eingereicht. Die Bundesnetzagentur hat nach Prüfung der Antragsunterlagen die Bundesfachplanung eröffnet. Die Antragskonferenz war am 25. April 2017 in Darmstadt. Der vorgeschlagene Trassenverlauf orientiert sich am Verlauf der Bestandstrasse.

Das Vorhaben 43 im BBPIG Borken – Mecklar sieht eine Verstärkung der bestehenden 380-kV-Freileitung vor. Es soll einen besseren Leistungsausgleich zwischen den wichtigen Nord-Süd-Trassen gewährleisten, die an den Netzverknüpfungspunkten Borken und Mecklar verlaufen. Das Projekt sorgt mit der geplanten Verstärkung dieser Querverbindung für eine Steigerung der Redundanz für den Fall, dass eine der beiden parallel liegenden Querverbindungen ausfällt. Die Trasse ist rund 40 km lang. Ein detaillierter Projektplan liegt noch nicht vor.

Auch zwischen Borken und Twistetal (Vorhaben 45 im BBPIG) soll auf rund 42 km Länge eine bestehende 380-kV-Freileitung verstärkt werden. Die Leitung ist eine wichtige Ost-West-Verbindung und derzeit so hoch ausgelastet, dass keine (n-1)-Sicherheit mehr gewährleistet ist.<sup>13</sup> Um diese wiederherzustellen, sollen die Leitungen

ertüchtigt werden. Die Inbetriebnahme ist für 2024 geplant. Der Vorhabenträger erstellt noch einen Projektplan.

### Stand des Ausbaus nach dem Energieleitungs- ausbaugesetz (EnLAG)

Die EnLAG-Vorhaben werden in der Zuständigkeit der Länder geplant. Grundlage bildet das im Jahr 2009 von Bundestag und Bundesrat verabschiedete Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG), um den Ausbau der Übertragungsnetze zu beschleunigen. Die Vorhaben in Hessen sind in Abbildung 37 dargestellt.

Mit Stand nach dem zweiten Quartal 2017 liegt die Gesamtlänge der Leitungen, die sich aus dem EnLAG ergeben, bundesweit bei rund 1.800 km. Insgesamt sind mit Stand 30.06.2017 rund 950 km genehmigt und rund 700 km realisiert. Gegenüber dem Vorjahr konnten damit bundesweit 100 km zusätzliche Leitungen fertiggestellt werden. Somit sind nach dem zweiten Quartal 2017 knapp 40 Prozent der Gesamtleitungslänge realisiert. Gemäß Angaben der Bundesnetzagentur rechnen die Übertragungsnetzbetreiber mit einer Fertigstellung von rund 80 Prozent der EnLAG-Leitungskilometer bis Ende 2020 (BNetzA 2017e).

Auf hessisches Gebiet entfallen vier EnLAG-Vorhaben mit einer Gesamtleitungslänge von 128 km. Zwei Vorhaben mit einer Leitungslänge von 48 km (Vorhaben Nr. 20 und Nr. 21 EnLAG) sind bereits in Betrieb und in Abbildung 37 grün dargestellt. Für das Vorhaben Nr. 8 EnLAG mit einer Länge von 10 km wird die Inbetriebnahme Ende 2017 erwartet. Für das 70 km lange hessische Teilstück des Vorhabens „Wahle – Mecklar“ (Vorhaben Nr. 6 EnLAG) wird die Fertigstellung 2020 erwartet. Diese sich noch in der Planfeststellung befindlichen Vorhaben 6 und 8 sind in orange dargestellt.

In der angefügten tabellarischen Übersicht sind für die einzelnen Vorhaben Angaben zum Vorhabenträger, zu den technischen Merkmalen, dem Stand des Verfahrens sowie die geplante Inbetriebnahme ausgewiesen.

Das EnLAG-Vorhaben Nr. 6 EnLAG erstreckt sich von Wahle in Niedersachsen bis nach Mecklar in Nordhessen. Das Vorhaben ist eine der Pilotstrecken der bundesweiten Erprobung von Erdkabeln beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen (220–380 kV). Die Gesamtlänge beträgt rund 230 km, wovon 70 km auf hessisches Gebiet entfallen. Für den hessischen Abschnitt ist das Raumordnungsverfahren abgeschlossen. Das Planfeststellungsverfahren wurde beim Regierungspräsidium Kassel im ersten Quartal 2015 eröffnet, der Erörterungstermin hat stattgefunden. Eine Planänderung ist erforderlich. Der

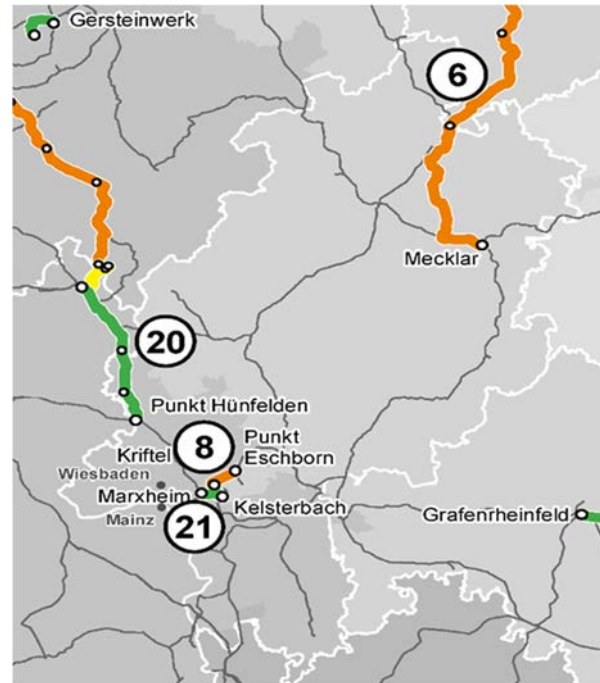
<sup>13</sup> Zur Erklärung siehe Glossar.

Fertigstellungszeitpunkt für das hessische Teilstück hat sich gegenüber dem Vorjahr nochmals von 2019 auf 2020 verschoben. Die Gesamteinbetriebnahme ist jedoch weiterhin für 2021 geplant.

durch Zubeseilung sowie durch Neubau von einem Kilometer aufgerüstet werden. Die ursprünglich für 2016 avisierte Realisierung der Leitung soll bis Ende 2017 erfolgen.

Im Rahmen des EnLAG-Vorhabens Nr. 8 sollen 10 km Höchstspannungsleitung zwischen Kriftel und Eschborn

**Abbildung 37: Stand des Übertragungsnetzausbaus in Hessen nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG)**



orange:  
in der Planfeststellung

grün:  
abgeschlossen

8 Lfd. Nr des EnLAG-  
Vorhabens

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Teilerverkabelung	Träger	Technische Charakteristika	Raumordnungsverfahren	Planfeststellungsverfahren	Länge in Hessen	geplante Inbetriebnahme
6	Wahle – Mecklar	Ja Erdkabel-pilot-projekt	Tennet	380 kV Neu-bau, Erdkabel	abgeschlossen	eröffnet; Planänderung erforderlich	70 km	2021
8	Kriftel – Eschborn	nein	Amprion	380 kV Zubeseilung und Neubau	nicht notwendig	abgeschlossen	10 km	2017
20	Dauersberg – Hünfelden	nein	Amprion	380 KV Neubau	abgeschlossen	abgeschlossen	41 km	seit 2012 in Betrieb
21	Marxheim – Kelsterbach	nein	Amprion	380 kV Neubau	abgeschlossen	abgeschlossen	7 km	seit 2010 in Betrieb

Quelle: BNetzA 2017e.

Das Vorhaben 20 verbindet Dauersberg in Rheinland-Pfalz mit Hünfelden in Hessen. Die bisherige 220-kV-Leitung wurde durch eine leistungsstärkere 380-kV-Leitung ersetzt. Die Gesamteinbetriebnahme erfolgte im Jahr

2012. Bedingt durch Vorhaben 20 war ein Lückenschluss zum Transport großer Energiemengen erforderlich. Mit Vorhaben 21 wird durch den Neubau einer 7 km langen

Leitung zwischen Marxheim und Kelsterbach die Versorgung des Frankfurter Raumes sichergestellt. Die Leitung ist seit 2010 in Betrieb.

### Verteilnetze

Auf der Ebene der regionalen Verteilnetze wird der Strom in Hoch-, Mittel- und Niederspannung übertragen. Die Länge der Verteilnetze in Deutschland beträgt insgesamt rund 1,7 Mio. km.

Mit einer Länge von etwa 1,1 Mio. km entfällt der längste Teil auf die Niederspannungsebene, über die vor allem Haushalte und kleinere Gewerbebetriebe lokal mit Strom versorgt werden. Die Mittelspannungsebene kommt bundesweit auf eine Länge von ca. 500.000 km und die Hochspannungsebene auf etwa 90.000 km. Kunden dieser letztgenannten Netze sind insbesondere lokale Stromversorger sowie Industriebetriebe. Die Verteilung des Stroms erfolgt in der Regel über Erdverkabelung (BMWi 2017b).

Für die Wartung und Instandhaltung der Verteilnetze sind eine Vielzahl von regionalen und kommunalen Verteilnetzbetreibern (VNB) verantwortlich. Sie sind verpflichtet, die Abnahme, Übertragung und Verteilung des Stroms sicherzustellen.

Rund 90 Prozent der erneuerbaren Energien werden auf der regionalen und lokalen Netzebene eingespeist, so dass den Verteilnetzen eine wichtige Bedeutung zukommt (E-Bridge Consulting, IAEW, OFFIS 2014). Durch den starken Zubau der erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen ist der Ausbau und die Modernisierung der Verteilnetze notwendig. Gemäß einer bundesweiten Erhebung der BNetzA liegen die Kosten des Ausbaubedarfs der Verteilnetze im Zehn-Jahres-Zeitraum 2016 bis 2026 bei rund 9,3 Mrd. Euro. Der prognostizierte Netzausbaubedarf ergibt sich nicht nur aufgrund des Zubaus von erneuerbaren Energien und dezentralen Erzeugungsanlagen, sondern zu einem wesentlichen Teil auch aufgrund von Umstrukturierungsinvestitionen und – zum Teil altersbedingten – Ersatzinvestitionen. Insgesamt wurden der BNetzA 1.984 Maßnahmen vorgelegt (BNetzA, BKartA 2016).

Die Stromkreislänge der Verteilnetze in Hessen beträgt zum 31.12.2015 insgesamt 107.386 km (LDEW 2017). Davon entfallen 73.619 km auf das Niederspannungsnetz, 29.111 km auf das Mittelspannungsnetz und 4.656 km auf das Hochspannungsnetz. Während im Niederspannungs- und Mittelspannungsbereich die Leitungen überwiegend als Erdkabel verlegt sind (96 % bzw. 83 %), ist das Hochspannungsnetz überwiegend als Freileitung realisiert (90 %). Im Vergleich zum Vorjahr hat die Netzlänge mit 60 km nur geringfügig zugenommen.

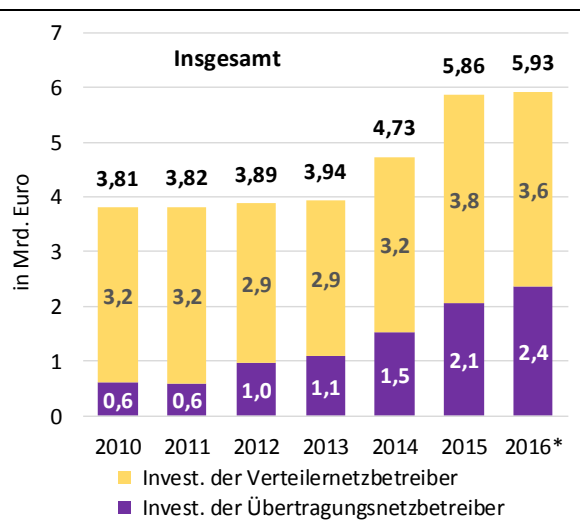
Die Zahl der Entnahmestellen lag zum 31.12.2015 bei insgesamt 3,4 Mio.

Aus Sicht des Landes werden insbesondere die elektrischen Verteilnetze im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle einnehmen. Aus diesem Grund lässt das HMWEVL seit Ende 2015 in Kooperation mit den großen hessischen Verteilnetzbetreibern eine Verteilnetzstudie erstellen. Nachdem regionale Ausbauszenarien von erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung der regionalplanerischen Vorgaben und der politischen Zielvorgaben entwickelt wurden, werden nun Möglichkeiten zur Optimierung der Netzintegration erneuerbarer Energien auf Verteilnetzebene ermittelt und hinsichtlich ihrer technischen Umsetzbarkeit und der wirtschaftlichen Effizienz bewertet.

## 7.2 Investitionen in Stromnetze

Als Investitionen in die Übertragungs- und Verteilnetze gelten die aktivierten Bruttozugänge an Sachanlagen sowie der Wert der neu gemieteten und gepachteten neuen Sachanlagen (BNetzA, BKartA 2016). Die im Monitoringbericht 2016 dargestellten Plandaten der Übertragungsnetzbetreiber für die Investitionen in die Netzinfrastruktur für das Jahr 2015 (5,97 Mrd. Euro) wurden zu 98 Prozent realisiert. Sie lagen letztendlich bei 5,86 Mrd. Euro. Dabei gingen Investitionen in Höhe von 3,80 Mrd. Euro in das Verteilnetz, so dass dieser Planwert um rund 0,15 Mrd. Euro übertroffen wurde. Investitionen in Höhe von 2,06 Mrd. Euro liefen in das Übertragungsnetz – hier wurde der Planwert um rund 0,26 Mrd. unterschritten.

**Abbildung 38: Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010–2016 (in Mrd. Euro)**



\*) Plandaten.

Quelle: BNetzA, BKartA 2016.

Nach den deutlichen Anstiegen der Investitionsausgaben in den Neu- und Ausbau der Stromnetze in den Jahren 2014 und 2015 planen die Netzbetreiber für das Jahr 2016 nur eine geringe Steigerung im Vergleich zum Vorjahr (siehe Abbildung 38). Der Planwert liegt bei 5,93 Mrd. Euro. Differenziert nach Verteil- und Übertragungsnetzen wird für die Höchstspannungsnetze ein deutliches Plus der Investitionen in Höhe von 293 Mio. Euro auf 2,4 Mrd. Euro geplant. Die für 2016 geplanten Investitionsausgaben für das Verteilnetz in Höhe von 3,6 Mrd. Euro liegen demgegenüber um 229 Mio. Euro unter dem Wert von 2015.

### 7.3 Versorgungssicherheit im Strombereich

Die Netzbetreiber müssen der BNetzA jährlich die aufgetretenen Versorgungsunterbrechungen melden. Als Maßstab für die Netzqualität veröffentlicht die BNetzA den sogenannten „System Average Interruption Duration Index“ (SAIDI), der die durchschnittliche Unterbrechungsdauer der Stromversorgung angibt. Im Jahr 2015 lag der für die Nieder- und Mittelspannung ermittelte SAIDI-Wert bei 12,7 Minuten und damit – wie auch im Jahr zuvor (12,3 Minuten) – deutlich unter dem Mittelwert der vergangenen zehn Jahre (Zeitraum von 2006 bis 2015: 15,9 Minuten) (BNetzA, BKartA 2016).<sup>14</sup> Im europäischen Vergleich weist Deutschland wie auch in den Vorjahren zusammen mit der Schweiz, Dänemark, Luxemburg und den Niederlanden die niedrigsten Unterbrechungszeiten auf (CEER 2016). Ein negativer Einfluss der Energiewende auf die Versorgungsqualität ist demnach nicht zu erkennen.

Zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Netze sind die Netzbetreiber verpflichtet, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Es gibt Redispatchmaßnahmen, den Einsatz von Reservekraftwerken, Einspeisemanagement und Anpassungsmaßnahmen.<sup>15</sup> Die folgenden Angaben für das Jahr 2016 beruhen auf dem Quartalsbericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen der Bundesnetzagentur (BNetzA 2017g).

Nach einem starken Anstieg der Redispatchmaßnahmen im Jahr 2015 sind diese im Jahr 2016 wieder deutlich zu-

rückgegangen. Insgesamt wurden Redispatchmaßnahmen mit einer Gesamtdauer von 13.339 Stunden gemeldet. Dies waren 2.472 Stunden bzw. 15 Prozent weniger als im Vorjahr. Die Gesamtmenge der Einspeisereduzierungen und Einspeiserhöhungen umfasste ein Volumen von 11.475 GWh und lag damit ebenfalls deutlich niedriger als im Vorjahr (2015: 16.000 GWh). Dies führte auch zu reduzierten Kosten. Die geschätzten Kosten belaufen sich für das Jahr 2016 auf rund 219 Mio. Euro, das entspricht ca. 53 Prozent der Kosten des Vorjahres (2015: 412 Mio. Euro).

Im Jahr 2016 wurden überwiegend strombedingte Redispatchmaßnahmen gemeldet. Diese dienen der Vermeidung bzw. Beseitigung kurzfristig auftretender Überlastungen in Leitungen oder Umspannwerken. Insgesamt wurden Überlastungen mit einer Gesamtdauer von 10.260 Stunden und Maßnahmen mit Einspeisereduzierungen in Höhe von 5.721 GWh gemeldet. In Abbildung 39 sind die Netzelemente dargestellt, die von strombedingten Redispatchmaßnahmen mit einer Dauer von mehr als 12 Stunden betroffen waren. In Hessen werden drei Netzelemente aufgeführt. Maßnahmen mit einer Dauer von insgesamt 461 Stunden und einer Einspeisereduzierung von 273 GWh entfielen auf das Netzelement 4: Gebiet Großkrotzenburg<sup>16</sup>, Standort des Kraftwerks Staudinger. Sortiert nach der Dauer der Maßnahmen liegt dieses Netzelement damit an vierter Stelle bundesweit. An neunter Stelle liegt das Netzelement 9: Gebiet Borken mit 165 Stunden bzw. 69 GWh und an elfter Stelle das Netzelement 11: Gebiet Großkrotzenburg Amprion-Zone<sup>17</sup> mit 102 Stunden bzw. 35 GWh. Auf hessischem Gebiet wurden demnach insgesamt 728 Stunden bzw. 377 GWh gemeldet (2015: 943 Stunden bzw. 460 GWh).

Die spannungsbedingten Redispatchmaßnahmen, die auf die Aufrechterhaltung der Spannung in einem betroffenen Netzgebiet abzielen, haben gegenüber dem Vorjahr bundesweit zugenommen und beliefen sich auf 3.077 Stunden (2015: 2.151 Stunden) bzw. 534 GWh (2015: 440 GWh). Besonders betroffen war das Netzgebiet Borken (Borken – Dipperz – Großkrotzenburg, Gießen, Karben) mit einer Dauer von 1.255 Stunden (2015: 435 Stunden) bzw. einer Menge von 234 GWh (2015: 83 GWh).

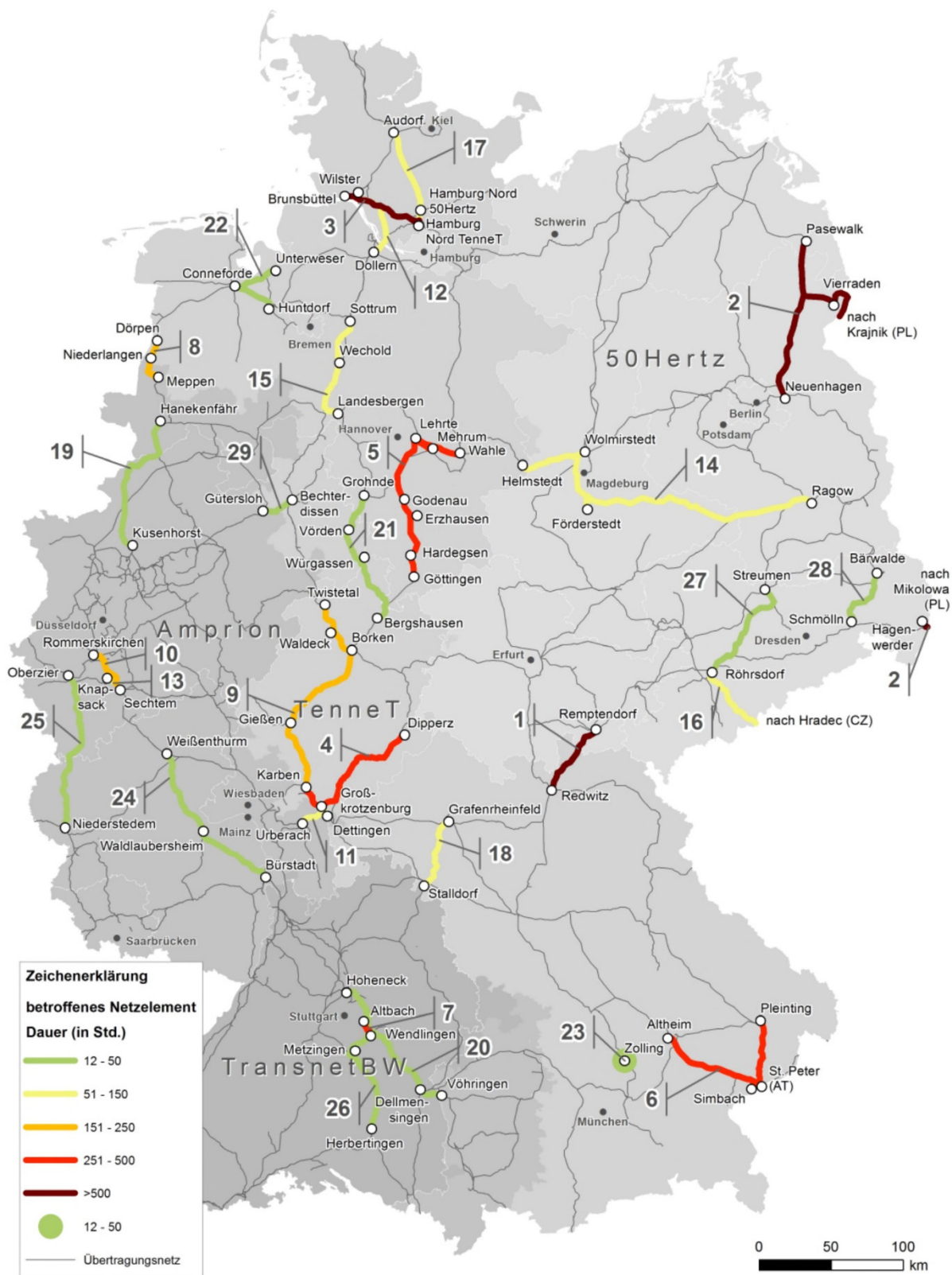
14 Da der SAIDI-Wert die Qualität des Nieder- und Mittelspannungsnetzes widerspiegeln soll, werden bei der Berechnung wartsbedingt geplante Unterbrechungen oder Unterbrechungen infolge von Naturkatastrophen nicht berücksichtigt.

15 Zur Erläuterung der unterschiedlichen Maßnahmen siehe Glossar.

16 Gebiet Großkrotzenburg: Großkrotzenburg, Großkrotzenburg-Dipperz, Großkrotzenburg-Karben.

17 Gebiet Großkrotzenburg-Amprion-Zone: Großkrotzenburg-Urberach / Amprion-Zone, Großkrotzenburg-Dettingen / Amprion-Zone.

Abbildung 39: Strombedingte Redispatchmaßnahmen 2016 gemäß Meldungen der Übertragungsnetzbetreiber



Quelle: BNetzA 2017g.

An insgesamt 108 Tagen wurde der Einsatz von Reservekraftwerken mit einer Gesamtarbeit von rund 1.209 GWh abgerufen. Im Vergleich zum Jahr 2015 ist damit der Einsatz der Reservekraftwerke um 658 GWh gestiegen. Zu erklären ist dies durch ein verbessertes Redispatchkonzept der ÜNB. So wirken Reservekraftwerke zum Teil effizienter auf aktuelle Engpässe als andere Kraftwerke. Aus Hessen stehen für den Winter 2017/2018 als potenzielle Netzreservekraftwerke Staudinger 4 mit einer Einspeiseleistung von 622 MW und das GTKW Darmstadt mit 98 MW zur Verfügung. Neben weiteren nationalen Kraftwerken mit einer Einspeiseleistung von insgesamt 5.873 MW sind auch 3.096 MW an ausländischer Netzreserve bereits vertraglich vereinbart worden (BNetzA 2017h).

Im Jahr 2016 wurde durch die ÜNB und VNB im Rahmen des Einspeisemanagements Ausfallarbeit von erneuerbaren Energie- und KWK-Anlagen in Höhe von 3.743 GWh gemeldet. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies einen Rückgang um 979 GWh. Auf Hessen entfielen keine entsprechenden Maßnahmen.

Stromeinspeisungen im Rahmen von Anpassungsmaßnahmen erfolgten in Höhe von rund 14,3 GWh, wobei auf Hessen 1,61 GWh entfielen. Während bundesweit im Vergleich zu 2015 eine Reduktion festzustellen ist (-11,6 GWh), lagen in Hessen im Jahr 2015 keine Anpassungsmaßnahmen vor.

Insgesamt sind die Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit der Netze im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr deutlich zurückgegangen. Zurückzuführen ist dies u. a. auf weniger Einspeisespitzen. Zudem wird die Versorgungssicherheit dadurch erhöht, dass bei Bedarf auch auf Kapazitäten zur Stromerzeugung in den deutschen Nachbarländern zurückgegriffen werden kann.

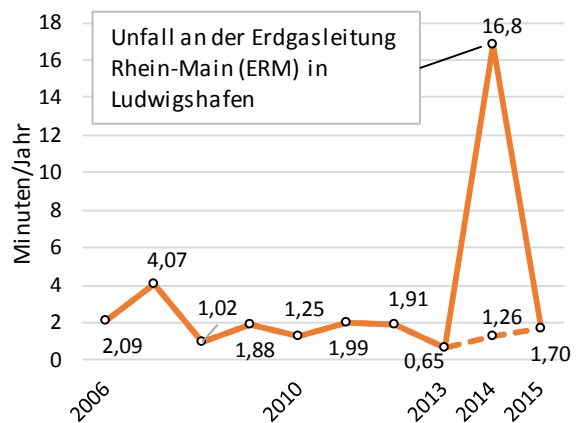
## 7.4 Gasverteilnetz

Gase gelten als eine Brückentechnologie, da sie zum einen unabhängig von der Tageszeit und der Wetterlage grundlastfähigen Strom liefern und damit Schwankungen der Wind- oder Solarenergieproduktion ausgleichen können, zum anderen setzen sie weniger CO<sub>2</sub> frei als Kohle. Die Bedeutung von Gasen für den Primär- und Endenergieverbrauch wurde in Kapitel 3 gezeigt: Gase nehmen jeweils die zweite Position der wichtigsten Energieträger ein. Ihr Anteil z. B. am Primärenergieverbrauch liegt in Hessen bei 24 Prozent und ist damit gegenüber dem Vorjahr um einen Prozentpunkt gestiegen.

Die Gasnetzlänge in Hessen beträgt zum 31.12.2015 insgesamt 29.445 km (LDEW 2017). Gegenüber dem Vorjahr hat sie damit um 271 km zugenommen. Die Zahl der Ausspeisepunkte lag im Jahr 2015 bei 721.377.

Der SAIDI-Wert für die deutschen Gasnetzbetreiber gibt die durchschnittliche Dauer innerhalb eines Jahres an, in der ein Kunde von einer Versorgungsunterbrechung betroffen ist. Im Zeitraum von 2006 bis 2015 lag der SAIDI-Wert in den meisten Jahren zwischen einer und zwei Minuten (siehe Abbildung 40). Ausnahmejahre waren 2007 (4,1 Minuten), 2013 (0,7 Minuten) und 2014 (16,8 Minuten). Der hohe Wert für 2014 ist auf eine Explosion an der Erdgasleitung Rhein-Main im Rahmen von Bauarbeiten in Ludwigshafen-Oppau zurückzuführen, infolgedessen die Pipeline temporär außer Betrieb genommen werden musste. Dadurch entstand ein Kapazitätsausfall von 35 Stunden. Der SAIDI-Wert lag mit 16,8 Minuten daher um ein Vielfaches über den Werten der Vorjahre. Ohne diesen Unfall hätte der SAIDI-Wert knapp 1,3 Minuten betragen, der ebenfalls in der Grafik abgetragen ist. Im Jahr 2015 liegt der SAIDI-Wert bei knapp 1,7 Minuten und befindet sich damit innerhalb des langjährigen Korridors.

**Abbildung 40: Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006–2015 (in min/Jahr)**



Quelle: BNetzA, BKartA 2016.

Deutschland – wie auch Hessen – ist ein Erdgasimportland, rund 90 Prozent des verbrauchten Erdgases werden importiert. Eine wichtige Rolle bei der Energieversorgung mit Erdgas spielen Untertage-Erdgasspeicher. Ihre Aufgabe ist der Ausgleich tages- und jahreszeitlicher Verbrauchsspitzen. Sogenannte Porenspeicher dienen zur saisonalen Grundlastabdeckung, Kavernenspeicher sind besonders für tageszeitliche Spitzenlastabdeckungen geeignet. Die größten Porenspeicher mit einem Volumen von über 1.000 Mio. m<sup>3</sup> sind in Niedersachsen und Bayern verortet. Hessen ist Standort von zwei Porenspeichern in Stockstadt mit einem Gesamtvolumen nutzbaren Arbeitsgases in Höhe von 135 Mio. m<sup>3</sup> und einem weiteren Porenspeicher in Hähnlein mit einem Volumen von 90 Mio. m<sup>3</sup>. Hessen ist zudem mit Reckrod Standort eines

von bundesweit 31 Kavernenspeichern mit einem Volumen nutzbaren Arbeitsgases von 110 Mio. m<sup>3</sup> (LBEG 2016). Während bundesweit das Volumen der Poren- und Kavernenspeicher im Vergleich zum Vorjahr geringfügig abgenommen hat, ist das Volumen der Speicher in Hessen konstant geblieben.

## 7.5 Fernwärmenetz

Für eine möglichst treibhausgasneutrale Wärmeversorgung sind auch Wärmenetze von hoher Bedeutung. Sie sollen modernisiert und ausgebaut werden, damit Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und Elektrokesseln, aber auch aus Solar- und Geothermie in die Gebäude gelangen kann.

Das Fernwärmenetz in Hessen umfasste zum Jahresende 2015 eine Trassenlänge von insgesamt 1.134 km (siehe

Tabelle 15). Damit ist die Trassenlänge gegenüber dem Vorjahr um knapp 83 km bzw. 7,9 Prozent gestiegen. Der Ausbau des Wassernetzes lag dabei bei 80 km bzw. 8 Prozent; das Dampfnetz wurde um 2,6 km bzw. 5,7 Prozent verlängert.

Auch die Zahl der Hausübergabestationen ist gestiegen. Sie lag mit 20.662 um 6 Prozent über der Zahl von 2014. Gegenüber dem Vorjahr erhöhte sich die angeschlossene Leistung ebenfalls, und zwar um 119 Megawatt (MW). Stark erhöht hat sich mit einem Plus von über 20 Prozent die nutzbare Wärmeabgabe. Diese bildet die Energiemenge ab, die an den Kunden geliefert wird. Sie wird von den Witterungsbedingungen beeinflusst und weist dadurch jährliche Schwankungen auf. In den Jahren 2012 und 2014 lagen die Heizgradtage aufgrund der milden Winter unter dem langjährigen Durchschnitt, was die niedrigeren Werte der nutzbaren Wärmeabgabe in diesen Jahren erklärt.

**Tabelle 15: Fernwärmenetze in Hessen: Trassenlänge, Haushaltsübergabestationen, Leistung und nutzbare Wärmeabgabe 2012–2015**

Netzdaten und Leistung	2012	2013	2014	2015	Veränderung 2014 / 2015
<b>Trassenlänge (in km)</b>					
Insgesamt	961,2	1.031,0	1.051,6	1.134,2	7,9 %
Wassernetz	915,0	985,0	1.006,0	1.086,0	8,0 %
Dampfnetz	46,2	46,0	45,6	48,2	5,7 %
<b>Hausübergabestationen (Anzahl)</b>					
Insgesamt	17.300	19.177	19.498	20.662	6,0 %
Wassernetz	16.947	18.827	19.145	20.315	6,1 %
Dampfnetz	353	350	353	347	-1,7 %
<b>Leistung (in MW)</b>					
Insgesamt	2.540,6	3.155,9	3.023,9	3.142,9	3,9 %
Wassernetz	2.027,0	2.660,0	2.505,0	2.620,0	4,6 %
Dampfnetz	513,6	495,9	518,9	522,9	0,8 %
<b>Nutzbare Wärmeabgabe (in TJ)</b>					
Insgesamt	13.611	15.016	12.660	15.224	20,3 %
Wassernetz	10.883	12.291	10.377	12.023	15,9 %
Dampfnetz	2.728	2.725	2.283	3.201	40,2 %

Quelle: AGFW 2016.



8

Verkehr



## 8 Verkehr

Im Jahr 2014 wurden 5,6 Prozent der gesamten hessischen Bruttowertschöpfung im Verkehrssektor erwirtschaftet. Damit hat dieser Wirtschaftsbereich für die hessische Wirtschaft eine höhere Bedeutung als im Bundesdurchschnitt mit einem Anteilwert von 4,5 Prozent (siehe VGRdL 2017).<sup>18</sup> Ursächlich hierfür ist die zentrale Lage in Deutschland und Europa. So zählt der Flughafen Frankfurt am Main bei den Passagierzahlen, insbesondere aber beim Frachtvolumen, zu den größten Flughäfen der Welt. Zudem verlaufen durch Hessen mit den Autobahnen A3, A4, A5 und A7 einige der wichtigsten europäischen Fernstraßen. In ähnlicher Weise ist Hessen in das europäische Hochgeschwindigkeitsschiennetz und mit den Flüssen Rhein, Main und dem Rhein-Main-Donau-Kanal auch in das europäische Wasserstraßennetz eingebunden.

### 8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Sehr viel stärker noch als dies aufgrund der Angaben zur Wirtschaftsleistung zu erwarten wäre, prägt der Verkehrssektor den hessischen Energieverbrauch. Für das Jahr 2016 schätzt das IE-Leipzig (2017a) den Endenergieverbrauch (EEV) des Verkehrssektors auf 397 PJ, was einem Anteil von 49 Prozent des gesamten EEV in Hessen entspricht. Bundesweit hat der Verkehrssektor einen Anteil am Endenergieverbrauch von 30 Prozent (siehe AGEB 2016b).<sup>19</sup> Dieser deutliche Strukturunterschied ist im Wesentlichen auf den Flughafen Frankfurt am Main und die Flugtreibstoffmengen, die zwar in Hessen getankt, aber für den internationalen Luftverkehr eingesetzt werden, zurückzuführen.

In längerfristiger Betrachtung war der EEV des Verkehrssektors zunächst von 2000 bis 2009 tendenziell rückläufig, bewegte sich dann bis 2012 um ein Niveau in Höhe von 355 PJ und steigt seit 2013 aber wieder deutlich an (siehe Abbildung 41). Nach vorläufigen Ergebnissen dürfte das Ausgangsniveau des Jahres 2000 bereits im Jahr 2015 wieder überschritten worden sein. Zwischen 2015 und 2016 wird ein weiterer Zuwachs von 13 PJ bzw. 3,3 Prozent erwartet.

Differenziert nach Verkehrsträgern prägen der Luftverkehr mit 199 PJ bzw. 50,1 Prozent und der Straßenverkehr mit 192 PJ bzw. 48,3 Prozent den EEV des Verkehrssektors im Jahr 2016. Auf den Schienenverkehr und die Binnenschifffahrt entfallen gut 5 PJ bzw. knapp 1 PJ des Energieverbrauchs im hessischen Verkehrssektor, was einem Anteil von zusammen 1,6 Prozent entspricht. Auch der zu erwartende Zuwachs des EEV gegenüber dem Vorjahr ist vor allem auf den Luftverkehr, der um 7,5 PJ bzw. 3,9 Prozent wachsen dürfte, und den Straßenverkehr mit einem Zuwachs in Höhe von 5 PJ bzw. 2,7 Prozent zurückzuführen. Einer leichten Zunahme der Binnenschifffahrt von 0,1 PJ steht eine Abnahme in gleicher Höhe im Schienenverkehr gegenüber.

Bei Betrachtung der einzelnen Energieträger dominieren Mineralöle und Mineralölprodukte mit 384 PJ bzw. knapp 97 Prozent den gesamten EEV im Verkehrssektor (siehe Abbildung 42). Gegenüber dem Vorjahr ist ein Anstieg des Verbrauchs von 13 PJ bzw. 3,4 Prozent zu erwarten. Damit setzt sich bei Mineralöl die seit dem Jahr 2011 zu beobachtende kontinuierliche Aufwärtsbewegung auch am aktuellen Rand weiter fort.

Der Verbrauch erneuerbarer Energien bewegt sich im Jahr 2016 mit 8,5 PJ exakt auf dem Niveau des Vorjahres. Gegenüber dem Jahr 2007, in dem mit 13 PJ der bisher höchste Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor registriert wurde, war die Entwicklung spürbar rückläufig (siehe hierzu auch Kapitel 4.2).

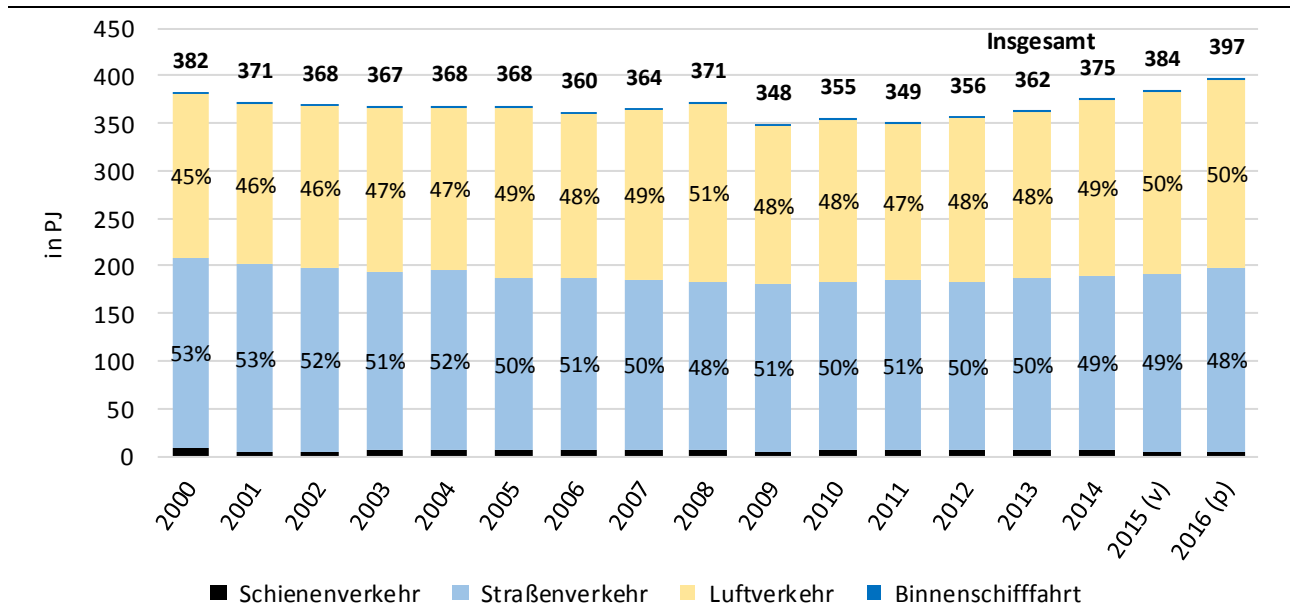
Der Stromverbrauch des Verkehrssektors ist im Vorjahresvergleich leicht gesunken von 4,5 PJ im Jahr 2015 auf 4,4 PJ im Jahr 2016. Damit hat sich ein seit dem Jahr 2013 zu beobachtender leichter Abwärtstrend weiter fortgesetzt.

Gasen kommt mit einem Endenergieverbrauch in Höhe von 0,5 PJ nur eine marginale Rolle im Verkehrssektor zu.

<sup>18</sup> Gemäß Abschnitt H der Wirtschaftszweigklassifikation 2008 zählen hierzu Personen- und Güterbeförderung im Landverkehr sowie in Schiff- und Luftfahrt, Transport in Rohrfernleitungen, Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr, Post-, Kurier- und Expressdienste.

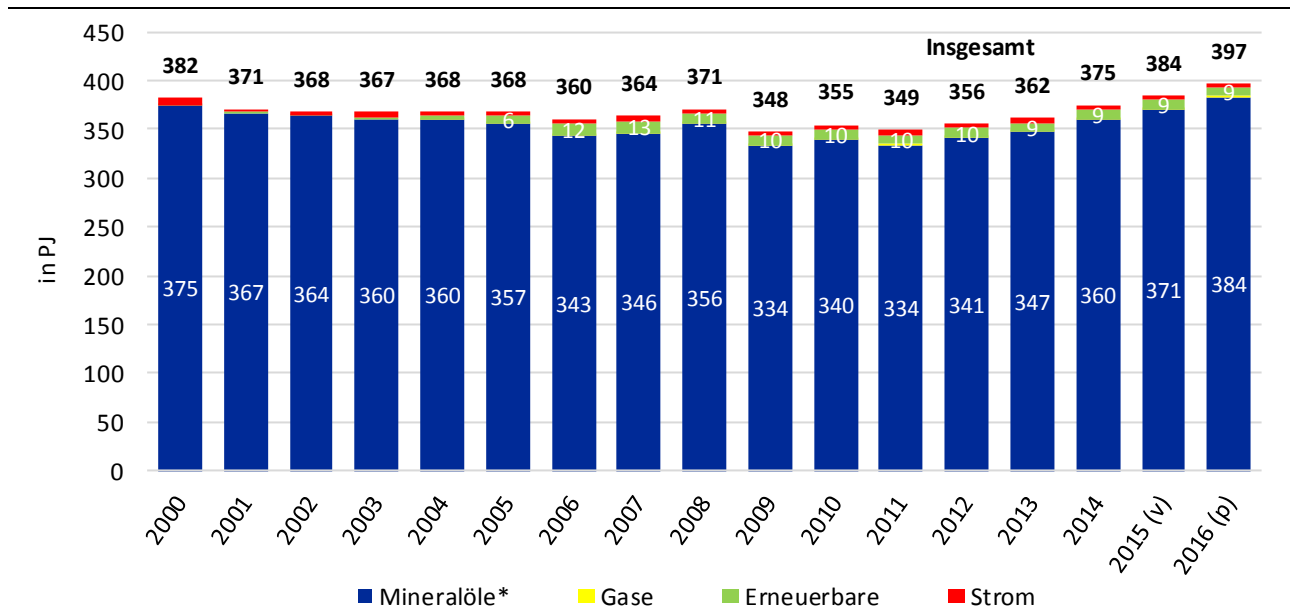
<sup>19</sup> Statistisch erfasster Energieverbrauch für die unmittelbare Erstellung von Transportleistungen aller Verkehrsträger (Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr, Schifffahrt), ohne mittelbaren Energieverbrauch z. B. für Heizung und Beleuchtung sowie Treibstoffverbrauch in der Landwirtschaft.

**Abbildung 41: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verkehrsträgern 2000–2016**  
(in PJ, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

**Abbildung 42: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000–2016**  
(in PJ)



\*) einschl. Flüssiggas.

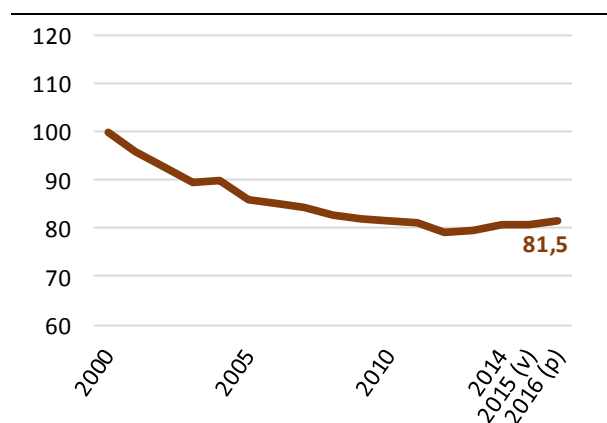
Quelle: HSL 2017a, IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

## Entwicklung der Energieeffizienz im Verkehrssektor

Um Aussagen über die Entwicklung der Energieeffizienz im Verkehrssektor machen zu können, müssen die sektoralen Verbrauchsangaben auf ihre jeweiligen Leistungsangaben bezogen werden, um daraus den spezifischen Endenergieverbrauch bestimmen zu können. Als Verkehrsleistungen der einzelnen Verkehrsträger werden idealerweise für den Personentransport die zurückgelegten Personenkilometer und für den Gütertransport die Beförderungsmengen in einem Jahr verwendet. Diese Angaben liegen allerdings nicht für die einzelnen Bundesländer vor. Daher muss ersatzweise auf andere Indikatoren zurückgegriffen werden, für den Straßenverkehr z. B. auf die Anzahl der Kraftfahrzeuge (Personenkraftwagen, Krafträder, Kraftomnibusse, Lastkraftwagen, Zugmaschinen und sonstige Kraftfahrzeuge).

Die Entwicklung des so errechneten spezifischen Endenergieverbrauchs (temperaturbereinigt) im Straßenverkehr weist zunächst von 2000 bis 2012 eine deutliche Abwärtsbewegung um insgesamt etwa 20 Prozent auf (siehe Abbildung 43). Seit 2012 ist ein leichter, aber kontinuierlicher Wiederanstieg des Treibstoffverbrauchs je Kraftfahrzeug von 44,0 auf 45,4 Gigajoule im Jahr 2016 festzustellen. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Fahrzeuge im Schnitt mehr Kilometer im Jahr zurücklegen, wobei auch die gesunkenen Treibstoffkosten eine Rolle spielen dürften.

**Abbildung 43: Entwicklung des spezifischen Endenergieverbrauchs (temperaturbereinigt) im Straßenverkehr (Index 2000 = 100)**



Quelle: IE-Leipzig 2017a; 2015 (v) = vorläufig, 2016 (p) = Prognose.

## Entwicklung des Treibstoffverbrauchs von PKW

Der durchschnittliche Treibstoffverbrauch von neu zugelassenen PKW ist von 7,6 Liter je 100 km im Jahr 2000 auf 5,2 Liter je 100 km im Jahr 2016 gesunken (siehe Tabelle 16). Langfristig waren dabei die absoluten und relativen Einsparungen von mit Benzin betriebenen PKW deutlich größer als von den mit Diesel betriebenen PKW. Am aktuellen Rand geht hingegen nur bei Dieselfahrzeugen der Durchschnittsverbrauch weiter leicht zurück, während bei Benzinern im Jahr 2016 keine weiteren Treibstoffeinsparungen im Vergleich zum Vorjahr realisiert werden konnten.

**Tabelle 16: Entwicklung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs von neu zugelassenen PKW in Deutschland 2000–2016 (in Liter je 100 km) und Zahl der neu zugelassenen PKW in Hessen (in 1.000)**

	Benzin	Diesel	Gesamt	PKW-Neuzulassungen in Hessen in 1.000
2000	8,1	6,4	7,6	313,7
2005	7,4	6,5	7,0	301,8
2010	6,5	5,8	6,2	299,7
2011	6,3	5,5	5,9	324,1
2012	6,1	5,4	5,8	315,8
2013	5,8	5,2	5,5	305,3
2014	5,7	5,1	5,4	315,4
2015	5,6	4,9	5,3	343,7
2016	5,6	4,8	5,2	353,8
<b>2000–2016:</b>				
absolut	-2,5	-1,6	-2,4	
in %	-30,9%	-25,0%	-31,6%	

Quelle: KBA 2017a.

In Tabelle 16 ist außerdem die Zahl der in Hessen neu zugelassenen PKW von 2000 bis 2016 dargestellt, wobei eine starke Zunahme der Neuzulassungszahlen seit 2013 zu erkennen ist. Dieser Trend hat sich auch im Jahr 2016 mit knapp 354.000 PKW-Neuzulassungen in Hessen weiter fortgesetzt. Dies ist gegenüber dem Vorjahr ein Plus von 10.000 PKW bzw. 2,9 Prozent (Deutschland +4,5 %). In Hessen wurden bisher nur im Jahr 2009 mehr PKW neu zugelassen. Um die Konjunktur in der Wirtschaftskrise 2009 zu beleben, wurde damals eine sogenannte „Abwrackprämie“ für die Verschrottung von Altautos gezahlt.

## 8.2 Elektromobilität

Wie in Kapitel 9 gezeigt wird, ist der Verkehrssektor mit einem Anteil von 38,4 Prozent der mit Abstand größte Verursacher der klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nach einem Rückgang der Emissionen im Verkehrssektor zwischen 2000 und 2010 um 2,7 Mio. Tonnen sind diese in den vergangenen fünf Jahren wieder angestiegen, während in den anderen Sektoren (Industrie, Energieerzeugung und Energieumwandlung, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)) der Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter gesenkt werden konnte. Um die gesteckten Klimaschutzziele erreichen zu können, kommt der Elektromobilität eine hohe Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere, wenn die Fahrzeuge durch Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden und damit keine indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromerzeugung verursacht werden.

Mit den Fahrzeugbatterien bieten Elektrofahrzeuge zudem in gewissem Umfang Speicherkapazitäten, wodurch zukünftig witterungsbedingte Stromschwankungen in den Netzen dezentral ausgeglichen und die Speicherung des Stroms bei Stromüberschüssen ermöglicht werden können. Elektroautos sind daher ein wichtiger Bestandteil der Sektorkopplung (siehe Kapitel 4, Tabelle 1). Die Speicherkapazität von Elektromobilen ist beachtlich: Wenn 250.000 Elektrofahrzeuge während des Ladens intelligent mit dem Stromnetz verbunden wären, könnte eine Speicherkapazität von ca. 4 bis 5 GW für die Dauer von 30 bis 60 Minuten zur Verfügung gestellt werden. Dies entspricht mehr als der Hälfte der gesamten Pumpspeicherkapazität in Deutschland von derzeit ca. 7 GW (BMWi 2017g, S. 14).

Bis zur vollen Nutzung dieser Potenziale ist allerdings noch ein Stück Weg zurückzulegen: So sind bundesweit zum 01. Januar 2017 erst 34.000 reine Elektrofahrzeuge angemeldet.

Um das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen in Deutschland bis zum Jahr 2020 zu erreichen, hat die Bundesregierung ein umfangreiches Maßnahmenpaket geschnürt. Beispiele sind die Kaufprämie für Elektroautos (Umweltbonus), die Förderung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur, ein Beschaffungsprogramm für die öffentliche Hand, die Kraftfahrzeugsteuerbefreiung für rein elektrische Fahrzeuge oder auch die Förderung von Forschung und Entwicklung in den Bereichen Antriebstechnologien, Batterien und Netzintegration (BMWi 2016b, 2017g, 2017h). Auch die Hessische Landesregierung fördert Maßnahmen zur Unterstützung von Elektromobilität. Einen Überblick und weitergehende Informationen liefert die Internetseite „Strom bewegt – Elektromobilität in Hessen“ (HMWEVL 2017) sowie die Maßnahmenliste in Kapitel 11 (Maßnahmen Nr. 51–55).

### PKW-Bestand in Hessen nach Antriebsarten

In Tabelle 17 ist die Zahl der PKW differenziert nach Antriebsarten in Hessen für die Jahre 2010 und 2017 (jeweils zum 01. Januar) sowie die aktuelle Entwicklung 2017 im Vergleich zum Vorjahr aufgeführt. Von den knapp 3,6 Mio. PKW in Hessen waren zu Jahresbeginn 2017 insgesamt 2.592 Fahrzeuge bzw. 0,07 Prozent aller PKW ausschließlich mit einem Elektromotor ausgestattet. Gegenüber dem Vorjahr ist die Zahl der Elektrofahrzeuge um 626 bzw. knapp 32 Prozent gestiegen.

**Tabelle 17: Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2017 sowie im Vergleich zum Vorjahr**

Antriebsart	2010		2017		Veränderung 2010 - 2017		Veränderung 2016 - 2017	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
<b>Insgesamt</b>	<b>3.279.051</b>		<b>3.598.862</b>		<b>319.811</b>	<b>9,8 %</b>	<b>59.450</b>	<b>1,7 %</b>
darunter:								
Benzin	2.357.597	72 %	2.317.740	64 %	-39.857	-1,7 %	13.844	0,6 %
Diesel	888.535	27 %	1.227.195	34 %	338.660	38,1 %	43.880	3,7 %
Flüssiggas	24.592	0,75 %	30.527	0,85 %	5.935	24,1 %	-1.904	-5,9 %
Erdgas	5.479	0,17 %	5.659	0,16 %	180	3,3 %	-313	-5,2 %
<b>Elektro</b>	<b>153</b>	<b>0,00 %</b>	<b>2.592</b>	<b>0,07 %</b>	<b>2.439</b>	<b>1.594,1 %</b>	<b>626</b>	<b>31,8 %</b>
Hybrid	2.598	0,08 %	14.360	0,40 %	11.762	452,7 %	2.652	22,7 %

Quelle: KBA 2017b, Angaben jeweils zum 01. Januar eines Jahres.

Auch Hybrid-Fahrzeuge weisen einen hohen prozentualen Zuwachs gegenüber dem Vorjahr auf. Dies sind Fahrzeuge mit zwei unterschiedlichen Antriebsarten, meistens handelt es sich um Hybridfahrzeuge mit einem Verbrennungs- und Elektromotor. Die Zahl der Hybridfahrzeuge ist gegenüber 2016 um knapp 23 Prozent auf 14.360 Fahrzeuge gestiegen.

Mit großem Abstand wird der PKW-Bestand in Hessen weiterhin von Benzin- und Dieselfahrzeugen dominiert. Im Januar 2017 waren über 2,3 Mio. Benziner (64 %) und gut 1,2 Mio. Dieselfahrzeuge (34 %) in Hessen gemeldet.

Eine rückläufige Entwicklung ist bei der Zahl der mit Flüssiggas und Erdgas angetriebenen PKW zu beobachten. Bei den Erdgasautos dürften die Medienberichterstattung über die Unfälle bei der Betankung und das nach wie vor lückenhafte Tankstellennetz eine Rolle gespielt haben. Um einen Anreiz für den Kauf von Erdgasautos zu geben, soll die Steuerbegünstigung für Erdgas als Kraftstoff über das Jahr 2018 hinaus bis 2026 fortgesetzt werden.

Die Nachfrage nach PKW mit Elektroantrieb soll durch die am 02. Juli 2016 von der Bundesregierung beschlossene und je zur Hälfte vom Bund und von der Industrie finanzierte Kaufprämie (Umweltbonus) gesteigert werden. So kann für alle Elektroautos, die nach dem 18. Mai 2016 gekauft wurden, beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ein Umweltbonus beantragt werden. Für reine Elektroautos gibt es eine Kaufprämie in Höhe von 4.000 Euro, für Autos mit Plug-In-Hybridantrieb in Höhe von 3.000 Euro. Die Förderung ist zeitlich befristet und erfolgt bis zur vollständigen Auszahlung der hierfür vorgesehenen Bundesmittel in Höhe von 600 Mio. Euro, längstens jedoch bis 2019.

Zum 31. Mai 2017 sind bundesweit insgesamt 20.627 Anträge für die Kaufprämie beim BAFA (2017b) eingereicht worden. Auf Hessen entfallen insgesamt 1.676 Anträge, davon 868 Anträge für reine Elektrofahrzeuge, 807 Anträge für Plug-In-Hybridfahrzeuge sowie ein Antrag für ein Brennstoffzellenfahrzeug.

### Ladepunkte für Elektrofahrzeuge

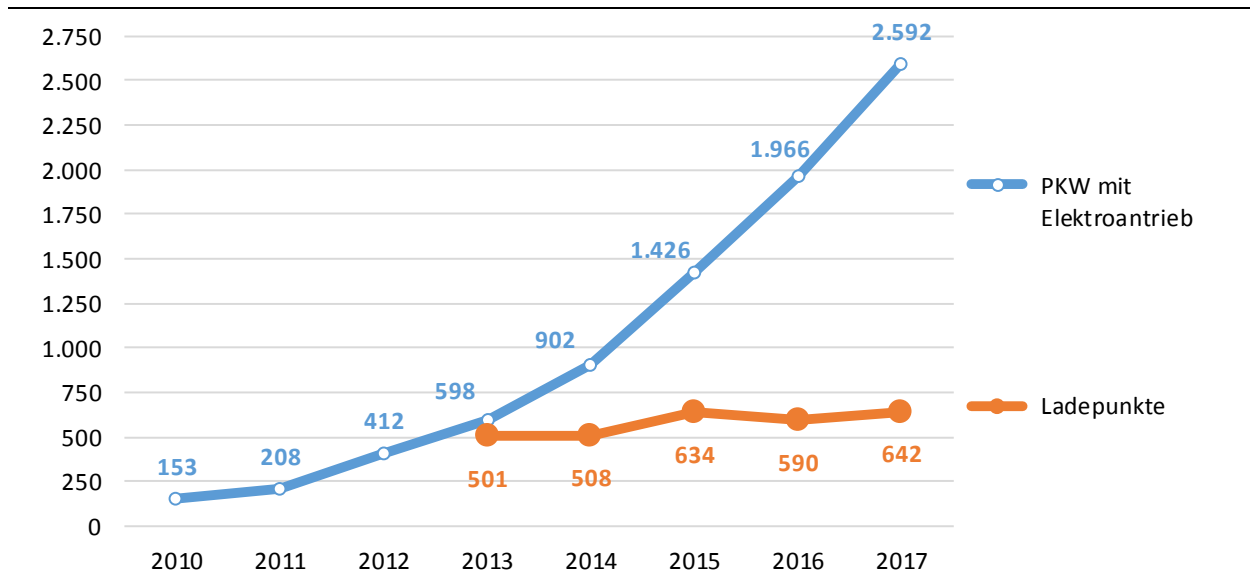
Zum 31.12.2016 standen in Hessen nach den Erhebungsergebnissen des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) insgesamt 642 öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge zur Verfügung. Dies waren 52 mehr als im Vorjahr. Rein privat zugängliche Ladepunkte sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt. Da die Daten auf freiwilligen Angaben der Unternehmen basieren, ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Ladepunkte tendenziell untererfasst wird.<sup>20</sup>

Hessen nimmt bei den Ladepunkten im Bundesländervergleich vordere Ränge ein. Bezogen auf eine Fläche von 1.000 km<sup>2</sup> lag Hessen unter den bundesdeutschen Flächenländern mit 30 Ladepunkten je 1.000 km<sup>2</sup> hinter Nordrhein-Westfalen (47) und Baden-Württemberg (42) auf Rang 3. Bezogen auf 1 Mio. Einwohner nimmt Hessen mit 104 Ladepunkten je 1 Mio. Einwohner unter den Flächenländern Position 2 hinter Baden-Württemberg (137) ein (BDEW 2017d).

In Abbildung 44 ist die Entwicklung der Zahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte für Elektrofahrzeuge seit 2013 sowie die Entwicklung der Zahl der PKW mit Elektroantrieb im Zeitraum ab 2010 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Zahl der Ladepunkte im Vergleich zur Zahl der Elektroautos in deutlich geringerem Maße zunimmt.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Nach der im März 2016 in Kraft getretenen Ladesäulenverordnung sind die Betreiber von öffentlich zugänglichen Normal- und Schnellladepunkten verpflichtet, den Aufbau, den Wechsel des Betreibers, die Außerbetriebnahme und das öffentlich Zugänglichwerden der Ladepunkte der BNetzA zu melden. Als öffentlich zugänglich gilt ein Ladepunkt, wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auch auf privatem Grund befindet und der zum Ladepunkt gehörende Parkplatz von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbarer Personenkreis befahren werden kann. Betreiber von bestehenden Schnellladepunkten, die vor Inkrafttreten der Verordnung in Betrieb genommen wurden, müssen ebenfalls den Betrieb anzeigen. Ausgenommen von der Anzeigepflicht sind Normalladepunkte, die bereits vor dem 17. März 2016 betrieben wurden. Die BNetzA veröffentlicht seit April 2017 die Ladeeinrichtungen, deren Betreiber einer Veröffentlichung ausdrücklich zugestimmt haben. Zum Stand 14.06.2017 sind im Ladesäulenregister für Hessen 253 Ladepunkte erfasst. Es ist demnach noch von einer unvollständigen Erfassung auszugehen.

<sup>21</sup> Aus datenschutzrechtlichen Gründen ist eine Darstellung der Ladesäulen auf Ebene der Gemeinden nicht möglich.

**Abbildung 44: Entwicklung der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und Ladepunkte in Hessen 2010–2017**

Quelle: KBA 2017b (Stand: 01.01.2017), BDEW 2017c (Stand: 31.12.2016).

# 9

## Entwicklung der Treibhausgasemissionen





## 9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Der anthropogene, d. h. durch Menschen verursachte Treibhauseffekt und die daraus resultierende Klimaerwärmung entstehen durch die steigende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Hauptursachen hierfür sind die Verbrennung fossiler Energieträger, die Abholzung von Wäldern sowie eine intensive Land- und Viehwirtschaft. Zur Begrenzung der globalen Erderwärmung hat die internationale Staatengemeinschaft Ziele und Strategien formuliert. So legten sich die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention auf der Klimakonferenz von Kyoto im Jahr 1997 erstmalig verbindlich auf bestimmte Reduktionsziele für klimaschädliche Treibhausgasemissionen fest. Davon abgeleitet hat auch die Europäische Union (EU) konkrete Reduktionsverpflichtungen übernommen, wobei Deutschland einen erheblichen Teil zur Erfüllung der EU-Verpflichtung beiträgt. Einen weiteren Meilenstein bildete die UN-Klimakonferenz in Paris im Dezember 2015. Auf dieser haben sich 197 Vertragsstaaten verpflichtet, fortlaufend Maßnahmen zu ergreifen, um die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem Niveau des vorindustriellen Zeitalters zu begrenzen. Die hessische Umweltministerin Priska Hinz hat für Hessen das Memorandum of Understanding auf der Klimaschutzkonferenz in Paris unterzeichnet. Im November 2016 ist das Übereinkommen in Kraft getreten.

Das Land Hessen hat sich zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgasemissionen bis 2020 um 30 Prozent und bis 2025 um 40 Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren. Bis 2050 will Hessen klimaneutral werden, d. h. es wird eine Reduzierung von mindestens 90 Prozent angestrebt. Zur Unterlegung dieser Ziele hat das Kabinett der hessischen Landesregierung im März 2017 den Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025 mit 140 konkreten Maßnahmen beschlossen (HMUKLV 2017a). Die Maßnahmen in den Bereichen Klimaschutz und Klimaanpassung decken die Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Wasser, Energie, Wirtschaft, Verkehr, Gebäude, Abfall und Abwasser, Gesundheit und Bevölkerungsschutz sowie Kultur, Sport und Freizeit ab. In den nächsten zwei Jahren sollen prioritär 42 Maßnahmen umgesetzt werden. Ein Schwerpunkt der prioritären Maßnahmen liegt im Verkehrsbe-  
reich, so z. B. die Förderung emissionsarmer Verkehrsmittel, die bessere Vernetzung des Luft- und Schienenverkehrs und der Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs.

Die Entwicklung der klimarelevanten Emissionen in Hessen wird in der hessischen Treibhausgasbilanz dokumentiert. Sie basiert ausschließlich auf modellhaften Berechnungen, es werden keine Messwerte von Emittenten

erhoben (HMUKLV 2017b). Die Treibhausgasbilanz umfasst die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Es ist davon auszugehen, dass diese Gase, wie für Deutschland im Nationalen Inventarbericht dargestellt, auch in Hessen einen Anteil von rund 98 Prozent an den direkt klimawirksamen Emissionen (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) haben (UBA 2017).

Kohlendioxid-Emissionen entstehen fast ausschließlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Sie unterliegen witterungsbedingten Schwankungen. 70 Prozent der Methan-Emissionen stammen aus der Produktion und Weiterverarbeitung von Öl und Erdgas, aus der Tierhaltung und von Abfalldeponien. Methan ist ein unmittelbar klimawirksames Spurengas, das zur Erwärmung der Atmosphäre beiträgt. Lachgas zählt ebenfalls zu den klimarelevanten Gasen. Lachgasemissionen werden hauptsächlich durch die Landwirtschaft, Industrieprozesse und die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht. Mit durchschnittlich 114 Jahren hat Lachgas eine relativ hohe atmosphärische Verweilzeit und ein hohes Treibhauspotenzial.

### 9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen

Statistische Angaben zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen liegen bis zum Jahr 2013 vor (siehe Abbildung 45). Die Abbildung zeigt, dass die Freisetzung von Kohlendioxid mit großem Abstand der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen ist. So machten die Emissionen von CO<sub>2</sub> im Jahr 2013 in Hessen 91,1 Prozent der Treibhausgasemissionen von insgesamt 40,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten aus. 5,2 Prozent der Treibhausgasemissionen entfielen auf Methan und 3,7 Prozent auf Lachgas.

Gegenüber dem Vorjahr lag der Gesamtausstoß im Jahr 2013 um 0,3 Mio. Tonnen (t) niedriger und entsprach dem Niveau von 2011. Die in Abbildung 45 dargestellte langfristige Entwicklung der klimaschädlichen Treibhausgase seit dem Jahr 2000 weist einen Rückgang der Treibhausgasemissionen um knapp 20 Prozent auf.<sup>22</sup> Wichtige Ursachen für diesen Rückgang sind Umstellungen der Nutzung fester Brennstoffe auf emissionsärmere flüssige und gasförmige Brennstoffe, die steigende Bedeutung der erneuerbaren Energien und die damit verbundene Substitution fossiler Brennstoffe, eine gesteigerte Anlageneffizienz, die Veränderung von Tierhaltungsbedingungen und der Abbau von Tierbeständen

<sup>22</sup> Im Vergleich zum Monitoringbericht 2016 wurde die gesamte Zeitreihe aufgrund von Änderungen in der Methodik vom HSL aktualisiert.

sowie die Erfüllung gesetzlicher Regelungen im Bereich der Abfallwirtschaft (UBA 2017, S. 137).

Für die einzelnen Treibhausgase verlief die Emissionsentwicklung dabei unterschiedlich: Während die Emissionen von Kohlendioxid um 18 Prozent und von Methan sogar um 42 Prozent zurückgegangen sind, waren die Emissionen von Lachgas zwar bis zum Jahr 2010 auch rückläufig, stiegen dann jedoch wieder auf das Ausgangsniveau des Jahres 2000 an. Der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen an den Treibhausgasen insgesamt ist seit 2000 von 89,8 Prozent auf 91,1 Prozent leicht gestiegen.

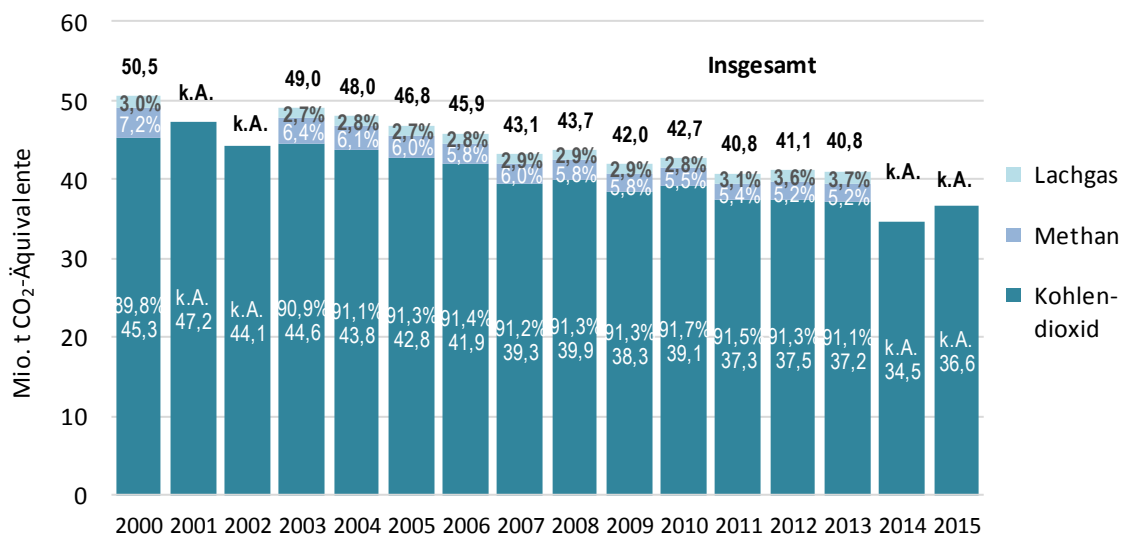
Für die Kohlendioxidemissionen liegen bereits statistische Angaben bis zum Jahr 2015 vor. Der erkennbare

deutliche Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2014 ist zu einem großen Teil auf die milde Witterung sowie auf den mehrmonatigen Produktionsausfall im Kohlekraftwerk Staudinger zurückzuführen. Nach Wiederaufnahme des Betriebs im Kohlekraftwerk Staudinger im Jahr 2015 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder angestiegen, liegen aber mit 0,6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> noch leicht unter dem Ausstoß im Jahr 2013.

Im Vergleich zum Jahr 1990 (43,2 Mio. Tonnen) konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2015 um 6,6 Mio. Tonnen bzw. um 15,3 Prozent gesenkt werden. Dabei nahmen die Emissionen zunächst ab 1990 zu und erreichten im Jahr 1995 einen Spitzenwert in Höhe von 47,5 Mio. Tonnen (HMUKLV 2017c).

**Abbildung 45: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 2000–2013/2015**

(in Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %)



Quelle: HSL 2017a (Werte 2000–2013), HMUKLV 2017c (Werte 2014 und vorläufige Werte für 2015).

## 9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

Die mit weitem Abstand wichtigste Quellgruppe der Treibhausgasemissionen sind energiebedingte Treibhausgase (siehe Abbildung 46).<sup>23</sup> Sie machen über den gesamten betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2013 rund 90 Prozent aller Emissionen aus. Im Jahr 2013 lag der Ausstoß bei 37,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Energiebedingte Treibhausgase entstehen hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Kraft-

werken, Heizwerken und Heizungsanlagen sowie im Verkehr. Zwischen 2000 und 2013 sind die Emissionen um 7,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. um 17,5 Prozent zurückgegangen. Ursächlich hierfür waren insbesondere die Erhöhung der Energieeffizienz und des technischen Wirkungsgrads der Kraftwerke und Anlagen.

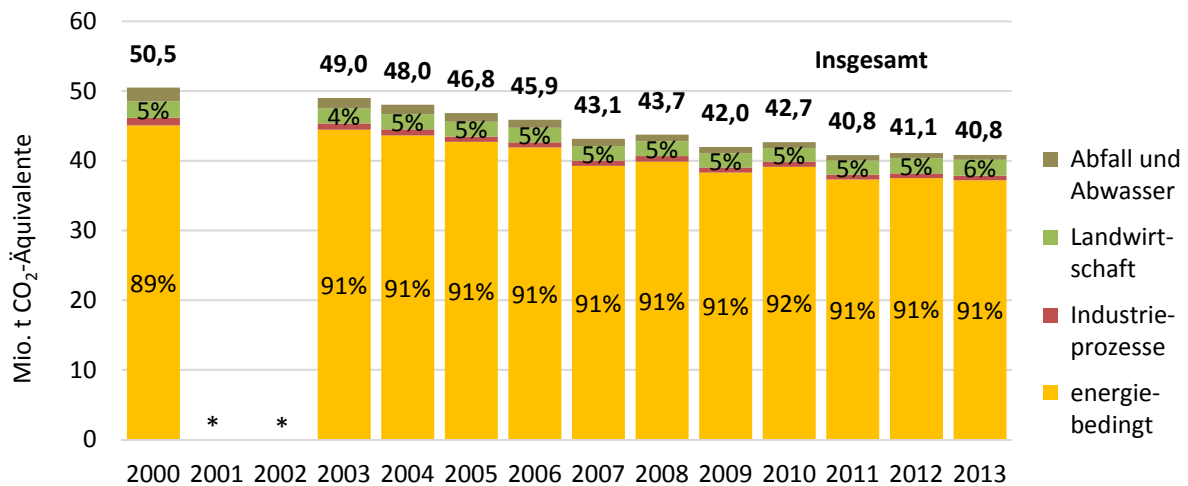
Auf die Landwirtschaft entfielen im Jahr 2013 2,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (6 %), gegenüber dem Jahr 2000 bedeutete dies einen leichten Rückgang um 0,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. um 4,4 Prozent.

<sup>23</sup> Im Vergleich zum Monitoringbericht 2016 wurde die gesamte Zeitreihe aktualisiert. Dadurch ergeben sich Veränderungen in den Anteilswerten.

Auf Industrieprozesse sowie auf den Bereich Abfall und Abwasser entfielen 2013 jeweils 0,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 2 Prozent der Gesamtemissionen.

Die Reduktion der Treibhausgasemissionen betrug im betrachteten Zeitraum in der Quellgruppe Abfall und Abwasser 1,3 Mio. Tonnen (-64,2%) und in der Quellgruppe Industrieprozesse 0,4 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (-37,7%).

**Abbildung 46: Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen 2000–2013**  
(in Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente)



\*) keine Daten verfügbar.

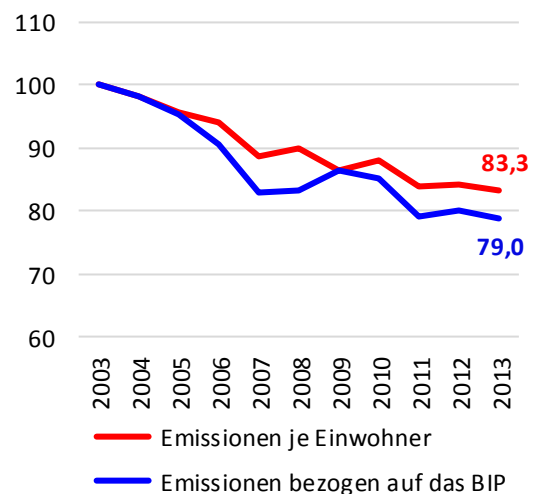
Quelle: HSL 2017a.

### 9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität

In Abbildung 47 ist die Entwicklung der Treibhausgasintensität gemessen an den Emissionen je Einwohner sowie an den Emissionen bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt dargestellt. Es wird deutlich, dass durch den Rückgang der Treibhausgasemissionen im Jahr 2013 die Treibhausgasintensität nach einem geringfügigen Anstieg im Jahr 2012 wieder zurückgegangen ist.

Im Zeitraum von 2003 bis 2013 sind die Treibhausgasemissionen je Einwohner um 16,7 Prozent gesunken. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt beträgt der Rückgang trotz kontinuierlichem Wirtschaftswachstum gut 20 Prozent.

**Abbildung 47: Entwicklung der Treibhausgasemissionen je Einwohner und BIP (Index 2003 = 100)**

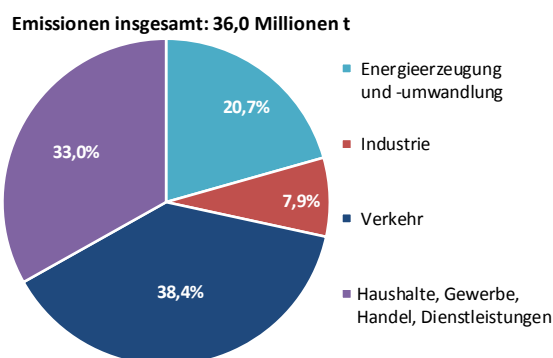


Quelle: HSL 2017a.

## 9.4 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren

Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen durch die Verbrennung fossiler Energieträger sowie im Verkehr. Ihr Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen beträgt rund 88 Prozent. Im Jahr 2015 wurden in Hessen energiebedingt und ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs insgesamt 36,0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert. Gegenüber 2014 stieg der CO<sub>2</sub>-Ausstoß damit um 2,1 Mio. Tonnen bzw. um über 6 Prozent.

**Abbildung 48: Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren im Jahr 2015\*** (in Mio. Tonnen)



\*) vorläufige Werte.

Quelle: HMUKLV 2017c.

Abbildung 48 zeigt die sektorale Aufteilung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Jahr 2015. Den höchsten Ausstoß hatte der Sektor Verkehr (ohne den internationalen Luftverkehr) mit 38,4 Prozent, wobei der Straßenverkehr die mit Abstand meisten Emissionen verursacht (95 % der Verkehrsemissionen). Ein Drittel der Gesamtemissionen entfallen auf den Sektor Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD), der damit an zweiter Stelle der Emittenten liegt. Der Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung macht 20,7 Prozent der gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen hatte im Jahr 2015 die Industrie mit 2,8 Mio. Tonnen bzw. einem Anteil von 7,9 Prozent. Ein Großteil der Emissionen entfiel dabei auf die Wirtschaftszweige Chemie und Pharma (22 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie), Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (16 %) sowie auf die Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießerei-Erzeugnissen (14 %) (HMUKLV 2017c).

Die Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl insgesamt als auch differenziert nach Sektoren ist in Abbildung 49 für den Zeitraum von 2000 bis 2015 ausgewiesen. Es zeigt sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2015 im Vergleich zum Vorjahr in allen Sektoren gestiegen sind. Der starke Anstieg im Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung ist auf die Wiederaufnahme des Betriebs im Kohlekraftwerk Staudinger zurückzuführen. So war der in der Abbildung deutlich erkennbare Rückgang der Emissionen im Jahr 2014 insbesondere auf die wegen umfangreicher Reparaturmaßnahmen vorgenommene Stilllegung des mit Kohle betriebenen Blocks zurückzuführen. Aber auch der Sektor Haushalte und GHD trug stark zu dem Rückgang bei. Ursächlich hierfür war der vergleichsweise milde Winter mit einer entsprechend kurzen Heizperiode.

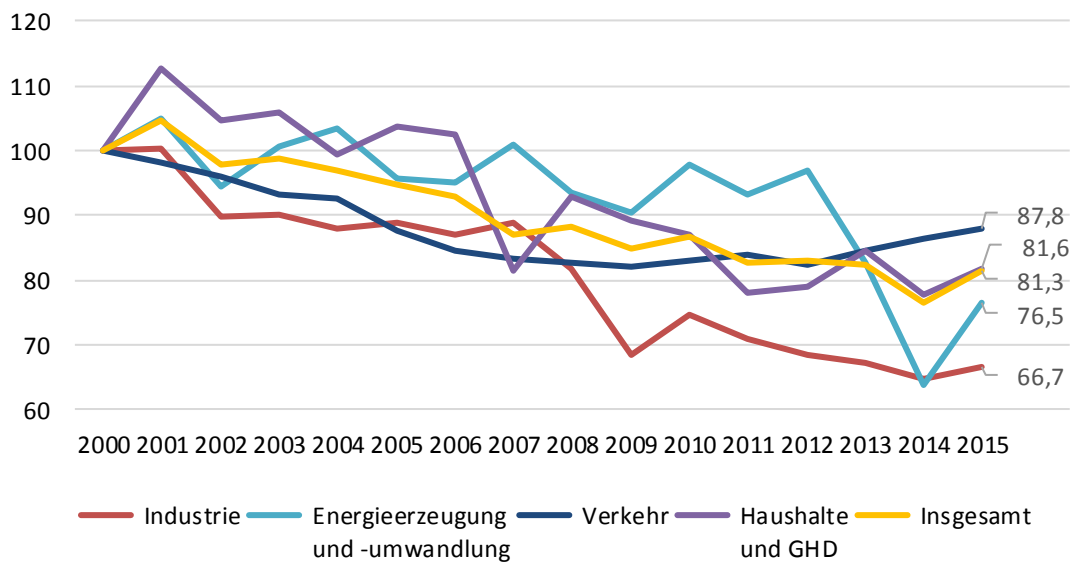
In der Langfristbetrachtung von 2000 bis 2015 sind die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 8,3 Mio. Tonnen bzw. um 18,7 Prozent gesunken. Die mit Abstand höchste Reduzierung erreichte der Sektor Haushalte, GHD mit einem absoluten Rückgang von 2,7 Mio. Tonnen. Hierzu haben insbesondere effektivere Heizungsanlagen sowie eine verstärkte Nutzung emissionsfreier erneuerbarer Energieträger und die höhere Fernwärmeversorgung beigetragen.

Der energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung konnte im betrachteten 15-Jahres-Zeitraum insbesondere durch die Erhöhung des technischen Wirkungsgrads der Anlagen sowie der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger um 2,3 Mio. Tonnen reduziert werden. Im Sektor Verkehr lag die Reduktion des energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei insgesamt 2 Mio. Tonnen bei gleichzeitig steigenden Zulassungszahlen von PKW.

Die Industrie weist zwischen 2000 und 2015 einen Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1,5 Mio. Tonnen auf. Ursachen sind der sektorale Strukturwandel zu mehr Dienstleistungen, aber auch die Substitution fossiler Brennstoffe bei der Industrieproduktion sowie die Verbesserungen in der Anlageneffizienz. In Abbildung 49 wird auch der starke Rückgang der industriellen CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge von Produktionsrückgängen während der weltweiten Wirtschafts- und Finanzkrise in den Jahren 2008 und 2009 deutlich.

Seit dem Jahr 2005 (42,0 Mio. t) wird das Niveau der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 (42,2 Mio. t) unterschritten. Gegenüber 1990 sind die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit Stand 2015 um insgesamt 15 Prozent zurückgegangen (HMUKLV 2017c). Dabei sind mit Ausnahme des Sektors Energieerzeugung und Energieumwandlung (+11 %) die Emissionen in allen anderen Sektoren gesunken (Industrie: -53 %, Haushalte und GHD: -22 %, Verkehr: -3 %).

**Abbildung 49: Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren 2000–2015\***  
(Index 2000 = 100)

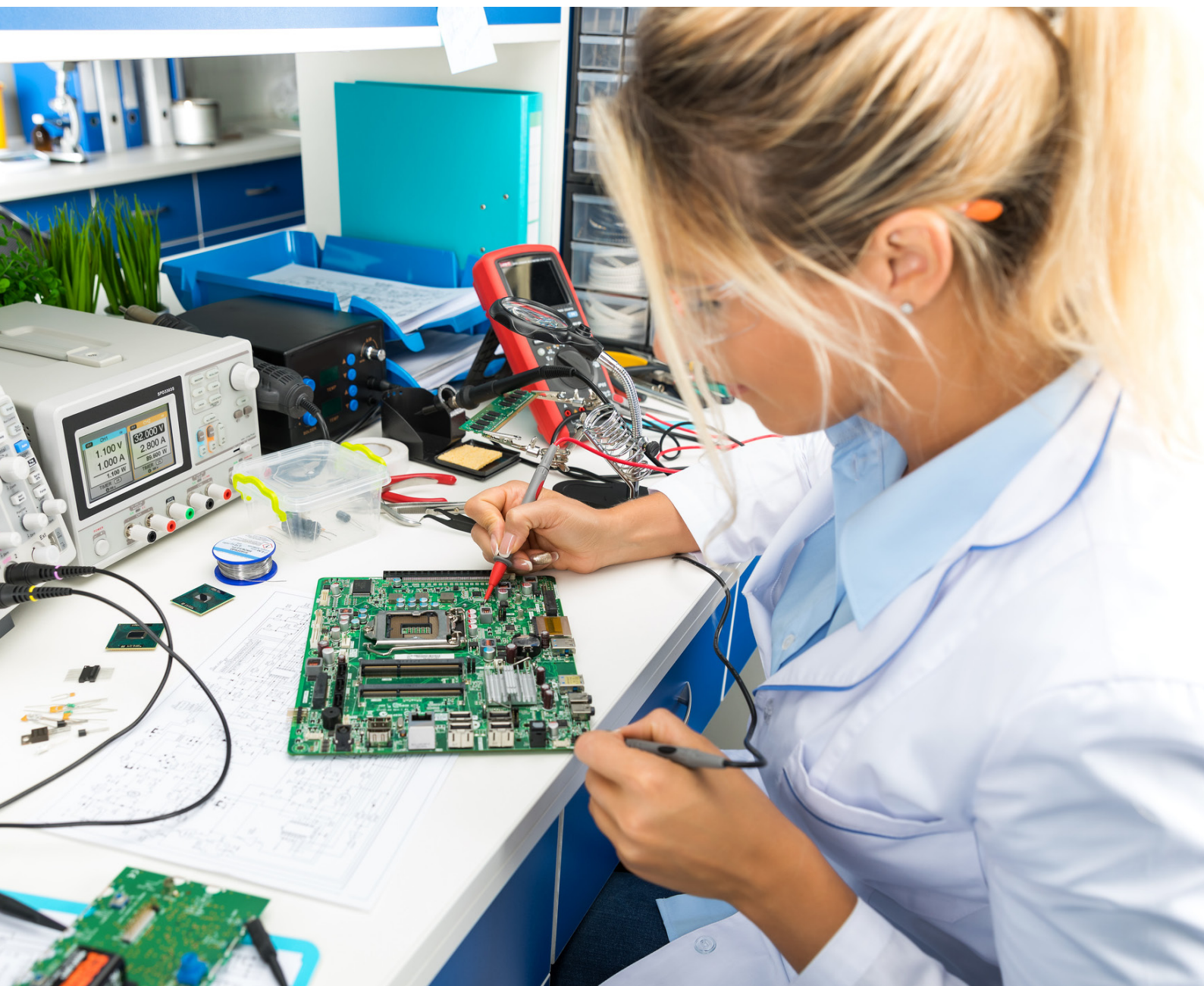


\*) vorläufige Werte für 2015.

Quelle: HSL 2017a (Werte 2000–2013), HMUKLV 2017c (Werte 2014 und 2015)

# 10

## Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende



## 10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende

In Deutschland und in Hessen hat sich die Wirtschaft in den vergangenen Jahren, gemessen z. B. an der Zunahme des Bruttoinlandsprodukts oder der Zunahme der Arbeitsplätze, sehr dynamisch entwickelt. So waren in Hessen im Jahresdurchschnitt 2016 knapp 3,4 Mio. Menschen erwerbstätig, 200.000 Erwerbstätige bzw. 6,4 Prozent mehr als im Krisenjahr 2009. In Deutschland fiel die Erwerbstätigenzunahme mit 6,6 Prozent sogar noch etwas höher aus. Insgesamt war der Arbeitsplatzaufbau sowohl in Deutschland als auch in Hessen deutlich größer als in den meisten anderen europäischen Ländern. Im EU-Durchschnitt beziffert sich die Zunahme der Erwerbstätigen im betrachteten Zeitraum von 2009 bis 2016 auf 2,1 Prozent.

Die Rahmenbedingungen für die Wirtschaftsentwicklung in Deutschland und Hessen haben sich u. a. auch durch die Energiewende verändert. So ergeben sich einerseits durch den Umbau der Energieversorgung erhebliche Impulse für Investitionen und Innovationen sowie die Technologieentwicklung. Andererseits geht der Ausbau der erneuerbaren Energien mit steigenden Kosten einher, z. B. sind die Strompreise für Haushalte und Unternehmen erheblich gestiegen.

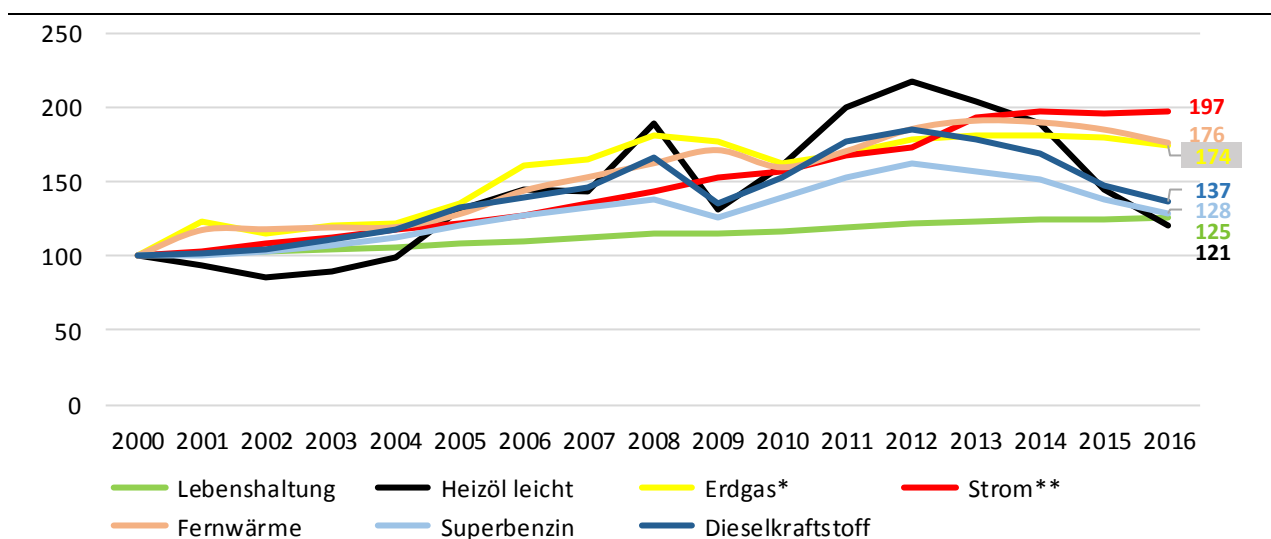
Im Folgenden soll die Entwicklung von Kernindikatoren – Energiepreise und -kosten, Investitionen, Forschung

und Entwicklung von erneuerbaren Energien sowie Beschäftigung im Energiesektor – betrachtet werden. In diesem Bericht können im Vergleich zum Monitoringbericht 2016 wieder spezifische Beschäftigungseffekte für Hessen dargestellt werden, da die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) eine Aktualisierung und Fortschreibung für Bundesländer vorgenommen hat.

### 10.1 Energiekosten und Energiepreise

Unternehmen verbrauchen Energie im Produktionsprozess zur Herstellung von Gütern und Dienstleistungen, Privathaushalte vor allem für Heizung und Mobilität. Änderungen der Energiepreise schlagen sich in den Energiekosten nieder, mit unmittelbaren Auswirkungen auf die Gewinn- und Verlustrechnung der Unternehmen bzw. auf die Zusammensetzung der Konsumausgaben der privaten Haushalte. Dadurch erhöhen sich bei steigenden Energiekosten die Anreize, Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern. Mit sinkenden Energiekosten – wie sie gegenwärtig z. B. für fossile Brennstoffe zu beobachten sind – schwächen sich diese Anreize hingegen wieder ab.

**Abbildung 50: Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000–2016 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100)**



\*) bei Abnahme von 19.200 kWh/Jahr. \*\*) bei Abnahme von 3.900 kWh/Jahr.

Quelle: BMWi 2017d.

## Energiekosten und -preise privater Haushalte

In Deutschland ist die Inflationsrate für die allgemeinen Lebenshaltungskosten für private Haushalte im Jahr 2016 im Schnitt um 0,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr gestiegen und lag damit bereits im dritten Jahr in Folge unter einem Prozent. Der Trend sinkender Energiepreise aus dem Vorjahr hielt auch 2016 an (siehe Abbildung 50). Gegenüber 2015 sanken die Preise für Energie insgesamt im Jahr 2016 deutlich um 5,4 Prozent. Der preisdämpfende Effekt fiel jedoch geringer aus als im Vorjahr (2015: -7,0 % gegenüber 2014). 2016 gingen vor allem die Preise für Mineralölprodukte (leichtes Heizöl: -16,9 %; Superbenzin: -7,0 %; Diesel: -7,5 %) sowie für Fernwärme: (-4,9 %) zurück. Auch für Erdgas gab es Preisrückgänge im Jahresdurchschnitt von -2,8 Prozent. Lediglich die Strompreise erhöhten sich 2016 leicht (+0,6 % gegenüber 2015). Ohne Berücksichtigung der Energiepreise hätte die Jahresteuersatzrate 2016 deutlich höher bei +1,2 Prozent gelegen.

Über den Gesamtzeitraum von 2000 bis 2016 lag die Preisentwicklung für die meisten Energieträger deutlich höher als die Preisentwicklung der allgemeinen Lebenshaltungskosten. Insbesondere die Preise der Mineralölprodukte weisen dabei deutliche Schwankungen auf: So ist während der Weltwirtschaftskrise im Jahr 2009 ein signifikanter Preisverfall und im Anschluss bis 2012 ein rapider Preisanstieg zu verzeichnen. Einhergehend mit weltweit hohen Fördermengen ist seit 2012 wieder ein kontinuierlicher Preisverfall festzustellen, der bis an den aktuellen Rand anhält. Mittlerweile ist das Preisniveau für Mineralölprodukte auf den Indexwert der allgemeinen Lebenshaltungskosten gesunken.

Ein völlig anderes Bild zeigt die Entwicklung des Strompreises, der seit dem Jahr 2000 kontinuierlich und ohne größere Schwankungen gestiegen ist und sich gegenüber dem Ausgangsniveau nahezu verdoppelt hat. Dabei zeichnet sich seit dem Jahr 2013 allerdings eine Stabilisierung ab.

Durch den Anstieg von 0,2 Cent je kWh im Jahr 2000 auf 6,88 Cent je kWh im Jahr 2017 wirkte die EEG-Umlage als maßgeblicher Preistreiber für die Entwicklung der Stromkosten für Haushalte. Nach einer Absenkung der EEG-Umlage von 6,24 Cent im Jahr 2014 auf 6,17 Cent im Jahr 2015 und einer Erhöhung auf 6,35 Cent im Jahr 2016 erfolgte auch im Jahr 2017 wieder eine deutliche Anhebung auf 6,88 Cent je kWh. In Tabelle 18 ist die Entwicklung des durchschnittlichen Börsenstrompreises der Entwicklung der EEG-Umlage seit 2010 gegenübergestellt. Seit 2014 können die rückläufigen Börsenstrompreise den Anstieg der EEG-Umlage mehr als ausgleichen. Im Jahr 2016 wurde am Terminmarkt eine Kilowattstunde Strom im Schnitt für 2,68 Cent gehandelt,

gegenüber dem Jahr 2012 hat sich der Börsenstrompreis damit mehr als halbiert.

**Tabelle 18: Entwicklung des Börsenstrompreises und der EEG-Umlage (in Cent je kWh)**

Jahr	EEG-Umlage	Börsenpreis	Summe
2010	2,05	5,55	7,60
2011	3,53	5,43	8,96
2012	3,59	5,99	9,58
2013	5,28	5,27	10,55
2014	6,24	4,22	10,46
2015	6,17	3,79	9,96
2016	6,35	3,42	9,77
2017	6,88	2,68	9,56

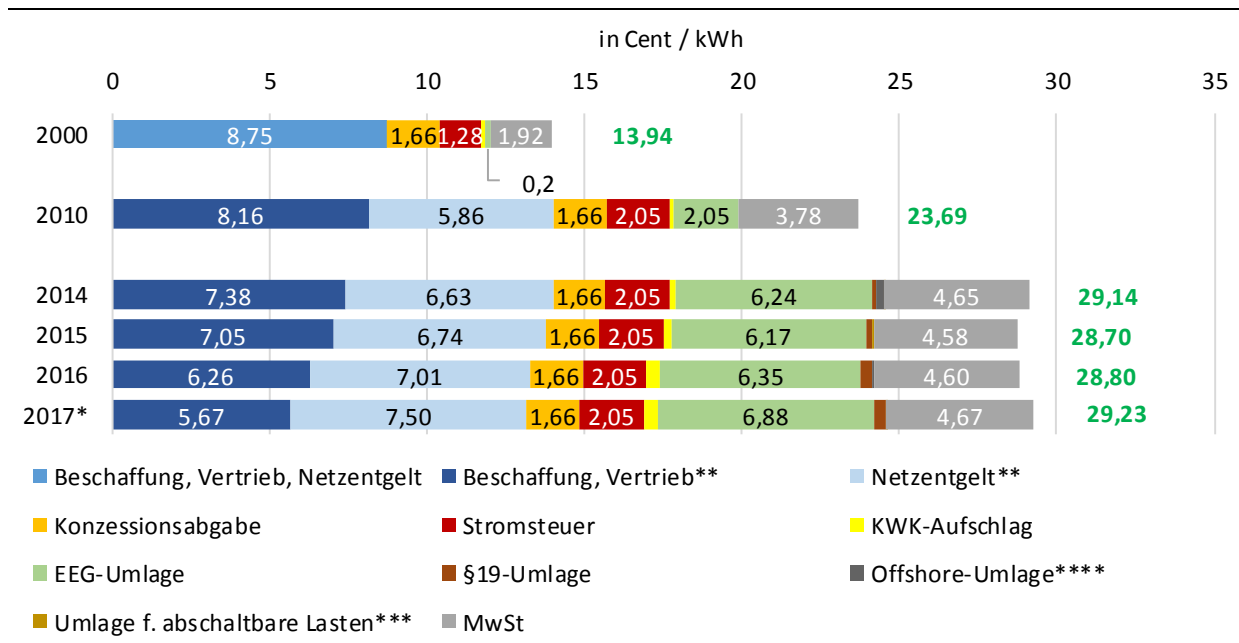
Quelle: BMWi 2016a)

Zusätzlich zum Beschaffungspreis und zur EEG-Umlage sind in den Strompreisen noch eine Reihe weiterer Bestandteile enthalten. Ein Durchschnittshaushalt mit einem angenommenen Stromverbrauch von 3.500 kWh pro Jahr muss im Jahr 2017 pro kWh Strom 29,23 Cent bezahlen (siehe Abbildung 51). Gegenüber dem Vorjahr ist dies eine Verteuerung in Höhe von 0,44 Cent bzw. 1,5 Prozent. Dieser Anstieg ist neben der EEG-Umlage vor allem auf die Netzentgelte zurückzuführen. Die Netzentgelte sind von 7,01 Cent im Jahr 2016 auf 7,50 Cent im Jahr 2017 und damit in etwa gleicher Höhe wie die EEG-Umlage gestiegen. Im Jahr 2010 betragen die Netzentgelte 5,86 Cent, im Jahr 2000 wurden noch keine gesonderten Angaben für Netzentgelte ausgewiesen.

Durch den Anstieg des Strompreises hat sich immanant auch die zu zahlende Mehrwertsteuer leicht von 4,60 auf 4,67 Cent erhöht. Die Stromsteuer, die 1999 zur Entlastung der Lohnnebenkosten eingeführt wurde, blieb stabil bei 2,05 Cent je kWh. Auch die Konzessionsabgabe, die Energieversorgungsunternehmen für ihre Stromleitungen an Gemeinden auszahlen, blieb unverändert bei 1,66 Cent pro kWh. Weitere Bestandteile des Strompreises sind der KWK-Aufschlag sowie die § 19- und die Offshore-Umlagen, die zusammengenommen den Strompreis im Jahr 2017 leicht um 0,06 Cent gegenüber dem Vorjahr verbilligten. Dies ist wie bereits im Jahr 2015 auf eine Nachverrechnung der Offshore-Haftungsumlagen und eine entsprechende Rückvergütung zurückzuführen.



**Abbildung 51: Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010 und 2014–2017 (in Cent je kWh)**



\*) Mai 2017.

\*\*) seit dem Jahr 2006 werden Netzentgelte gesondert ausgewiesen.

\*\*\*) ab 2014, 2016 ausgesetzt.

\*\*\*\*) Offshore-Haftungsumlage 2015 und 2017 wegen Nachverrechnung negativ.

Quelle: BDEW 2017a.

## Energiekosten und -preise der Industrie

Für Industriekunden liegen für das Jahr 2016 bisher nur Energiepreisangaben für Mineralölprodukte vor. Demnach hat sich der seit 2012 zu beobachtende Preisrückgang für leichtes und schweres Heizöl weiter fortgesetzt (siehe Abbildung 52). Für Erdgas und Strom liegen Preisangaben bis zum Jahr 2015 vor. Demnach ist der Preis für Erdgas weiter gesunken und auch der Strompreis war im Jahr 2015 erstmals seit 2010 wieder rückläufig.<sup>24</sup>

Der Preisindex des Bruttoinlandsprodukts (BIP) hat sich von 2000 bis 2016 um 23 Prozent erhöht.<sup>25</sup> Diesen Indexwert weisen im Jahr 2016 auch Mineralölprodukte auf, die zuvor allerdings deutlich höhere Indexwerte hatten: Die Höchststände wurden im Jahr 2012 mit Indexwerten von 240 für leichtes und von 300 für schweres Heizöl erreicht. Demgegenüber lag das Preisniveau von Erdgas und insbesondere von Strom im Jahr 2015 mit Indexwerten von 174 bzw. 250 deutlich höher als der Preisindex des BIP (mit 121).

Industriekunden mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh müssen im Jahr 2017 im Schnitt 17,02 Cent je kWh Strom bezahlen (siehe Abbildung 53). Das sind 1,47 Cent bzw. 9,5 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Zu diesem kräftigen Preisanstieg tragen insbesondere die Anhebung der EEG-Umlage von 6,35 auf 6,88 Cent je kWh und die Komponente Beschaffung, Netzentgelte und Vertrieb mit einem Zuwachs von 7,00 auf 7,95 Cent je kWh bei.

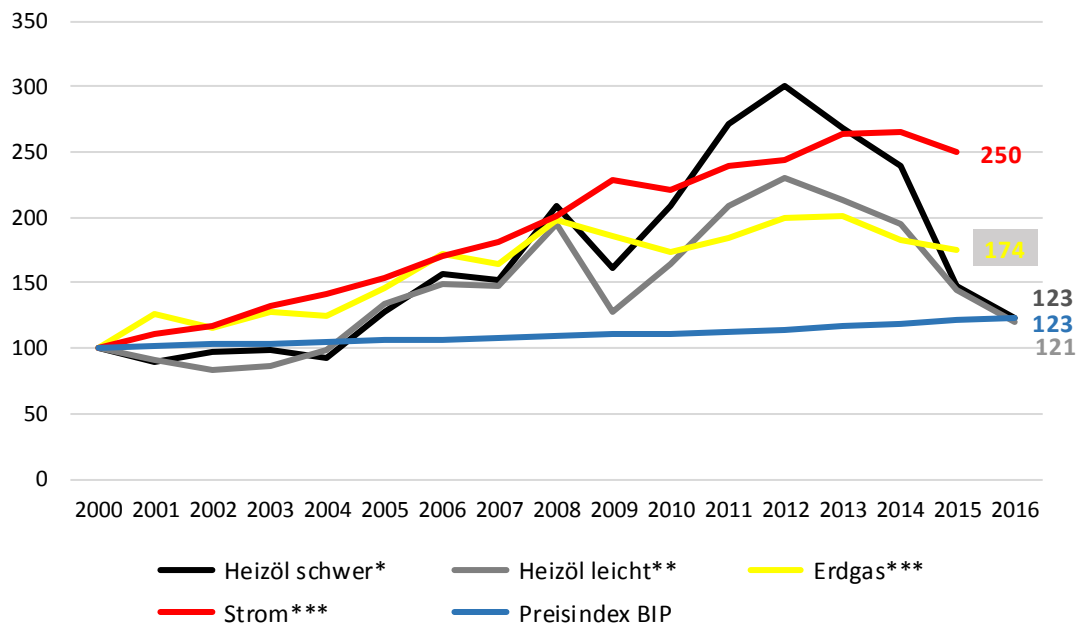
Konzessionsabgabe und Stromsteuer blieben im Vergleich zum Vorjahr mit 0,11 bzw. 1,54 Cent je kWh unverändert. Industrieunternehmen zahlen damit je kWh rund einen halben Cent weniger Stromsteuer und 1,5 Cent weniger Konzessionsabgaben als private Haushalte.

Insgesamt ist für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh Strom der Preis für den Produktionsfaktor Strom in Deutschland im Vergleich zum Jahr 2000 um fast das Dreifache gestiegen (siehe Abbildung 53).

24 Zum Redaktionsschluss des Berichts lagen die Grenzpreise (Durchschnittserlöse) für Strom und Erdgas für das Jahr 2016 noch nicht vor (Quelle: BMWi 2017d).

25 Der Preisindex des BIP wird als Quotient aus nominalem und realem BIP errechnet.

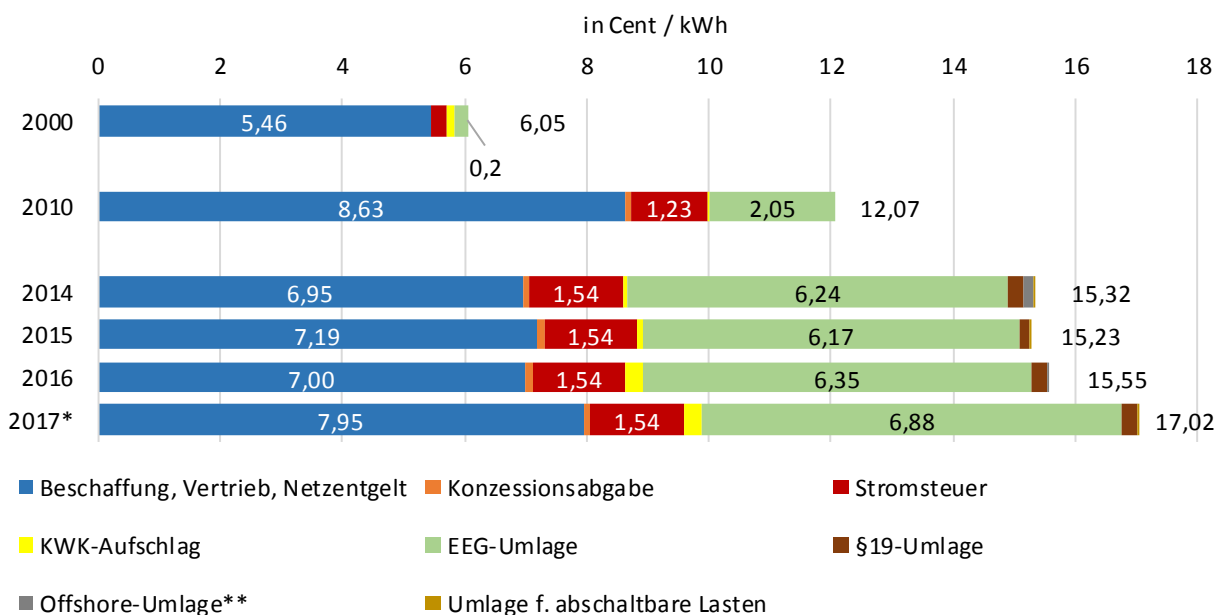
**Abbildung 52: Preisentwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000–2016 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100)**



\*) Durchschnittspreis bei Abnahme von 15 t und mehr im Monat und Schwefelgehalt von maximal 1 Prozent.  
 \*\*) Lieferung von mindestens 500 t an den Großhandel, ab Lager.  
 \*\*\*) Durchschnittserlöse.

Quelle: BMWi 2017d.

**Abbildung 53: Entwicklung des Strompreises für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010 und 2014–2017 (in Cent je kWh)**



\*) Mai 2017. \*\*) Offshore-Haftungsumlage 2015 und 2017 wegen Nachverrechnung negativ.

Quelle: BDEW 2017a.

### Von der EEG-Umlage befreite Abnahmestellen

Welchen Preis ein einzelnes Industrieunternehmen tatsächlich für Strom zu zahlen hat, ist stark von gesetzlichen Regelungen zu einzelnen Preisbestandteilen abhängig: Im Rahmen der sogenannten „Besonderen Ausgleichsregelung“ begünstigte Unternehmen zahlen die EEG-Umlage für die erste bezogene GWh in voller Höhe und für darüber hinaus verbrauchten Strom nur noch 15 Prozent der EEG-Umlage. Besonders stromintensive Unternehmen können darüber hinaus weitere Privilegien in Anspruch nehmen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Dadurch sollen die Arbeitsplätze in der stromkostenintensiven Industrie in Deutschland, die im Vergleich zur internationalen Konkurrenz hohe Strompreise zahlt, gesichert werden.

Vergünstigungen werden zudem für Schienenbahnen gewährt, um deren Konkurrenzfähigkeit mit anderen Verkehrsträgern nicht zu beeinträchtigen.

In Hessen wurden im Jahr 2017 für insgesamt 126 Abnahmestellen eine Befreiung von der EEG-Umlage mit einer privilegierten Strommenge von insgesamt 9,2 TWh beantragt. Gegenüber dem Jahr 2016 hat sich damit die Anzahl der Abnahmestellen um 12 verringert, die privilegierte Strommenge ist nur geringfügig um 0,1 TWh bzw. 1,4 Prozent gesunken (siehe Tabelle 19). Dieser Rückgang der privilegierten Strommenge liegt damit leicht unter dem Bundesdurchschnitt (-1,7 %).

Bei Betrachtung der Zeitreihe von 2010 bis 2017 ist in Hessen im Jahr 2014 eine starke Zunahme der privilegierten Strommenge gegenüber dem Jahr 2013 festzustellen. Dies ist vor allem auf Unternehmenssitzverlagerungen von Schienenbahnbetreibern zurückzuführen. Dadurch stieg der Anteil Hessens am gesamten privilegierten Strom in Deutschland von 4,8 Prozent im Jahr 2010 auf 8,7 Prozent im Jahr 2017.

**Tabelle 19: Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Mengen nach Bundesländern 2010–2017**

Land	in (TWh)									Veränderung 2016–2017	Anteil an Deutschland	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010		2017	
Baden-Württemberg	6,2	5,7	5,8	6,7	6,8	7,0	6,6	6,5	-2,5 %	7,1%	6,1 %	
Bayern	9,8	8,4	10,5	12,4	13,7	13,9	14,2	14,1	-0,8 %	11,3%	13,4 %	
Berlin	0,9	0,9	0,6	1,0	1,2	1,4	1,3	1,2	-3,1 %	1,0%	1,2 %	
Brandenburg	4,6	4,4	5,0	5,4	5,6	4,8	5,0	4,9	-1,2 %	5,3%	4,7 %	
Bremen	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	56,8 %	0,2%	0,3 %	
Hamburg	3,7	3,3	3,6	4,1	4,5	4,6	4,5	4,5	0,1 %	4,3%	4,3 %	
<b>Hessen</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>8,4</b>	<b>9,6</b>	<b>9,3</b>	<b>9,2</b>	<b>-1,4 %</b>	<b>4,8%</b>	<b>8,7 %</b>	
Mecklenburg-Vorpommern	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	-5,8 %	0,6%	0,9 %	
Niedersachsen	9,6	8,6	9,7	10,7	11,8	10,8	10,9	11,3	3,2 %	11,1%	10,7 %	
Nordrhein-Westfalen	32,2	26,0	29,0	31,5	32,6	32,8	32,2	31,5	-2,4 %	37,2%	29,8 %	
Rheinland-Pfalz	3,2	2,8	3,0	3,8	5,9	5,4	5,5	5,4	-1,2 %	3,7%	5,1 %	
Saarland	1,0	1,1	1,4	1,4	1,5	1,4	1,6	1,1	-29,1 %	1,2%	1,1 %	
Sachsen	3,2	3,0	3,5	4,4	5,1	4,7	5,0	5,1	1,5 %	3,7%	4,8 %	
Sachsen-Anhalt	4,4	4,4	4,7	5,2	6,0	6,1	5,9	5,7	-3,7 %	5,1%	5,4 %	
Schleswig-Holstein	1,4	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,5	-22,3 %	1,7%	1,4 %	
Thüringen	1,6	1,4	1,6	2,4	2,5	2,4	2,3	2,3	1,0 %	1,9%	2,2 %	
Ausland	-	-	-	-	-	0,2	0,1	0,2	-	-	-	
<b>Insgesamt</b>	<b>86,6</b>	<b>76,0</b>	<b>85,4</b>	<b>96,7</b>	<b>108,2</b>	<b>108,1</b>	<b>107,5</b>	<b>105,7</b>	<b>-1,7%</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	

Quelle: BAFA 2017d, BMWi 2017i, Berechnungen der Hessen Agentur.

Mit Blick auf einzelne Industriebranchen entfallen auf die Chemische Industrie 26 der insgesamt 126 Abnahmestellen in Hessen. Das entspricht einem Anteil von 20 Prozent (siehe Abbildung 54). Es folgen die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren sowie Schienenbahnen mit jeweils 14 Abnahmestellen, Metallherzeugung und -bearbeitung mit 13, Gewinnung von Steinen und Erden mit 11 und Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Herstellung von Metallherzeugnissen mit jeweils 10 Abnahmestellen.

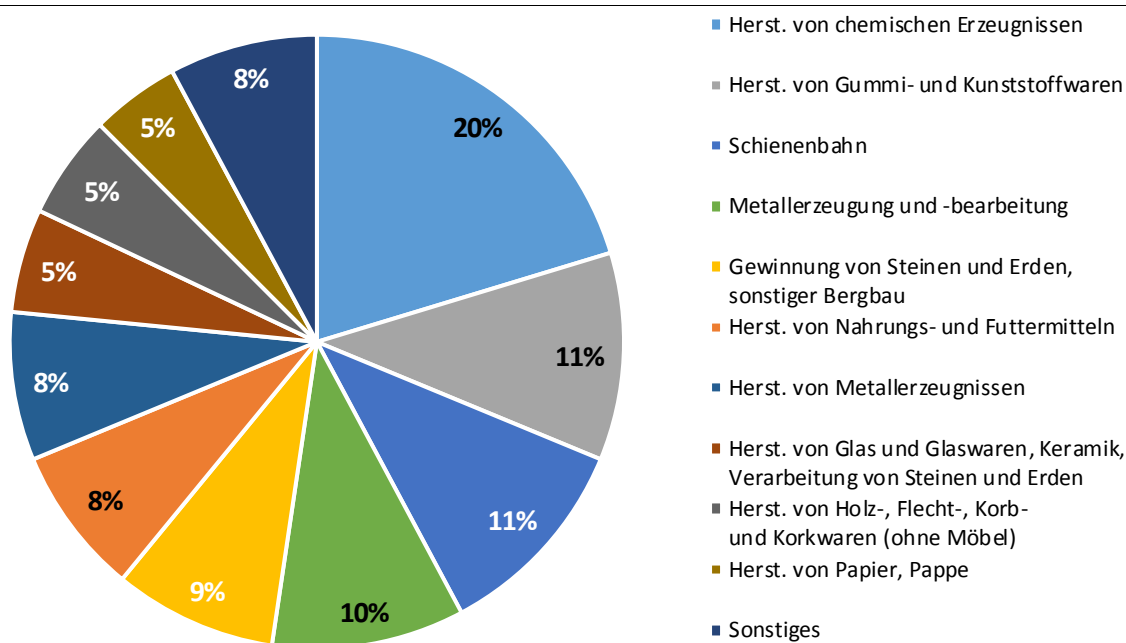
Im Vergleich zum Vorjahr sind Veränderungen in der Branchenzusammensetzung der begünstigten Unternehmen zu erkennen: In der Chemischen Industrie ist die Zahl der Abnahmestellen um weitere 2 gestiegen, in der

Metallherzeugung und -bearbeitung ist eine Abnahmestelle hinzugekommen.

In der Branche Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren ist die Zahl der Abnahmestellen um 3 zurückgegangen. Ähnlich hoch war der Rückgang in den Branchen Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (-4) und Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (-3).

Bei Schienenbahnen blieb die Zahl der Abnahmestellen unverändert bei 14 und in der Branche Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau ebenso unverändert bei 11.

**Abbildung 54: Verteilung der von EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2017**  
(in %)



Quelle: BAFA 2017d.

### Auszahlungen aus EEG-Vergütungen, Marktprämien und Flexibilitätsprämien

Im Jahr 2015 wurden für im Rahmen des EEG erzeugten erneuerbaren Strom insgesamt 886 Mio. Euro an die Anlagenbetreiber in Hessen ausgezahlt. Davon entfielen mit 594 Mio. Euro etwa zwei Drittel auf EEG-Vergütungen und ein Drittel bzw. 290 Mio. Euro auf Marktprämien. Für Flexibilitätsprämien, die an die Betreiber von Biomasseanlagen gezahlt werden, um das regelbare erneuerbare Stromangebot zu erhöhen, wurden weitere 1,5 Mio. Euro ausgezahlt.

Im Vergleich zum Jahr 2014 sind die gesamten Auszahlungen um 85,3 Mio. Euro bzw. 10,7 Prozent gestiegen. Im Jahr 2014 hatten Marktprämien mit einem Anteil von rund 25 Prozent ein deutlich geringeres Gewicht. Der Bedeutungszuwachs der Marktprämie ist darauf zurückzuführen, dass die Betreiber neuer Anlagen seit 2014 zunehmend ihren Strom selbst am Markt verkaufen müssen. Bereits im EEG 2012 (§ 27) war festgelegt, dass Betreiber von größeren Biogas- und Biomethananlagen mit einer Leistung von über 750 kW, die nach dem 01.01.2014 ans Netz gingen, ihren Strom direkt vermarkten müssen. Die Differenz zwischen dem dabei erzielten Marktpreis

und der festen Einspeisevergütung – dem sogenannten „anzulegenden Wert“ – wird von den Übertragungsnetzbetreibern als Marktprämie ausgeglichen.

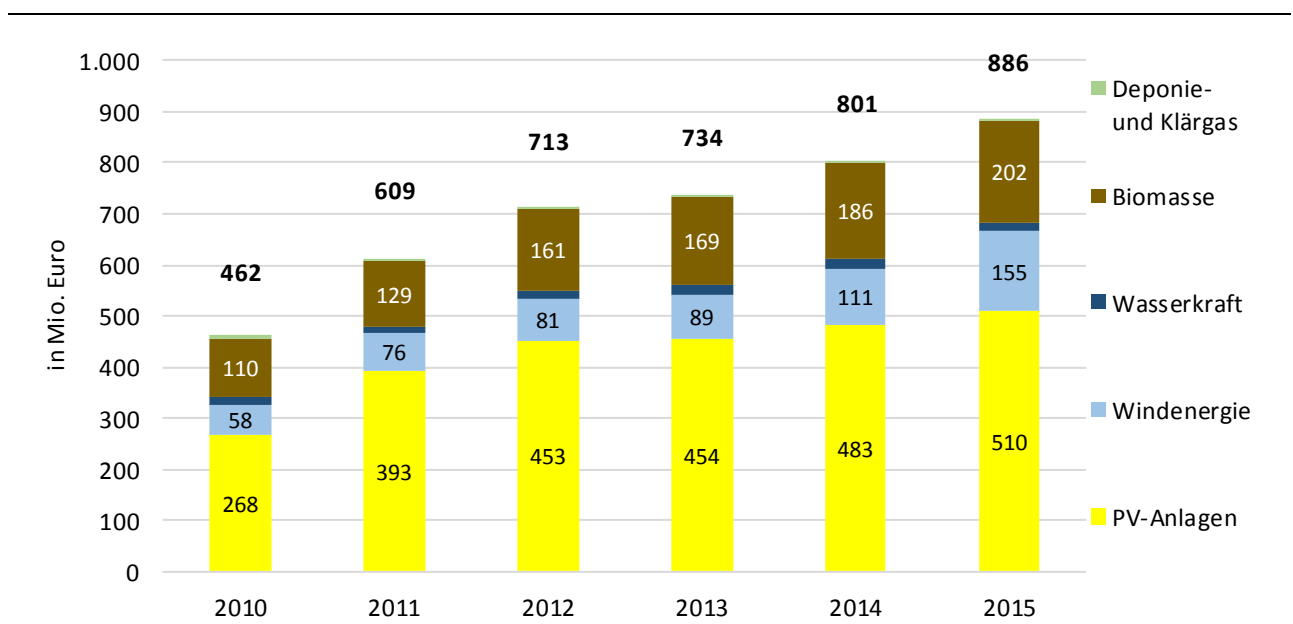
Da seit Jahresbeginn 2016 alle neuen Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien ab einer installierten Leistung von 100 kW ihren Strom direkt vermarkten müssen (§ 37 EEG 2014 und § 21 EEG 2017), dürfte die Marktprämie weiter an Bedeutung gewinnen. Seit dem 01.01.2017 wird der anlagenspezifisch anzulegende Wert im Rahmen eines Auktionsverfahrens bestimmt.

Die Entwicklung der Auszahlungen von EEG-Vergütungen und Marktprämien wird in Abbildung 55 differenziert nach erneuerbaren Energieträgern für den Zeitraum 2010 bis 2015 dargestellt. Der Zuwachs 2015 gegenüber

dem Vorjahr in Höhe von 85,3 Mio. Euro ist auf Windenergieanlagen (+43,7 Mio. Euro), PV-Anlagen (+27,5 Mio. Euro) und Biomasseanlagen (+16,4 Mio. Euro) zurückzuführen. Demgegenüber ging die Vergütung für Wasserkraft- (-2,1 Mio. Euro) sowie Deponie- und Klärgasanlagen (-0,1 Mio. Euro) weiter zurück.

Durch den starken Zuwachs der Windenergie hat sich auch die Auszahlungsstruktur der Energieträger verändert. So entfielen im Jahr 2015 auf PV-Anlagen mit 57,6 Prozent zwar immer noch mehr als die Hälfte der Gesamtauszahlungen, im Vorjahr lag der entsprechende Anteilswert aber mit 60,3 Prozent noch höher. Der Anteilswert der Biomasse fiel leicht von 23,2 Prozent auf 22,8 Prozent, wohingegen der Anteil der Windenergie von 13,9 Prozent auf 17,5 Prozent gestiegen ist.

**Abbildung 55: Auszahlungen aus EEG-Vergütungen und Marktprämien für Hessen 2010–2015**  
(in Mio. Euro)



Quelle: BDEW 2017b, Berechnungen der Hessen Agentur.

### Entwicklung des Großhandelsstrompreises

Der Großhandel mit Strom findet in Deutschland an zwei Großhandelsmärkten statt. Den Großteil des Handelsvolumens wickeln die großen Stromerzeuger und -abnehmer im bilateralen OTC-Handel ab. Kennzeichnend für diesen bilateralen, außerbörslichen Großhandel (sog. OTC-Handel, „over-the-counter“) ist, dass die Vertragspartner einander bekannt sind und Vertragsdetails flexibel und individuell gestaltet werden können (BNetzA, BKartA 2016).

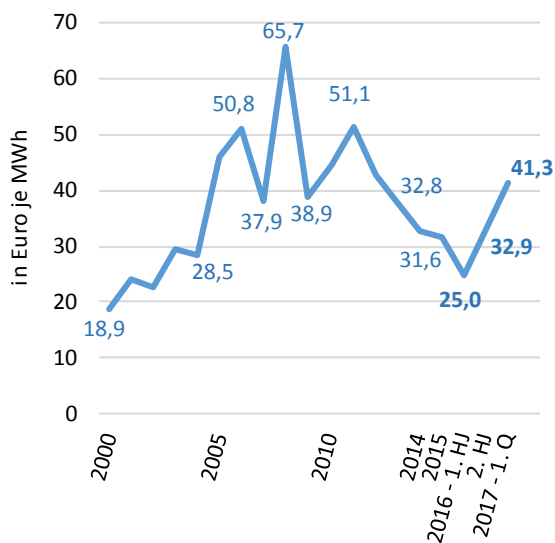
Dabei agieren oftmals Handelsvermittler (sog. Broker) als Intermediäre zwischen Käufern und Verkäufern und bündeln Informationen zu Nachfrage und Angebot von Strom-Handelsgeschäften. Eine lückenlose Abbildung des bilateralen Großhandels ist nicht möglich, da es außerbörslich weder eindeutig abgrenzbare Marktplätze noch einen starren Kanon an Kontraktarten gibt.

Der zweite, im Vergleich deutlich umsatzschwächere Handelsplatz ist die Strombörse EEX (European Energy Exchange) mit Sitz in Leipzig. Beim börslichen Strom-

großhandel wird zwischen kurz- und längerfristigen Kontrakten unterschieden. Der Spotmarkt dient als Handelsplatz für kurzfristig innerhalb von ein bis zwei Tagen lieferbaren Strom (Intraday-Markt bzw. Day-Ahead-Markt), während auf dem Terminmarkt längerfristige Lieferverträge mit einer Vorlaufzeit von bis zu sechs Jahren geschlossen werden. Auch der börsliche Stromhandel erfolgt in der Regel zwischen großen Energieerzeugern und Netzbetreibern auf der einen und Energieversorgern und stromintensiven Unternehmen auf der anderen Seite.

Die Entwicklung des Großhandelsstrompreises kann am Beispiel von Grundlaststrom, der überwiegend von KWK-Anlagen und Blockheizkraftwerken erzeugt wird, dargestellt werden (siehe Abbildung 56). Der sogenannte KWK-Index wird aus den quartalsweisen Mittelwerten des an der Börse gehandelten Strompreises gebildet. Für die Jahre von 2000 bis 2015 sind die Jahresdurchschnittswerte, für das Jahr 2016 die beiden Halbjahresdurchschnittswerte und für das Jahr 2017 der Durchschnittswert für das erste Quartal abgebildet.

**Abbildung 56: KWK-Index: Preisentwicklung für an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststrom 2000–2017 (erstes Quartal) (in Euro/MWh)**



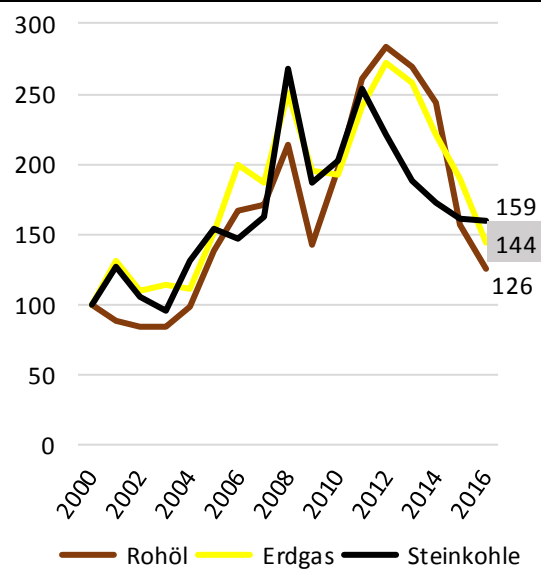
Quelle: European Energy Exchange 2017.

Im Jahr 2000 kostete eine MWh Grundlaststrom im Schnitt 18,9 Euro. In den folgenden Jahren ist der Grundlastpreis zunächst deutlich angestiegen bis auf seinen bisherigen Jahreshöchstwert von 65,7 Euro im Jahr 2008. Danach ist bis zum ersten Halbjahr 2016 eine längere Phase mit einer rückläufigen Preisentwicklung bis auf 25 Euro je MWh zu beobachten. Seitdem steigt der Grundlaststrompreis wieder kontinuierlich auf zuletzt 41,3 Euro je MWh im ersten Quartal 2017 an.

## Internationale Rohstoffpreise

Die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien wird in hohem Maße durch die Preisentwicklungen von fossilen Energieträgern beeinflusst. Demnach haben die seit dem Jahr 2011 für Kohle und seit dem Jahr 2012 auch für Rohöl und Erdgas stark rückläufigen internationalen Rohstoffpreise deutlich negative Effekte auf die Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Energien.

**Abbildung 57: Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000–2016 (nominal; Index 2000 = 100)**



Quelle: BMWi 2017d.

Die Preise für Rohöl und Erdgas haben sich seit ihren Höchstpreisständen im Jahr 2012 bis zum Jahr 2016 in etwa halbiert (siehe Abbildung 57). Dabei beziffert sich der Preisrückgang am aktuellen Rand von 2015 auf 2016 bei Rohöl auf 20 Prozent und bei Erdgas auf 24 Prozent.

Für Steinkohle beziffert sich der Preisrückgang zwischen 2011 und 2016 auf 37 Prozent. Am aktuellen Rand zeichnet sich eine Stabilisierung der Preisentwicklung für diesen Energieträger ab.

## Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Preise

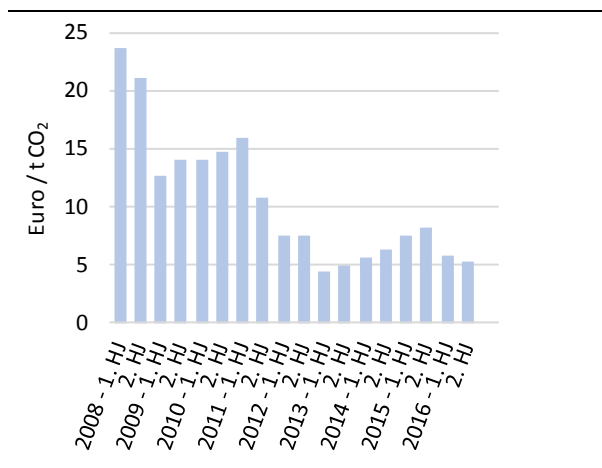
Mit dem EU-Emissionshandel soll der Treibhausgasausstoß gezielt gesenkt werden. Dazu werden seit dem Jahr 2005 europaweit Zertifikate gehandelt, die von den Verursachern für den Ausstoß von Treibhausgasen erworben werden müssen. Da CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen, wirken sich

die Zertifikate wie ein Preisaufschlag für diese Energieträger aus.

Je höher dieser Preisaufschlag, desto mehr lohnen sich Energieeffizienzmaßnahmen oder der Einsatz erneuerbarer Energien.

In Abbildung 58 werden für den Zeitraum 2008 bis 2016 die Halbjahreswerte dargestellt, die für den Ausstoß einer Tonne CO<sub>2</sub> im Schnitt zu entrichten sind. Demnach zeichnet sich seit 2008 ein deutlicher Preisverfall für die Zertifikate ab: Im ersten Halbjahr 2008 kostete ein Zertifikat 23,6 Euro, bis zum zweiten Halbjahr 2016 ist der durchschnittliche Preis für den Ausstoß einer Tonne CO<sub>2</sub> auf 5,3 Euro gesunken. Von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten gehen damit gegenwärtig kaum Impulse für zusätzliche Energieeffizienzmaßnahmen oder den Einsatz erneuerbarer Energien aus.

**Abbildung 58: Halbjahres-Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Preise 2008–2016** (in Euro je Tonne CO<sub>2</sub>)



Quelle: Deutsche Börse 2017 (Stand: 31.05.2017).

## 10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind einer der wichtigsten Treiber der Energiewende. Die Energiewende selbst bietet wiederum für die Unternehmen Chancen, eine Technologieführerschaft in zukunftsträchtigen Bereichen zu erlangen.

### Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) hat die Investitionssummen für die Errichtung von Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in Hessen im Jahr 2016 ermittelt. Damit kann die bereits für den letztjährigen Monitoringbericht für die Jahre 2011 bis 2015 erstellte Zeitreihe fortgeschrieben werden. Die verwendete Berechnungsmethode und der Umfang der einbezogenen Anlagen orientieren sich an den von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) auf Bundesebene verwendeten Methoden und Berechnungen. Dadurch sind die für Hessen ermittelten Werte konsistent mit den von der AGEE-Stat für Deutschland veröffentlichten Daten.

In Hessen wurden im Jahr 2016 insgesamt 720 Mio. Euro in die Errichtung von Anlagen zur Gewinnung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien investiert (siehe Tabelle 20). Das waren 143 Mio. Euro bzw. 25 Prozent mehr als im Vorjahr. Damit konnte der seit 2011 zu beobachtende rückläufige Investitionstrend erstmalig wieder durchbrochen werden. Diese positive Entwicklung am aktuellen Rand ist ausschließlich auf die Investitionen in Stromerzeugungsanlagen zurückzuführen, die sich um fast 150 Mio. Euro bzw. 38 Prozent erhöhten. Demgegenüber sank die Investitionstätigkeit im Wärmebereich im Jahr 2016 um knapp 6 Mio. Euro bzw. 3,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr.

**Tabelle 20: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen** (in Mio. Euro)

Jahr	Investitionen in Mio. Euro		
	Strom	Wärme	Gesamt
2011	996,4	219,2	1.215,6
2012	656,3	248,7	905,0
2013	529,8	250,8	780,6
2014	492,9	203,7	696,5
2015	393,7	183,4	577,1
2016	542,2	177,6	719,8

Quelle: ZSW 2016, ZSW 2017a.

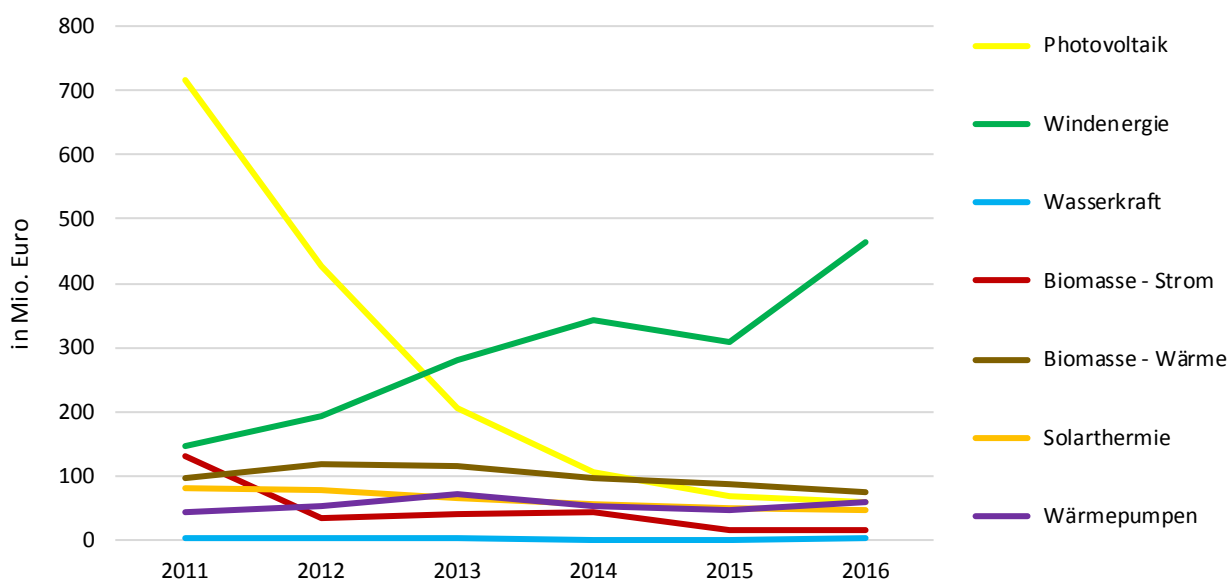
Differenziert nach Anlagearten ist die positive Entwicklung von Investitionen in erneuerbare Energieanlagen vor allem auf Windenergieanlagen zurückzuführen (siehe Abbildung 59). Im Jahr 2016 wurden in Hessen 465 Mio. Euro in Windenergieanlagen investiert, 157 Mio. Euro bzw. über 50 Prozent mehr als im Vorjahr.

Damit konnten die Rückgänge der Investitionsvolumina bei Photovoltaik- (-11,6 Mio. Euro) und Solarthermieanlagen (-4,9 Mio. Euro) sowie bei Biomasseanlagen zur Wärmeerzeugung (-13,8 Mio. Euro) mehr als ausgeglichen werden. Positive Investitionsentwicklungen haben zudem die Wärmepumpen (12,9 Mio. Euro), Wasser-

kraftanlagen (2,2 Mio. Euro) und Biomasseanlagen zur Stromerzeugung (1,4 Mio. Euro) aufzuweisen.

Bei Betrachtung der Zeitreihe seit 2011 geht der Rückgang des Investitionsvolumens mit dem stark gesunkenen Zubau von Photovoltaikanlagen einher. Ursächlich hierfür ist die im Jahr 2010 in Kraft getretene Änderung des EEG, wodurch die Förderung für neue Photovoltaikanlagen deutlich verringert wurde. Zudem sind die Preise für Photovoltaikanlagen in den vergangenen Jahren deutlich gesunken. Das Investitionsvolumen von Photovoltaikanlagen ist dadurch von 717 Mio. Euro im Jahr 2011 auf 58 Mio. Euro im Jahr 2016 zurückgegangen.

**Abbildung 59: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011–2016 (in Mio. Euro)**



Quelle: ZSW 2016, ZSW 2017a.

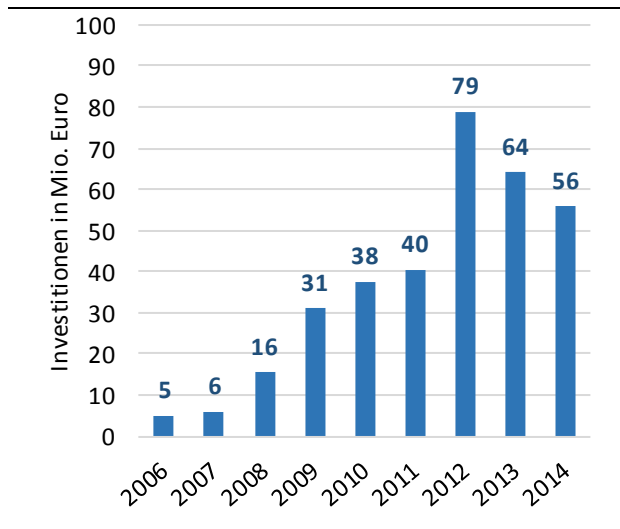
### Investitionen hessischer Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz

In der amtlichen Statistik werden die Ausgaben des Produzierenden Gewerbes für Umweltschutzinvestitionen erhoben. Diese Daten liegen aktuell für den Zeitraum von 2006 bis 2014 vor. Ein Teilsegment der Umweltschutzinvestitionen sind dabei die Investitionen für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Für hessische Betriebe des Produzierenden Gewerbes (ohne Baugewerbe) beziffern sich diese Investitionsausgaben im Jahr 2014 auf 56 Mio. Euro.

Dies bedeutet gegenüber dem Vorjahr einen Rückgang in Höhe von 8 Mio. Euro bzw. 13 Prozent (siehe Abbildung 60). Damit sind die Investitionsausgaben der Unternehmen für energetische Effizienzmaßnahmen das zweite Jahr in Folge gesunken, nachdem sie in den Jahren zuvor von 2006 bis 2012 kontinuierlich angestiegen sind.



**Abbildung 60: Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes (ohne Baugewerbe) zur Steigerung der Energieeffizienz 2006–2014**  
(in Mio. Euro)



Quelle: HSL 2017a.

### 10.3 Beschäftigung im Energiebereich in Hessen

Die mit der Energiewende einhergehenden fundamentalen Umstrukturierungen des gesamten Energiesystems schlagen sich auch auf dem Arbeitsmarkt nieder. Dabei können positiven Beschäftigungseffekten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und durch Energieeffizienzmaßnahmen auch negative Substitutionseffekte gegenüberstehen. Im Folgenden wird die Entwicklung der Beschäftigung sowohl in den überwiegend konventionellen Energieversorgungsunternehmen als auch durch erneuerbare Energien dargestellt. Aufgezeigt wird dabei ausschließlich die Bruttobeschäftigung, d. h. die Zahl der direkt den Branchen zurechenbaren Beschäftigten. Unberücksichtigt bleiben Arbeitsplatzeffekte, die z. B. durch Gebäudesanierungen im Bauhandwerk entstehen bzw. im Bergbau durch eine abnehmende Nachfrage nach Braun- und Steinkohle wegfallen (Nettobeschäftigung).

### Beschäftigungsentwicklung in der konventionellen Energiewirtschaft

Aus der amtlichen Statistik liegen für Hessen Daten zur Entwicklung der Beschäftigten in der konventionellen Energiewirtschaft<sup>26</sup> für den Zeitraum von 2000 bis 2016 vor. Demnach waren im Jahr 2016 in Hessen insgesamt über 13.000 Menschen in Energieversorgungsunternehmen tätig, 523 Beschäftigte bzw. 4,2 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 61). Damit hat sich der seit 2011 zu beobachtende kontinuierliche Beschäftigungsaufbau weiter fortgesetzt und es wurde der höchste Stand seit dem Jahr 2000 erreicht.

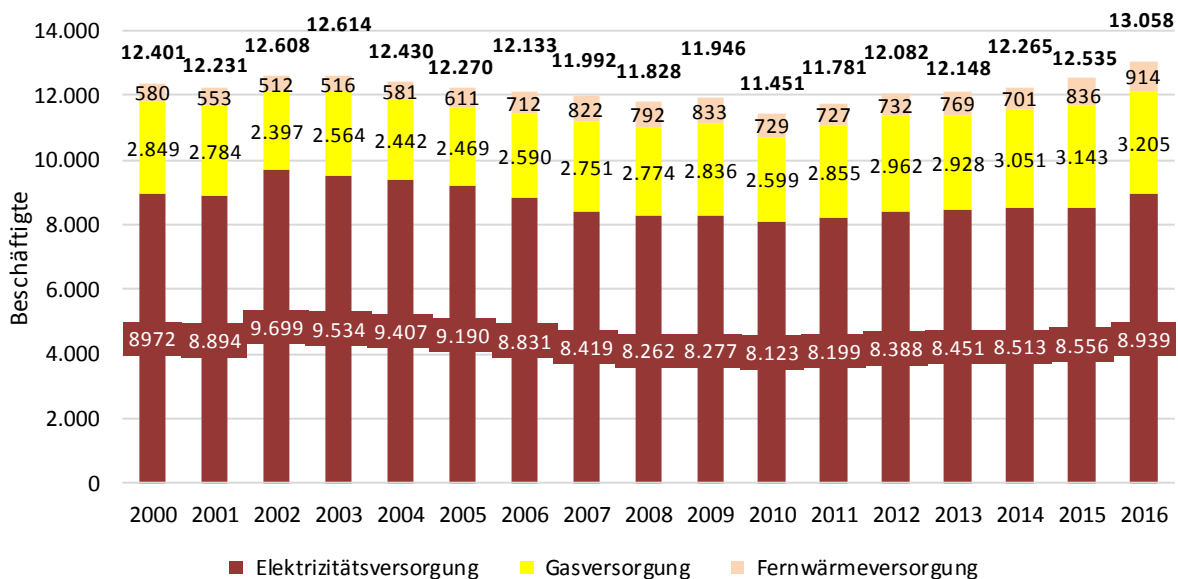
Für Hessen ist durch den Zuwachs erneuerbarer Energien demnach kein Verdrängungseffekt von Beschäftigten in den überwiegend konventionell betriebenen Energieversorgungsunternehmen festzustellen.

Alle drei Bereiche Elektrizitäts-, Gas- und Fernwärmeversorgung haben einen Beitrag zum Beschäftigungszuwachs geleistet: Am absolut stärksten war der Zuwachs in der Elektrizitätsversorgung mit 382 Beschäftigten (4,5 %), gefolgt von der Fernwärmeversorgung mit 79 Beschäftigten (9,4 %) und der Gasversorgung mit 62 Beschäftigten (2,0 %).

Durch die relativ starke Zunahme der Fernwärmeversorgung ist deren Anteil an der Beschäftigungsstruktur leicht auf 7 Prozent gestiegen, auf die Gasversorgung entfallen knapp ein Viertel und auf die Elektrizitätsversorgung gut zwei Drittel aller in hessischen Energieversorgungsunternehmen Beschäftigten.

<sup>26</sup> Als konventionelle Energieversorgungsunternehmen werden hier alle Unternehmen und Betriebe bezeichnet, die Elektrizität oder Gas erzeugen oder beschaffen und ein Netz für die allgemeine Versorgung betreiben. Obwohl Kraftwerke der Unternehmen und Betriebe des Bergbaus und Verarbeitenden Gewerbes sowie Anlagen sonstiger Marktteilnehmer, z. B. Windkraftanlagen privater Betreiber, ausdrücklich nicht dazu gehören, können in geringem Umfang auch Beschäftigte, die den erneuerbaren Energien zuzurechnen sind, miterfasst werden.

Abbildung 61: Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000–2016



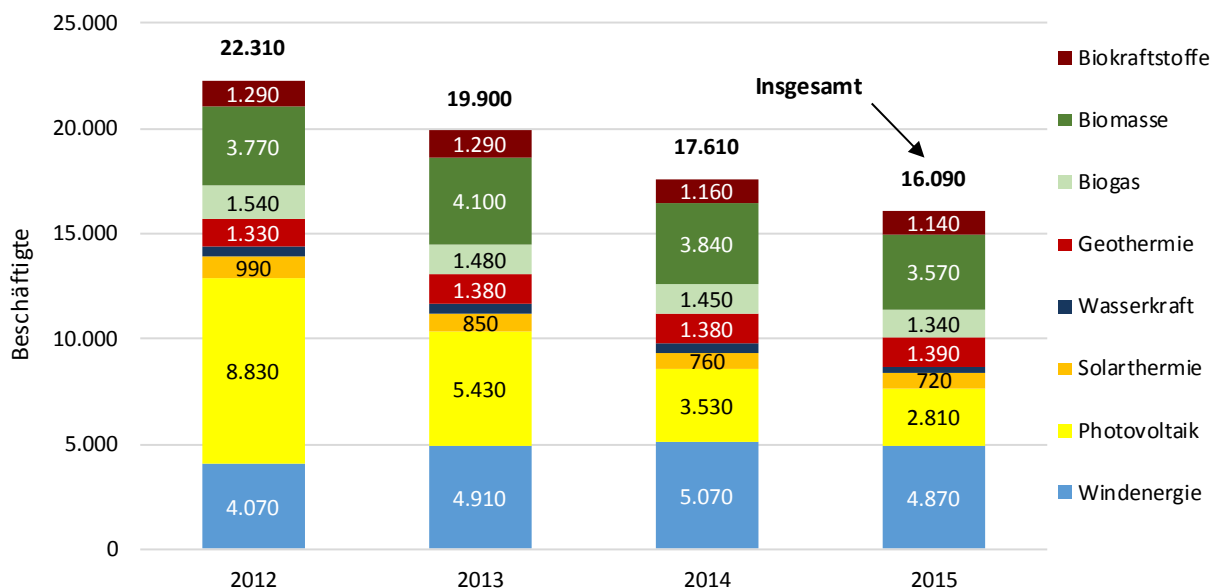
Quelle: HSL 2017b, Basis sind monatliche Durchschnittswerte für Beschäftigte nach fachlichen Betriebsteilen in Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten.

### Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien

Die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) hat eine Aktualisierung der Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien für den Zeitraum von 2012 bis 2015 erstellt (siehe Abbildung 62). Dabei wird die Bruttobeschäftigung betrachtet. Diese umfasst

die direkt mit der Herstellung, dem Betrieb und der Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie für die Bereitstellung von erneuerbaren Brennstoffen Beschäftigten. Hinzugezählt werden außerdem noch indirekt durch Vorleistungen, Zulieferungen und unterstützende Dienstleistungen in anderen Wirtschaftsbereichen Beschäftigte.

Abbildung 62: Bruttobeschäftigung in Hessen durch erneuerbare Energien 2012–2015



Quelle: GWS 2017.

Demnach waren im Jahr 2015 in Hessen insgesamt gut 16.000 Personen mit der Herstellung sowie dem Betrieb und der Wartung erneuerbarer Energieanlagen beschäftigt. Dies waren 1.520 bzw. 8,6 Prozent weniger als im Vorjahr. Damit hat sich der seit 2012 zu beobachtende Beschäftigungsabbau im Bereich erneuerbare Energien weiter fortgesetzt.

Zurückzuführen ist diese negative Entwicklung vor allem auf den Bereich Photovoltaik: Der Rückgang dieser Sparte gegenüber dem Vorjahr beziffert sich auf 720 Beschäftigte, was knapp der Hälfte des gesamten Beschäftigungsrückgangs im Bereich erneuerbare Energien entspricht. Seit 2012 wurden im Bereich Photovoltaik 6.020 Arbeitsplätze abgebaut, dies entspricht 97 Prozent des gesamten Arbeitsplatzabbaus in Höhe von 6.220 im Bereich erneuerbare Energien.

Insgesamt fiel der Beschäftigungsrückgang durch erneuerbare Energien über den Gesamtzeitraum von 2012 bis 2015 in Hessen (-28 %) stärker aus als in Deutschland (-18 %), wobei die Entwicklung bei den einzelnen Energieträgern sehr ähnlich verlaufen ist (siehe Tabelle 21).

Der überdurchschnittlich hohe Beschäftigtenabbau in Hessen ist dadurch zu erklären, dass vor allem in der Photovoltaik etwa zwei Drittel der Arbeitsplätze abgebaut wurden. In Deutschland beziffert sich der entsprechende relative Rückgang zwar ebenfalls auf 68 Prozent, allerdings war in Hessen das Ausgangsniveau im Jahr 2012 mit einem Beschäftigtenanteil der Photovoltaik von 40 Prozent deutlich höher als in Deutschland (26 %).

Ein umgekehrter Effekt ist bei der Windenergie festzustellen. Hier war die Beschäftigungsentwicklung in Hessen mit einem Anstieg von 20 Prozent höher als in Deutschland (+17 %), wobei das Ausgangsniveau im Jahr 2012 in Hessen mit 18 Prozent deutlich niedriger lag als in Gesamtdeutschland (31 %).

In den Beschäftigtenangaben sind die Arbeitsplätze für den Betrieb und die Wartung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien enthalten. Entgegen dem oben gezeigten rückläufigen Trend ist die Zahl dieser Arbeitsplätze zwischen 2012 und 2015 um rund 600 bzw. 20 Prozent auf 3.600 gestiegen. Im Bundesdurchschnitt war die Entwicklung hingegen leicht negativ.

**Tabelle 21: Beschäftigungsentwicklung im Bereich erneuerbare Energien in Hessen und Deutschland nach Energieträgern 2012–2015 (Veränderungsraten und Strukturangaben in %)**

Energieträger	Hessen:		Deutschland:	
	Veränderung 2012–2015	Struktur im Jahr 2012	Veränderung 2012–2015	Struktur im Jahr 2012
Windenergie	20 %	18 %	17 %	31 %
Photovoltaik	-68 %	40 %	-68 %	26 %
Solarthermie	-27 %	4 %	-22 %	3 %
Wasserkraft	-49 %	2 %	-48 %	3 %
Geothermie	5 %	6 %	5 %	4 %
Biogas	-13 %	7 %	-11 %	13 %
Biomasse	-5 %	17 %	-12 %	13 %
Biokraftstoffe	-12 %	6 %	-10 %	6 %
<b>Insgesamt</b>	<b>-28 %</b>	<b>100 %</b>	<b>-18 %</b>	<b>100 %</b>

Quelle: GWS (2017).

## 10.4 Forschung und Entwicklung

### EU-Förderung der Energieforschung

Die Europäische Union (EU) fördert die Forschung und technologische Entwicklung mit mehrjährigen Rahmenprogrammen. Seit Anfang 2014 läuft das Programm „Horizont 2020“, das achte Förderprogramm für Forschung

und Innovation in der EU. Forschungs- und Innovationsarbeiten im Bereich nicht-nuklearer Energien werden im Teilbereich „Sichere, saubere und effiziente Energie“ gefördert. Schwerpunkte sind die Verringerung des Energieverbrauchs, eine kostengünstige Stromversorgung mit niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen, alternative Brennstoffe und mobile Energiequellen, ein einheitliches, intelligentes europäisches Stromnetz sowie neue Technologien. Die geförderten Maßnahmen werden eng abgestimmt mit den

Zielen und Strategien des Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) der EU, der den politisch-strategischen Rahmen für alle Energiethemata in „Horizont 2020“ darstellt. Ziel ist, den Übergang zu einem Energiesystem auf der Basis CO<sub>2</sub>-emissionsarmer Energietechnologien in Europa zu beschleunigen und dabei die Energieversorgung bezahlbar und wettbewerbsfähig zu gestalten. Anträge für Förderprojekte können auf der Basis von jährlich veröffentlichten Ausschreibungen („Calls“) bei der Europäischen Kommission eingereicht werden.

Die Nationale Kontaktstelle Energie (NKS Energie) in Deutschland ist beim Projektträger Jülich (PtJ) angesiedelt. Sie informiert Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zur EU-Forschungs- und Innovationsförderung im Bereich Energie und unterstützt beim Antrags- und Förderverfahren für „Horizont 2020“. Im Jahr 2016 entfielen gut 90 Mio. Euro Fördermittel auf rund 180 Zuwendungsempfänger aus Deutschland. Damit hatte Deutschland unter den EU-Ländern den höchsten Anteil (ca. 12 %) an den ausgegebenen Fördermitteln insgesamt. Thematische Schwerpunkte waren erneuerbare Energien, Elektrizitätsnetze, Speicher und Lighthouse Cities<sup>27</sup> (BMWi 2017j und NKS 2017).

### Bundesförderung der Energieforschung

Basis für die Bundesförderung von Forschung und Entwicklung im Energiebereich und ein wichtiger Beitrag der Bundesregierung zur Umsetzung der Energiewende ist das 6. Energieforschungsprogramm, das im Jahr 2011 verabschiedet wurde. Im Jahr 2016 wurden Fördermittel in Höhe von insgesamt 876 Mio. Euro bereitgestellt, für den Teil der nichtnuklearen Energieforschung waren es 641 Mio. Euro. Die Förderthemen Energieeffizienz und erneuerbare Energien hatten jeweils einen Anteil von rund 38 Prozent am gesamten Fördertopf. Zusammengekommen machten beide Themenfelder damit mehr als drei Viertel des gesamten Förderbudgets aus. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Fördervolumen um 13,3 Mio. Euro bzw. um 1,5 Prozent gestiegen (BMWi 2017j).

Ein Beispiel für ein in Hessen im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms gefördertes und vom Land Hessen gemeinsam mit der Industrie kofinanziertes Vorhaben ist die ETA-Fabrik an der TU Darmstadt. Ziel des mit 8 Mio. Euro geförderten Projekts ist der Bau einer Modellfabrik, welche verschiedene interdisziplinäre Ansätze zur Reduktion des Energieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einer industriellen Produktion vereint (TU Darmstadt 2017).

Teil des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung sind auch die drei mit hessischer Beteiligung laufenden Kopernikus-Projekte für die Energiewende (BMBF 2017). Die Federführung des Kopernikus-Projekts „Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung (SynErgie)“ liegt zusammen mit der Universität Stuttgart bei der TU Darmstadt. Ziel ist, den Energiebedarf in energieintensiven Branchen mit dem schwankenden Angebot erneuerbarer Energien zu synchronisieren.

Die TU Darmstadt ist auch am Kopernikus-Projekt „Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende (ENSURE)“ beteiligt, dessen Forschungsgegenstand darin liegt, das Stromnetz an eine fluktuierende Einspeisung anzupassen.

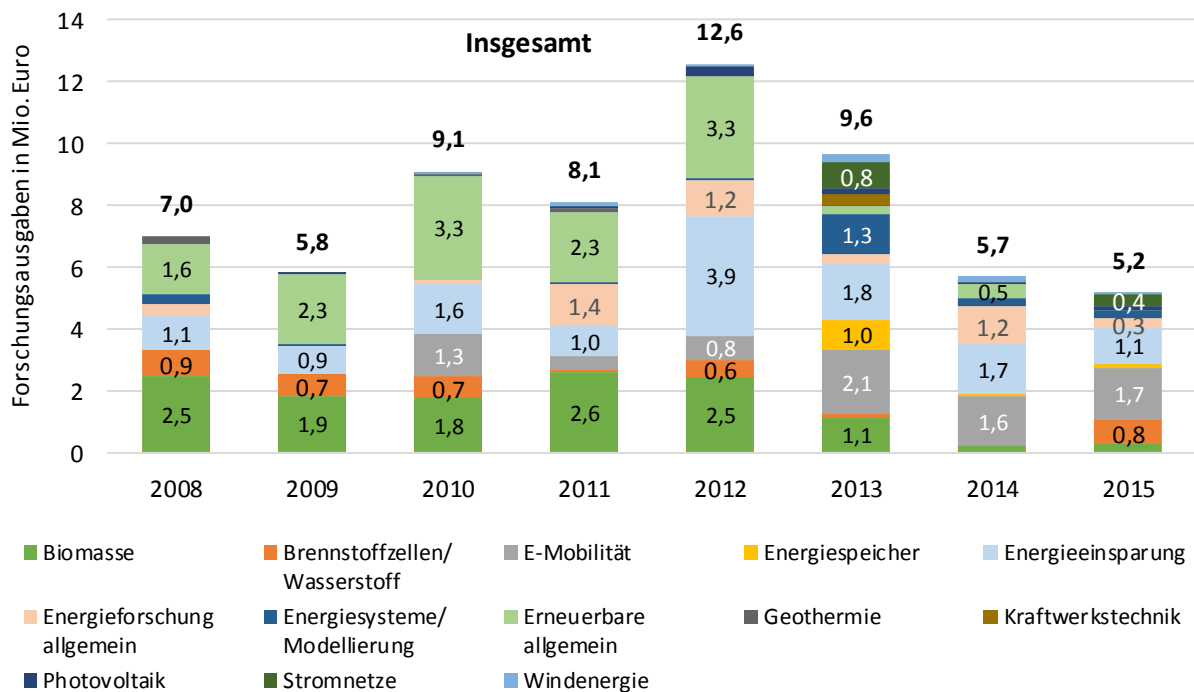
Die Universität Kassel und die TU Darmstadt sind Partner am Kopernikus-Projekt „Energiewende-Navigationssystem (ENavi)“. Das Projekt ENavi verknüpft wissenschaftliche Analysen mit politisch-gesellschaftlichen Anforderungen. Im Fokus steht ein Navigationsinstrument, mit dem die Forscher die Wirkungen von wirtschaftlichen oder politischen Maßnahmen im Voraus abschätzen wollen.

Außerhalb des Energieforschungsprogramms fördert die Bundesregierung in fünf Regionen die Forschung, Entwicklung und Demonstration innovativer Anwendungen, Strukturen und Konzepte für ein intelligentes Energiesystem der Zukunft mit dem Förderprogramm SINTEG: „Schaufenster intelligente Energie“ – Digitale Agenda für die Energiewende. Das Projekt „C/sells“ läuft unter hessischer Beteiligung (siehe Kapitel 7.1, Digitalisierung der Energiewende).

### Förderung der Energieforschung in Hessen

Der Projektträger Jülich führt im Auftrag des BMWi seit 2008 jährlich eine Analyse zu den Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung durch. Demnach wurden von den Bundesländern im Jahr 2015 rund 267 Mio. Euro zur Förderung der Energieforschung aufgebracht. In Hessen betragen die Ausgaben des Landes 5,2 Mio. Euro (siehe Abbildung 63). Das Fördervolumen lag damit um rund 0,5 Mio. Euro niedriger als im Vorjahr.

27 Lighthouse Cities sollen eine Leuchtturmfunktion für andere Städte haben. Im großen Maßstab sollen integrative und innovative Lösungen z. B. für nachhaltige Mobilität, zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden und zur Reduzierung von Emissionen entwickelt und getestet und damit Nachahmungen angestoßen werden.

**Abbildung 63: Förderung der Energieforschung in Hessen 2008–2015 (in Mio. Euro)**

Quelle: Projektträger Jülich 2017, für das Jahr 2014 korrigierte Zahlen.

Schwerpunkt der Förderung war mit einem Volumen von 1,7 Mio. Euro der Bereich E-Mobilität. Dieser Förderbereich wurde gegenüber dem Jahr 2014 aufgestockt. Hier sind neben den Landesprojekten zur Förderung der Elektromobilität und von Elektrobussen (siehe Kapitel 11, Maßnahmen Nr. 51–55) auch die KMU-Verbundfördermaßnahmen für kleine und mittlere Unternehmen im Rahmen der Landes-Offensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz (LOEWE) zu nennen.<sup>28</sup>

Ebenfalls erhöht hat sich das Fördervolumen im Bereich Brennstoffzellen/Wasserstoff. Die Forschungsförderung im Bereich Energieeinsparung ist demgegenüber im Vergleich zum Vorjahr deutlich zurückgegangen.

### Entwicklung von Patenten im Bereich erneuerbarer Energien

Als ein weiterer Indikator für die praktische Umsetzung von Forschungsergebnissen in neue Technologien und neue Produkte kann die Zahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien herangezogen werden. Im Zeitraum von 2013 bis 2016 wurden in Hessen insgesamt 32 Patente im Bereich erneuerbarer Energien angemeldet (siehe Tabelle 22). Gegenüber dem Vergleichszeitraum von 2009 bis 2012 hat sich die Zahl der Patentanmeldungen in allen Bundesländern verringert, in Hessen um 59 Prozent und damit etwas stärker als im Bundesdurchschnitt (-53 %).

<sup>28</sup> Die LOEWE-Förderlinie 3 zielt auf die angewandte Forschung und Entwicklung. Gefördert werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die von KMU sowie von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen durchgeführt werden. Sie wird von der Hessen Agentur als Projektträger administriert. Einen Überblick über die geförderten Projekte ist zu finden unter: <https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/projektbeispiele>.

**Tabelle 22: Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2009–2016**

Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien			
	Zeitraum I	Zeitraum II	Veränderung
	2009-12	2013-16	von I zu II
Baden-Württemberg	430	210	-51 %
Bayern	398	176	-56 %
Berlin	70	41	-41 %
Brandenburg	37	10	-73 %
Bremen	17	4	-76 %
Hamburg	108	89	-18 %
<b>Hessen</b>	<b>78</b>	<b>32</b>	<b>-59 %</b>
Mecklenburg-Vorpommern	57	21	-63 %
Niedersachsen	159	121	-24 %
Nordrhein-Westfalen	308	111	-64 %
Rheinland-Pfalz	59	25	-58 %
Saarland	13	6	-54 %
Sachsen	103	28	-73 %
Sachsen-Anhalt	47	15	-68 %
Schleswig-Holstein	75	20	-73 %
Thüringen	19	16	-16 %
<b>Deutschland</b>	<b>1.978</b>	<b>925</b>	<b>-53 %</b>

Quelle: ZSW 2017c.

## 11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
<b>Allgemein</b>		
1	Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 2. Dezember 2015, geändert am 28. Februar 2017	Die Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 2. Dezember 2015 wurde um den Fördertatbestand „Betriebliche Energieeffizienz-Netzwerke – HessEEN“ ergänzt.
2	„Förderkompass Hessen“	Förderkompass Hessen: Serviceangebot im Online-Portal <a href="http://www.energieland.hessen.de">www.energieland.hessen.de</a> zum Auffinden geeigneter Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene.
3	House of Energy	Das House of Energy ist eine Kommunikations- und Projektplattform für einen landesweiten Verbund aus Politik, Industrie- und Energieunternehmen sowie energiewissenschaftlich orientierten universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Es vernetzt das energiewissenschaftliche Know-how in Hessen und initiiert innovative Pilot- und Demonstrationsprojekte. <a href="http://www.house-of-energy.org/">http://www.house-of-energy.org/</a>
4	Energiemonitoring	2014 wurde eine Monitoringstelle im Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung eingerichtet. Im Monitoringbericht werden neben dem Energieverbrauch und der Energieerzeugung auch die Themen Netze, Verkehr, Treibhausgasemissionen sowie gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende beschrieben. Zusätzlich werden wechselnde Schwerpunktthemen behandelt. Die erste Veröffentlichung des Monitoringberichts zur Energiewende in Hessen erfolgte im November 2015. Der zweite Monitoringbericht wurde im Dezember 2016 veröffentlicht. <a href="https://www.energieland.hessen.de/daten_und_fakten">https://www.energieland.hessen.de/daten_und_fakten</a>
5	Landesenergieagentur Hessen	Die Landesenergieagentur Hessen (LEA) wurde im Mai 2017 als Abteilung in der landeseigenen Gesellschaft Hessen Agentur GmbH eingerichtet. Zielsetzung der LEA ist eine effektive Bündelung, Koordination und Verstärkung der Umsetzungs- und Akzeptanzmaßnahmen zur Energiewende in Hessen. Die LEA soll zu einer zentralen Anlaufstelle bei der Umsetzung von Maßnahmen der Energiewende und des Klimaschutzes für Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen, Verbände, Vereine und nicht zuletzt für die hessischen Kommunen werden.
6	Bioenergiemonitoring	Für die Jahre 2013 bis 2015 wurden Daten zum aktuellen Stand der Bioenergienutzung in Hessen erhoben. Die Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung bewegt sich in einem stabilen Bereich. Der aktuell veröffentlichte Bericht kann abgerufen werden unter: <a href="https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/bericht_bioenergie_monitoring_hessen_2014_end.pdf">https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/bericht_bioenergie_monitoring_hessen_2014_end.pdf</a> .
7	Gründerwettbewerb „Science4Life Energy Cup“	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Der Gründerwettbewerb „Science4Life Energy Cup“ soll junge Start-ups im Energiebereich bei der Umsetzung von Business-Ideen für neue Energieprodukte und -dienstleistungen in einem mehrstufigen Wettbewerb unterstützen. <a href="http://www.science4life.de/VentureCup/EnergyCup.aspx">http://www.science4life.de/VentureCup/EnergyCup.aspx</a>
8	Landesnetzwerk Bürgerenergiegenossenschaften Hessen e. V.	Der LaNEG Hessen e.V. ist eine von der Hessischen Landesregierung geförderte Initiative für die Vernetzung und Förderung der hessischen Bürgerenergiegenossenschaften. <a href="http://www.laneg-hessen.de/">http://www.laneg-hessen.de/</a>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
9	Contracting-Netzwerk Hessen	Das Contracting-Netzwerk Hessen (CNH) ist eine Initiative des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. Es bietet eine Plattform zum Informations- und Erfahrungsaustausch zum Thema Contracting in Hessen. Im Rahmen des CNH werden Best-Practice-Beispiele von hessischen Contracting-Projekten vorgestellt. <a href="https://www.energieland.hessen.de/CNH">https://www.energieland.hessen.de/CNH</a>
10	Neuausrichtung des Städtebauförderungsprogramms „Stadtumbau in Hessen“	Der bisherige Programmschwerpunkt „Anpassung an den demografischen und wirtschaftsstrukturellen Wandel“ wurde um die Programmschwerpunkte Klimaschutz und Klimaanpassung im Stadtumbau erweitert. Im Jahr 2016 erfolgte die Aufnahme von 20 Programmstandorten (jeweils mit 10-jähriger Programmlaufzeit). Weitere Neuaufnahmen erfolgen 2017.
11	Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen	Über 170 hessische Städte, Gemeinden und Landkreise engagieren sich in diesem Bündnis, das sich aus den 100 Kommunen für den Klimaschutz der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen entwickelt hat, für den Klimaschutz und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels.
12	Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen	2015 wurde eine Förderrichtlinie zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen neu erarbeitet. Diese ist zum 1. Januar 2016 in Kraft getreten. Förderberechtigt sind hessische Kommunen und kommunale Unternehmen. Mitglieder des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“ erhalten höhere Fördersätze.
13	Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025	Am 13. März 2017 hat das Kabinett den Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025 beschlossen. Die Maßnahmen decken dabei alle relevanten Handlungsfelder ab: von der Landwirtschaft über die Wirtschaft, den Energiesektor zum Verkehr bis hin zum Gebäudesektor und der Gesundheit. Maßnahmen für Klimaschutz und für die Anpassung an den Klimawandel wurden gleichzeitig erarbeitet.  Das Land Hessen hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 seine Treibhausgasemissionen um 30 Prozent im Vergleich zu 1990 und bis 2025 um 40 Prozent zu reduzieren. Bis 2050 will Hessen klimaneutral werden und strebt eine Reduzierung von mindestens 90 Prozent an. Der Klimaschutzplan unterlegt diese Ziele mit 140 konkreten Maßnahmen. Mit der Verabschiedung des Klimaschutzplans durch das Kabinett hat die Umsetzung bereits begonnen: 42 Maßnahmen aus dem umfangreichen Set sind sogenannte „prioritäre Maßnahmen“, die in der ersten Umsetzungsphase bis 2019 begonnen werden. Hierfür stehen neben den bereits vorhandenen auch zusätzliche finanzielle Mittel in Höhe von 140 Mio. Euro zur Verfügung.
14	Hessenstudie	Kern der Studie ist die Beantwortung der Frage, welche wesentliche Rolle das Land Hessen regional, national und international in der Energiewende zukünftig spielen kann.
<b>Energieeffizienz (Gebäude)</b>		
15	Energieeffizienz im Mietwohnungsbau	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Für hocheffiziente Modernisierungs- und Neubaumaßnahmen an/in größeren Mietwohngebäuden (ab 3 WE) wird in Ergänzung zu den KfW-Programmen ein zusätzlicher Tilgungszuschuss von 5 Prozent bei der energetischen Modernisierung (mind. KfW-Effizienzhaus 115) und 3,5 Prozent bei energieeffizientem Neubau (mind. KfW-Effizienzhaus 55) gewährt.
16	Förderung der energetisch optimierten Modernisierung von Gebäuden zum Passivhaus im Bestand	Weiterführung des bestehenden Programms. Fördermerkblatt im April 2016 aktualisiert. Seit 2014 Förderung von 25 Gebäuden mit 407 Wohneinheiten. Förderbetrag insgesamt 2,7 Mio. Euro.



Nr.	Maßnahme	Umsetzung
17	KFA-Programm zur Förderung der energetischen Modernisierung von kommunalen Nichtwohngebäuden, der sozialen Infrastruktur sowie von kommunalen Verwaltungsgebäuden	Weiterführung des bestehenden Programms bis März 2017. Förderung von investiven kommunalen Maßnahmen (§ 3 HEG) gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 17. Dezember 2012 (am 01.01.2013 in Kraft getreten). Aus diesem Programm wird die gesamte Palette von Maßnahmen zur Energieeinsparung bezuschusst (Strom und Wärme): baulicher Wärmeschutz durch Dämmung und Fenstererneuerung, Umstellung der Heizungsanlage auf erneuerbare Energien, Ersatz der alten Heizung durch moderne Brennwertkessel, Pumpenaustausch, energiesparende Beleuchtungstechnik. Der Großteil der Förderanträge wird für Schulgebäude und Sport- und Mehrzweckhallen gestellt. 2013–2016 sind den hessischen Kommunen insgesamt 51,3 Mio. Euro für 192 Vorhaben bewilligt worden. Es wird eine Energieeinsparung von 5,1 Mio. Litern Heizöl(-Äquivalent) und eine CO <sub>2</sub> -Emissionsminderung von über 11.500 t jährlich erzielt. Seit März 2017 wird das Programm durch die Kommunalrichtlinie (siehe Nr. 18) ersetzt.
18	Kommunalrichtlinie Hessen nach § 3 des Hessischen Energiegesetzes (HEG) zur Förderung der Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in den Kommunen vom 10. Februar 2017	<p>Förderangebot für energetische Modernisierungsmaßnahmen kommunaler Gebäude sowie zusätzlich für Maßnahmen zur Energieeffizienz, zur Nutzung erneuerbarer Energien und von innovativen Energietechnologien. Als Förderschwerpunkte sind zusätzlich Solarthermie für Freibäder sowie Nah- und Fernwärmenetze vorgesehen.</p> <p>Fortführung der bereits geförderten energetischen Modernisierungsmaßnahmen kommunaler Gebäude in unterschiedlichen Qualitätsstufen auf der Basis von Kostenrichtwerten (siehe Nr. 16). Neu sind die Förderoptionen für kommunal ersetzende Maßnahmen sowie im Ausnahmefall für Ersatzneubauten, wenn besonders hohe energetische Standards erreicht werden. Ab 1. Januar 2018 können kommunale Neubauten als Modellvorhaben gefördert werden, wenn sie besonders hohe energetische Qualitätsstandards erreichen.</p> <p>Die Förderhöhe ist abhängig von der Art der Maßnahme sowie der finanziellen Leistungsfähigkeit der Kommune bei 30 bis 70 Prozent der förderfähigen Ausgaben. Hat sich die antragstellende Kommune im Rahmen des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“ zur Einführung und Einhaltung von Klimaschutzmaßnahmen verpflichtet, kann die Förderquote um weitere 10 Prozent erhöht werden. Die Finanzierung erfolgt aus Mitteln des Kommunalen Finanzausgleichs.</p>
19	Bürgschaftsprogramm für Wohnungseigentümergeinschaften	Weiterführung des bestehenden Programms. Wohnungseigentümergeinschaften stehen vor der Schwierigkeit, sich am Markt kaum mit günstigen Förderkrediten für die Durchführung energetischer Modernisierungsmaßnahmen versorgen zu können. Deshalb bietet die Wl-Bank KfW-Darlehen an und sichert diese mit einer Bürgschaft des Landes ab.
20	CO <sub>2</sub> -neutrale Landesverwaltung	Das 2009 gestartete Projekt strebt eine klimaneutral arbeitende Landesverwaltung ab dem Jahr 2030 an. Das Projekt wird federführend vom HMdF betrieben und ist eine prioritäre Maßnahme des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025. Wesentliche Handlungsfelder sind: Erstellung von CO <sub>2</sub> -Bilanzen, Energieeffizienzplan einschließlich Mobilitätskonzepte und Beschaffung sowie Öffentlichkeitsarbeit (siehe folgende vier Maßnahmen). Bis 2014 konnte eine Halbierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen im Vergleich zu 2008 erzielt werden.
21	CO <sub>2</sub> -Minderungs- und Energieeffizienzprogramm für Landesliegenschaften (COME)	Weiterführung des bestehenden Programms. Für die energetische Sanierung der vom Landesbetrieb Bau und Immobilien (LBfIH) betreuten Landesliegenschaften stehen insgesamt 160 Mio. Euro zur Verfügung.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
22	Aufnahme des Effizienzziels für den Staatlichen Hochbau	Die Richtlinie energieeffizientes Bauen und Sanieren von Landesliegenschaften ist am 4. Februar 2014 in Kraft getreten. Neubauten sind grundsätzlich so zu errichten, dass der Standard der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 um 50 Prozent unterschritten wird. Bei energetischen Sanierungen soll mindestens der Neubaustandard der EnEV 2009 erreicht werden.
23	Fortbildungskonzept für Energiebeauftragte und Haushandwerker in Landesgebäuden	Für Energiebeauftragte und Haushandwerker des Landesbetriebs Bau und Immobilien Hessen (LBIH), der Justizvollzugsanstalten und der Universitäten und Hochschulen wurde 2015 ein Fortbildungskonzept entwickelt, um sie im Bereich Energieeffizienz in Nutzung und Betrieb von Gebäuden zu schulen.
24	Pilot für ein Energiemanagementsystem 2015	Im Rahmen der pilotweisen Einführung eines Energiemanagementsystems werden ausgewählte Landesliegenschaften dabei unterstützt, ungenutzte Energieeffizienzpotenziale zu identifizieren sowie zielgerichtete Maßnahmen zu definieren und umzusetzen, so dass ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess in diesen Liegenschaften angestoßen werden kann.
25	Ermittlung der energetischen Sanierungsrate im hessischen Gebäudebestand	Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) führt ein Forschungsvorhaben zu den energetischen Merkmalen im hessischen und bundesweiten Wohngebäudebestand durch.
<b>Energieeffizienz (strom- und sektorenübergreifend)</b>		
26	Landes-KWK-Initiative	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Förderung einer Informationskampagne des Bundes für Umwelt und Naturschutz (BUND) Landesverband Hessen zur Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung insbesondere in kommunalen Gebäuden, Gewerbebetrieben, Krankenhäusern, Alten-Pflegeheimen und Hotels. Damit sollen neue Potenziale im KWK-Bereich erschlossen werden.</li> <li>- Abschluss der Mikro-KWK-Brennstoffzellenförderung im Jahr 2015 aufgrund eines neuen Bundesprogramms.</li> <li>- Beratungsinitiative Mikro-KWK-Brennstoffzelle für das Bundesprogramm ist am 1. September 2016 gestartet.</li> </ul>
27	Förderung von Energieeffizienznetzwerken	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Förderprogramm für in Gründung befindliche und bestehende betriebliche Energieeffizienznetzwerke (Zuschüsse zur Akquise, externe Referenten, Raummiete und Sachkosten). <a href="https://www.energieland.hessen.de/energieeffizienz-netzwerke">https://www.energieland.hessen.de/energieeffizienz-netzwerke</a>
28	Förderung von LED-Straßenbeleuchtung	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Mit Informationsveranstaltungen, Beratungen und Förderung von Bund oder Land wird die Modernisierung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technik vorangetrieben. Seit 2016 wurden Fördermittel für über 100 hessische Projekte bewilligt. Mit diesen Mitteln werden in den Jahren 2017/2018 über 60.000 Straßenleuchten auf LED modernisiert, dies entspricht ca. 12 Prozent der hessischen Straßenleuchten. Davon entfallen auf das Förderprogramm des Landes Hessen 16 Vorhaben mit 15.000 Leuchten und 815.000 Euro Zuschuss. <a href="https://www.energieland.hessen.de/StromeffizienteLED_Strassenbeleuchtung">https://www.energieland.hessen.de/StromeffizienteLED_Strassenbeleuchtung</a>
29	Förderung von Einrichtungen und Maßnahmen zur Energieberatung	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015. Sie wird gewährt zur Einrichtung von Energieberatungsstellen und Energieagenturen für einen Zeitraum von 3 Jahren und u. U. für weitere 2 Jahre als Anschlussförderung zur Verstärkung der Arbeit.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
30	Förderung von Maßnahmen zur Qualifikations- und Informationsvermittlung von Technologien auf dem Gebiet der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015. Über diesen Fördertatbestand können auch Weiterbildungsangebote der Architekten- und Handwerkskammern und Qualifikationsangebote von Hochschulen gefördert werden.
31	Förderung von kommunalen Informations- und Akzeptanzinitiativen	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015. Im Rahmen der Vorbereitung und Planung komplexer kommunaler Projekte in den Bereichen Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien können Kommunen die Förderung eines Energie-Coachings für Mandatsträger und Mitarbeiter der Verwaltung sowie Veranstaltungen im Rahmen eines Bürgerdialogs zum Austausch von Anregungen, Bedenken und Einwänden mit den Bürgern zu dem geplanten Projekt beantragen.
32	Modellprojekt „Integrierte energetische Quartierssanierung im Werra-Meißner-Kreis“	Das Modellprojekt „Integrierte energetische Quartierssanierung im ländlich geprägten Raum“ des Werra-Meißner-Kreises wurde vom Land Hessen und der KfW gefördert. In dem interkommunalen Modellprojekt unter Federführung des Werra-Meißner-Kreises wurden für sechs Kommunen gleichzeitig Quartierskonzepte erstellt, wobei frühzeitig Bürger und potenzielle Investoren beteiligt wurden. Als Ergebnis wurden umsetzungsreife Projektansätze und Handlungsstrategien in den sechs ausgewählten Quartieren in Eschwege, Großalmerode, Herleshausen, Meißner-Germerode, Ringgau-Netra und Witzenhausen erarbeitet.
33	Hessische Energiesparaktion (HESA)	Weiterführung des seit 2001 bestehenden Programms. Tipps und Tricks für Bürgerinnen und Bürger zur Energieeinsparung bei Alt- und Neubauten: <a href="http://www.energiesparaktion.de/">http://www.energiesparaktion.de/</a>
34	Hessische Initiative für Energieberatung im Mittelstand (HIEM)	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Verlängerung des seit 2012 bestehenden Programms (Lotsenfunktion) bis Ende 2017. Seit Oktober 2015 zusätzlich kostenlose niederschwellige Impulsberatung für kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) zu Energieeffizienzmaßnahmen.
<b>Erneuerbare Energien</b>		
35	Bürgerforum Energieland Hessen	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Das Landesprogramm Bürgerforum Energieland Hessen unterstützt die Energiewende in Hessen durch zielgerichtete Informations- und Dialogangebote für die Bürgerinnen und Bürger in den besonders betroffenen Kommunen.
36	Jährliche Investorenkonferenz Windenergie	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Die jährliche Investorenkonferenz im Format eines Dialogforums soll dem Austausch zwischen Verwaltung, Planern und Investoren von Windenergieanlagen dienen.
37	Expertenworkshops Windenergie	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Im Rahmen der Expertenworkshops werden thematische Aspekte des Windenergieausbaus aufgegriffen, die sich aus den Entwicklungen auf Bundesebene (z. B. EEG-Ausschreibungsmodell, LAI-Schallimmissionsprognose) ergeben oder von besonderer Relevanz für Hessen sind (Milan-Dichtezentrum, Flugsicherheit, Bürgerbeteiligung etc.).
38	Förderung von innovativen Energietechnologien	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015. Beispiele: Abwasserabwärmennutzung, Eisspeicher im Quartier, Smart-Home-Technologieprojekt in Wohngebiet, innovatives Erdkabeltestprojekt.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
39	Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten	Die Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015. Energiekonzepte bilden die Entscheidungsgrundlagen für innovative Quartierslösungen mit einem hohen Grad an Eigenversorgung z. B. durch BHKW und erneuerbare Energien. Weitere Themen sind Nahwärmelösungen auf der Basis von Biomasse oder auch interkommunale Projekte wie z. B. zur Nutzung der Windenergie. <a href="https://www.energieland.hessen.de/foerderung-kommunen">https://www.energieland.hessen.de/foerderung-kommunen</a>
40	Förderung von Mieterstrommodellen	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. In dem Pilotvorhaben „Mieterstrommodelle“ sollen bis zu 1.000 Wohneinheiten gemeinsam mit Wohnbaugesellschaften, Energieversorgern oder Energiegenossenschaften auf eine hauseigene Stromversorgung umgestellt werden. <a href="https://www.energieland.hessen.de/foerderung-unternehmen">https://www.energieland.hessen.de/foerderung-unternehmen</a>
41	Hessenweites Solar-Kataster	Jedes der hessischen Dächer und jede Freifläche lässt sich ab dem 01.09.2016 online auf ihre Eignung für eine Solaranlage prüfen. Das Solar-Kataster Hessen berücksichtigt nicht nur physikalische Größen wie Neigungswinkel und Verschattung, sondern kalkuliert auch unter Berücksichtigung von Batteriespeichern die Wirtschaftlichkeit für unterschiedlichste Verbrauchsprofile. <a href="https://www.solarkataster.hessen.de">https://www.solarkataster.hessen.de</a>
42	Solarthermische Anlagen im Mehrfamilienhaus	Es sollen beispielhafte solarthermische Großanlagen gefördert werden, die in Mehrfamilienhäusern oder im Gewerbe Anwendung finden können. Eine Förderung ist nach der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 02. Dezember 2015 möglich.
43	Aufbau einer Power-to-Gas-Versuchsplattform im Technikumsmaßstab	Direktmethanisierung von Biogas im Technikumsmaßstab in einer 50 kW <sub>el</sub> Power-to-Gas-Anlage am Eichhof, Bad Hersfeld. Der Wasserstoff wird direkt mit Biogas methanisiert. Das neue Anlagenkonzept wird im kombinierten Betrieb getestet. <a href="https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/hessisches-biogas-forschungszentrum">https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/hessisches-biogas-forschungszentrum</a>
44	Mobilisierung, Aufbereitung und Verwertung holziger Biomasse in der ländlichen Region am Beispiel des Werra-Meißner-Kreises	Der Werra-Meißner-Kreis möchte mit dem Projekt weitere Holzsegmente wie Grüngut und Landschaftspflegeholz zur Substitution fossiler Energien durch erneuerbare Brennstoffe erschließen. Dazu wurde ein Akteursnetzwerk aufgebaut, Vorversuche zur Sammlung von Grüngut und Landschaftspflegeholz durchgeführt sowie Potenziale und Nutzungskonzepte für verschiedene Holzsortimente entwickelt. Die Ergebnisse sind auf ähnlich strukturierte Landkreise übertragbar. Die Projektphase I ist abgeschlossen. Nähere Informationen unter <a href="https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/mobilisierung-aufbereitung-und-energetische">https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/mobilisierung-aufbereitung-und-energetische</a>
45	Förderung der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe	Förderung von automatisch beschickten Biomassefeuerungsanlagen, Beratung bei neuen oder bereits bestehenden Anlagen. Checks bereits geförderter Anlagen. Pilot- und Demonstrationsvorhaben zur weiteren Optimierung. <a href="https://www.wibank.de/wibank/foerderung-der-laendlichen-entwicklung-in-hessen/foerderung-von-biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/312070">https://www.wibank.de/wibank/foerderung-der-laendlichen-entwicklung-in-hessen/foerderung-von-biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/312070</a>
46	Anwendungsmöglichkeiten der Wasserstofftechnologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e.V. (H2BZ-Initiative Hessen e.V.)</li> <li>- Förderung von Einzelprojekten, z. B. Flottenprojekt</li> <li>- Förderprojekte in den Bereichen ÖPNV und stationäre Systeme</li> </ul>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
<b>Netzinfrasturktur</b>		
47	Verteilnetzstudie	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Erstellung einer Verteilnetzstudie für Hessen bis 2019 zur Ermittlung der Grenzen und Anpassungsoptionen für die Einspeisung erneuerbarer Energien in Verteilnetze.
48	Intelligente Energienetze im Quartier	Maßnahme im Rahmen der Energie-Agenda 2015. Entwicklung und Förderung von Pilotprojekten zur Optimierung der erneuerbaren Energien im Stromnetz.
49	Speichertechnologien – Studie und Unterstützung Pilot- und Demonstrationsvorhaben (P&D)	Pilot- und Demonstrationsvorhaben sind wichtige Schritte bei der Technologieentwicklung. Daher sollen auch die für eine sichere zukünftige Energieversorgung wichtigen Speichertechnologien (z. B. Batteriespeicher, Wärmespeicher) in Hessen gefördert werden.
<b>Verkehr</b>		
50	Schienengüterverkehr: Gleisanschlussförderung	2015 hat das Land Hessen ein Förderprogramm zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schienen neu aufgelegt. Ziel ist die Verminderung des LKW-Verkehrs. Gefördert werden Investitionen (Neuanlagen und Sanierung) sowie Gutachten.
51	Elektromobilität: E-Beschaffung	Bei der Beschaffung von Dienstwagen für die hessische Landesverwaltung können im Rahmen dieses Programms die Mehrkosten eines E-PKW im Vergleich zu einem herkömmlichen PKW bis zu einem Höchstbetrag gefördert werden.
52	Elektromobilität: Projektförderung	Seit 2015 fördert das HMWEVL F&E-Projekte sowie Pilotanwendungen im Bereich der Elektromobilität. Dafür stehen im Haushaltsjahr 2017 1,2 Mio. Euro zur Verfügung.
53	Elektromobilität: E-Busförderung	Seit Ende 2016 können sich die Verkehrsbetriebe in Hessen die Anschaffung von elektrisch angetriebenen Bussen und die dazu gehörige Ladeinfrastruktur fördern lassen. Dafür stehen jährlich 5 Mio. Euro zur Verfügung.
54	Elektromobilität: ELISA	ELISA steht für „Elektrifizierter, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen“. Dabei soll in einem vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt eine Teststrecke mit Oberleitungsinfrastruktur für LKW errichtet und betrieben werden. Ende 2018 soll die Teststrecke auf einem Abschnitt der A 5 fertig sein und 2019 der Testbetrieb der Oberleitungs-LKW beginnen.
55	Elektromobilität: Ladesäulenförderung	Begrenzt bis Ende 2018 besteht für Antragsteller aus Hessen die Möglichkeit, sich den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge fördern zu lassen. Darüber sind alle hessischen Energieversorgungsunternehmen im Juni 2017 informiert worden.

# 12

## Ausblick



## 12 Ausblick

Der hessische Monitoringbericht zeigt auf Basis von Daten und Fakten die Entwicklungen der Energiewende in Hessen auf. Für die Themenfelder Energieverbrauch und Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Energieerzeugung, Netzausbau, Elektromobilität, Treibhausgasemissionen und gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende wird eine Vielzahl an Indikatoren betrachtet und laufend fortgeschrieben. Wesentliche Grundlagen des Indikatorsystems bilden die hessische Energiestatistik sowie Daten der Bundesnetzagentur, aber auch eigens für das hessische Energiemonitoring durchgeführte Analysen und Schätzungen, um aktuelle und landesbezogene Angaben zu ermitteln.

Die Energiewende, aber auch das Energiemonitoring sind ein dynamischer Prozess. So haben Reformen der gesetzlichen Grundlagen und der Förderung Auswirkungen auf das weitere Voranschreiten der Energiewende. Aber auch Änderungen in der Statistik und Weiterentwicklungen in den Datengrundlagen beeinflussen unmittelbar die Grundlagen des Energiemonitorings. Im Folgenden werden maßgebliche Entwicklungen der Rahmenbedingungen und Datengrundlagen dargestellt, die für die zukünftigen Monitoringberichte von Belang sein werden:

Das zum Jahresbeginn 2017 eingeführte Auktionsverfahren für zu errichtende Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien löst den bisherigen gesetzlichen Anspruch auf eine EEG-Förderung ab. Das wettbewerbliche Ausschreibungsverfahren zur Ermittlung der Vergütungssätze soll zu einer besseren Steuerung des Ausbaus der erneuerbaren Energien und langfristig zur Kostensenkung beitragen. Betreiber neuer Wind-, Solar- und Biomasseanlagen müssen sich an dem Ausschreibungsverfahren beteiligen, sofern die Anlagen eine bestimmte Größe überschreiten. Für Windenergieanlagen an Land und Photovoltaikanlagen liegt die Grenze bei 750 kW installierter Leistung, für Biomasseanlagen bei 150 kW. Das Gebotsverfahren wird von der Bundesnetzagentur durchgeführt. Von besonderem Interesse wird sein, in welchem Umfang insbesondere Windenergieanlagen in Hessen zum Zuge kommen werden und wie sich der weitere Ausbau entwickeln wird.

Eine verlässliche Datenbasis ist sowohl für den Erfolg der Energiewende als auch für die zunehmende europäische Integration der nationalen Strom- und Gasmärkte eine notwendige Voraussetzung. Dementsprechend sollen mit der Novellierung des im März 2017 in Kraft getretenen Energiestatistikgesetzes (EnStatG) die Veränderungen im Energiesektor abgebildet und den veränderten Anforderungen an Energiedaten auf nationaler und auf

internationaler Ebene Rechnung getragen werden. Als wesentliche Neuregelungen sind dabei zu nennen, dass erstens neue Marktteilnehmer wie Strom- und Gashändler, Netzbetreiber, Speicher- und Transportgesellschaften als Auskunftspflichtige einbezogen werden; zweitens die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien jetzt monatlich statt wie bisher jährlich erhoben wird und drittens neue Datenbedarfe aus internationalen Berichtspflichten berücksichtigt werden. Gleichzeitig wird der amtlichen Energiestatistik mehr Flexibilität eingeräumt, um schneller und ohne zeitaufwändige Gesetzgebungsverfahren auf Veränderungen auf den Energiemärkten reagieren zu können. Erstmals werden Daten nach dem neuen EnStatG für den Januar 2018 erhoben und voraussichtlich im April 2018 zur Verfügung stehen. Die Veröffentlichung des Jahresberichtes zur monatlichen Stromerzeugung für das Jahr 2018 ist im Frühjahr 2019 vorgesehen. Alle weiteren Veröffentlichungen der Energiestatistiken zu den Jahreserhebungen 2018 werden ab Herbst 2019 zur Verfügung stehen.

Mit dem Marktstammdatenregister (MaStR) wurde am 01. Juli 2017 ein umfassendes behördliches Register des Strom- und Gasmarktes eingeführt, mit dem viele behördliche Meldepflichten durch die zentrale Registrierung vereinheitlicht, vereinfacht oder ganz abgeschafft werden sollen. Derzeit befindet sich das MaStR noch in der Aufbauphase, es wird im nächsten Jahr aber die zentrale Datengrundlage der Marktakteure und Anlagen der leitungsgebundenen Energieversorgung im Strom- und Gasmarkt sein. Das bisher von der Bundesnetzagentur betriebene Anlagenregister sowie das PV-Meldeportal werden dann vollständig in das MaStR integriert sein. Durch die Einbeziehung der Anlagenbetreiber, die Verantwortung für die Daten übernehmen müssen, ist von einer Qualitätssteigerung der Daten auszugehen. Auch der hessische Monitoringbericht wird auf diese neue Datenbasis umstellen.

Für den Monitoringbericht 2018 werden die ausführlichen Ergebnisse des Instituts Wohnen und Umwelt zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohnungsbestand vorliegen. Sie werden im Themenbereich Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch vorgestellt werden.





# Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

<b>Abbildung</b>	<b>Seite</b>
1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe 2003–2016 (in TWh).....	3
2 Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings.....	9
3 Grundlagen des hessischen Energiemonitorings.....	10
4 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ).....	12
5 Indexentwicklung des PEV nach Energieträgern (Index 2000 = 100).....	13
6 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ).....	14
7 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000–2016 (in PJ).....	15
8 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ).....	16
9 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ).....	16
10 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ).....	17
11 Entwicklung von Bruttostromverbrauch, -erzeugung und Stromaustauschsaldo 2000–2016 (in TWh).....	18
12 Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000–2016 (in TWh, Anteilswerte in %).....	18
13 Stromverbrauch der privaten Haushalte je Einwohner 2000–2016 (in kWh).....	19
14 Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000–2016 (in TWh, Anteilswerte in %).....	19
15 Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) (Index 2000 = 100).....	20
16 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität 2000–2016 (Index 2000 = 100).....	21
17 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Stromproduktivität 2000–2016 (Tber, Index 2000 = 100).....	21
18 Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000–2016 (Index 2000 = 100).....	22
19 Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2014 (in kWh je 1.000 Euro BWS).....	23
20 Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003–2016 (in %).....	25
21 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Treibstoffe 2003–2016 (in TWh).....	26
22 Entwicklung von Strom, Wärme und Treibstoffen aus erneuerbaren Energien 2003–2016 (Index 2003 = 100).....	27
23 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000–2016 (in TWh, Anteilswerte in %).....	28
24 Anteilsentwicklung erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000–2016 sowie Trendfortschreibung bis 2050 (in %).....	28
25 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003–2016 (in TWh, Anteilswerte in %).....	29
26 Treibstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000–2016 (in TWh).....	30

27	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000–2016 (in PJ).....	34
28	Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs 2000–2016 in Hessen (in PJ, Anteilswerte in %).....	39
29	Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im Wohngebäudebestand: Die 149 Teilnehmerstädte und -gemeinden aus Hessen.....	40
30	Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung in Hessen und Deutschland 2008–2016 (Index 2008 = 100).....	41
31	KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008–2016 (in Mio. Euro) .....	42
32	Im Rahmen des MAP vom BAFA im Jahr 2016 geförderte Anlagen in Hessen .....	43
33	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG am 31.12.2016 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW).....	51
34	Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2016 nach Energieträgern (in GWh).....	52
35	In KWK-Anlagen installierte Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner im Jahr 2016 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten.....	55
36	Leitungsvorhaben in Hessen aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) .....	59
37	Stand des Übertragungsnetzausbaus in Hessen nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) .....	61
38	Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010–2016 (in Mrd. Euro).....	62
39	Strombedingte Redispatchmaßnahmen 2016 gemäß Meldungen der Übertragungsnetzbetreiber.....	64
40	Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006–2015 (in min/Jahr) .....	65
41	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verkehrsträgern 2000–2016 (in PJ, Anteilswerte in %).....	69
42	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000–2016 (in PJ) .....	69
43	Entwicklung des spezifischen Endenergieverbrauchs (temperaturbereinigt) im Straßenverkehr (Index 2000 = 100) .....	70
44	Entwicklung der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und Ladepunkte in Hessen 2010–2017 .....	73
45	Entwicklung der Treibhausgasemissionen 2000–2013/2015 (in Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %) .....	76
46	Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen 2000–2013 (in Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalente).....	77
47	Entwicklung der Treibhausgasemissionen je Einwohner und BIP (Index 2003 = 100).....	77
48	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren im Jahr 2015 (in Mio. Tonnen).....	78
49	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren 2000–2015 (Index 2000 = 100).....	79
50	Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000–2016 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100).....	81
51	Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010 und 2014–2017 (in Cent je kWh).....	83
52	Preisentwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000–2016 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100) .....	84

53	Entwicklung des Strompreises für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010 und 2014–2017 (in Cent je kWh).....	84
54	Verteilung der von EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2017 (in %).....	86
55	Auszahlungen aus EEG-Vergütungen und Marktprämien für Hessen 2010–2015 (in Mio. Euro) .....	87
56	KWK-Index: Preisentwicklung für an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststrom 2000–2017 (erstes Quartal) (in Euro/MWh) .....	88
57	Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000–2016 (nominal; Index 2000 = 100) ....	88
58	Halbjahres-Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Preise 2008–2016 (in Euro je Tonne CO <sub>2</sub> ).....	89
59	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011–2016 (in Mio. Euro).....	90
60	Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes (ohne Baugewerbe) zur Steigerung der Energieeffizienz 2006–2014 (in Mio. Euro) .....	91
61	Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000–2016.....	92
62	Bruttobeschäftigung in Hessen durch erneuerbare Energien 2012–2015.....	92
63	Förderung der Energieforschung in Hessen 2008–2015 (in Mio. Euro) .....	95

## Tabelle

## Seite

1	Vergleich der Energieeffizienz verschiedener Energieträger und Technologien in den Sektoren Wärme und Verkehr.....	31
2	Strukturvergleich des Wohnungsbestandes in bewohnten Wohnhäusern in Hessen und Deutschland in den Jahren 2010 und 2014 (Anteilswerte in %) .....	35
3	Im Jahr 2016 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Anzahl, Anteilswerte in %).....	37
4	Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2016 (in PJ, Anteilswerte in %).....	39
5	Bau- und Sanierungsförderung der KfW nach Anzahl der Zusagen, Fördervolumen und geförderten Wohneinheiten 2016 in Hessen.....	41
6	Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern, erstes Quartal 2017.....	45
7	Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2016 in Hessen nach Energieträgern.....	47
8	Inbetriebnahmen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen, 2014 bis erstes Halbjahr 2017, Anzahl der Anlagen sowie installierte elektrische Leistung.....	48
9	Leistungsänderung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2015 und 2016 (in MW).....	48
10	Stillgelegte Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2015 und 2016 (in MW).....	48
11	Eingespeiste Strommengen von EEG- geförderten Anlagen in Hessen nach Energieträgern 2016 (in GWh).....	50
12	Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2016.....	53

13	Die zehn Gemeinden mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2016.....	53
14	Anzahl und elektrische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen nach Leistungskategorie 2016 .....	54
15	Fernwärmenetze in Hessen: Trassenlänge, Haushaltsübergabestationen, Leistung und nutzbare Wärmeabgabe 2012–2015 .....	66
16	Entwicklung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs von neu zugelassenen PKW in Deutschland 2000–2016 (in Liter je100 km) und Zahl der neu zugelassenen PKW in Hessen (in 1.000) .....	70
17	Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2017 sowie im Vergleich zum Vorjahr .....	71
18	Entwicklung des Börsenstrompreises und der EEG-Umlage (in Cent je kWh) .....	82
19	Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Mengen nach Bundesländern 2010–2017 .....	85
20	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen (in Mio. Euro) .....	89
21	Beschäftigungsentwicklung im Bereich erneuerbare Energien in Hessen und Deutschland nach Energieträgern 2012–2015 (Veränderungsraten und Strukturangaben in %) .....	93
22	Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2009–2016.....	96

## Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BKartA	Bundeskartellamt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
BWS	Bruttowertschöpfung
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EEX	European Energy Exchange
EnLAG	Energieleitungsausbaugesetz
EnStatG	Energiestatistikgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher
GWh	Gigawattstunde
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung
H2BZ-Initiative Hessen	Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e.V.
HA	HA Hessen Agentur GmbH
HEG	Hessisches Energiegesetz
HESA	Hessische Energiesparaktion
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMWEVL	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung
HMWK	Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
HSL	Hessisches Statistisches Landesamt
IE-Leipzig	Institut für Energie Leipzig GmbH
IWES	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
IWU	Institut Wohnen und Umwelt GmbH
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
km	Kilometer

KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kV	Kilovolt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LDEW	Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e.V.
LEA	Landesenergieagentur
LOEWE	Landes-Offensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz
MAP	Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt
MaStR	Marktstammdatenregister
Mio.	Million
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NKS Energie	Nationale Kontaktstelle Energie
PCI	Vorhaben von gemeinsamem Interesse (engl.: Projects of Common Interest)
PEV	Primärenergieverbrauch
PJ	Petajoule
PKW	Personenkraftwagen
PtJ	Projektträger Jülich
PV	Photovoltaik
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SET-Plan	Strategic Energy Technology Plan der Europäischen Union
SUN	Stadtwerke Union Nordhessen GmbH & Co. KG
t	Tonnen
Tber	Temperaturbereinigt
TJ	Terajoule
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
VNB	Verteilnetzbetreiber
VGRdL	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

# Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren

## Einheiten für Energie:

- Joule (J) für Energie, Arbeit, Wärmemenge
- Watt (W) für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
- 1 Joule (J) = 1 Newtonmeter (Nm) = 1 Wattsekunde (Ws)

Vorsätze und Vorsatzzeichen für Energieeinheiten:

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz
Kilo	k	$10^3$ (Tausend)
Mega	M	$10^6$ (Millionen)
Giga	G	$10^9$ (Milliarden)
Tera	T	$10^{12}$ (Billionen)
Peta	P	$10^{15}$ (Billiarden)

## Umrechnungsfaktoren:

Energie wird in Joule gemessen. Energie kann aber auch als Produkt von Leistung (W) und Zeit (s) umgerechnet werden, da ein Joule als diejenige Energiemenge definiert ist, die notwendig ist, um die Leistung von einem Watt für eine Sekunde zu erzeugen:  $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ Ws}$ . Entsprechend sind  $3.600 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1 \text{ Wh}$  und  $3600000 \text{ J} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} = 1.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1.000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$ .

Daraus ergeben sich folgende Relationen zwischen Angaben in Joule und deren Umrechnung in kWh:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} \text{ bzw. } 1 \text{ J} = 1/3.600 \text{ Wh} = 0,00027778 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kJ} = 0,00027778 \text{ kWh}$$

$$1.000 \text{ kJ} = 1 \text{ MJ} = 0,27777778 \text{ kWh}$$

$$1.000 \text{ MJ} = 1 \text{ GJ} = 277,777778 \text{ kWh} = 0,27777778 \text{ MWh}$$

$$1.000 \text{ GJ} = 1 \text{ TJ} = 277,777778 \text{ MWh} = 0,27777778 \text{ GWh}$$

$$1.000 \text{ TJ} = 1 \text{ PJ} = 277,777778 \text{ GWh} = 0,27777778 \text{ TWh}$$

sowie von Angaben in kWh und deren Umrechnung in Joule:

$$1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1.000 \text{ kWh} = 1 \text{ MWh} = 3.600 \text{ MJ}$$

$$1.000.000 \text{ kWh} = 1.000 \text{ MWh} = 1 \text{ GWh} = 3.600 \text{ GJ}$$

$$1.000.000 \text{ MWh} = 1.000 \text{ GWh} = 1 \text{ TWh} = 3.600 \text{ TJ}$$

$$1.000.000 \text{ GWh} = 1.000 \text{ TWh} = 1 \text{ PWh} = 3.600 \text{ PJ}$$

## Glossar

- Anpassungsmaßnahmen:** Anpassungen von Stromeinspeisungen und/oder Stromabnahmen auf Verlangen des Netzbetreibers, wenn andere Maßnahmen nicht ausreichen, ohne Entschädigung.
- Biogas** Biogas entsteht, wenn Biomasse unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff in einem Gärbehälter, dem Fermenter einer Biogasanlage, durch bestimmte Bakterien abgebaut wird. Biogas besteht aus Methan, Kohlendioxid, Sauerstoff, Stickstoff und Spurengasen (u. a. Schwefelwasserstoff). Der Hauptbestandteil, das Methan, ist energetisch nutzbar. Biogas kann sowohl aus Energiepflanzen (z. B. Mais, Getreide) als auch aus Rest- und Abfallstoffen wie Biomüll, Abfällen aus der Nahrungsmittelindustrie, Ernteresten und Stroh sowie tierischen Exkrementen wie Gülle und Mist gewonnen werden.
- Biomasse** Biomasse ist der Oberbegriff für alle Stoffe organischer Herkunft, die ihr Wachstum letztlich der Nutzung der Solarenergie verdanken. Es kann unterschieden werden zwischen
- den in der Natur lebenden Pflanzen und Tieren,
  - deren Rückständen (z. B. abgestorbene Pflanzen wie Stroh) und Nebenprodukten (z. B. Exkremente wie Gülle),
  - im weiteren Sinne allen organischen Stoffen, die durch eine technische Umwandlung (z. B. Papier, Zellstoff, Pflanzenöl) oder durch eine andere Nutzung entstanden sind (z. B. Biomüll, Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie).
- Biotreibstoff** Aus Biomasse gewonnener Treibstoff für den Betrieb von Verbrennungsmotoren (z. B. in Fahrzeugen oder Blockheizkraftwerken) oder Heizungen. Zu Biotreibstoffen zählen Biodiesel, Bioethanol, Biomethan (aus Biogas), reine Pflanzenöle und die synthetischen Biomass-to-Liquid-Treibstoffe.
- Blockheizkraftwerk** Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.
- Brutto-/Netto-beschäftigung** Bruttobeschäftigung bezeichnet die Zahl der Beschäftigten, die der Branche der erneuerbaren Energien in Deutschland zugerechnet werden kann und die alle direkt in der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, dem Betrieb, der Wartung, der Bereitstellung von Brennstoffen beschäftigten Personen sowie die indirekt durch die Nachfrage dieser Bereiche nach Vorlieferungen Beschäftigten umfasst.
- Bei der Nettobeschäftigung werden Mitnahme-, Verlagerungs- und Substitutionseffekte sowie gegebenenfalls Multiplikationseffekte mitberücksichtigt. So können z. B. im Rahmen einer Szenarioanalyse die Effekte eines Ausbaus der erneuerbaren Energien mit den Effekten einer Entwicklung ohne Ausbau der erneuerbaren Energien auf die gesamtwirtschaftlichen Veränderungen der Beschäftigtenzahl miteinander verglichen werden.
- Bruttostromerzeugung / Nettostromerzeugung** Die Bruttostromerzeugung umfasst die insgesamt erzeugte Strommenge eines Landes oder einer Region. Nach Abzug des Eigenverbrauchs der Kraftwerke verbleibt die Nettostromerzeugung.



<b>Bruttostromverbrauch / Nettostromverbrauch</b>	Der Bruttostromverbrauch entspricht der Summe der gesamten inländischen Stromgewinnung (Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl, Erdgas und andere), zuzüglich der Stromflüsse aus dem Ausland und abzüglich der Stromflüsse ins Ausland. Der Nettostromverbrauch ist gleich dem Bruttostromverbrauch abzüglich der Netz- bzw. Übertragungsverluste.
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	Die Einheit für das Treibhauspotenzial eines Gases gibt an, welche Menge CO <sub>2</sub> in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde wie das betrachtete Vergleichsgas.
<b>EEG</b>	Das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Kurzfassung: Erneuerbare-Energien-Gesetz, „EEG“) aus dem Jahr 2000 regelt die Vorrang-Abnahmepflicht erneuerbarer Energien durch die Netzbetreiber, die (degressiven) Vergütungssätze der einzelnen Erzeugungsarten wie auch das Umlageverfahren der resultierenden Mehrkosten auf alle Stromabnehmer.
<b>EEG-Umlage</b>	Elektrizitätslieferanten müssen nach der Ausgleichsmechanismusverordnung für jede Kilowattstunde Strom eine EEG-Umlage an den jeweiligen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) entrichten. Die EEG-Umlage ist bundesweit einheitlich und liegt im Jahr 2017 bei 6,88 ct/kWh. Mit der EEG-Umlage soll die Differenz zwischen den zu zahlenden EEG-Einspeisevergütungen und den Einnahmen der ÜNB aus der Vermarktung des EEG-Stromes an der Börse gedeckt werden. Elektrizitätslieferanten, die Strom an Letztverbraucher liefern, dürfen die EEG-Umlage an ihre Kunden weitergeben.
<b>Einspeisemanagement</b>	Abregelung von Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energie- und KWK-Anlagen auf Verlangen des Netzbetreibers mit Entschädigung.
<b>Emissionszertifikate</b>	Ein Emissionszertifikat ist ein verbrieftes und übertragbares Nutzungsrecht für die Emission einer bestimmten Menge an Treibhausgasen. Die Zertifikate werden im Rahmen des EU-Emissionshandels (European Union Emission Trading System, EU ETS) gehandelt.
<b>Endenergie</b>	Endenergie ist der Teil der Primärenergie, der den Verbraucher nach Abzug von Übertragungs- und Umwandlungsverlusten erreicht und der dann zur weiteren Verfügung steht. Endenergieformen sind zum Beispiel Fernwärme, elektrischer Strom, Kohlenwasserstoffe wie Benzin, Kerosin, Heizöl oder Holz und verschiedene Gase wie Erdgas, Biogas und Wasserstoff.
<b>Endenergieverbrauch</b>	Als Endenergieverbrauch wird die Verwendung von Energieträgern in einzelnen Verbrauchssektoren bezeichnet, sofern sie unmittelbar zur Erzeugung von Nutzenergie oder für Energiedienstleistungen eingesetzt werden.
<b>Energiebilanz</b>	Eine Energiebilanz gibt in Form einer Matrix Aufkommen, Umwandlung und Verwendung von Energieträgern in einer Volkswirtschaft für einen bestimmten Zeitraum, meist ein Jahr, an.
<b>Energiedienstleistung</b>	Eine Energiedienstleistung ist die Lieferung einer Dienstleistung wie z. B. beheizter Raum oder Licht anstelle der heute überwiegend üblichen Lieferung der Energieträger wie Erdgas oder elektrischer Strom durch ein Energieversorgungsunternehmen.
<b>Energieeffizienz</b>	Allgemein bezeichnet das Wort Effizienz das Verhältnis vom erzielten Ertrag zur eingesetzten Arbeit, also von Aufwand und Nutzen. Bei der Energieeffizienz geht es um einen

möglichst hohen Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung bzw. um einen möglichst geringen Energieverbrauch von Gebäuden, Geräten und Maschinen. Die Steigerung der Energieeffizienz bedeutet, dass die gleiche (oder mehr) Energiedienstleistung mit einem geringeren Energieaufwand bereitgestellt wird.

<b>Energieeinsparung</b>	Umfasst allgemein alle Maßnahmen, die den Energieverbrauch senken. Energieeinsparung ist allerdings nicht das Gleiche wie die Steigerung der Energieeffizienz: Bei der Steigerung der Energieeffizienz geht es darum, durch technische Mittel weniger Energie für die gleiche Leistung aufzuwenden. Demgegenüber bezieht sich der Begriff Energieeinsparung meist auf ein geändertes Nutzerverhalten, das den Energieverbrauch reduziert. Im Falle des Autoverkehrs bedeutet Effizienzsteigerung zum Beispiel, dass durch technische Weiterentwicklungen für dieselbe Strecke weniger Energie in Form von Treibstoff benötigt wird. Energie einsparen lässt sich aber auch durch ein verändertes Nutzerverhalten, zum Beispiel durch die Reduktion der Geschwindigkeit oder den Umstieg auf das Fahrrad.
<b>Energieintensität</b>	Das Verhältnis des Energieverbrauchs (z. B. Primär- oder Endenergieverbrauchs) zum Bruttoinlandsprodukt oder zur Bruttowertschöpfung einer Volkswirtschaft. Auch für kleinere Bereiche oder einzelne Güter lässt sich die Energieintensität berechnen. Die Energieintensität ist eine Kennzahl, die Aufschluss über die Effizienz des Einsatzes von Energie liefert. Sie wird beispielsweise in GJ Energieverbrauch je 1.000 Euro Bruttoinlandsprodukt gemessen.
<b>Energieproduktivität</b>	Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt werden und ist somit der Kehrwert der Energieintensität. Die Energieproduktivität liefert Aufschluss über die Effizienz des Energieeinsatzes.
<b>Energieträger</b>	Energieträger sind Stoffe, in denen Energie mechanisch, thermisch, chemisch oder physikalisch gespeichert ist.
<b>Erneuerbare Energien</b>	Energiequellen, die nach den Zeitmaßstäben des Menschen unendlich lange zur Verfügung stehen. Nahezu alle erneuerbaren Energien werden letztendlich durch die Sonne gespeist. Die drei originären Quellen sind Solarstrahlung, Erdwärme (Geothermie) und Gezeitenkraft. Diese können entweder direkt genutzt werden oder indirekt in Form von Biomasse, Wind, Wasserkraft, Umgebungswärme sowie Wellenenergie.
<b>Fernwärme</b>	Fernwärme ist thermische Energie, die durch ein System isolierter Rohre zum Endverbraucher gelangt. Die Energie wird überwiegend zur Heizung von Gebäuden genutzt. Das heiße Wasser, das in das Fernwärmenetz eingespeist wird, stammt aus Heizwerken oder Heizkraftwerken. Letztere gewinnen mittels Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und nutzbare Abwärme.
<b>GHD-Bereich</b>	Gewerbe- und Handwerksbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten, soweit sie nicht in der Gewinnung von Steinen und Erden, im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe erfasst sind, Betriebe der Energie- und Wasserversorgung (ohne Umwandlungsbereich), Betriebe des Baugewerbes, Land- und Forstwirtschaft (einschließlich Verkehrsverbrauch), Kreditinstitute, Versicherungs- und Handelsunternehmen, private und öffentliche Dienstleistungsunternehmen und Einrichtungen, Behörden, militärische Dienststellen.

<b>Geothermie</b>	Wärmeenergie unterhalb der Erdoberfläche. Bei der Tiefengeothermie (ab 400 Meter Tiefe) wird Energie aus dem Erdinneren zur Strom-, Wärme- oder Kältegewinnung genutzt. Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Nutzung der Energie, welche in den obersten Erdschichten oder dem Grundwasser gespeichert ist. Auch die hier herrschenden relativ geringen Temperaturen lassen sich auf verschiedene Arten nutzen. Sie können je nach Temperatur und Bedarf sowohl zur Bereitstellung von Wärme und zur Erzeugung von Klimakälte als auch zur Speicherung von Energie dienen.
<b>Gesicherte Leistung (auch: Gesicherte Kraftwerksleistung)</b>	Von der installierten Leistung ist die gesicherte Leistung zu unterscheiden. Dieser Wert fällt oft deutlich geringer aus als die installierte Leistung, da sie nur die zu jedem Zeitpunkt verfügbare Kraftwerkskapazität berücksichtigt, d. h. nur die Leistung, die von einem Erzeuger unter Berücksichtigung von technologiespezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten durch Revisionen, technische Störungen usw. mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 99,5 Prozent bereitgestellt werden kann. Der Eigenbedarf an Strom bei Wärmekraftwerken (5 bis 10 %) und die Ausfälle durch Revisionen (10 bis 15 %) ist einberechnet. Bei Laufwasserkraftwerken werden die Verluste durch Niedrigwasserstände, Revisionsarbeiten oder Eisgang abgezogen, bei der Windenergie wird kalkuliert, mit welcher Leistung trotz weitgehender Windflaute gerechnet werden kann.
<b>Horizont 2020</b>	Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation.
<b>Installierte Leistung</b>	Die installierte Leistung, auch Erzeugungskapazität genannt, ist die elektrische Leistung, die ein Kraftwerk oder ein Kraftwerkspark maximal bereitstellen kann, inklusive der für den Eigenverbrauch benötigten Kapazität. Sie wird in Megawatt (MW) oder Gigawatt (GW) angegeben.
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>	Bei der Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken entsteht immer auch Wärme. Bei herkömmlichen Kraftwerken wird diese Abwärme ungenutzt über Kühltürme an die Umwelt abgegeben, wohingegen sie bei der KWK ausgekoppelt und über ein Wärmenetz als Nah- oder Fernwärme nutzbar gemacht wird. Das steigert den Wirkungsgrad und bedeutet somit eine wesentlich höhere Energieeffizienz.
<b>Leistung</b>	Physikalische Größe, die die bereitgestellte oder genutzte thermische oder elektrische Energie bezogen auf eine bestimmte Zeiteinheit angibt. Die Einheit für Leistung wird in Watt (W) angegeben. 1.000 W entsprechen einem Kilowatt (1 kW), 1.000 kW sind ein Megawatt (MW) und 1.000 MW ein Gigawatt (GW). Häufig wird die installierte Leistung eines Kraftwerks auch als Kapazität bezeichnet.
<b>Marktprämie</b>	Nach dem EEG 2017 wird für Strom aus Windenergie an Land, Solaranlagen, Biomasseanlagen und Windenergieanlagen auf See die Marktprämie wettbewerblich über Ausschreibungen bestimmt. Die Höhe der individuellen Förderung wird dabei durch ein Gebotsverfahren der Bundesnetzagentur festgelegt.
<b>n-1-Kriterium</b>	Der Grundsatz der (n-1)-Sicherheit in der Netzplanung besagt, dass in einem Netz bei prognostizierten maximalen Übertragungs- und Versorgungsaufgaben die Netzsicherheit auch dann gewährleistet bleibt, wenn eine Komponente, etwa ein Transformator oder ein Stromkreis, ausfällt oder abgeschaltet wird. Das heißt, es darf in diesem Fall nicht zu unzulässigen Versorgungsunterbrechungen oder einer Ausweitung der Störung kommen. Außerdem muss die Spannung innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben und die verbleibenden Betriebsmittel dürfen nicht überlastet werden. Diese allgemein anerkannte Regel der Technik gilt grundsätzlich auf allen Netzebenen.

<b>Nennleistung</b>	Nennleistung bezeichnet die maximale Leistung eines Kraftwerks unter Nennbedingungen. Derzeit (Stand 16.11.2016) sind nach Angaben der Bundesnetzagentur in Deutschland Erzeugungsanlagen mit einer Netto-Nennleistung von insgesamt 204,1 GW installiert.
<b>Netto-Nennleistung</b>	Kraftwerke erzeugen eine Gesamtmenge an elektrischer Energie, wovon ein gewisser Anteil für den Eigenverbrauch, beispielsweise für den Betrieb von Pumpen, Kühlung oder für mechanische Verluste benötigt wird. Zieht man diesen Eigenverbrauch von der Gesamtmenge der erzeugten Energie ab, so erhält man die Netto-Leistung, die als elektrischer Strom an das Stromnetz abgegeben wird.
<b>Photovoltaik</b>	Umwandlung von Solarenergie in elektrische Energie. Bei der Photovoltaik wird in Solarzellen durch einfallendes Licht (Photonen) ein elektrisches Feld erzeugt. Elektronen können über elektrische Leiter abfließen. Der Strom kann direkt verwendet werden oder in das Stromnetz eingespeist werden.
<b>Power-to-Gas</b>	Power-to-Gas bedeutet die Wandlung von Strom durch Elektrolyse in Wasserstoff und hieraus wegen der besseren Eignung für Transport und Speicherung in Methan.
<b>Power-to-Liquid</b>	Umwandlung von Strom in flüssige Kraftstoffe.
<b>Primärenergie</b>	Primärenergie ist der rechnerisch nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers, bevor er einer Umwandlung unterworfen wird. Zu den Primärenergieträgern zählen erschöpfliche Energieträger wie Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas und spaltbares Material wie Uranerz sowie erneuerbare Energien (Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft, Erdwärme und Gezeitenenergie). Die Primärenergie wird in Kraftwerken oder Raffinerien in eine weiterführende Stufe der energetischen Reihe umgewandelt. Dabei kommt es zu Umwandlungsverlusten. Ein Teil der Primärenergieträger wird auch dem nicht-energetischen Verbrauch zugeführt (zum Beispiel Rohöl für die Kunststoffindustrie).
<b>Primärenergieverbrauch</b>	Primärenergieverbrauch ist das saldierte Ergebnis aus inländischer Produktion, dem Außenhandelsaldo bei Energieträgern unter Abzug der Hochseebunkerungen sowie unter Berücksichtigung der Lagerbestandsveränderungen.
<b>Redispatchmaßnahmen</b>	Unter Redispatch sind Eingriffe in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken zu verstehen, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen. Droht an einer bestimmten Stelle im Netz ein Engpass, so werden Kraftwerke diesseits des Engpasses angewiesen, ihre Einspeisung zu drosseln, während Anlagen jenseits des Engpasses ihre Einspeiseleistung erhöhen müssen. Auf diese Weise wird ein Lastfluss erzeugt, der dem Engpass entgegenwirkt. Der Einsatz von Redispatch kann in strom- und spannungsbedingte Maßnahmen unterschieden werden. Der strombedingte Redispatch dient der Vermeidung bzw. Beseitigung kurzfristig auftretender Überlastungen in Netzbetriebsmitteln (wie Leitungen oder Umspannwerken). Dagegen zielt der spannungsbedingte Redispatch auf die Aufrechterhaltung der Spannung in einem betroffenen Netzgebiet durch die zusätzliche Bereitstellung von Blindleistung. Blindleistung ist die elektrische Leistung, die zum Aufbau von magnetischen Feldern (z. B. in Motoren, Transformatoren) oder von elektrischen Feldern (z. B. in Kondensatoren) benötigt wird, die aber nicht wie Wirkleistung nutzbar ist.
<b>Reservekraftwerke:</b>	Einsatz von Kraftwerken zur Beschaffung fehlender Redispatchleistung aus der Netzreserve nach vertraglicher Vereinbarung unter Erstattung der Kosten.

<b>SAIDI-Wert</b>	Diese Kenngröße (System Average Interruption Duration Index) bestimmt die durchschnittliche Dauer innerhalb eines Jahres, in der ein Kunde von einer Versorgungsunterbrechung betroffen ist. In die Berechnung fließen nur ungeplante Unterbrechungen ein, die auf atmosphärische Einwirkungen, auf Einwirkungen Dritter, auf Rückwirkungen aus anderen Netzen oder auf andere Störungen im Bereich des Netzbetreibers zurückzuführen sind. Zur Berechnung des SAIDI werden deutschlandweit die Unterbrechungsminuten mit der Zahl der betroffenen Letztverbraucher multipliziert und durch die Zahl aller im Netz angeschlossenen Letztverbraucher dividiert: Fällt beispielsweise der Strom in einer Großstadt mit 1 Mio. Haushalten für 1 Stunde aus, trägt dies auf die bundesweit 40 Mio. Haushalte umgerechnet rund 1,5 Minuten zum SAIDI-Wert bei.
<b>Solarthermie</b>	Nutzung der Solarenergie zur Erzeugung von Wärme. Eine typische Nutzungsmöglichkeit der Solarthermie sind Sonnenkollektoren. Sie dienen der Warmwasserversorgung und je nach Dimensionierung auch der Raumheizung. Solarenergie kann auch zur Raumkühlung genutzt werden: Bei der solaren Kühlung wird die Solarthermie an Stelle von elektrischem Strom als Antriebsenergie für Kältemaschinen, wie etwa eine Klimaanlage, genutzt. In den Sonnengürteln der Erde können solarthermische Kraftwerke Strom erzeugen. Hier erhitzt das über Spiegel konzentrierte Sonnenlicht Wasser oder andere Wärmeträger, um Dampf zu erzeugen und damit Dampfturbinen anzutreiben.
<b>Stromintensität</b>	Das Verhältnis des Stromverbrauchs zum Bruttoinlandsprodukt oder zur Bruttowertschöpfung einer Volkswirtschaft. Auch für kleinere Bereiche oder einzelne Güter lässt sich die Stromintensität berechnen. Die Stromintensität ist eine Kennzahl, die Aufschluss über die Effizienz des Einsatzes von Strom liefert. Sie wird beispielsweise in kWh Stromverbrauch je 1.000 Euro Bruttoinlandsprodukt gemessen.
<b>Stromproduktivität</b>	Die Stromproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung pro Einheit eingesetzter Strom erzeugt werden und ist somit der Kehrwert der Stromintensität. Die Stromproduktivität liefert Aufschluss über die Effizienz des Stromeinsatzes.
<b>Volllaststunden</b>	Die Volllaststundenzahl eines Kraftwerks ist als Quotient aus im Jahr erzeugter Strommenge und Maximalleistung definiert. Der theoretische Maximalwert beträgt 8.760 h, denn dies ist die Zahl der Stunden eines Jahres.
<b>Wasserkraft</b>	Energie, die mit Hilfe von Wasserrädern oder Wasserturbinen aus fließendem Wasser gewonnen wird. Das Wasser setzt eine Turbine in Bewegung, die einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Dabei wird die Wasserkraftnutzung im Binnenland in folgende drei Bereiche unterteilt: Laufwasserkraftwerke (Flusskraftwerke), Speicherwasserkraftwerke (Talsperren, Stauseen), Pumpspeicherkraftwerke.
<b>Wirkungsgrad</b>	Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener Leistung (z. B. Strom oder Wärme). Der Gesamtwirkungsgrad von Anlagen zur Stromproduktion setzt sich zusammen aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad. So kann man den Wirkungsgrad erhöhen, indem man auch die Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, nutzt.
<b>Wirkungsgradprinzip</b>	Statistisches Bewertungsverfahren bei der Erstellung einer Energiebilanz. Dabei werden die Energieträger, für die es keinen einheitlichen Umrechnungsfaktor wie den Heizwert gibt, auf Basis von definierten Wirkungsgraden bewertet. Für die Kernenergie wird ein Wirkungsgrad von 33 Prozent unterstellt, für die Stromerzeugung aus Wind, Sonne und Wasserkraft ein Wirkungsgrad von 100 Prozent. Die Wirkungsgradmethode findet in Deutschland in Angleichung an die internationale Konvention seit dem Berichtsjahr 1995 Anwendung.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### AGEB (2017)

Zusammenfassung der Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren von 2013 bis 2015, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin, 2017 (<http://www.ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>), abgerufen am 30.05.2017.

### AGEB (2016a)

Zusammenfassung der Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren von 2008 bis 2012, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin, 2016 (<http://www.ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungen.html>), abgerufen am 30.05.2017.

### AGEB (2016b)

Auswertungen zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2015, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin, 2016 (<http://www.ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungen.html>), abgerufen am 30.05.2017.

### AGFW (2016)

AGFW-Hauptbericht 2015, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Frankfurt am Main, Juli 2016.

### BAFA (2017a)

Sonderauswertung über KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, Datenstand Mai 2017, unveröffentlicht.

### BAFA (2017b)

Elektromobilität (Umweltbonus) Zwischenbilanz zum Antragstand vom 31. Mai 2017, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2017 ([http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob\\_zwischenbilanz.pdf?\\_\\_blob=publication-file&v=15](http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob_zwischenbilanz.pdf?__blob=publication-file&v=15)), abgerufen am 16.06.2017.

### BAFA (2017c)

Sonderauswertung über die in Hessen geförderten Anlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms im Jahr 2016, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2017, unveröffentlicht.

### BAFA (2017d)

Besondere Ausgleichsregelung, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2017 ([http://www.bafa.de/bafa/de/energie/besondere\\_ausgleichsregelung\\_eeg/](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/besondere_ausgleichsregelung_eeg/)), abgerufen am 20.06.2017.

### BDEW (2017a)

BDEW-Strompreisanalyse Mai 2017, Haushalte und Industrie, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2017.

### BDEW (2017b)

Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2017 (<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energie-info-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2017-de?open&ccm=500010045>), abgerufen am 20.07.2017.

### BDEW (2017c)

12. Erhebung des BDEW zur Ladeinfrastruktur für Elektromobilität in Deutschland, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2017 (<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de>), abgerufen am 16.06.2017.

### BMBF (2017)

Kopernikus-Projekte, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn, 2017 (<https://www.kopernikusprojekte.de/start>), abgerufen am 30.06.2017.

### BMWi (2017a)

Die Digitalisierung der Stromwende, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/digitalisierung-der-energiewende.html>), abgerufen am 01.07.2017.

### BMWi (2017b)

Netze und Netzausbau, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<https://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/netze-und-netzausbau.html>), abgerufen am 01.07.2017.

### BMWi (2017c)

Pressemitteilung vom 10.05.2017, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170510-zyprisches-integ-verordnung-schaft-rechtlichen-rahmen-zur-erprobung-von-innovationen.html>), abgerufen am 23.05.2017.

### BMWi (2017d)

Energiedaten, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<http://bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/energiedaten.html>), abgerufen am 31.05.2017.

### BMWi (2017e)

Strom 2030: Langfristige Trends, Aufgaben für die kommenden Jahre, in: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik, Monatsbericht Juni 2017, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017.

**BMWi (2017f)**

Sektorkopplung – Chance für die Industrie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/sectorkopplung-chance-fuer-die-industrie.html>), abgerufen am 16.06.2017.

**BMWi (2017g)**

Förderung von Forschung und Entwicklung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/elektromobilitaet-foerderung-von-forschung-und-entwicklung.html>), abgerufen am 20.06.2017.

**BMWi (2017h)**

Rahmenbedingungen und Anreize für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 (<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html>), abgerufen am 20.06.2017.

**BMWi (2017i)**

Hintergrundpapier zur Besonderen Ausgleichsregelung, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017 ([http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/hintergrundinformationen-zur-besonderen-ausgleichsregelung-antragsverfahren-2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=14](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/hintergrundinformationen-zur-besonderen-ausgleichsregelung-antragsverfahren-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=14)), abgerufen am 16.06.2017.

**BMWi (2017j)**

Bundesbericht Energieforschung 2017: Forschungsförderung für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, März 2017.

**BMWi (2016a)**

Die Energie der Zukunft. Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende, Berichtsjahr 2015, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, Dezember 2016.

**BMWi (2016b)**

Elektromobilität: Bausteine einer nachhaltigen klimafreundlichen und umweltverträglichen Mobilität, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, Juli 2016.

**BNetzA (2017a)**

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen) Stand 31.03.2017, Bundesnetzagentur, Bonn, März 2017 ([https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html)), abgerufen am 19.05.2017.

**BNetzA (2017b)**

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur zum erwarteten Zu- und Rückbau 2017 bis 2019 Stand 31.03.2017, Bundesnetzagentur, Bonn, März 2017

([https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html)), abgerufen am 19.05.2017.

**BNetzA (2017c)**

Anlagenregister, Bundesnetzagentur, Bonn, Juli 2017 ([http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Anlagenregister/Anlagenregister\\_Veroeffentlichung/Anlagenregister\\_Veroeffentlichungen\\_node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Anlagenregister/Anlagenregister_Veroeffentlichung/Anlagenregister_Veroeffentlichungen_node.html)), abgerufen am 01.08.2017.

**BNetzA (2017d)**

Photovoltaik-Meldezahlen, Bundesnetzagentur, Bonn, Juli 2017 ([http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/DatenMeldgn\\_EEG-VergSaetze/DatenMeldgn\\_EEG-VergSaetze\\_node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/DatenMeldgn_EEG-VergSaetze/DatenMeldgn_EEG-VergSaetze_node.html)), abgerufen am 01.08.2017.

**BNetzA (2017e)**

EnLAG-Monitoring: Stand des Ausbaus nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) nach dem zweiten Quartal 2017, Bundesnetzagentur, Bonn, August 2017.

**BNetzA (2017f)**

BBPIG-Monitoring: Stand der Vorhaben aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) nach dem zweiten Quartal 2017, Bundesnetzagentur, Bonn, August 2017.

**BNetzA (2017g)**

Quartalsbericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen, Viertes Quartal und Gesamtjahr 2016, Bonn, Mai 2017.

**BNetzA (2017h)**

Feststellung des Bedarfs an Netzreserve für den Winter 2017/2018 sowie das Jahr 2018/2019, Bonn, April 2017.

**BNetzA (2017i)**

Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen an Land, Bonn, März 2017 ([https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Ausschreibungen/Wind\\_Onshore/Wind\\_Onshore\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Wind_Onshore_node.html)), abgerufen am 23.06.2017.

**BNetzA (2017j)**

Hintergrundpapier. Ergebnisse der Ausschreibung für Windenergieanlagen an Land vom 1. Mai 2017, Bonn, Juni 2017.

**BNetzA (2017k)**

Hintergrundpapier. Ergebnisse der Ausschreibung für Windenergieanlagen an Land vom 1. August 2017, Bonn, September 2017.

**BNetzA (2017)**

Vorhaben von gemeinsamem Interesse (PCI), Bonn, Juni 2017 (<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/DieBundesnetzagentur/Internationales/Energie/PCI/pci.html>), abgerufen am 01.07.2017.

**BNetzA, BKartA (2016)**

Monitoringbericht 2016 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 30. November 2016.

**Bundesgesetzblatt (2016)**

Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 43, (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/gesetz-zur-digitalisierung-der-energiegewende.pdf>), abgerufen am 01.07.2017.

**CEER (2016)**

6TH CEER Benchmarking report on the quality of electricity gas supply, Council of European Energy Regulators, Brüssel, Ref: C14-EQS-62-0312, August 2016.

**Deutsche Börse (2017)**

Deutsche Börse, CO<sub>2</sub>-Emissionsrechte ([http://www.boerse-frankfurt.de/rohstoffe/kurshistorie/co2-emissionsrechte/EURO/1.1.2015\\_1.7.2017#HistorischeKurse](http://www.boerse-frankfurt.de/rohstoffe/kurshistorie/co2-emissionsrechte/EURO/1.1.2015_1.7.2017#HistorischeKurse)), abgerufen am 31.05.2017.

**E-Bridge Consulting, IAEW, OFFIS (2014)**

Moderne Verteilernetze für Deutschland (Verteilernetzstudie). Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), E-Bridge Consulting, Institut und Lehrstuhl für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen, Oldenburger Institut für Informatik (OFFIS): Forschungsprojekt Nr. 44/12, 2014.

**EEG (2012)**

Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt geändert durch Artikel 5 des dritten Gesetzes zur Neuregelung energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730).

**EEG (2014)**

Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014, Bundesgesetzblatt I S. 1066, 2014, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2015 (BGBl. I S. 1010).

**EEG (2017)**

Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien, kurz: Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2532).

**European Energy Exchange (2017)**

Marktdaten Strom – KWK-Index, European Energy Exchange AG, Leipzig, (<http://www.eex.com/de/marktdaten/strom/spotmarkt/kwk-index/kwk-index-download>), abgerufen am 30. Juni 2017.

**FA Wind (2017)**

EEG 2017 – Ausschreibungsbedingte Neuerungen für Windenergieanlagen an Land, Fachagentur Windenergie an Land, Berlin, April 2017.

**GWS (2017)**

Erneuerbar beschäftigt – Umsätze und Beschäftigung durch erneuerbare Energien, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH und Agentur für Erneuerbare Energien e.V., Osnabrück, Berlin, 2017.

**Hessisches Energiezukunftsgesetz (2012)**

Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, Ausgegeben zu Wiesbaden am 30. November 2012, Nr. 23, S. 444-448.

**Hessische Landesregierung (2013)**

Verlässlich gestalten, Perspektiven eröffnen – Koalitionsvertrag, Hessen 2014-2019, Koalitionsvertrag zwischen der CDU Hessen und Bündnis 90/Die Grünen Hessen für die 19. Wahlperiode des Hessischen Landtages 2014-2019, Wiesbaden, Dezember 2013 ([https://www.hessen.de/sites/default/files/media/staatskanzlei/koalitionsvertrag\\_2013-12-18.pdf](https://www.hessen.de/sites/default/files/media/staatskanzlei/koalitionsvertrag_2013-12-18.pdf)), abgerufen am 01.07.2017.

**HMUKLV (2017a)**

Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, März 2017.

**HMUKLV (2017b)**

Treibhausgasbilanz für das Land Hessen Bilanzjahr 2013, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, erstellt vom Hessischen Statistischen Landesamt, Wiesbaden, November 2016.

**HMUKLV (2017c)**

Bericht zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen Bilanzjahre 2014 und 2015, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, erstellt vom Hessischen Statistischen Landesamt, Wiesbaden, April 2017.

**HMWVL (2013)**

Zweite Verordnung über die Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000 (Vorgaben zur Nutzung der Windenergie) vom 27. Juni 2013 (GVBl. S. 479), Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2013.



**HMWEVL (2017)**

Strom bewegt – Elektromobilität Hessen, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2017 (<https://www.strombewegt.de/dynasite.cfm?dsmid=18846>), abgerufen am 20.06.2017.

**House of Energy (2017)**

C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschland, Internetpräsenz des House of Energy – (HoE) e.V., Kassel 2017 (<http://www.house-of-energy.org/csells>), abgerufen am 03.07.2017.

**HSL (2017a)**

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts. Sonderauswertungen und Zeitreihen aus verschiedenen Fachstatistiken (Energiestatistik, Statistik des Verarbeitenden Gewerbes, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Bevölkerungsstatistik, Umweltstatistik), Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2017.

**HSL (2017b)**

Energieversorgung in Hessen im Dezember. Berichtsjahre 2000 bis 2016, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2017.

**HSL (2017c)**

Baufertigstellungen in Hessen im Jahr 2016, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2017.

**HSL (2017d)**

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2014, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2017.

**HSL (2014)**

Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Ziele und Indikatoren, Fortschrittsbericht 2014, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2014.

**IE-Leipzig (2017a)**

Prognose Energiebilanz Hessen. Bereitstellung aktueller Daten zur Energieerzeugung und Energieversorgung in Hessen für das Jahr 2016, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, Mai 2017.

**IE-Leipzig (2017b)**

Schätzprognose für erzeugte Strommengen der EEG-geförderten Anlagen in Hessen für 2016. Kurzfristprognose für Windenergie, Photovoltaik und weitere erneuerbare Energien, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, April 2017.

**KBA (2017a)**

Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2017.

**KBA (2017b)**

Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2017 ([http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2017\\_b\\_umwelt\\_dusl.html?nn=663524](http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2017_b_umwelt_dusl.html?nn=663524)), abgerufen am 31.05.2017.

**KfW (2017)**

Förderreporte 2009 bis 2017, Kreditanstalt für Wiederaufbau, Frankfurt, 2017 (<https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Über-die-KfW/Zahlen-und-Fakten/KfW-auf-einen-Blick/Förderreport/index.html>), abgerufen am 22.05.2017.

**LDEW (2017)**

Netzlängen der Energie- und Wasserversorger in Hessen, Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e.V., Mainz, 2017, unveröffentlicht.

**LBEG (2016)**

Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2015, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Hannover, 2016.

**LIS-A (2017)**

LänderInformationssystem für Anlagen, Stichtag 15.07.2017, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2017.

**NKS (2017)**

Nationale Kontaktstelle Energie, Projektträger Jülich / Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich 2017 (<https://www.nks-energie.de/start>), abgerufen am 30.06.2017.

**Projektträger Jülich (2017)**

Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer, Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich, Länderberichte 2008 bis 2015, Jülich 2017.

**RWI (2016)**

Erstellung der Anwendungsbilanzen 2014 bis 2015 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland, Rheinisch-Westfälisches Institut, Essen, 2016.

**Statistisches Bundesamt (2016)**

Bauen und Wohnen: Mikrozensus – Zusatzerhebung 2014 Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte, Fachserie 5 Heft 1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2016.

**Statistisches Bundesamt (2012)**

Bauen und Wohnen: Mikrozensus – Zusatzerhebung 2010 Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte, Fachserie 5 Heft 1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2012.

**TU Darmstadt (2017)**

Energieeffizienz Technologie und Anwendungszentrum, Internetpräsenz der ETA-Fabrik, Technische Universität Darmstadt 2017 (<http://www.eta-fabrik.tu-darmstadt.de/eta/index.de.jsp>), abgerufen am 03.07.2017.

**UBA (2016a)**

Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, März 2016.

**UBA (2016b)**

Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, April 2016.

**UBA (2017)**

Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2015, Climate Change 13/2017, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, April 2017.

**ÜNB (2015)**

EEG-Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW, im Rahmen der EEG-Jahresendabrechnung 2014, Aufbereiteter Datensatz der Bundesnetzagentur, Bonn, 2015.

**ÜNB (2016)**

EEG-Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW, im Rahmen der EEG-Jahresendabrechnung 2015, Aufbereiteter Datensatz der Bundesnetzagentur, Bonn, 2016.

**VGRdL (2017)**

Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2016, Reihe 1, Band 1, (Hrsg.): Arbeitskreis „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder“ (<http://www.vgrdl.de/VGRdL/tbls/RV2014/R1B1.zip>), abgerufen am 22.05.2017.

**ZSW (2016)**

Zeitreihe der Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen in den Jahren 2011 bis 2015, unveröffentlichte Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2016, unveröffentlicht.

**ZSW (2017a)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2016, unveröffentlichte Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2017, unveröffentlicht.

**ZSW (2017b)**

Abschätzung des nicht erfassten Selbstverbrauchs von Photovoltaikstrom in Hessen in den Jahren 2012 bis 2016, unveröffentlichte Kurzstudie, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2017, unveröffentlicht.

**ZSW (2017c)**

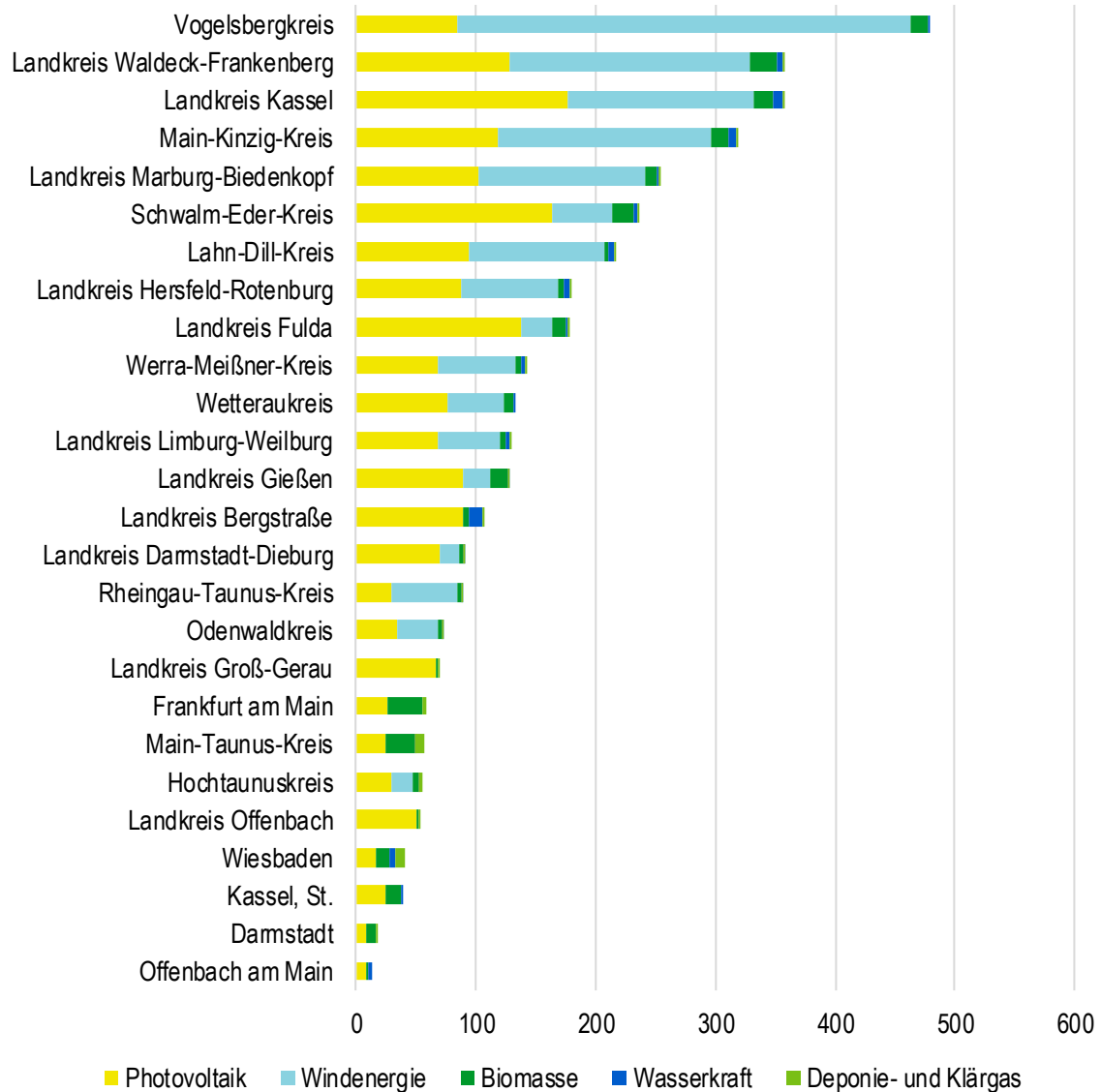
Sonderauswertung der Patentstatistik des Deutschen Patent- und Markenamtes (Stand: 28. Juni 2017), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2017, unveröffentlicht.

# Anhang



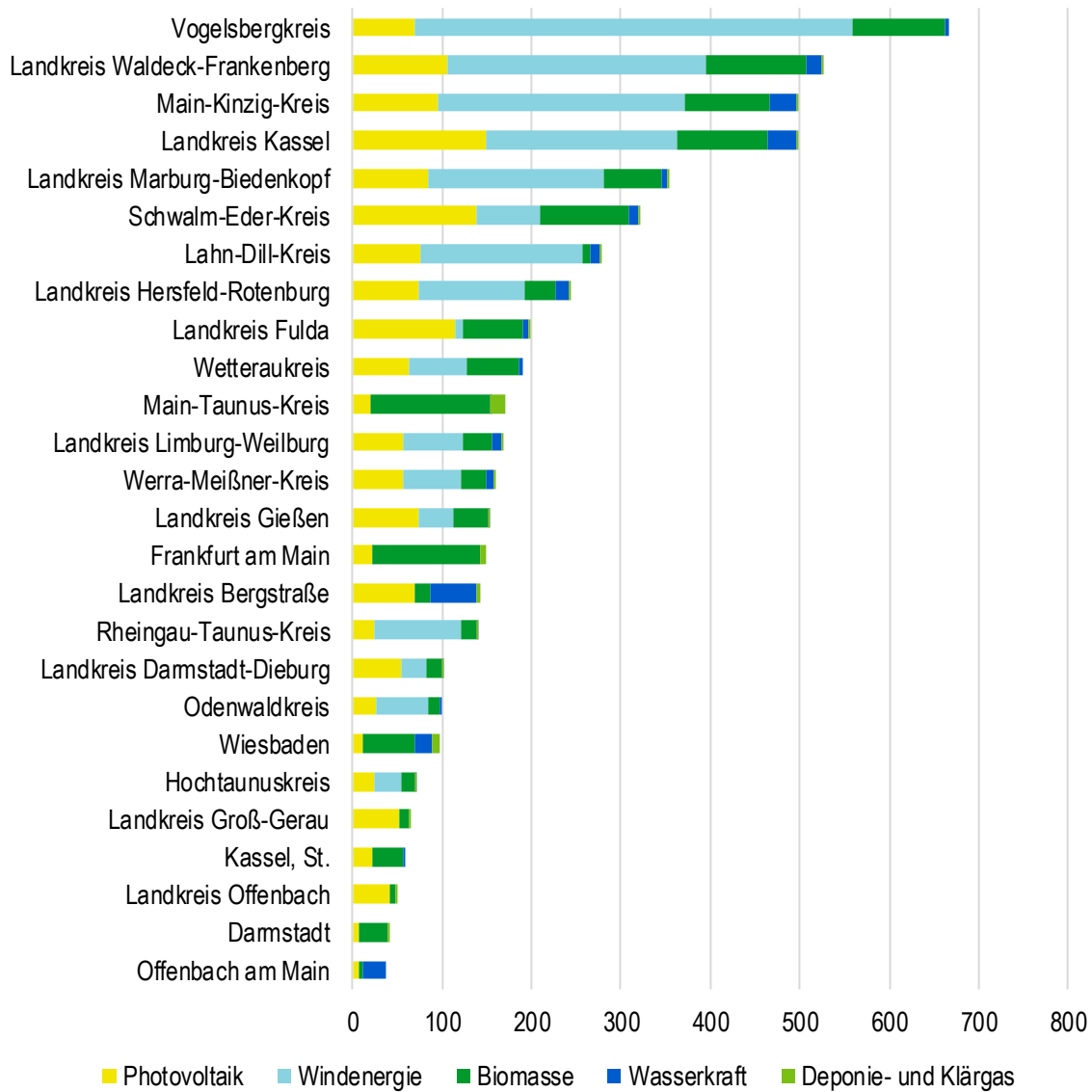
## A 1 Regional installierte Leistung und erzeugte Strommengen nach erneuerbaren Energieträgern

### A 1.1: Installierte elektrische Leistung in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2016 nach erneuerbaren Energieträgern in MW



Quelle: BNetzA 2016c, BNetzA 2016d, ÜNB 2015, Bereinigungen der Hessen Agentur.

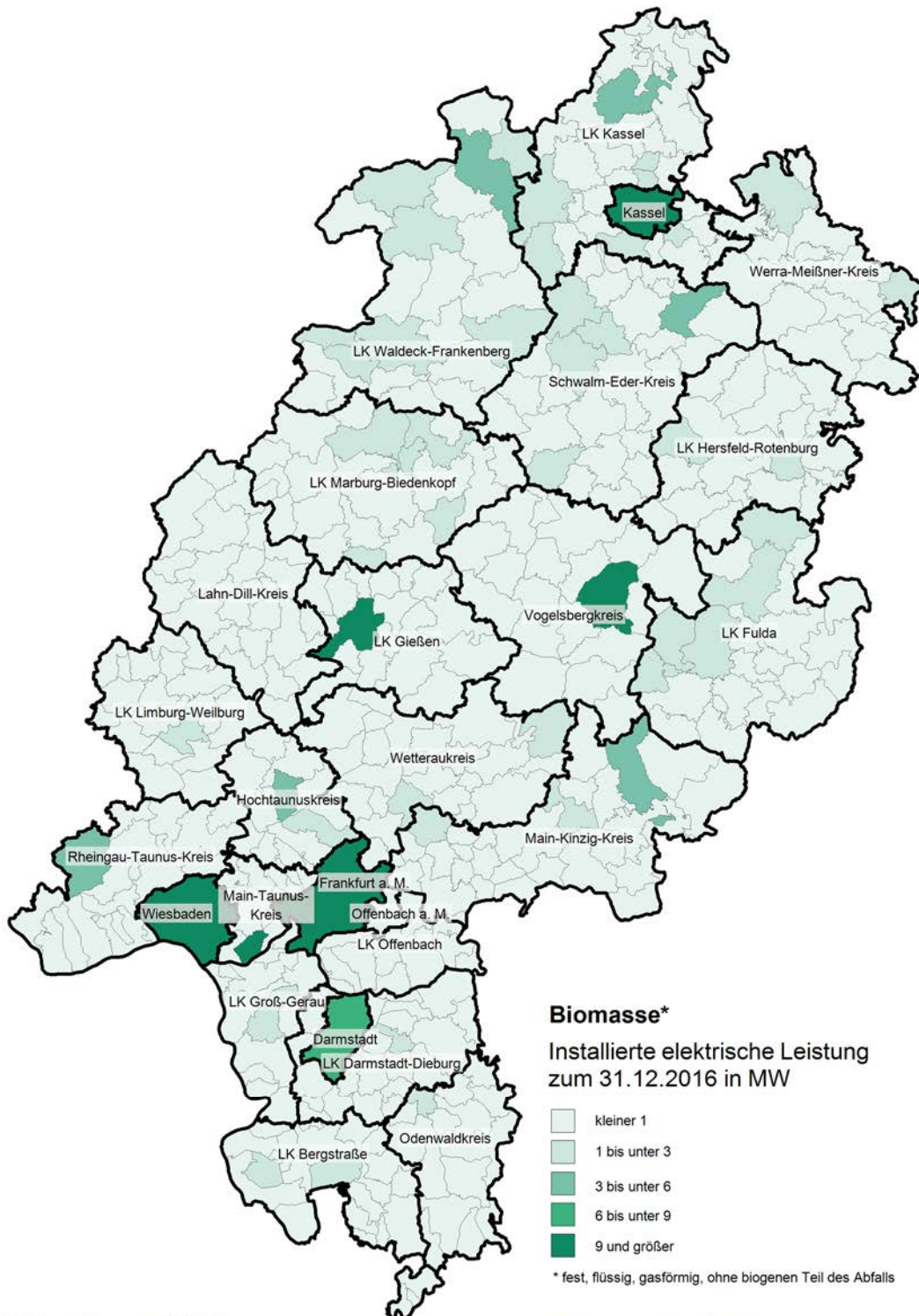
### A 1.2: Erzeugte und eingespeiste Strommengen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2016 nach erneuerbaren Energieträgern in GWh



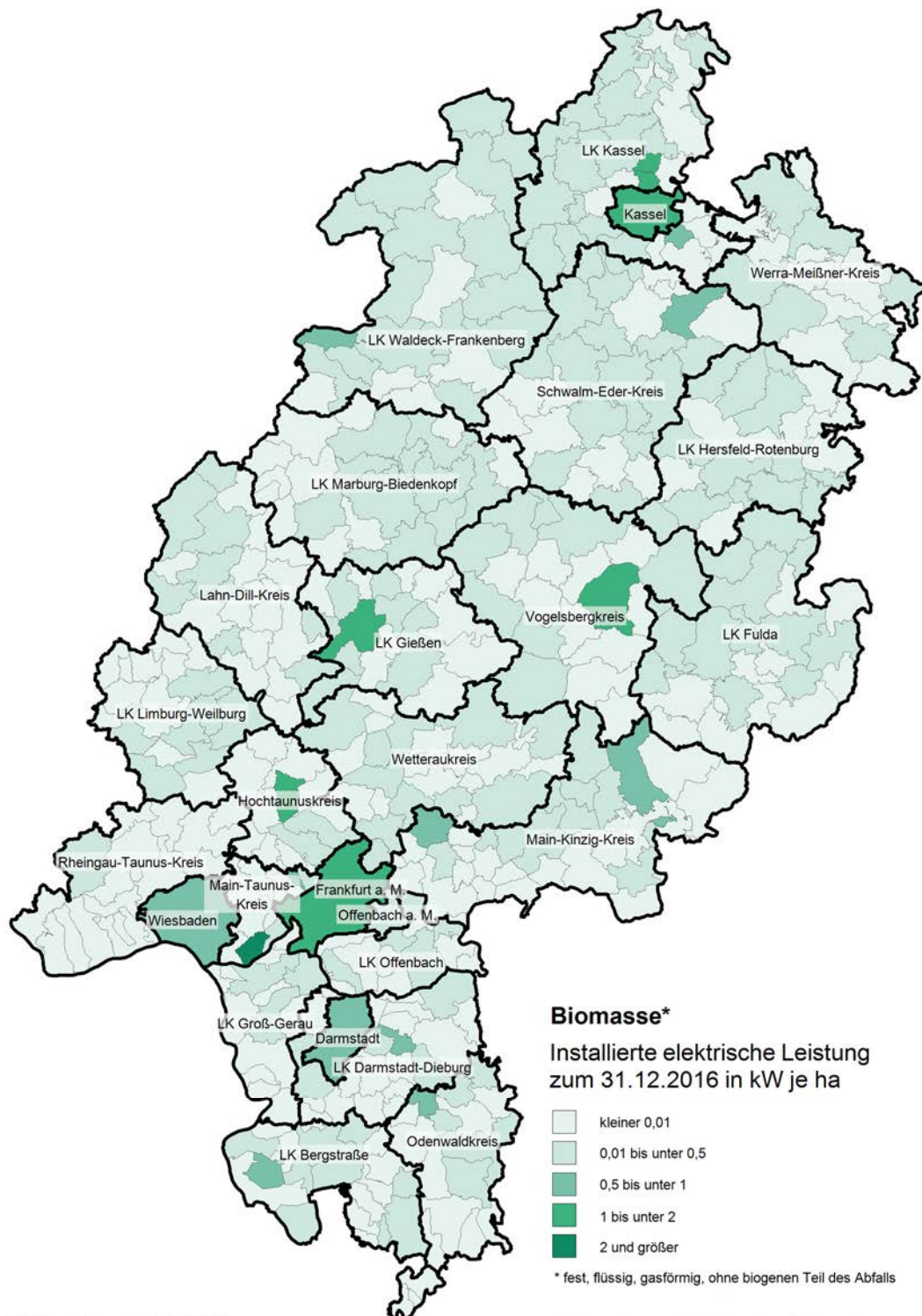
Quelle: IE-Leipzig 2017b.

## A 2 Biomasseanlagen

### A 2.1: Installierte elektrische Leistung von Biomasseanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden

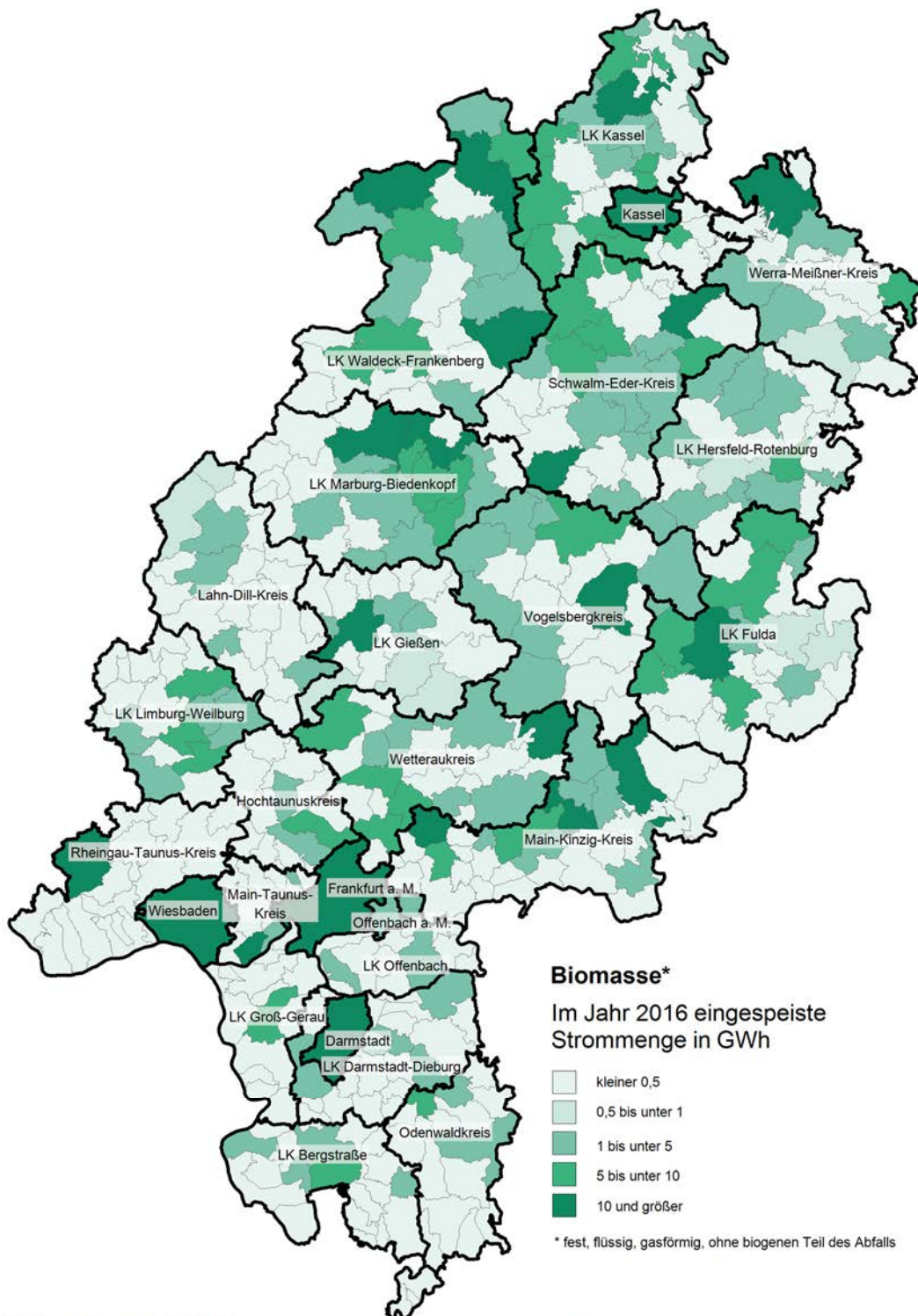


**A 2.2: Installierte elektrische Leistung je ha Bodenfläche insgesamt von Biomasseanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden**

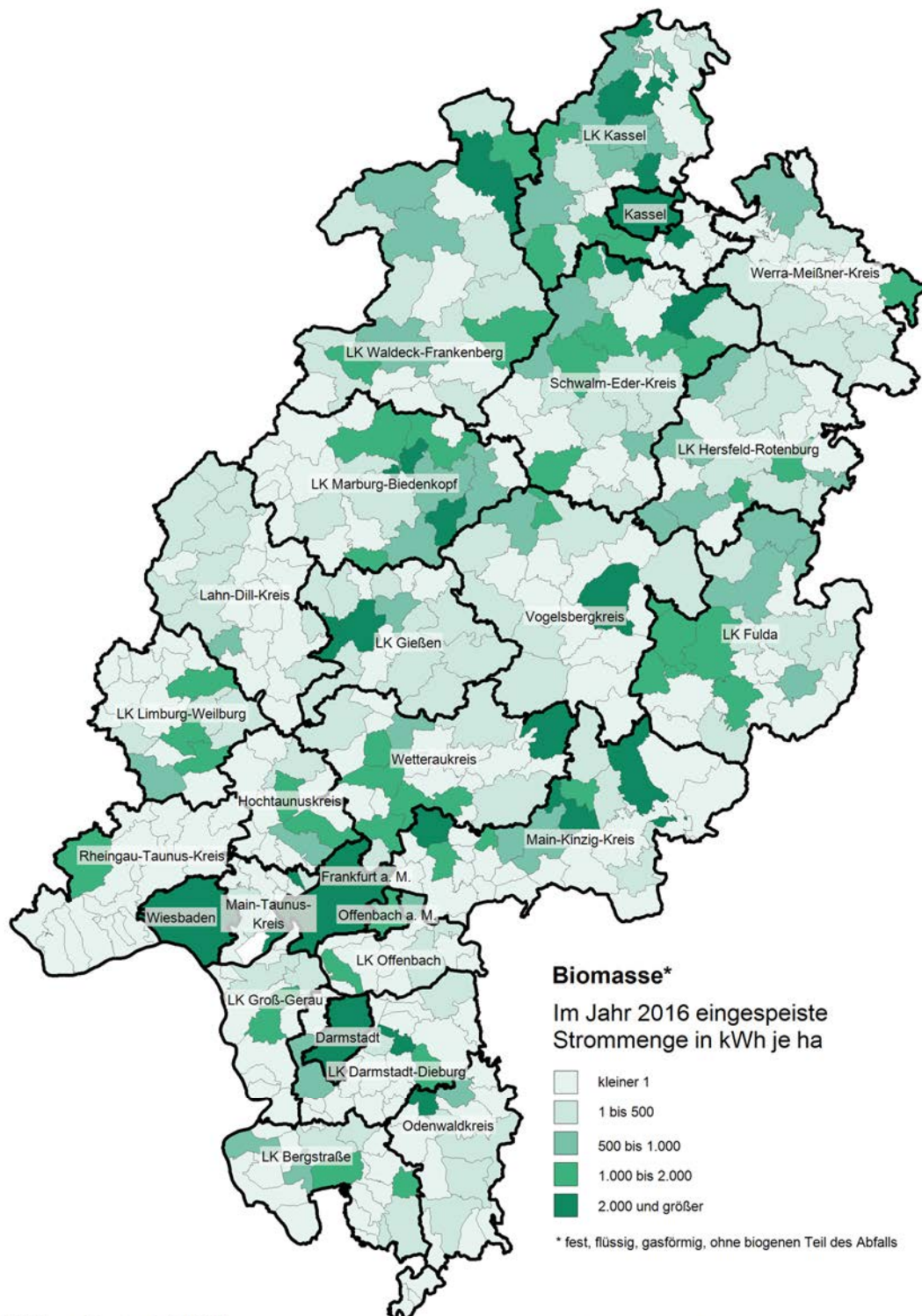




### A 2.3: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von Biomasseanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden

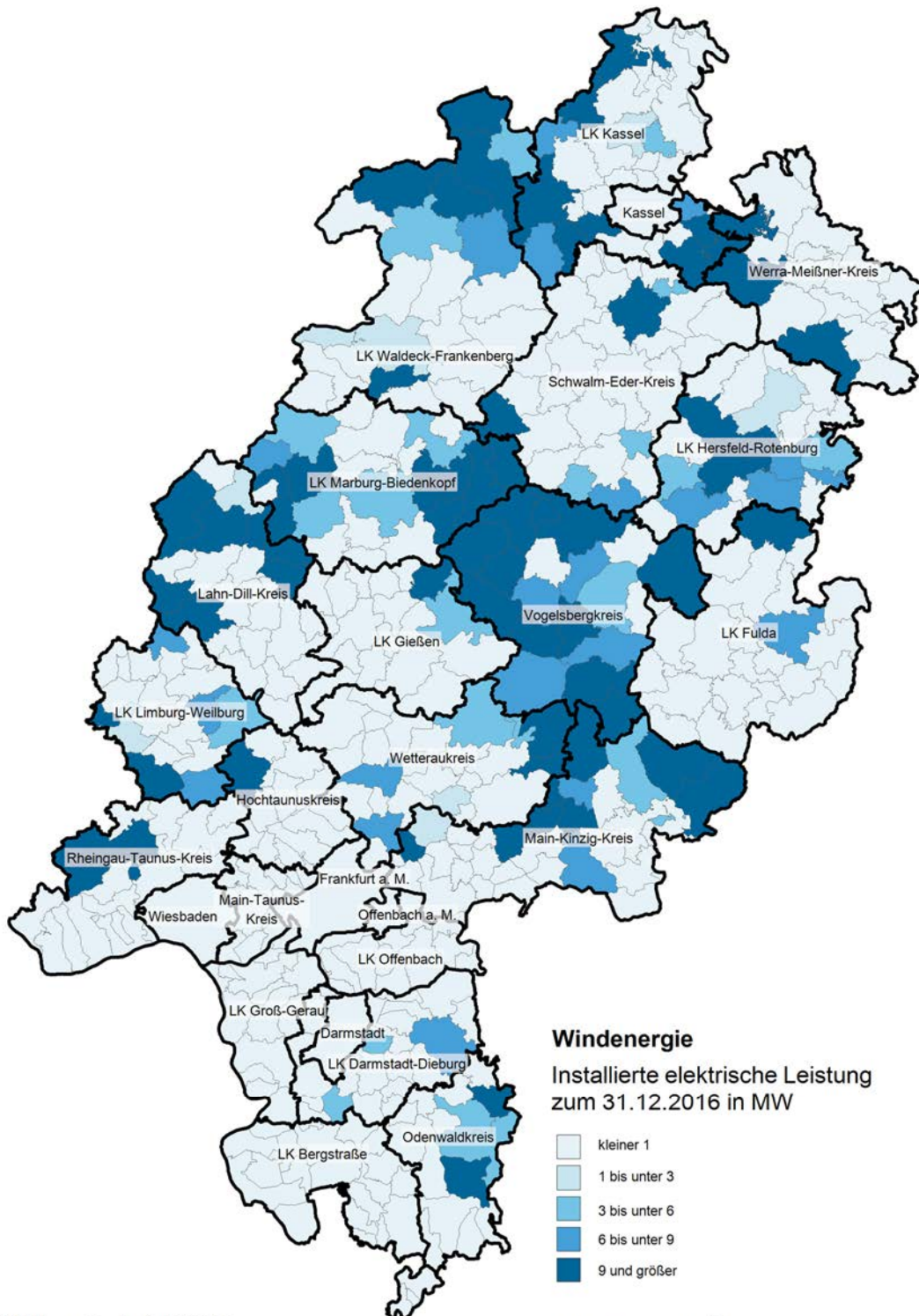


**A 2.4: Erzeugte und eingespeiste Strommengen je ha Bodenfläche insgesamt von Biomasseanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden**

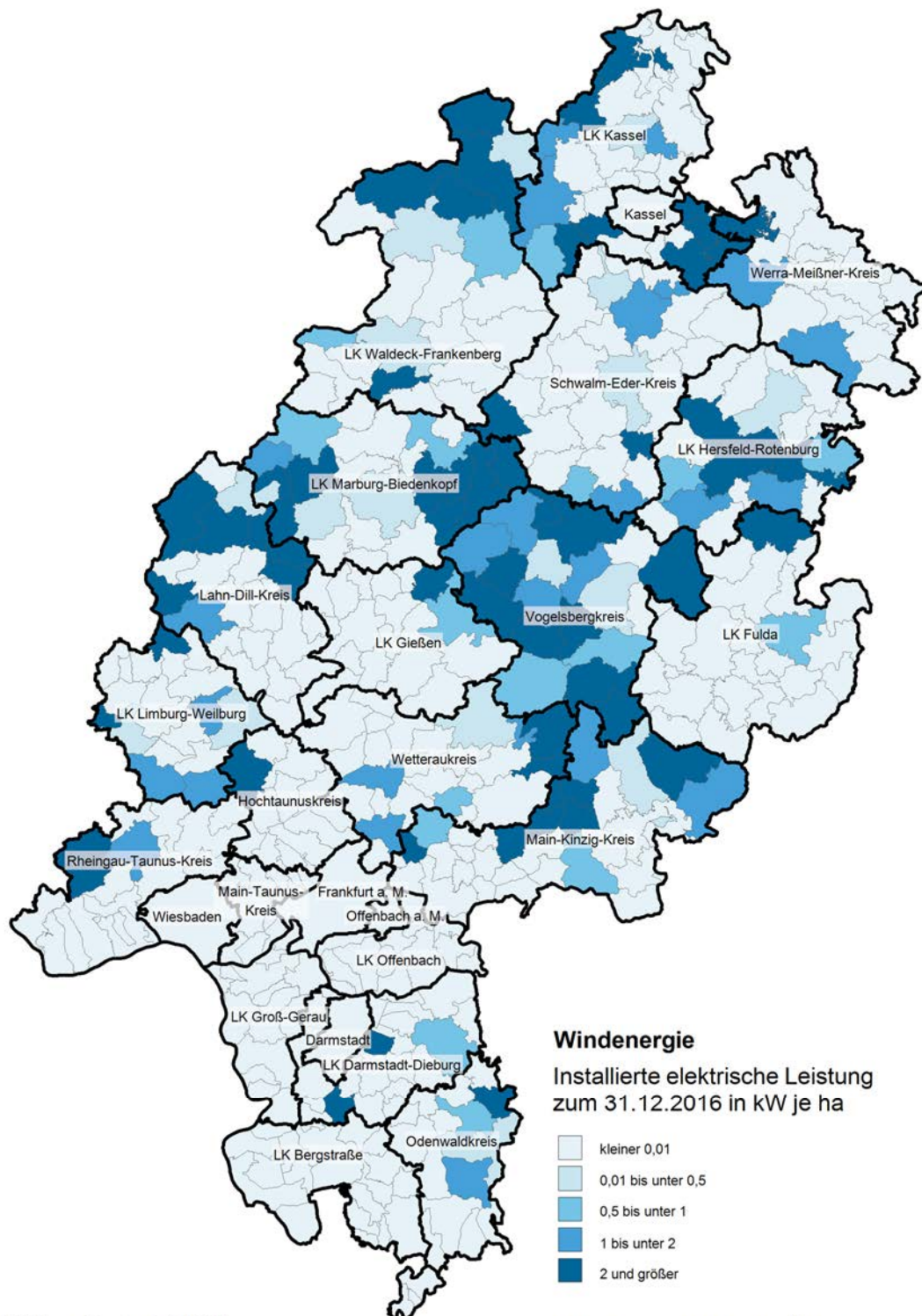


## A 3 Windenergieanlagen

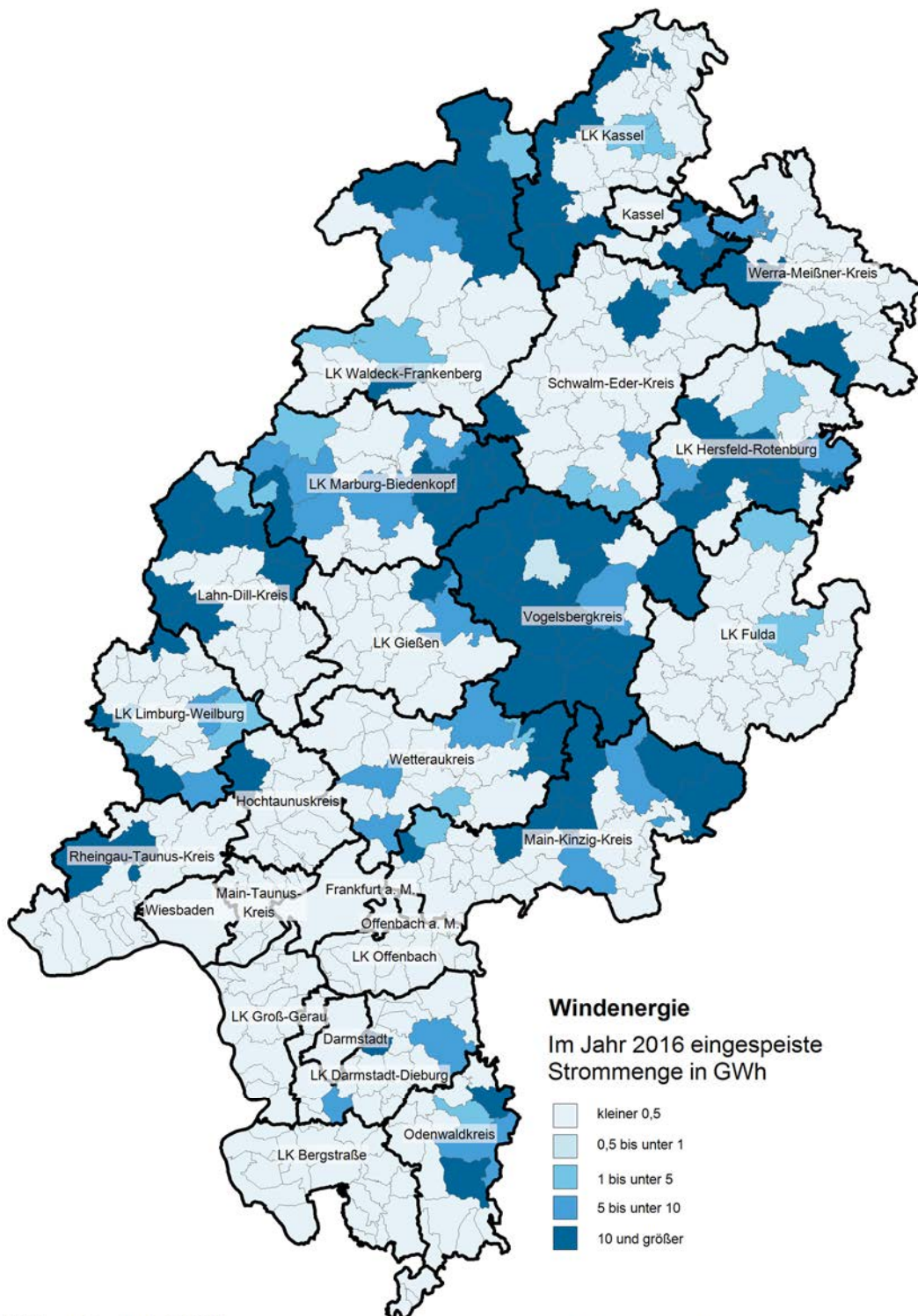
### A 3.1: Installierte elektrische Leistung von Windenergieanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden



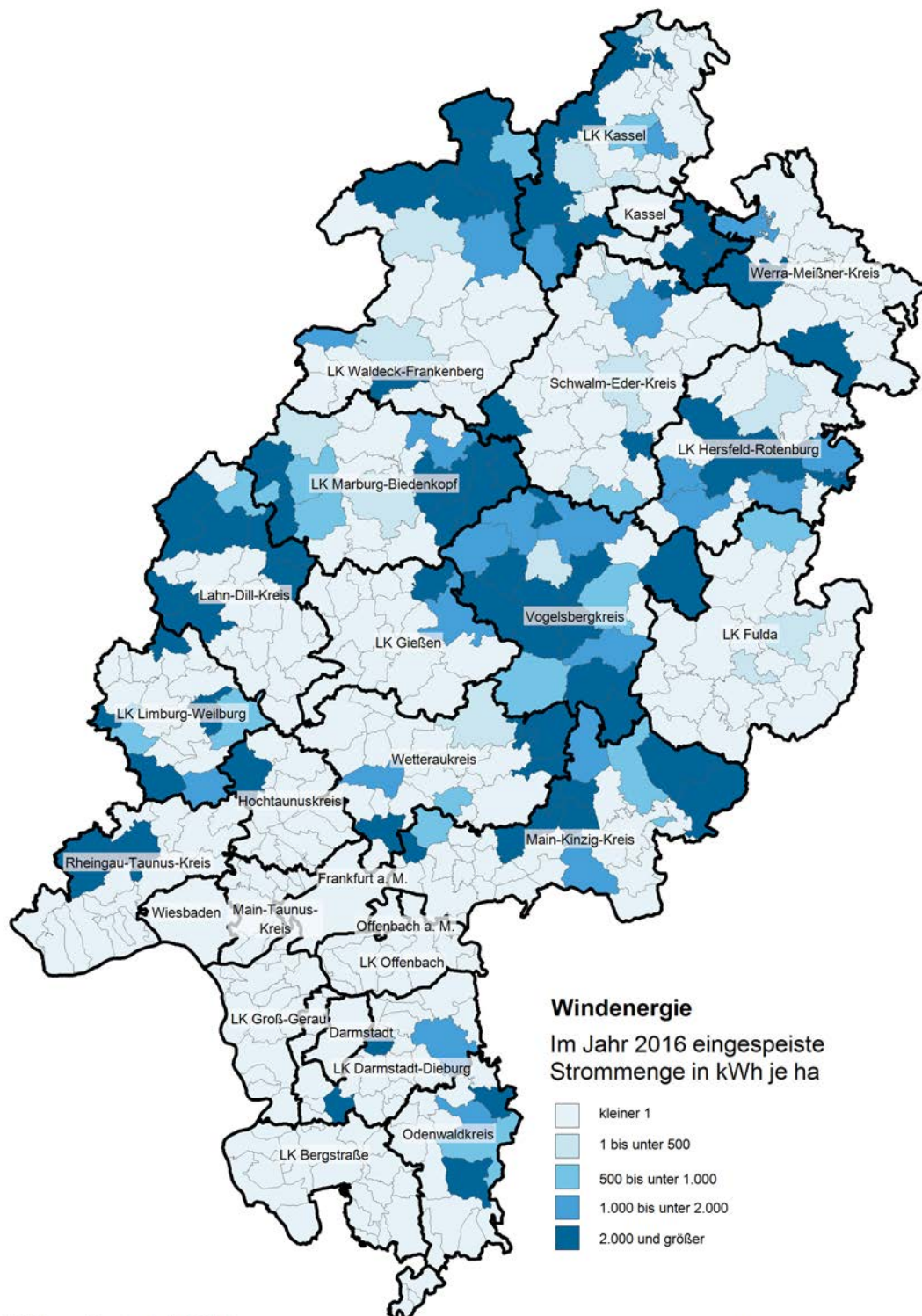
**A 3.2: Installierte elektrische Leistung je ha Bodenfläche insgesamt von Windenergieanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden**



### A 3.3: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von Windenergieanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden

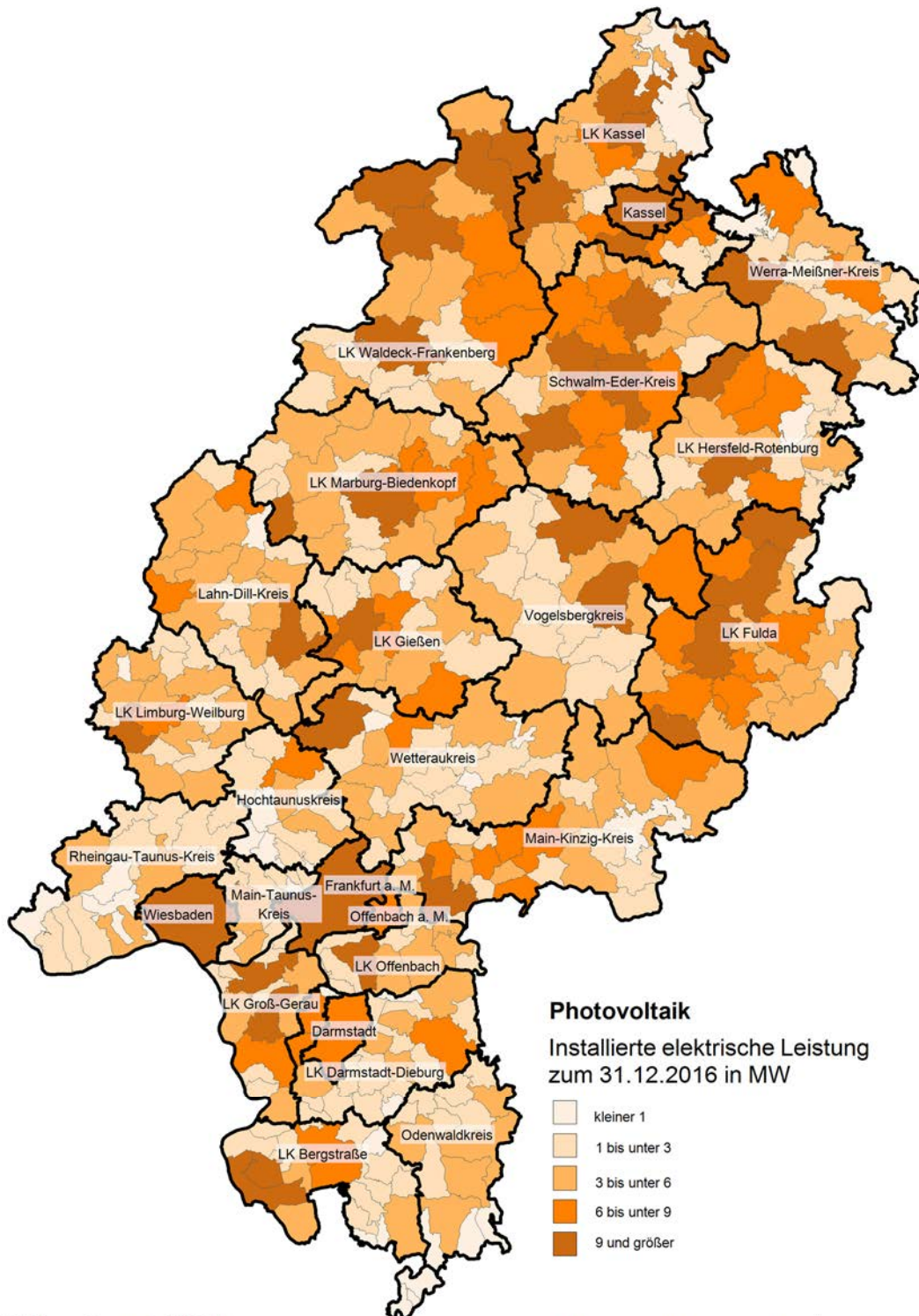


**A 3.4: Erzeugte und eingespeiste Strommengen je ha Bodenfläche insgesamt von Windenergieanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden**

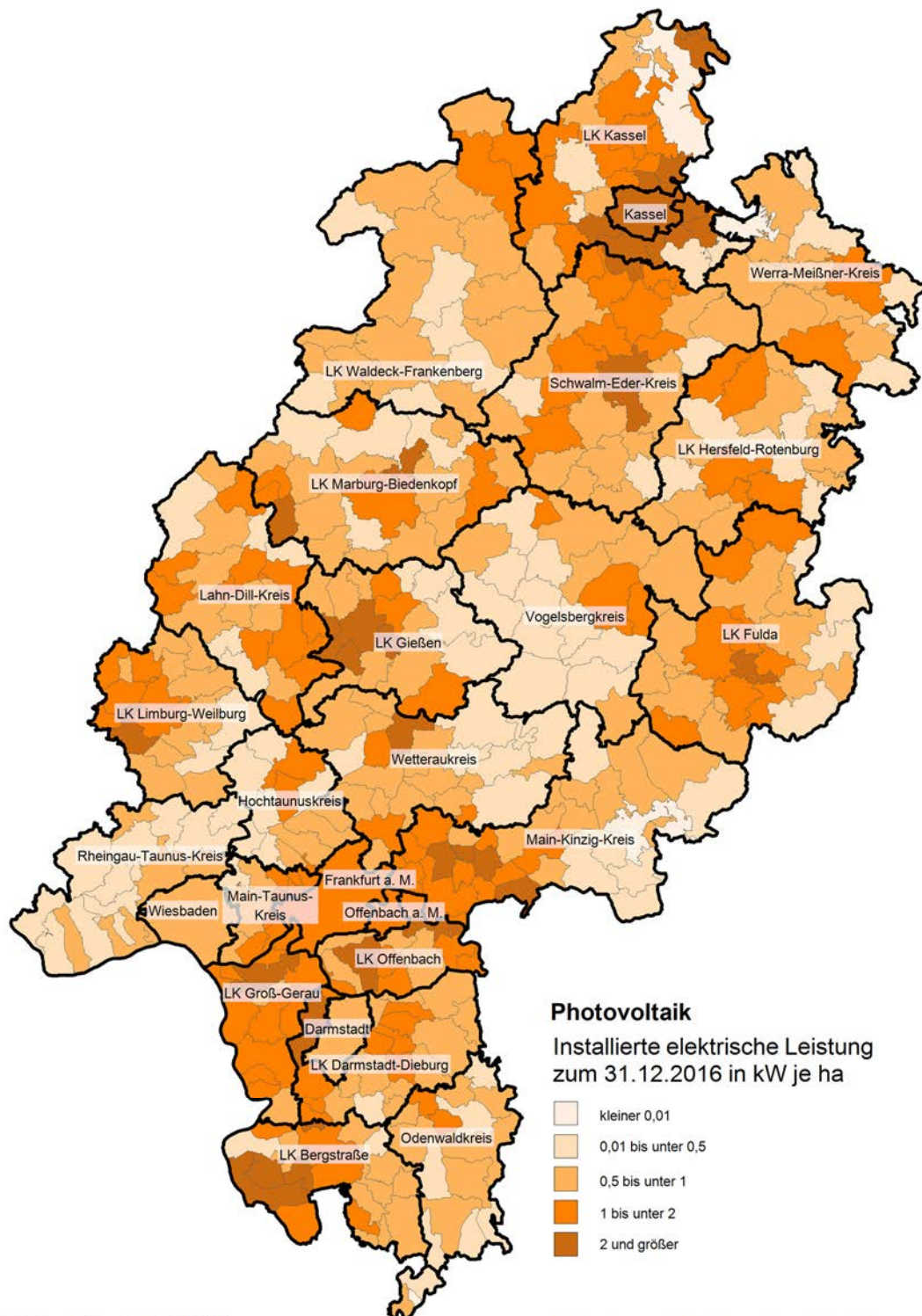


## A 4 Photovoltaikanlagen

### A 4.1: Installierte elektrische Leistung von Photovoltaikanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden

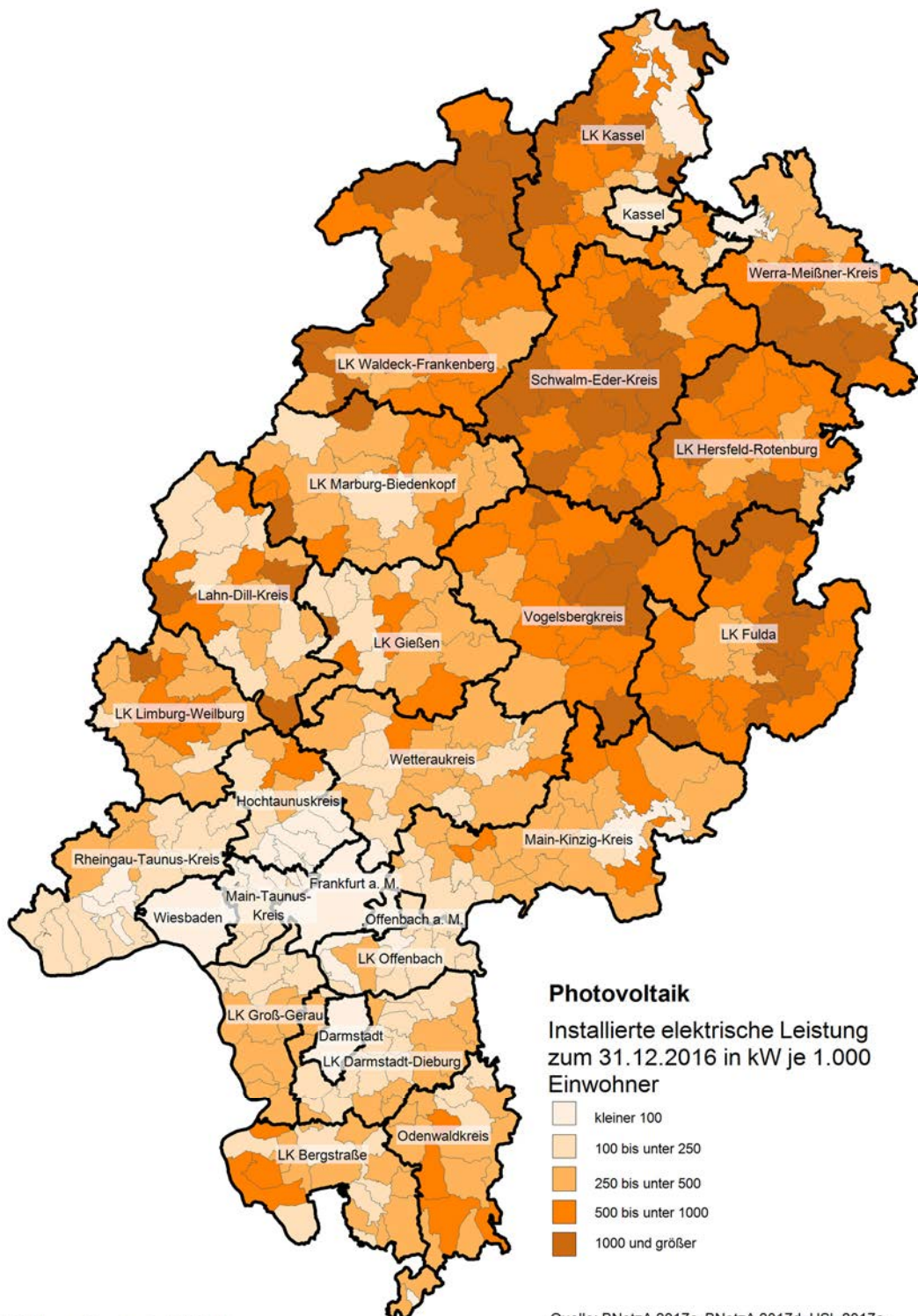


**A 4.2: Installierte elektrische Leistung je ha Bodenfläche insgesamt von Photovoltaikanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden**

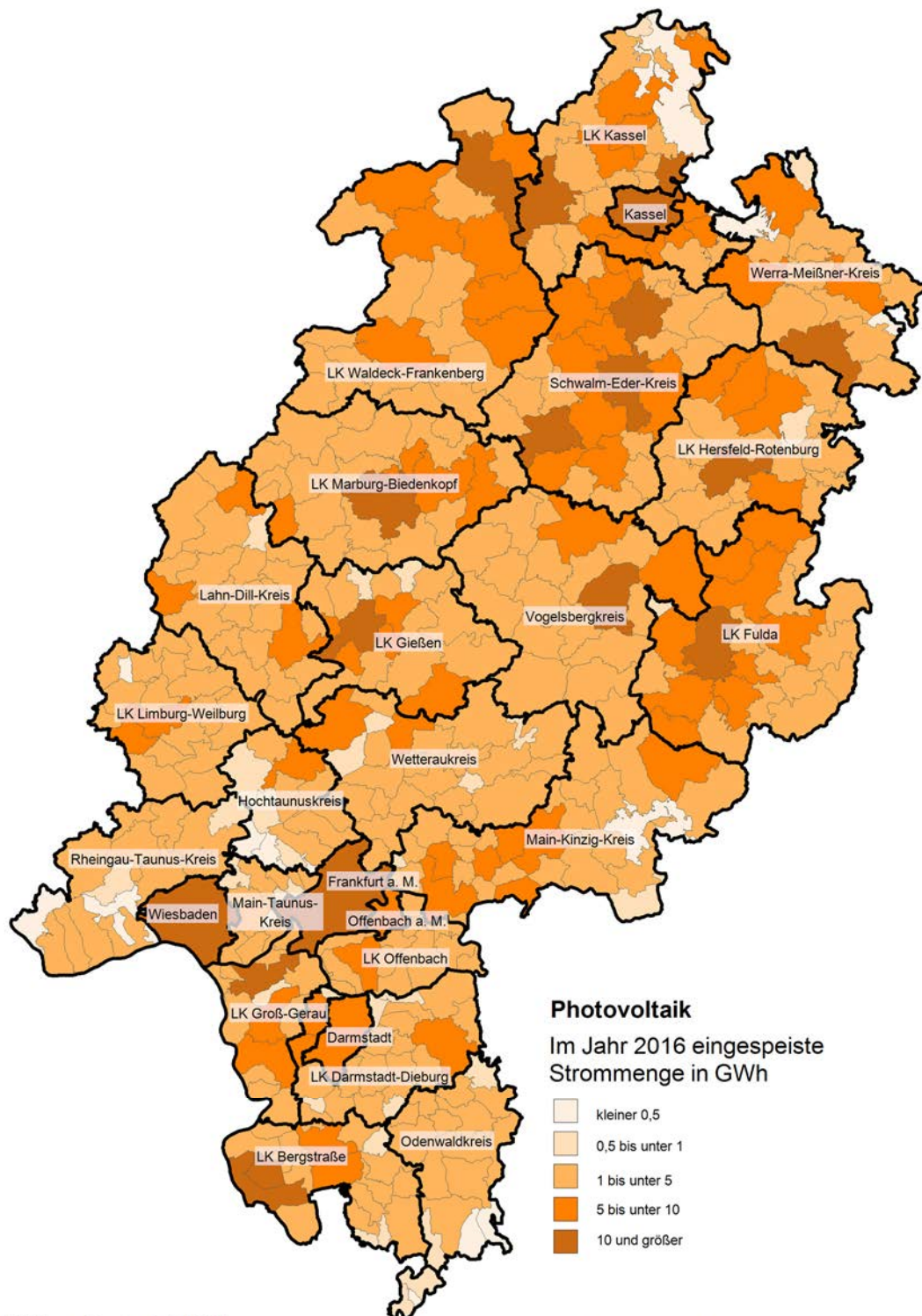




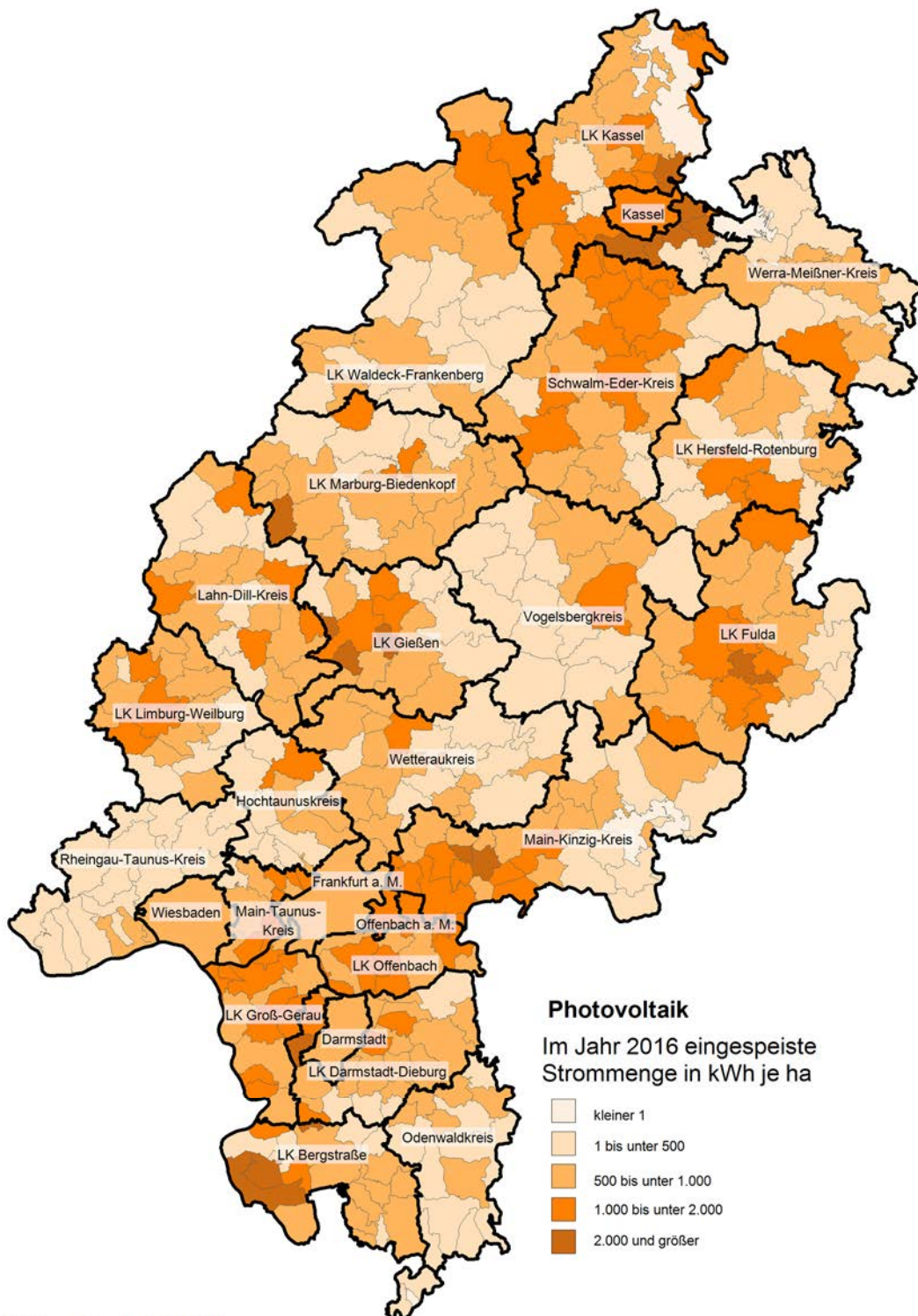
**A 4.3: Installierte elektrische Leistung je 1.000 Einwohner von Photovoltaikanlagen am Jahresende 2016 in den hessischen Gemeinden**



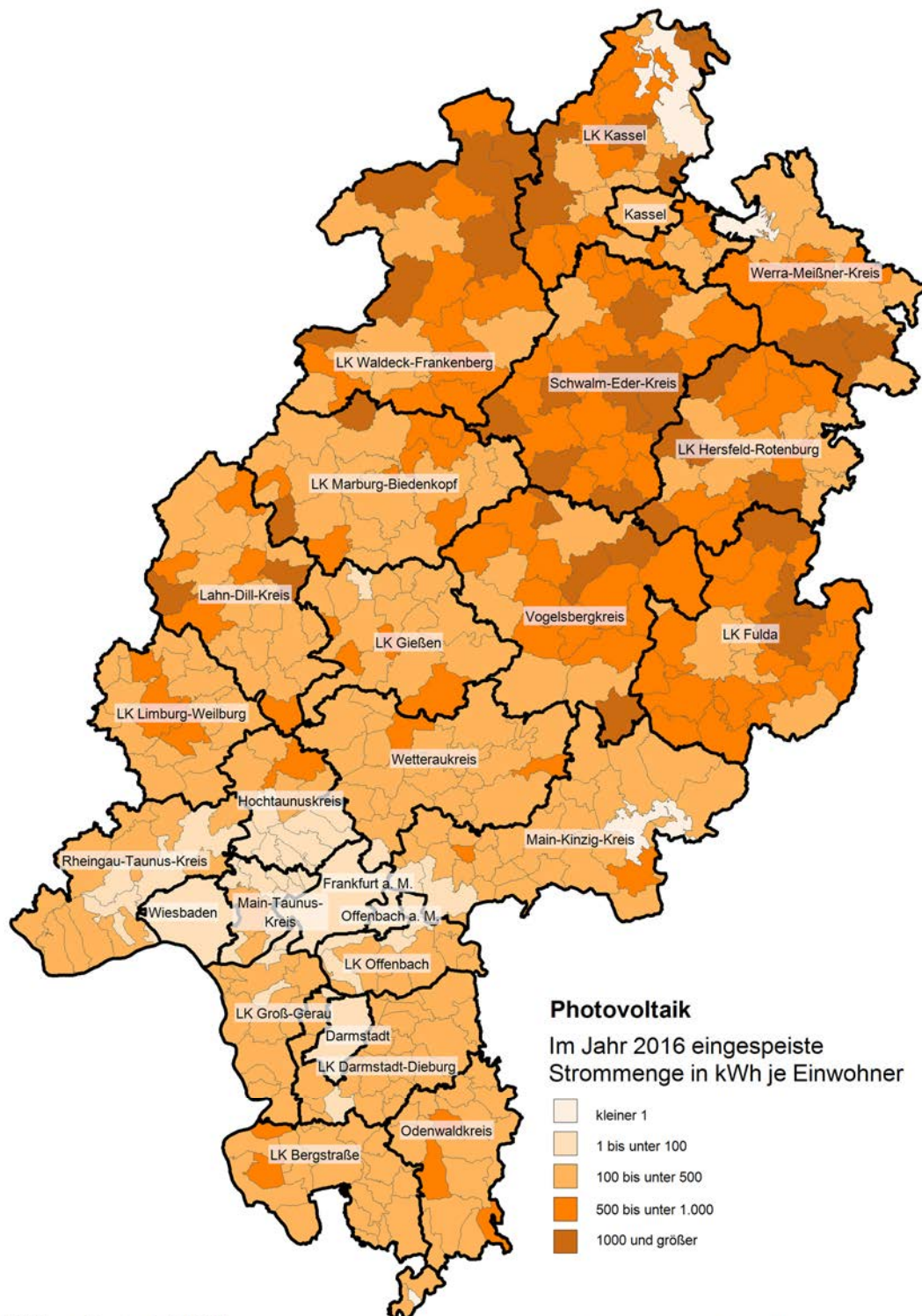
#### A 4.4: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von Photovoltaikanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden



**A 4.5: Erzeugte und eingespeiste Strommengen je ha Bodenfläche insgesamt von Photovoltaikanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden**



#### A 4.6: Erzeugte und eingespeiste Strommengen je Einwohner von Photovoltaikanlagen im Jahr 2016 in den hessischen Gemeinden



# Impressum

**Herausgeber**

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
65185 Wiesbaden  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

**Verfasser**

Uwe van den Busch, Anja Gauler, Heiko Müller  
HA Hessen Agentur GmbH  
Konradinerallee 9  
65189 Wiesbaden  
[www.hessen-agentur.de](http://www.hessen-agentur.de)

**Redaktion**

Rüdiger Schweer, Susanne Becker: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung  
Dr. Anne-Katrin Wincierz, Tim André, Peer Pfennig: Hessisches Statistisches Landesamt

**Stand**

November 2017

**Anmerkung zur Verwendung**

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung von Funktions- bzw. personenbezogenen Bezeichnungen, wie zum Beispiel Teilnehmer / Innen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

**Bildnachweis**

Tomasz Zajda – Fotolia (Titel oben), Slavun – Fotolia (Titel unten), Dragonimages – istock (S. 7); ghazii – Fotolia (S. 11), AA+W – Fotolia (S. 24), Andrey Popov – Fotolia (S. 32), Ilhan Balta – Fotolia (S. 44), aydinmutlu – istock (S. 56), PT-lens – shutterstock (S. 67), Neil Mitchell – shutterstock (S. 74), Scanrail – Fotolia (S. 80), NicoElNino – Fotolia (S. 104).

**Auflage**

500

**Bestellung**

Download im Internet unter:

[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

erscheint auch als HA-Report Nr. 950 ([www.hessen-agentur.de/mediathek](http://www.hessen-agentur.de/mediathek))

HESSEN



Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Energie, Verkehr und Landesentwicklung

Kaiser-Friedrich-Ring 75  
65185 Wiesbaden

[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

HESSEN



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH